

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS

**O ENSINO INTRODUTÓRIO DA TEORIA DA  
ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA  
DA COMPLEXIDADE NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E  
ADULTOS, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA, MT**

**GRACIELI DA SILVA HENICKA**

**PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**

Orientadora

Cuiabá, MT, Agosto de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS

**O ENSINO INTRODUTÓRIO DA TEORIA DA  
ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA  
DA COMPLEXIDADE NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E  
ADULTOS, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA, MT**

**GRACIELI DA SILVA HENICKA**

*Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais, na área de concentração Ensino de Biologia.*

**PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**

Orientadora

Cuiabá, MT, Agosto de 2015



**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

HS11c Henicka, Gracieli da Silva.  
O ensino introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade na Educação de Jovens e Adultos, no município de Alta Floresta, MT. / Gracieli da Silva Henicka. -- 2015  
261 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Iramaia Jorge Cabral de Paulo.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Teoria da Endossimbiose Sequencial. 2. Teoria da Complexidade. 3. Ensino de Biologia. 4. EJA. 5. TAS. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - CEP: 78060900 - Cuiabá/MT  
Tel : (65) 3615-8737 - Email : ppecn@fisica.ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "O Ensino Introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a Luz da Teoria da Complexidade na Educação de Jovens e Adultos em Alta Floresta, MT"**

AUTOR : Mestranda Gracieli da Silva Henicka

Dissertação defendida e aprovada em 24 de Agosto de 2015

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientadora	Doutora	Iramala Jorge Cabral de Paulo
Instituição :	Universidade Federal de Mato Grosso	
Examinador Interno	Doutor	Sérgio Roberto de Paulo
Instituição :	Universidade Federal de Mato Grosso	
Examinadora Interna	Doutora	Nadja Gomes Machado
Instituição :	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso	
Examinadora Externa	Doutora	Evelyse Dos Santos Lemos
Instituição :	Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz	

ngm

Edm

Cuiabá, 24 de Agosto de 2015

*“A Sabedoria é resplandecente, não murcha, mostra-se facilmente para aqueles que a amam. Ela se deixa encontrar por aqueles que a buscam. Ela se antecipa, revelando-se espontaneamente aos que a desejam. Quem por ela madruga, não terá grande trabalho, pois a encontrará sentada junto à porta de sua casa. Refletir sobre ela é a perfeição da inteligência, e quem cuida dela ficará logo sem preocupações. Ela mesma vai por toda parte, procurando os que são dignos dela: aparece a eles bondosamente pelos caminhos, e lhes vai ao encontro em cada um dos pensamentos deles. O princípio da Sabedoria é o desejo autêntico de instrução, e a preocupação pela instrução é o amor. O amor é a observância das leis da Sabedoria. Por sua vez, a observância das leis é garantia de imortalidade. E a imortalidade faz com que a pessoa fique perto de Deus. Portanto, o desejo pela sabedoria conduz ao reino.”*  
(Sabedoria 6: 12 - 20)

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Volnei Henicka e Olímpia Terezinha da Silva Henicka. Obrigada mãe por me alfabetizar com tanta doçura. Você vive em meu coração... Dedico também ao meu filho João Pedro Henicka da Silva que esteve comigo em todos esses momentos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar... Obrigada Pai por que me amparaste e me conduziste até aqui. Fazei de mim instrumento de Tua paz.

À minha família, meu esposo Marcelo Luiz da Silva e meu filho João Pedro Henicka da Silva, por alegrar meus dias e me inspirar. Obrigada Amor por ouvir minhas ideias e me auxiliar nos momentos que precisei. Você é meu melhor amigo!

À meus familiares, meu pai Volnei Henicka e meus irmãos Tiago da Silva Henicka e Maykon da Silva Henicka pelo amor e apoio.

À minha saudosa mãe Olímpia Terezinha da Silva Henicka. Obrigada por nos acolher em sua casa enquanto eu, grávida, desenvolvia a pesquisa e neste início de ano enquanto eu, com seu neto no colo, escrevia a dissertação. Obrigada por todos os conselhos e incentivos. Mãe meu coração está em pedaços com sua partida... mas por você e a fé que plantou em mim eu estou tentando seguir em frente...

Minha mãe foi chamada para junto de Deus em 7 de fevereiro de 2015. Ela me ensinou a ler e escrever com tanto amor que a sinto em cada palavra que escrevo... Mãe, a senhora me inspirou a ser uma pessoa melhor e uma professora dedicada... Esse mestrado é meu e teu... um sonho nosso... Muito obrigada por tudo mãezinha! Obrigada Deus por ser filha dessa guerreira! Mãe, essa vitória é em sua memória...

À minha irmã-tia Nadia e meu cunhado-tio Odilei pelo apoio e amor a mim dedicado. À minha sogra Marlene, meu sogro Nei, minha cunhada Mary e meu cunhado Odirlei pelo apoio e incentivo.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Iramaia Jorge Cabral de Paulo, minha orientadora-inspiradora que foi muito mais que uma professora, foi luz pra mim... Obrigada Iramaia por todo carinho e pela orientação. Serei sempre grata pelo que fez por mim.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nadja Gomes Machado e ao Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo pelas valiosas correções na qualificação. Suas observações foram imprescindíveis.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Evelyse Lemos pelas preciosas observações na defesa. Sua colaboração enriqueceu esse trabalho.

Aos meus professores do mestrado, obrigada pelos ensinamentos e ideias compartilhadas.

Aos meus colegas de turma, foi um prazer conhecê-los. Obrigada pelas conversas, trocas de ideias e pelo que aprendi com vocês, especialmente à Sonia, Leo, Pati, Débora, Muriel, Cléia e Mirtes.

Aos meus colegas do CEJA Ariosto da Riva em Alta Floresta, que me receberam tão cordialmente e me auxiliaram no decorrer do trabalho, especialmente às meninas da cozinha que fizeram a sopinha de feijão que eu tanto desejava.

Aos alunos do CEJA que participaram da pesquisa, meu sincero agradecimento por compartilharem comigo parte do tempo de vocês. Espero retribuir a altura.

À Edi, minha vizinha em Sorriso, que tanto me auxiliou nos serviços domésticos para que eu encontrasse paz para escrever. Obrigada pela amizade e conselhos.

À Noemi por ter cuidado da roupa da minha família em Alta Floresta me poupando tempo para continuar escrevendo. Obrigada.

À Fran, a babá do meu filho, por ter dedicado tanto carinho a ele em quatro meses e me tranquilizado para que eu pudesse escrever mesmo sofrendo tanto com a partida da minha mãe. Você foi enviada por Deus. Minha eterna gratidão.

À Mariana por me auxiliar nos serviços domésticos no último mês, isso trouxe alívio nos meus dias e então pude escrever. Obrigada.

Aos que pesquisaram o ensino de ciências antes de mim e me inspiraram na elaboração deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA.....	vi
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3 CONTEÚDOS CIENTÍFICOS.....	9
3.1 A Teoria da Complexidade.....	9
3.2 A teoria da Endossimbiose Sequencial.....	16
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE APRENDIZAGEM.....	29
4.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa e aspectos relevantes da obra de Maturana e Varela.....	29
5 DESCRIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	41
5.1 Plano de ação.....	41
5.2 O contexto da pesquisa.....	46
5.3 Os slides, textos-apoio e testes.....	49
5.4 Os encontros e oficinas.....	50
5.5 Entrevistas.....	63
5.6 Produto educacional.....	63
6 RELATO DE APLICAÇÃO EM AULA.....	64
6.1 Os sujeitos da pesquisa.....	64
6.2 Oficina A - Conceitos necessários para o entendimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES).....	78
6.3 Oficina B - Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade e Oficina C - Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: as quatro etapas.....	89
6.4 Avaliação processual.....	109
6.5 As entrevistas.....	114
6.6 Síntese.....	124

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
8 BIBLIOGRAFIA.....	130
8.1 Bibliografia citada.....	130
8.2 Bibliografia consultada.....	134
9 ANEXOS.....	136
9.1 ANEXO I – Apresentação da proposta de pesquisa.....	136
9.2 ANEXO II – Apresentação da oficina A.....	143
9.3 ANEXO III - Apresentação da oficina B.....	177
9.4 ANEXO IV - Apresentação da oficina C.....	204
9.5 ANEXO V – Plano de curso, Textos-apoio para o professor e para o aluno, testes e roteiro da entrevista.....	217
9.6 ANEXO VI – Plano de ensino de Biologia na EJA em 2012.....	256
9.7 ANEXO VII – Diagrama V dessa pesquisa.....	261



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Filogenia da Teoria da Endossimbiose Sequencial (figura 2 da obra O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução )	22
Figura 2 –	Etapa 1 da Teoria da Endossimbiose Sequencial.....	24
Figura 3 –	Etapa 2 da Teoria da Endossimbiose Sequencial.....	25
Figura 4 –	Etapa 3 da Teoria da Endossimbiose Sequencial.....	26
Figura 5 –	Etapa 4 da Teoria da Endossimbiose Sequencial.....	27
Figura 6 –	Sexo dos alunos que responderam ao Pré-teste A.....	66
Figura 7 –	Faixa etária dos alunos que responderam ao Pré-teste A.....	67
Figura 8 –	Tempo fora da escola dos alunos que responderam ao Pré-teste A	69
Figura 9 –	Opinião dos sujeitos da pesquisa sobre quão contextualizado (refere-se ao seu cotidiano, sua localidade, seu contexto) é o currículo de biologia.....	70
Figura 10–	Opinião dos sujeitos da pesquisa sobre quão atualizado (refere-se às novas descobertas científicas) é o currículo de Biologia.....	73
Figura 11–	Percentual de acertos referentes as questões V ou F do Pré-teste A e Teste A.....	79
Figura 12–	Percentual de grupos que responderam corretamente as questões do Teste B.....	105
Figura 13–	Percentual de grupos que responderam corretamente as questões do Teste C.....	109

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Organização da pesquisa.....	45
Quadro 2 – Respostas do 2º ano matutino para o pré-teste BC e pós-teste BC.....	93
Quadro 3 – Respostas do 2º ano vespertino para o pré-teste BC e pós-teste BC.....	96
Quadro 4 – Respostas do 2º ano noturno para o pré-teste BC e pós-teste BC.....	98
Quadro 5 – Respostas de todas as turmas juntas para o pré-teste BC e pós-teste BC.....	101
Tabela 1 – Descrição dos sujeitos pesquisados.....	64
Tabela 2 – Frequência dos alunos nas atividades.....	65
Tabela 3 – Profissão dos alunos que responderam ao Pré-teste A.....	68
Tabela 4 – Motivos dos sujeitos da pesquisa para o retorno aos estudos.....	76
Tabela 5 – Expectativas dos sujeitos da pesquisa ao concluir o ensino médio	78
Tabela 6 – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Ecologia.....	80
Tabela 7 – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Evolução.....	82
Tabela 8 – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Biologia Geral.....	84
Tabela 9 – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Citologia.....	87
Tabela 10– Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Genética.....	89
Tabela 11– Respostas da avaliação processual referente aos pontos positivos da pesquisa/eu gostei quando.....	111

Tabela 12–	Respostas da avaliação processual referente aos pontos negativos da pesquisa/eu não gostei quando.....	113
Tabela 13–	Respostas da avaliação processual referente as coisas que aprendi com esse processo e/ou sugestões para aperfeiçoar essa pesquisa.....	114

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

MT	Mato Grosso
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
EJA	Educação de Jovens e Adultos
TC	Teoria da Complexidade
TES	Teoria da Endossimbiose Sequencial
CEJA	Centro de Educação de Jovens e Adultos
EM	Ensino Médio

## RESUMO

HENICKA, G. S. O ensino introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade na Educação de Jovens e Adultos, no município de Alta Floresta, MT. Cuiabá – MT, 2015. 260p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Pesquisas apontam que é viável a inserção de conceitos relacionados à Teoria da Complexidade (TC) no ensino médio. O objetivo geral desse estudo foi averiguar a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) a luz da TC a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa. O trabalho está fundamentado também na epistemologia de Kuhn, Maturana e Varela. Essa pesquisa investigou os conhecimentos prévios dos estudantes do segundo ano do ensino médio da Educação de Jovens e Adultos (EJA) acerca de conceitos de Ecologia, Evolução, Biologia Geral e Genética. Conceitos estes que apresentaram potencialidade para ancorar os novos conceitos relacionados à TES de Lynn Margulis, que foram abordados em seguida. Ao final da pesquisa produziu-se a título de produto educacional, um guia para o professor com orientações e sugestões de aprofundamento do tema, contendo ainda três apresentações em pptx, três textos-apoio para o professor, três textos-apoio para o aluno e sete testes. O material será disponibilizado no site do programa (<http://fisica.ufmt.br/pgecn/>) e da pesquisadora ([www.alegriaeciencia.com.br](http://www.alegriaeciencia.com.br)). A metodologia foi quali-quantitativa com intervenção. A pesquisa aconteceu em Alta Floresta, MT e foi organizada em cinco encontros entre 19 de março de 2014 e 16 de abril de 2014. Participaram do estudo 94 alunos da EJA, sendo 37 do 2º ano noturno, 32 do 2º ano matutino e 27 do 2º ano vespertino. O 2º ano matutino apresentou em média, excluindo a entrevista, 66,51% de frequência nas atividades da pesquisa, o 2º ano vespertino 64,55% e o 2º ano noturno apenas 44,40%. A análise de todas as turmas juntas mostrou 57,44% de frequência média, o que sugere que os alunos faltaram muito aos encontros, especialmente os alunos do 2º ano noturno. Somente 77 alunos responderam ao pré-teste A onde se investigou o perfil dos alunos. Desses 63,64% são mulheres e 36,36% são homens. Ao analisar as turmas do dia esse cenário se repete, mas não é o caso da turma da noite, onde a maioria são homens na faixa etária de 18 a 22 anos, enquanto a faixa etária dos alunos do dia é mais diversificada, com a presença de alunos de até 62 anos. No tocante às aspirações pessoais a maioria dos alunos em todas as turmas demonstrou intenção em concluir o ensino médio e dar continuidade em sua formação, fazendo cursos técnicos e/ou faculdade. De maneira geral, os resultados das oficinas apontam algumas dificuldades de leitura e interpretação dos alunos o que dificultou o aprendizado, mas também apontam avanços na evolução da aprendizagem dos mesmos, há bons indícios de captação de significados conceituais que podem ser considerados precursores de aprendizagem significativa para alguns conceitos. Esse estudo demonstrou que é viável de inserção da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade no ensino médio da EJA.

Palavras-chaves: Teoria da Endossimbiose Sequencial, Teoria da Complexidade, Ensino de Biologia, EJA.

## ABSTRACT

HENICKA, G. S. The introductory teaching of the theory of Sequential Endosymbiosis at the light of Complexity Theory in Youth and Adult Education in the municipality of Alta Floresta, MT. Cuiaba - MT, 2015. 260p. Dissertation (Master of Natural Science Education), Physics Institute, Federal University of Mato Grosso.

Researches show that the inclusion of concepts related to Complexity Theory (CT) is feasible in high school. The overall objective of this study was to investigate the feasibility and difficulties in the teaching-learning process of the concepts and principles of the Theory of Sequential Endosymbiosis (TSE) at the light of CT deriving from an educational product reasoned in the principles of the Theory of Meaningful Learning. The work is based also on Kuhn's, Maturana's and Varela's epistemology. This research investigated the previous knowledge of students of the second year of high school of the Youth and Adult Education (EJA) about the concepts ecology of evolution, General Biology and Genetics. Such Concepts showed potential to anchor the new concepts related to TES by Lynn Margulis, which were covered below. At the end of the survey a teacher's guide with directions and issue of deepening suggestions has been created by way of educational product, still containing three presentations in PPTX, three texts-support for the teacher, three texts-support for the student and seven tests. The material will be available on the program website (<http://fisica.ufmt.br/pgecn/>) and researcher ([www.alegriaeciencia.com.br](http://www.alegriaeciencia.com.br)). The methodology was qualitative and quantitative with participant observation. The research took place in Alta Floresta, MT and was organized in five meetings between March 19<sup>th</sup> 2014 and April 16<sup>th</sup> 2014. The participants were 94 students of EJA, 37 of the 2<sup>nd</sup> year from night shift, 32 of the 2<sup>nd</sup> year from morning shift and 27 the 2<sup>nd</sup> year from the afternoon shift. The morning shift group showed on average, excluding the interview, 66.51% attendance in the activities of research, the evening shift group 64.55% and the night shift group only 44.40%. The analysis of all the groups together showed 57.44% average rate, suggesting that students skipped many of the meetings, especially the students of the night shift. Only 77 students answered the pretest A which investigated the profile of the students. Of these, 63.64% are women and 36.36% are men. In analyzing the courses of the daytime, this scenario is repeated, but it is not the case of the night shift group, where most are men aged 18-22 years old, while the age group of students of the daytime is more diverse, with the presence students up to 62 years old. Regarding personal aspirations most students in each class demonstrated intention to complete high school and continue on their training, making technical courses and/or college. In general, the results from the workshops pointed to some difficulties in reading and interpreting of students hampering the learning, but also point advances in the evolution of learning, there was a good evidence of uptake of conceptual meanings that can be considered significant precursors to some e-learning concepts. This study demonstrated that it is feasible to insert Theory of Sequential Endosymbiosis at the light of Complexity Theory in high school of EJA.

Keywords: Theory of Sequential Endosymbiosis, Complexity Theory, Biology Education, EJA.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção acadêmica em Ensino de Biologia, desenvolvida em programas nacionais de pós-graduação no período entre 1972 a 2000, aponta dois estilos de pensamento que parecem estar norteando a pesquisa nessa subárea do Ensino de Ciências Naturais (SLONGO & DELIZOICOV, 2010). O primeiro estilo aglutina um conjunto de pesquisas que, priorizam aspectos epistemológicos no processo investigativo, compartilhando os pressupostos não-empiristas. São estudos que focam principalmente o processo de aprendizagem, por exemplo, identificando concepções alternativas e formas de suplantá-las, buscando por vezes, as relações destas com o desenvolvimento histórico dos conceitos/teorias em análise.

Já o segundo estilo aglutina pesquisas que, além dos aspectos epistemológicos, compartilham também de uma reflexão de cunho educacional mais amplo e que tem entre suas referências, educadores que analisam o ato educativo em suas várias facetas, incluindo, dentre outros, explicitamente elementos da Filosofia da Educação e da Sociologia da Educação, bem como, reflexões sobre os problemas enfrentados pela educação em países do terceiro mundo. Essas pesquisas focam de modo privilegiado o processo de formação dos professores, os currículos e programas, as metodologias de ensino, os recursos didáticos, dentre outros. No entanto Slongo & Delizoicov (2010) criticam a ausência de trabalhos que contemplem as finalidades ou a função social da educação científica. O presente trabalho se caracteriza por acompanhar o segundo estilo de pensamento.

Embora o currículo de Biologia da Educação de Jovens e Adultos (EJA) em Mato Grosso siga as *Orientações Curriculares De Diversidades Educacionais* (2010) – que defendem o papel investigador do professor, dando-lhe autonomia para implementar o currículo com possibilidades que vão além da obviedade de um trabalho centrado apenas nos conteúdos formais, obedecendo uma lógica que contemple a seleção dos conteúdos relacionando-os, tanto quanto possível, a situações da vida cotidiana dos estudantes da EJA, não como uma finalidade em si, mas como meio para uma interação mais plena e satisfatória com o mundo físico e social à sua volta - os conteúdos de Biologia, em especial nas áreas de

Evolução, Ecologia e Citogenética, parecem estar defasados das demandas atuais relacionadas a um pensamento sistêmico sobre a natureza. **A inserção de novos conteúdos ao conteúdo programático de Biologia na EJA é fundamental para uma compreensão mais abrangente e necessária das relações entre os seres vivos, atmosfera e geosfera. Essa perspectiva, que desafia a lógica cartesiana dos livros didáticos e do tradicional currículo escolar, pode ser encontrada na Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) de Lynn Margulis estreitamente vinculada a Teoria da Complexidade (TC).**

Essa pesquisa se fundamenta na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1980) e seus conceitos-chave: aprendizagem significativa, subsunções, organizadores prévios.

Como aporte epistemológico, considera-se os fundamentos de Thomas Kuhn, Humberto Maturana e Francisco Varela no que diz respeito a natureza e evolução do conhecimento científico para estabelecer possíveis relações entre a construção do mesmo e sua adequação ao ensino de Biologia.

**O objetivo geral do trabalho é averiguar a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) a luz da Teoria da Complexidade (TC) a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da TAS.**

**Os objetivos específicos são: i) investigar o perfil dos estudantes da EJA; ii) nivelar o conhecimento dos estudantes acerca dos conceitos considerados pré-requisitos no entendimento da TES; iii) contextualizar a TES na TC e esta na ciência contemporânea, bem como relacionar a TES ao currículo de Biologia atual; iv) investigar indicativos de aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem sobre TES no 2º ano da EJA; v) investigar a adequação do conteúdo e das metodologias para o público da EJA; e vi) propor um produto educacional introdutório para abordagem da TES na educação de jovens e adultos.**

**Os estudantes do ensino médio da EJA obrigatoriamente já exercem seus direitos e deveres de cidadãos, porém são escassas as informações atualizadas e contextualizadas sobre a ciência, e geralmente essas informações estão disponíveis aos mesmos apenas nas mídias mais populares – TV e rádio. Com certa frequência essas informações são distorcidas por jornalistas, o que pode confundir e induzir o**



cidadão. A escola poderia oferecer essa adequada transposição didática a fim de instrumentalizar os estudantes para o exercício pleno e crítico de sua cidadania.

É importante que as mais recentes teorias científicas cheguem às salas de aula até mesmo para a compreensão e consolidação de campanhas ambientais. Jorge Neto (2008) e Tavares (2011) advogam que é viável a inserção de conceitos relacionados à Teoria da Complexidade (TC) no ensino médio. O que aponta para viabilidade da inserção da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) no conteúdo programático de Biologia na EJA, uma vez que esta evidencia a cooperação entre as espécies microbianas responsáveis por promover a evolução biológica. Entretanto não são descartados outros tipos de interações, como a competição já amplamente discutida na teoria darwinista. A TES inova a percepção da história evolutiva do planeta, evidenciando os inúmeros arranjos e combinações entre bactérias numa sequência específica que gerou a célula eucariótica animal e posteriormente a célula eucariótica vegetal. Isso demonstra que os seres vivos podem ser mais ou menos complexos, e não superiores ou inferiores, como são tradicionalmente classificados nos livros didáticos.

A presente pesquisa poderá orientar e subsidiar futuras discussões e novas investigações do tema, uma vez que a TES possui implicações filosóficas importantes sobre o *comportamento humano na natureza*, questão atual e também polêmica, inclusive nos âmbitos políticos e econômicos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

O Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA) requer estratégias diferenciadas das utilizadas no Ensino Regular, pois além das características peculiares dos estudantes dessa modalidade, o período de tempo disponível é muito reduzido, havendo também a necessidade de revisar conhecimentos básicos do ensino fundamental (KRUMMENAUER et al., 2010). A convivência do primeiro autor desse trabalho com alguns grupos da EJA de anos anteriores permitiu a constatação de que, em geral, os alunos desta modalidade não têm por objetivo fazer

estudos posteriores em nível universitário e aquilo que eles aprenderem nesta etapa deverá lhes ser útil por toda a vida (KRUMMENAUER et al., 2010).

O presente trabalho defenderá o combate a esse pensamento, uma vez que preza por conhecer os sujeitos da pesquisa, investigar o que já sabem e ensinar de acordo a suas expectativas. Nesse sentido vale adiantar que embora muitas pessoas acreditem que a EJA é uma modalidade de ensino de menor rigor conteudista, neste trabalho vamos defender que os alunos almejam mais, conforme eles mesmos sinalizaram.

É importante destacar que, neste trabalho, os estudantes da EJA foram vistos como qualquer outro estudante do Ensino Regular quanto à sua capacidade de aprender e se superar. O que os diferenciam dos outros estudantes do Ensino Regular são as várias experiências de vida que carregam. Mas essas experiências podem influenciar positivamente sua aprendizagem, uma vez que, sabendo de toda dificuldade encontrada para estudar na juventude, a maioria desses alunos da EJA sabem exatamente o que procuram e raramente se perdem pelo caminho.

As recentes descobertas das Ciências Biológicas, em especial nas áreas da Biologia Molecular e da Genética, trouxeram questionamentos sobre a forma como os conteúdos relacionados a essas disciplinas são abordados e trabalhados no Ensino Médio. Além de deter o domínio teórico destes conteúdos é de extrema importância que o educador saiba desenvolver metodologias de ensino que despertem a curiosidade dos aprendizes e promovam ligações entre os avanços biológicos e o conhecimento escolar (SANTOS & SANTOS, 2014).

Santos & Santos (2014) desenvolveram uma pesquisa envolvendo o conteúdo de Evolução e Dispersão Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial. Nesse estudo os autores procuraram não somente fazer uma exposição conteudista, mas também estabelecer conexões com outras áreas do saber, como a antropologia e a arqueologia, que também investigam as origens e evolução humanas, demonstrando aos educandos quão importantes e intrigantes são esses estudos.

Para esses autores o ensino de Evolução e Dispersão Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial insere-se neste novo paradigma do Ensino de Biologia e torna-se bem oportuno não só em razão da grande exploração do tema pelos meios de

comunicação, mas também pelo volume e pela atualidade das pesquisas científicas na área.

O presente trabalho está em concordância com a pesquisa supracitada pois tem um caráter conteudista que se ocupa em fornecer conexões entre Evolução e o cotidiano dos estudantes, bem como associá-los aos eventos regionais dos mesmos. Além disso, o ensino da Teoria da Endossimbiose Sequencial à luz da Teoria da Complexidade também se insere neste novo paradigma do Ensino de Biologia.

Lynn Margulis, autora da Teoria da Endossimbiose Sequencial faz duras críticas quanto ao ensino de sua teoria:

*“Hoje fico impressionada em ver uma versão mais branda da SET ser ensinada como verdade revelada em textos para escolas de ensino médio e faculdades. Acho, para meu desalento, e quando não surpresa, que a exposição é dogmática, enganosa, não é apresentada de forma lógica e muitas vezes é totalmente incorreta. Ao contrário da própria ciência, a SET é hoje aceita sem críticas. A vida é assim (MARGULIS, 2001)”*

Silva & Lopes Junior (2013) realizaram uma análise documental da produção acadêmica brasileira sobre o Ensino de Evolução. Esses autores esclarecem que considerando a importância da teoria evolutiva à Biologia, o número de materiais levantados por este estudo leva a crer que a evolução biológica não tem recebido a devida relevância pelas pesquisas acadêmicas.

Enquanto para o Ensino de Ecologia e o de Genética, subáreas do Ensino de Biologia, percebe-se os maiores números de produções acadêmicas (SLONGO, 2004 e TEIXEIRA, 2008 apud SILVA & LOPES JUNIOR, 2013). Segundo os autores, o grande número de pesquisas em Ensino de Ecologia é explicado pelo surgimento de questões socioambientais a partir da década de 1970 e, com o agravamento destas questões ao longo do tempo, observa-se uma crescente demanda para que as instituições de ensino tratem esses assuntos. Já o Ensino de Genética apresenta-se como temática polarizadora de interesses a partir da década de 2000, visto que os avanços no campo da Genética e da Biotecnologia geraram inúmeros desafios aos docentes em todos os níveis de escolarização.

Embora haja concordância com a ampliação das pesquisas em todas as subáreas do Ensino de Biologia, Silva & Lopes Junior (2013) reiteram a importância do desenvolvimento e do estabelecimento de investigações sobre o Ensino de Evolução. A teoria evolutiva desempenha importante papel para o ensino

aprendizagem de conteúdos biológicos, uma vez que permite a articulação e unificação destes e, conseqüentemente, o distanciamento de uma Biologia estanque e fragmentada (DOBZHANSKY,1973; CICILLINI, 1991; LICATTI, 2005; MEYER & EL-HANI, 2005 apud SILVA & LOPES JUNIOR , 2013 ). Nestes termos, faz-se necessário que as investigações em Ensino de Evolução representem uma constante preocupação na agenda de pesquisas em Ensino de Biologia visto que esta subárea garante a coerência e a coesão do acervo de conhecimentos biológicos.

Segundo Krasilchik (2004) apud Morais (2009), o ensino de biologia nas escolas brasileiras ainda é bastante teórico, prendendo-se a descrição e segmentação dos conteúdos visando apenas à memorização de nomes e conteúdos. O ensino de Ciências e Biologia deve proporcionar ao aluno da EJA a oportunidade de visualização de conceitos ou de processos que estão sendo construídos por ele na escola, pois a missão da educação é conduzir o crescimento intelectual, moral e ético da comunidade através de ensinamentos, exemplos, experiências levadas à escola, fazendo com que cada um se conscientize e se responsabilize pelo destino da sua própria vida. Dessa forma, Pires et al. (2008) apud Morais (2009), descrevem que jovens e adultos devem desenvolver suas diferentes capacidades e todos são capazes de aprender para dessa forma construir sua identidade na sociedade.

Morais (2009) analisou a proposta curricular de Ciências e Biologia nas turmas do EJA no município de Sorriso – MT, além de verificar a compreensão e aprendizagem dos conteúdos por parte dos alunos a partir da utilização de diversos recursos. O autor explica que as propostas curriculares de Ciências e Biologia das turmas do EJA apresentam a mesma quantidade de conteúdos em relação ao ensino regular, mas de forma que a carga horária é a mesma e o número de conteúdo é praticamente o dobro, pois as séries são cursadas em blocos, sendo elas bastante extensas. Isso dificulta a aprendizagem dos alunos devido à sobrecarga de conteúdos em pouco tempo. Como é praticamente inviável aumentar a carga horária das turmas da EJA, torna-se mais vantajoso selecionar os conteúdos de maior expressão na realidade prática dos alunos de cada comunidade.

Muenchen (2006) apud Morais (2009) identificou e discutiu posicionamentos de professores da EJA quanto à utilização de temas, problemas de relevância social, bem como identificou e discutiu estrangulamentos a serem enfrentados nas

instituições escolares a fim de melhorar as condições de ensino-aprendizagem. Oliveira (2007) apud Morais (2009) relata um grave problema observado na Educação de Jovens e Adultos: suas propostas curriculares ainda apresentam lógica infantil, ignorando dessa forma a idade e as vivências sócio-culturais dos educandos.

Dessa forma, Seffrin (2008) apud Morais (2009) afirma que a EJA deve apresentar tratamento que atenda às necessidades de jovens e adultos que são excluídos do sistema de ensino na idade própria.

Oliveira et al. (2003) apud Morais (2009) acreditam na necessidade da reformulação dos conteúdos e das metodologias do Ensino de Ciências, onde devem passar a conter aspectos que promovam e estimulem a aprendizagem de jovens e adultos, construindo dessa forma uma proposta curricular e metodológica específica para estes educandos.

Pensando em novas tendências, Cerqueira et al. (2007) apud Morais (2009) integraram os temas abordados em Biologia e Química na EJA, antes vistos isoladamente. Dessa forma, foi possível observar mais a compreensão e aplicação desses conteúdos na prática pelos alunos, além de desenvolver a capacidade investigadora, interativa e interpretativa com o ambiente, rompendo com a educação dita tradicional.

Ficou claro que existe a necessidade de uma reformulação das propostas curriculares das disciplinas de Ciências e de Biologia, a fim de apresentar apenas aqueles conteúdos de maior relevância para todos, para que, então, os mesmos possam compreender mais sobre a vida e o ambiente que os cercam, facilitando a aprendizagem (MORAIS, 2009).

Nesse sentido o presente estudo sugere investigar o perfil dos estudantes, analisar suas expectativas e propor um conteúdo programático atualizado e contextualizado de Biologia para a EJA.

Santos et al. (2005) realizaram um estudo cujo objetivo foi conhecer as concepções dos professores da EJA referente à interface ensino Ciências Naturais e cidadania. Este serviu ainda para identificar as principais dificuldades encontradas na prática desses docentes para a formação de alunos-cidadãos, assim como revelar a atual situação do ensino de Ciências Naturais no referido programa.

De acordo com Santos et al. (2005) na análise feita, tornou-se evidente que uma das maiores dificuldades, senão a maior, é o não reconhecimento por parte dos docentes do seu efetivo papel de colaborador para a concretização do exercício da cidadania. Ainda que entendam a importância da sua prática na formação de alunos-cidadãos, ao que parece, os professores não internalizaram claramente a ideia, pois, nenhuma ação tem sido feita com essa finalidade.

As autoras supracitadas criticam ainda que levando em consideração as concepções de cidadania citadas pelos professores é possível inferir que as limitações destas refletem em uma prática pouco ousada e ainda menos criativa.

O histórico da Educação de Jovens e Adultos antecede o início do período moderno e passa a ser reconhecida como modalidade educacional ao fim da década de 50. Desta forma, ainda na atualidade a EJA possui déficits de pesquisas e materiais didáticos voltados para suas especificidades (PINHEIRO, 2014).

Haddad et al. (2002) apud Pinheiro (2014) realizaram um estudo sobre o estado da arte das dissertações e teses acadêmicas sobre a EJA produzidas no país entre os anos de 1986 e 1998. Neste intervalo de tempo os pesquisadores elencaram 222 trabalhos referentes à EJA (202 dissertações e 20 teses) e 7.568 na área de Educação (6.449 dissertações e 1.119 teses). Ou seja, a produção de pesquisa sobre a EJA representa apenas 3% do total de pesquisas produzidas de 1986 a 1998.

Teixeira & Megid Neto (2011) apud Pinheiro (2014) descreveram e analisaram as tendências da produção acadêmica em Ensino de Biologia no Brasil em trabalhos de dissertações e teses no período de 1972 a 2004. Neste período foram defendidas 351 trabalhos, sendo que 66% das defesas ocorreram no período compreendido entre 1998 e 2004 e a região centro-oeste representa 5% dessas defesas. Sendo que nenhum dos trabalhos da amostra era oriundo de um programa de mestrado profissionalizante. Os mesmos autores em 2006 fizeram um trabalho semelhante, contudo o período compreendia de 1972 a 2003 (TEIXEIRA & MEGID NETO, 2006 apud PINHEIRO, 2014). Neste trabalho os pesquisadores não categorizaram nenhum trabalho em ensino de Biologia para a EJA.

Os dados encontrados nos estudos de estado da arte da EJA e no ensino de Biologia no Brasil permitem inferir que os trabalhos em Ensino de Biologia para a EJA são escassos (PINHEIRO, 2014).

Diante disso, esse trabalho pretende ocupar uma lacuna na produção científica no Ensino de Biologia, nas subáreas Ensino de Evolução, Genética e Ecologia através de um produto educacional, que segue os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, pensado para a EJA que visa superar as tradicionais atividades desenvolvidas nessa modalidade. E exatamente por esta razão poderia atender também a modalidade de Ensino Regular.

Nesse sentido convém citar dois trabalhos que inspiraram o desenvolvimento deste estudo: Tavares (2011) com a seguinte pesquisa - Física Ambiental e Teoria da Complexidade: inserção de tópicos essenciais da Teoria da Complexidade no Ensino Médio – a viabilidade de uma proposta; e Jorge Neto (2008) com a pesquisa - Física Ambiental e Teoria da Complexidade: possibilidades de Ensino na Educação Básica.

Tavares (2011) afirma que os resultados obtidos mostram que grande parte dos alunos aprendeu de maneira significativa os conteúdos apresentados, expondo ser viável a apresentação desses conteúdos no nível médio. E Jorge Neto (2008) afirma que apesar da assimilação parcial dos conceitos abordados por parte dos professores, houve movimentação no ambiente escolar no sentido de repensar as práticas pedagógicas em favor de uma abordagem mais unificada dos fenômenos naturais. Estes resultados e a aceitação do curso parecem indicar que a inserção de tópicos de complexidade no nível fundamental e médio é viável.

### **3. CONTEÚDOS CIENTÍFICOS**

#### **3.1 A Teoria da Complexidade**

No final do século passado as preocupações com o meio ambiente adquiriram suprema importância. A sociedade está diante de uma série de problemas globais que estão danificando a biosfera e a vida humana de uma maneira alarmante, e que pode logo se tornar irreversível. Existe ampla documentação a respeito da extensão e da importância desses problemas (CAPRA, 1996).

Quando se estuda os principais problemas de nossa época, mais se

percebe que eles não podem ser entendidos isoladamente. São problemas sistêmicos, o que significa que estão interligados e são interdependentes. Por exemplo, somente será possível estabilizar a população quando a pobreza for reduzida em âmbito mundial. A extinção de espécies animais e vegetais numa escala massiva continuará enquanto o Hemisfério Meridional estiver sob o fardo de enormes dívidas. A escassez dos recursos e a degradação do meio ambiente combinam-se com populações em rápida expansão, o que leva ao colapso das comunidades locais e à violência étnica e tribal que se tornou a característica mais importante da era pós-guerra fria (CAPRA, 1996).

Há soluções para os principais problemas atuais, algumas delas até mesmo simples. Mas requerem uma mudança radical em nossas percepções, no nosso pensamento e nos nossos valores. E, de fato, estamos agora no princípio dessa mudança fundamental de visão do mundo na ciência e na sociedade, uma mudança de paradigma tão radical como o foi a revolução copernicana (CAPRA, 1996).

Segundo Paulo et al. (2012), o principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos. A ciência moderna ou tradicional deu conta de responder a várias perguntas, solucionar e explicar vários fenômenos até agora, mas surgiram alguns desafios contemporâneos que não são respondidos pela ciência moderna. A ciência moderna ou tradicional obedece ao pensamento cartesiano e suas bases filosóficas são: o racionalismo (os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente); o determinismo (os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito); e a compartimentalização (o universo funciona como um relógio, que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas partes).

Paulo et al. (2012), explicam que a ciência moderna usa, portanto, do método científico, no qual os sistemas são descritos isoladamente, tendo como metodologia os estudos feitos em laboratório, mantendo diversas variáveis sob controle. Os sistemas que têm as variáveis sob controle são os chamados sistemas isolados, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas. Essa ciência desenvolvida entre os séculos XVI e XX teve como objeto de estudo os sistemas isolados. Os sistemas isolados podem ser considerados como sistemas



próximos do equilíbrio, já que, se os fluxos de entrada e saída forem interrompidos, os sistemas tendem ao equilíbrio.

Na primeira metade do século XX surge a Mecânica Quântica, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então. A observação do mundo microscópico mostrou que a interação entre sujeito e objeto interfere na medida que estamos estudando, é então legítimo que o mundo microscópico, segundo a interpretação de Copenhague se torna imprevisível e a incerteza uma das peças fundamentais do Universo. Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da probabilidade (PAULO et al., 2012).

Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em sistemas abertos não sendo possível estudar suas partes separadamente. Assim começa a nascer o pensamento sistêmico.

Segundo esses autores, a Biologia foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma perspectiva sistêmica. Uma abordagem recente, a Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis (1938-2011), advoga que a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio, mas que também os seres vivos modificam o meio no processo.

Margulis (2001) explica que Darwin já havia introduzido a aleatoriedade na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, a progênie não nasce com as mesmas características dos pais, mas com pequenas variações que são produzidas aleatoriamente, o que esquia de uma perspectiva determinista. Para Darwin essas pequenas variações genéticas tornaria um ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado ambiente, ou seja, o ambiente naturalmente selecionaria a espécime com a variante mais adaptável aquela situação, para ele isso é seleção natural.

Alguns fenômenos contemporâneos como as mudanças climáticas, a variabilidade do comportamento da economia, o surgimento e desaparecimento de novas configurações sociais, o funcionamento imunológico, a plasticidade cerebral, e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados de modo diferente da ciência moderna, pois essa não dá conta de explicar esses fenômenos. Surge então um novo paradigma na ciência, um novo modo de pensar e fazer ciência: a Teoria

dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade (PAULO et al., 2012).

Convém esclarecer que o termo *complexidade* aqui é entendido como qualidade do que é complexo. Complexo é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos.

Complexidade é a ciência que estuda os sistemas abertos, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de fluxos de entrada e saída. Os fluxos podem ser constituídos por matéria, energia ou quantidade de movimento.

A caracterização dos sistemas complexos está em construção, mas Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig o descrevem. Esses autores explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria manifestação da vida. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender como a vida surge e se mantém. Existem três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento. Os sistemas complexos são simples, criativos e geram padrões complexos (PAULO et al., 2012).

Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma dinamicidade fundamental, uma vez que os mesmos estão em constante evolução sendo formados por várias unidades, que são totalidades integradas e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. Exemplo: no corpo humano existem trilhões de células.
- Interatividade, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema. Exemplo: embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada, elas cooperam entre si para garantir a manutenção da vida.
- São abertos, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um contínuo fluxo de energia e matéria. Exemplos: a reciclagem de nutrientes que fungos realizam, a germinação de uma semente, etc.
- Frustração, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, o estímulo recebido pode ser

excitatório ou inibitório. Exemplo: um neurônio pode disparar ou não uma resposta ao estímulo recebido, dentre vários outros recebidos naquele momento.

- Aprendizagem, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando novos comportamentos num processo adaptativo. Exemplo: nosso organismo é adaptativo e evolui na constante interação com o entorno, podemos ter um câncer estimulado pela alimentação industrializada e pela má gestão das emoções.

- Aleatoriedade, algumas características do sistema são distribuídas ao acaso, dependendo das flutuações do meio. Exemplo: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora ou subestima.

- Uma ordem emergente, uma vez que os sistemas complexos se auto-organizam de maneira espontânea, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. Caso os sistemas complexos cheguem ao equilíbrio eles morrem.

Na ciência tradicional, há uma grandeza que pode medir o estado de equilíbrio de um sistema: a entropia. De um ponto de vista informal, a entropia pode ser tida como o grau de desorganização de um sistema. A tendência de um sistema ficar cada vez menos organizado é formalizada pela chamada segunda lei da termodinâmica, que expressa: a entropia de um sistema isolado sempre tende a aumentar.

Contudo há processos espontâneos naturais que parecem desafiar esse princípio. Vale então perguntar, existe algum sistema realmente isolado? O único sistema isolado que podemos imaginar é o próprio universo. Como não existe nada além do universo e, portanto, não pode haver fluxos de entrada ou saída, ele é o único sistema isolado.

De forma coerente com a segunda lei da termodinâmica, a entropia total do universo é crescente. Ilya Prigogine (1989),

explica que embora a segunda lei da termodinâmica estabeleça que a entropia dos sistemas tende a aumentar, é possível que, em determinadas situações, a entropia interna de um sistema diminua espontaneamente, processo que ele denominou auto-organização. Ou seja, auto-organização corresponde à diminuição espontânea da

entropia interna de um sistema. Os fatores que provocam tal diminuição são as forças naturais: força gravitacional e a força eletromagnética.

Assim, no quadro geral do universo, temos que os processos naturais ocorrem na tensão entre dois fatores antagônicos: de um lado está a segunda lei da termodinâmica, que faz com que os sistemas fiquem cada vez mais desorganizados; de outro, as forças naturais, que tendem a organizar os sistemas. Exemplo: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Maturana e Varela (1997) explica que o ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular. Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver.

- Uma hierarquia, já que um estímulo é tratado em níveis diferentes dependendo do grau de interação ou importância para o sistema. Exemplo: um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.

- Atratores e estrutura fractal, já que os sistemas abertos sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal.

Sistemas complexos apresentam dimensionalidade fracionária, nada na natureza é absolutamente tridimensional, cada forma apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais.

Todas as formas da natureza são formas fractais, e são elas que regem os sistemas complexos. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o grau de irregularidade ou fragmentação do conjunto considerado.

Mandelbrot (1997), explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama auto-similaridade. Ou seja, a forma do todo é semelhante a si mesma em todos os níveis de escala, o mesmo padrão se repete muitas vezes. Exemplo: couve-flor, se analisarmos um pedaço

veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura, guardando semelhança com o todo; outros exemplos são ramificações de relâmpagos, bordas de nuvens, bifurcações de grandes rios, ramificações de uma árvore, samambaia, ramificações dos vasos sanguíneos, etc.

- Histerese, já que o sistema pode manter sua estabilidade por algum tempo, numa certa “paisagem”, dependendo criticamente da sua história anterior.

- Propriedades coletivas emergentes, que são características qualitativamente novas que surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades, que por sua vez competem ou cooperam entre si. Exemplo: a aprendizagem e a memória.

A interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade.

Lynn Margulis tem mostrado que a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação. Enquanto Darwin vê na natureza o adaptacionismo e a competição como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a cooperação, por meio de simbioses.

Em sua obra, TES, existe o conceito de acoplamento estrutural na perspectiva da complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

Lynn advoga também que as espécies que mais tempo permanecem no planeta desenvolvem habilidades de cooperação e ainda que em geral os indivíduos de uma espécie adaptam o meio para otimizar sua permanência.

É justamente a compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, mudanças, mas de maneira não destrutiva que se denomina acoplamento estrutural (MATURANA & VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos sistemas multicelulares normalmente existem em estreita junção com outras células, como meio de realização de sua autopoiese.

Sistemas autopoieticos são sistemas que continuamente especificam e produzem sua própria organização através da produção de seus próprios componentes. Tais sistemas são o resultado da deriva natural de linhagens nas quais

se manteve essa junção. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma junção tão íntima que elas acabam se fundindo levando a formação de um único corpo.

Em síntese, podemos pensar que “auto” tem a ver com sistemas “auto-organizadores” e, portanto, autônomos no processo de organização de si mesmos, e “poiese”, tem a ver com construção, logo “autopoiese” implica em auto-organização. Todos os seres vivos são autopoieticos.

E nesse sentido a complexidade aparece quando o grau de interação entre os vários componentes do sistema é suficientemente alto para que a análise dos sistemas em subsistemas não faça mais sentido.

### **3.2 A Teoria da Endossimbiose Sequencial**

Simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico. Lynn Margulis (2001), em seu primeiro capítulo da obra *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução*, explica que a simbiose é muito mais presente do que pensamos, a começar por nós seres humanos, nossos intestinos e cílios estão infestados de bactérias e simbiontes animais, como vermes. Somos simbiontes em um planeta simbiótico e, se prestarmos atenção, podemos encontrar a simbiose em todos os lugares (MARGULIS, 2001, p.13).

Margulis (2001) explica ainda que o contato físico é um requisito inegociável para muitos tipos diferentes de vida. Um dos predecessores científicos mais importantes dela compreendia e explicava por completo o papel da simbiose na evolução. Este foi Ivan E. Wallin (1883-1969) que afirmava que as novas espécies se originavam da simbiose. Ele deu ênfase especial à simbiose entre animais e bactérias, um processo que chamou de “o estabelecimento de complexos microssimbóticos”. Hoje usa-se o termo evolutivo, simbiogênese, para se referir à origem de novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo. A autora ainda cita, nas páginas 14 e 15 de sua obra em questão, as experiências de Theodosius Dobzhansky com drosófilas (mosca-das-frutas) como exemplo de observação do surgimento de espécies em laboratório.

Para Margulis (2001) a simbiogênese é uma forma de neolamarckismo, pois ela é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos de outros organismos inteiros. A simbiose gera inovação pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos. As formas de vida simbiogenéticas são ainda mais diferentes do que seus “pais”. “Indivíduos” estão sempre se fundindo e regulando sua reprodução. Eles geram novas populações que se tornam novos indivíduos simbióticos compostos por múltiplas unidades. A simbiose é um evento natural e comum na natureza. A autora cita exemplos de simbiontes nas p. 17 e 18, como os aglomerados do platelminto *Convoluta roscoffensis* que em seus tecidos possui *Platymonas*, uma alga fotossintetizante; os caracóis *Plachobranthus* mais simbiontes verdes; mariscos gigantes mais algas; hidras de água e entre outros.

Segundo Margulis (2001), a tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e de maior organização. Agora, como ao longo de toda a história da Terra, associações de vida se formam e se desfazem. As simbioses, tanto estáveis como efêmeras, prevalecem.

No segundo capítulo de sua obra *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução*, Margulis relata todo o caminho que percorreu para chegar ao desenvolvimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial, que inicialmente recebeu outro nome. Ela conta que quando estava na oitava série se convenceu de mudar de escola, saiu escondida dos pais da particular Universidade de Chicago para a escola pública Hyde Park High School de 5 mil alunos onde havia uma variedade muito maior de namorados. Depois de 12 semanas seus pais descobriram e após muito choro e conversa eles aceitaram sua decisão. Depois de 2 anos no ensino médio público ela entrou novamente na Universidade de Chicago para frequentar a faculdade como caloura precoce com apenas 14 anos, e foi instruída a voltar a ser uma boa aluna como antes da Hyde Park.

Nesse período de faculdade, Margulis conheceu Carl Sagan, e eles se apaixonaram. Aos 19 anos ela se casou com Sagan e se graduou bacharel em Ciências Humanas sem especialização. Eles se mudaram para Medison, onde Carl trabalhava como estudante de pós-graduação em Ciência Planetária na Universidade de Wisconsin e ela trabalhava como mestrandia decidida a estudar genética.

Segundo Margulis (2001) o estudo da genética é o caminho certo para reconstruir a evolução, a história da vida primitiva, pré-humana, na Terra. Ela se perguntava: o que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?

Depois de algum tempo estudando genética de populações, Margulis já não estava propensa a se concentrar de forma monomaniaca no núcleo da célula como seus colegas faziam. Seu trabalho começou de forma não convencional, ela estudava os sistemas genéticos residentes em estruturas celulares (organelas) fora do núcleo, os genes citoplasmáticos, área da genética ignorada na época, conhecida por hereditariedade citoplasmática ou genética citoplasmática. As pesquisas nessa área começaram na primeira década do século XX, na mesma época em que começaram os trabalhos em genética nuclear. Ambas as linhas de pesquisa tiveram início com a redescoberta em 1990 do trabalho de Gregor Mendel, que havia estabelecido em 1860 a existência somente dos genes nucleares, que chamou de “fatores”. Esses fatores nucleares de Mendel não estavam sozinhos no processo hereditário, haviam também sistemas genéticos não nucleares (ou citoplasmáticos).

Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam (MARGULIS, 2001, p. 26), portanto os fatores de Mendel foram correlacionados à hereditariedade de características inalteradas. Era tido como verdade que os genes ficavam nos cromossomos dentro do núcleo da célula, esse conhecimento podia ser resumido como “a base cromossômica da hereditariedade”. Entretanto embriologistas e botânicos continuaram a afirmar que os genes citoplasmáticos nos óvulos de animais e de plantas, mas não dentro do núcleo, também exerciam controle sobre a hereditariedade.

Margulis (2001) alerta que a hereditariedade da célula, tanto nuclear como citoplasmática, sempre deve ser considerada para toda a célula, todo o organismo. Ela explica que desde a década de 1930, quando os primeiros trabalhos sobre bioquímica foram realizados na Alemanha e na Inglaterra, estabeleceu-se, a partir de leveduras e outros fungos, que a mitocôndria contém seus próprios genes. Na virada do século XIX para o século XX, os botânicos H. De Vries e C. Correns descobriram que os cloroplastos das algas e das plantas também contêm seus próprios genes.



Margulis confirmava cada vez mais sua suspeita da graduação, ou seja, que havia alguma coisa reducionista demais, limitadora demais na ideia de que os genes no núcleo determinam todas as características de plantas e animais. Foi então que ela começou um trabalho de “detetive” nas bibliotecas, lendo muitas dissertações sobre os fatores citoplasmáticos dos óvulos vegetais que mostravam genes misteriosos fora do núcleo. Ela estudou os trabalhos de Ruth Sager e Francis Ryan sobre os genes citoplasmáticos e os estranhos casos genéticos de bolores coletados pelo pesquisador italiano Gino Pontecorvo. Segundo Margulis (2001), experiências descritas por esses autores mostraram que dois tipos de organelas, estruturas fechadas por membranas dentro das células mas fora do núcleo, plastídios e mitocôndrias, haviam influenciado de forma significativa a hereditariedade. As referências nesses livros a levaram a *The Cell in Development and Heredity*, a obra-prima de 1928 de E. B. Wilson. Wilson reviu antigos livros que falavam sobre a similaridade das organelas celulares, os plastídios e as mitocôndrias, com micróbios livres. Essa pista levou Margulis a estudar os micróbios na literatura sobre simbiose. À medida que notava a abundância de encontros simbióticos na natureza, sobretudo bactérias vivendo junto com (e às vezes dentro) células de insetos e vermes, ela foi se interessando pelos primeiros pesquisadores que Wilson citava: I. E. Wallin, K. S. Merezkhovskiy e A. S. Famintsyn. Margulis julgou que esses autores estavam certos ao supor que partes não nucleares das células, com sua própria hereditariedade peculiar, eram formas remanescentes de bactérias antes livres. Para ela parecia óbvio que havia sistemas duplos de hereditariedade com células dentro de células.

Em 1960 com 22 anos e mãe de dois garotos, Margulis entrou para a Universidade da Califórnia em Berkeley como estudante de pós-graduação no departamento de genética. Nessa Universidade Margulis percebeu que não havia nenhuma relação entre os membros do departamento de paleontologia, onde se estudava a evolução, e os do departamento de genética, onde a evolução mal era mencionada e seus membros desconheciam a ciência genética dos ciliados. Esse desinteresse e ignorância das partes surpreenderam Margulis, mas não a detiveram.

Margulis ficou fascinada pela genética do paramécio, o ciliado, e pelo expositor da teoria, Tracy Sonneborn (1895-1970). Sonneborn, junto com a pesquisadora Jannine Beisson, relatou que se os cílios do paramécio são

cirurgicamente removidos em bloco com suas bases e girados cerca de 180 graus sobre a superfície celular e, depois recolocados, eles aparecerão em células descendentes, por pelo menos 200 gerações, nessa posição inversa. Ou seja, os cílios se reproduziam e a mudança experimentalmente induzida pelos cientistas foi herdada. Para Margulis (2001), esse era um exemplo de herança de características adquiridas – lamarckismo.

Margulis coletou mais exemplos de hereditariedade não mendeliana (não nuclear) em uma grande variedade de espécies de plantas como *Eupatorium*, *Zea*, *Mirabilis jalapa* e *Oenothera*; e de algas como *Chlamydomonas*. Ela também estudou mutantes de leveduras não nucleares deficientes na respiração de oxigênio (“petites”), que crescem lentamente e formam pequenas colônias; e o padrão de hereditariedade “assassino-kappa” do ciliado paramécio, fenômeno descrito por Sonneborn. Ela estudou ainda o trabalho de Edouard Chatton (1883-1947) e Lemuel Roscoe Cleveland (1892-1969).

Essas fontes diversas de informações comprovaram o que Margulis pressentia: as bactérias, e não os genes nus, residiam fora do núcleo mas dentro das células de muitos protistas, leveduras e até plantas e animais. Ficou claro para ela que pelo menos três classes de organelas fechadas por membranas (plastídios, mitocôndrias e cílios), todas fora do núcleo, lembravam as bactérias em termos de comportamento e metabolismo. Para ela uma cianobactéria capturada que solta sua parede celular para residir e crescer confortavelmente no citoplasma de uma célula vegetal parecia ser exatamente a organela que todos denominavam cloroplasto. Margulis previu que o plastídio, nascido como bactéria capturada, deveria ter retido algum DNA bacteriano.

A primeira exposição completa da teoria de Margulis foi publicada em 1967, depois de mais de 15 rejeições; depois também da mudança do título “Origem das células mitóticas” para “*Serial Endosymbiosis Theory - SET*”; e da publicação com seu primeiro nome de casada, Lynn Sagan.

Em 1969, Margulis estava grávida de sua filha Jennifer do segundo casamento e teve que permanecer em casa por longos períodos, o que permitiu a ela que expandisse a SET em um livro. Depois de rejeitado pela *Academic Press de Nova York*, o livro foi publicado bem mais tarde pela *Yale University Press*.

Segundo Margulis (2001), ao longo das décadas de 1970 e 1980, a SET recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e da microscopia de alta potência que confirmaram que células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.

Margulis explica que a SET é uma teoria da união, de incorporação de células e diferentes histórias e habilidades. A autora ainda fala que:

*“Antes da endossimbiose sequencial e do estabelecimento da célula nucleada aeróbia, não havia fusão sexual. O sexo meiótico, como o do óvulo fertilizado pelo esperma, veio mais tarde. A endossimbiose sequencial deu origem a nosso sexo, como o do óvulo fertilizado pelo esperma, tornou nosso tipo de fusão sexual possível. O sexo também é a união, a fusão de células de diferentes histórias e habilidades. No sexo as células que se fundem são estreitamente aparentadas e a fusão é reversível; na endossimbiose sequencial as células que se fundem são apenas parentes distantes e a fusão é permanente (MARGULIS, 2001)”*.

Segundo Margulis (2001, p. 36), a versão mais recente da SET é mostrada na figura 1 abaixo:

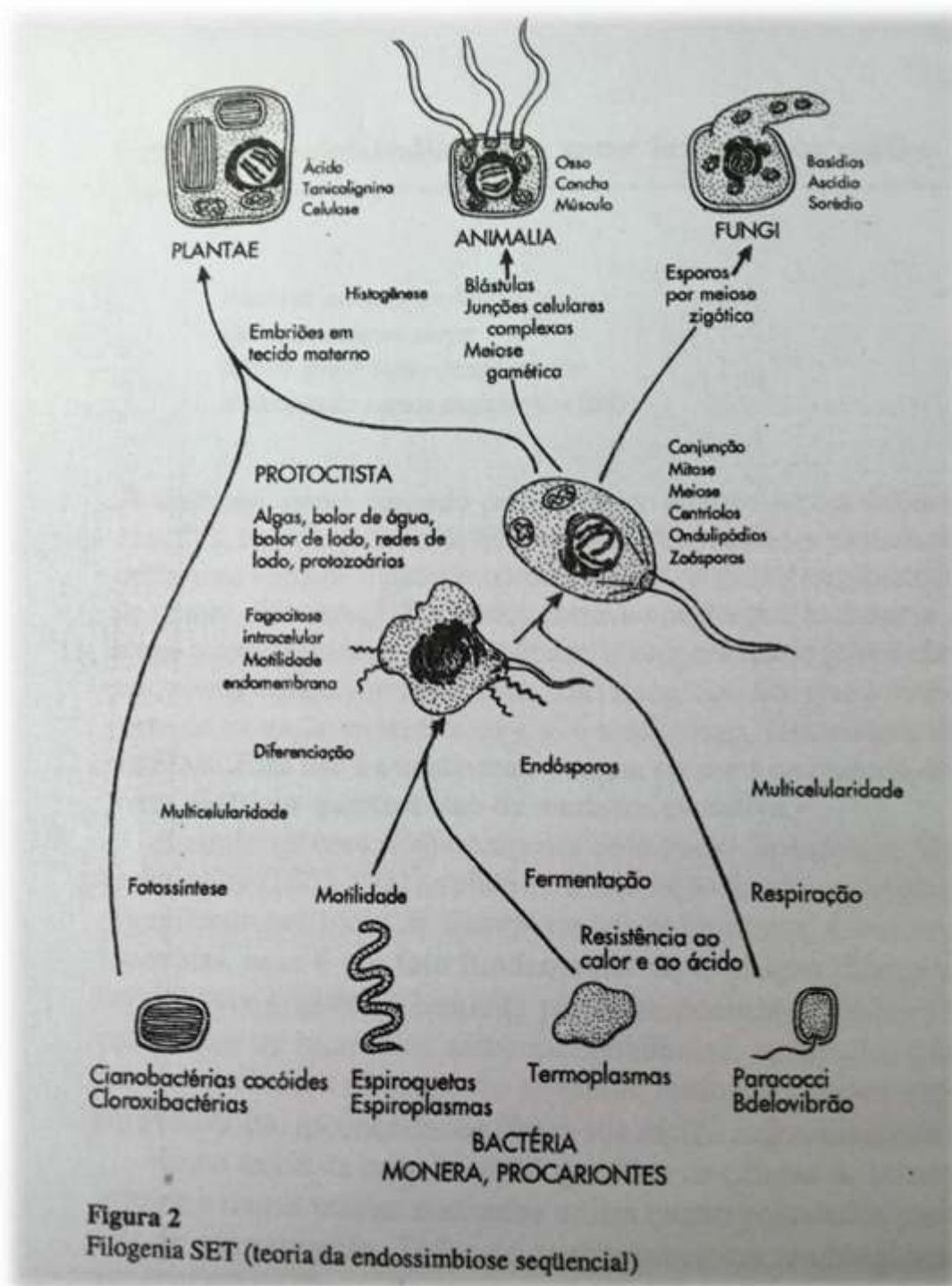


FIGURA 1 – Filogenia da Teoria da Endossimbiose Sequencial (figura 2 da obra *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução* )

Essa figura não foi utilizada durante as oficinas, mas serviu de inspiração para ilustrações didáticas produzidas pela pesquisadora, uma vez que prevaleceu o

uso simplificado de conceitos na transposição didática para facilitar o entendimento dos alunos sem distorcer a teoria ensinada.

No terceiro capítulo, Margulis explica que em 1873 o botânico alemão Anton deBary definiu a simbiose sendo a “convivência de organismos de nomes diferentes”. Segundo Margulis (2001), em certos casos a coabitação, existência a longo prazo, resulta em simbiogênese: o surgimento de novos corpos, novos órgãos, novas espécies. Para ela, a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge diretamente da simbiose.

A simbiogênese, ideia proposta pelo russo Konstantin Merezhkovsky (1855-1921), refere-se à formação de novos órgãos e organismos por meio de incorporações simbióticas. Para Margulis, todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam o que em retrospecto reconhecemos como sua antiga individualidade.

A toeira da endossimbiose sequencial (TES) de Lynn Margulis, delinea precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as células eucarióticas. As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose. Segundo Margulis (2001), a ideia é simples: quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas.

A seguir estão as etapas:

ETAPA 1: Segundo Margulis, um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada “arqueobactéria” fermentante (ou “termoacidófila”), se fundiu com uma bactéria natatória, formando o nucleocitoplasma, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos. Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um anaeróbio que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente. Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da bactéria termoacidófila (“termoplasmal”). Segue abaixo a figura 2, que ilustra didaticamente essa etapa:

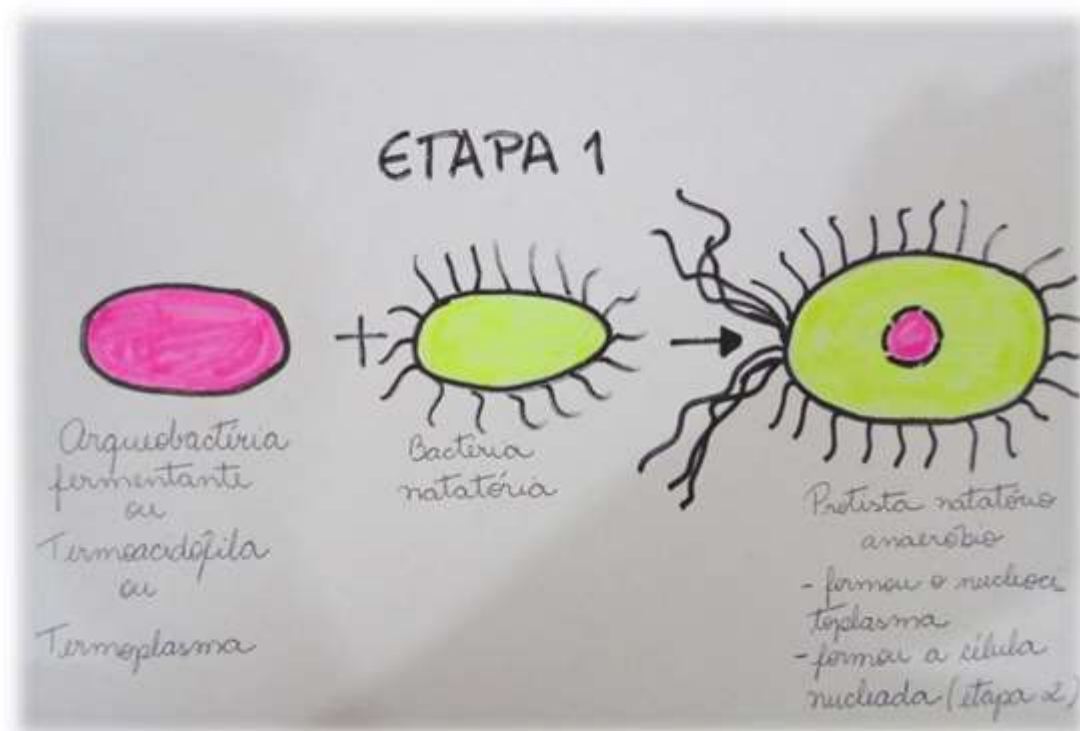


FIGURA 2 – Etapa 1 da Teoria da Endossimbiose Sequencial

ETAPA 2: Essa etapa aconteceu simultaneamente com a etapa 1. A ideia fundamental dessa etapa é que as organelas natatórias – os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensórias e muitos outros prolongamentos das células nucleadas – surgiram na fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória (etapa 1). Margulis acredita que a integração da bactéria centríolo-cinetoplasto foi o que criou a célula eucarionte em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada. O antigo intruso que se transformou no centríolo-cinetoplasto ainda tem parentes livres, são as bactérias conhecidas como espiroquetas. Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados invadiram muitas arqueobactérias, inclusive algumas similares à atual termoplasma. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas. Para Margulis, o núcleo evoluiu em resposta à essa incômoda incorporação de bactérias semelhantes à

termoplasma e à espiroqueta, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou mais complexa devido a sua dupla linhagem. Nessa etapa ainda surgiu a mitose nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de espiroquetas vivas. Segue abaixo a figura 3, que ilustra didaticamente essa etapa:

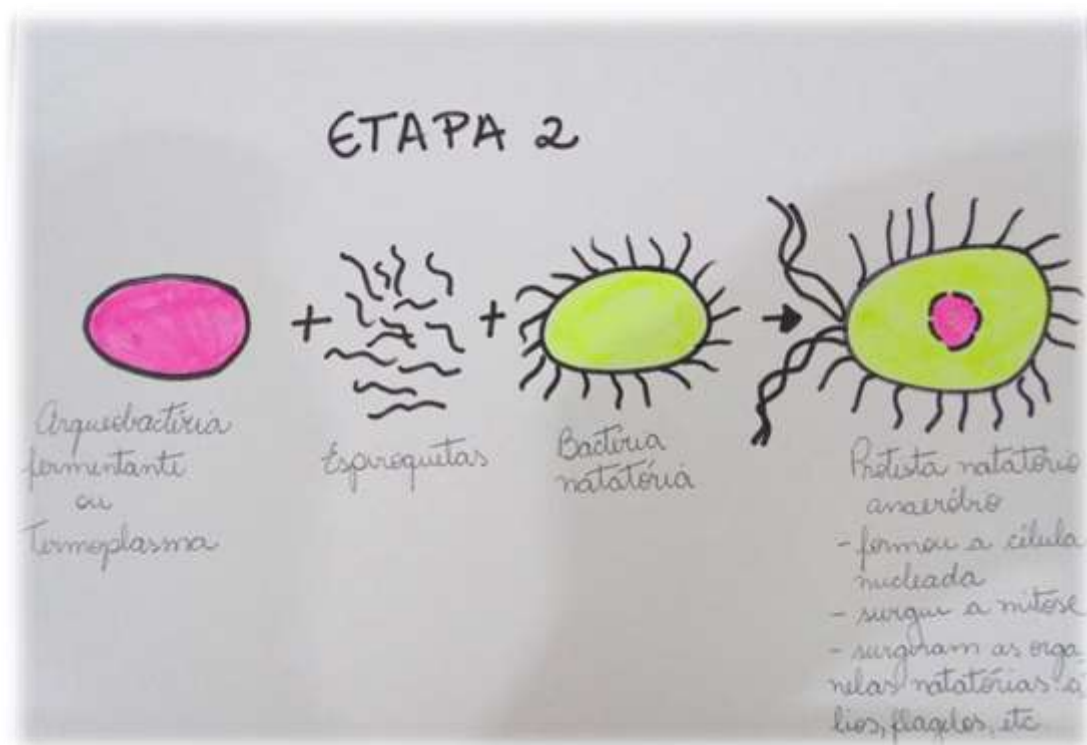


FIGURA 3 – Etapa 2 da Teoria da Endossimbiose Sequencial

ETAPA 3: Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma bactéria que respirava oxigênio (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão. Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o complexo tripolar. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de fagocitar (ou “engolir”) determinados alimentos. A organela mitocôndria, que respira oxigênio, evoluiu de simbioses bacterianas atualmente denominados “bactérias púrpura” ou “proteobactérias”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita. Segue abaixo a figura 4, que ilustra didaticamente essa etapa:

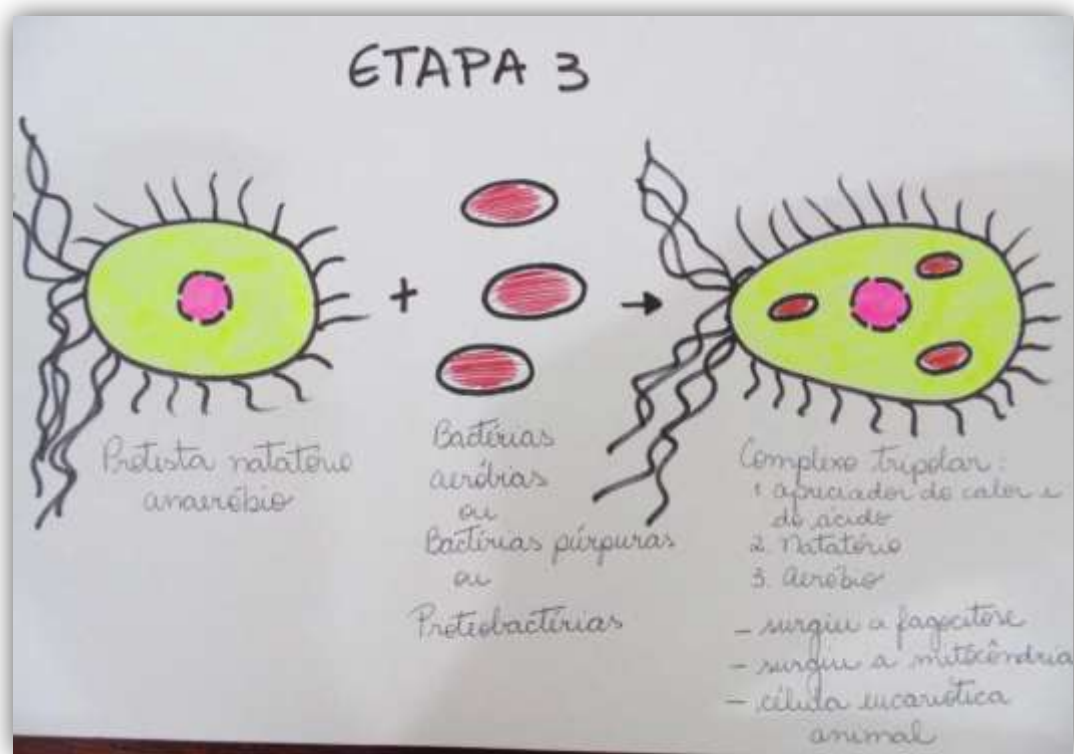


FIGURA 4 – Etapa 3 da Teoria da Endossimbiose Sequencial

ETAPA 4: Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes. A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram cloroplastos. No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às algas verdes natatórias. Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio. Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “cianobactérias”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Seus parentes coabitam com inúmeros organismos maiores: todas as plantas e



todas as algas. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os cloroplastos e outros plastídios. Ou seja, as cianobactérias fotossintetizantes livres deram origem aos cloroplastos e outros plastídios de algas e plantas atuais. Segue abaixo a figura 5, que ilustra didaticamente essa etapa:

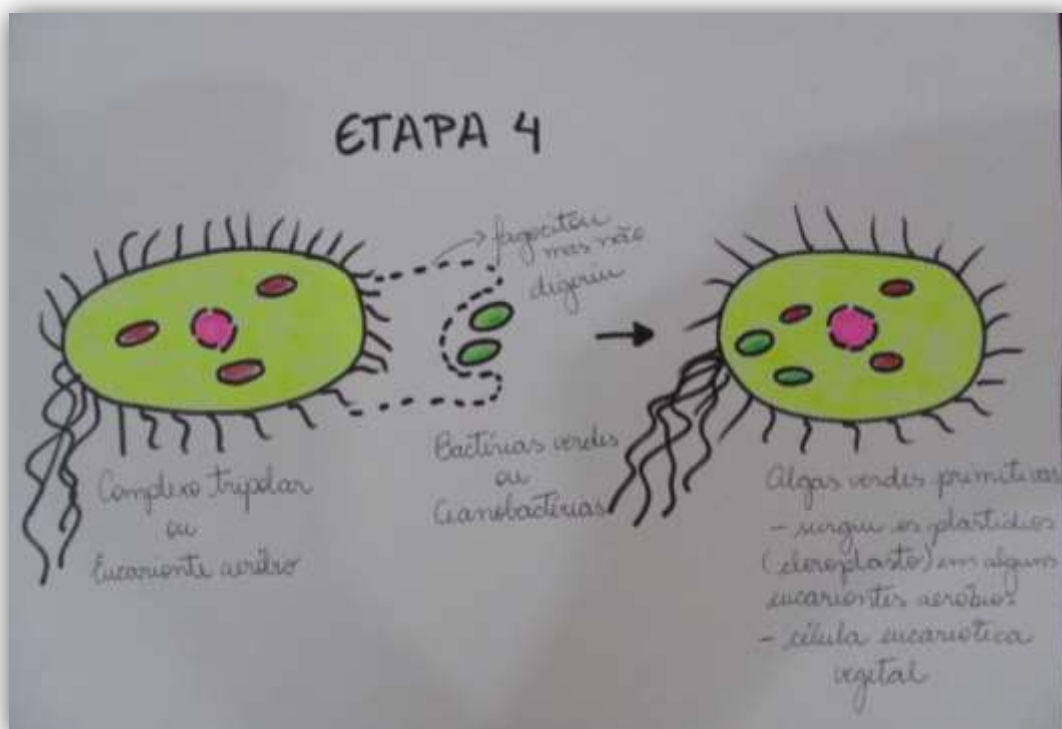


FIGURA 5 – Etapa 4 da Teoria da Endossimbiose Sequencial

A ideia principal da TES, segundo Margulis é que os genes extras no citoplasma de células de animais, plantas e outras células nucleadas não são “genes nus”: na verdade, eles tiveram origem como genes bacterianos. Os genes são um legado palpável de um passado violento, de competição e de tréguas. Há muito tempo, as bactérias, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, se tornaram organelas.

Segundo Margulis (2001), as bactérias, ao se fundir em simbiose, nos deixam pistas de sua antiga independência. Tanto as mitocôndrias como os plastídios são bacterianos em tamanho e forma. Essas organelas se reproduzem de forma que muitas estão presentes em um momento no citoplasma mas nunca dentro do núcleo. Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem

diferentemente e em momentos diferentes do resto da célula na qual residem. Ambos os tipos, após sua fusão inicial que teria acontecido a cerca de 1 bilhão de anos atrás, ainda retêm seus depósitos neutros de DNA.

Margulis (2001) ainda explica que a aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses dois tipos de organelas contém DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas. Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios. Os genes ribossomos de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si sós atualmente. Os genes ribossomos dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

Segundo Margulis (2001), há um consenso que acredita de modo incontestável na versão intermediária da TES, aceitando a origem simbiótica tanto para os plastídios como para as mitocôndrias. A polêmica discordância se encontra na origem das organelas natatórias. Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana. Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2 da TES. Segundo Margulis (2001), as espiroquetas originalmente formaram estruturas de fixação com arqueobactérias vulneráveis. Conforme elas se integravam simbiogeneticamente, o ponto de fixação se transformou no centríolo-cinetossomo de hoje.

Margulis (2001) esclarece que:

*“Caudas de espermatozoide, os cílios dos protistas ciliados, os cílios das células das trompas de Falópio das mulheres e os cílios de nossas gargantas (todas formas de “ondulipódios” com os característicos nove conjuntos de microtúbulos em sua detalhada estrutura) são derivados, creio, de espiroquetas ancestrais. Sou otimista e acho que acabaremos tendo provas, quando os genes das proteínas de motilidade e – ainda mais importante, porque mudam menos rapidamente – as proteínas que se movimentam (as próprias proteínas de motilidade) forem identificadas e tiverem suas sequências estabelecidas.*

*O dado mais importante sobre a origem bacteriana de centríolo-cinetoplastos é a descoberta do que pode ser um fragmento de DNA em um micróbio verde natatório. John Hall, David Luck e Zenta Ramais, da*

*Rockefeller University, descobriram nas algas verdes Chlamydomonas genes especiais que codificam características que influenciam as estruturas natatórias microtúbulos-centríolo-cinetoplasto. Esses genes foram agrupados e isolados dos genes nucleares padrão. Assim que li o trabalho dos cientistas da Rockefeller fiquei convencida da validade da SET “extrema”. Como até hoje ninguém separou o DNA centríolo-cinetossomo de outros DNAs celulares, é claro que os genes do centríolo-cinetoplasto ainda não foram diretamente comparados com os genes de espiroquetas livres.”*

Margulis (2001) explica ainda que é possível que no passado remoto um participante microbiano tenha aumentado em muito a velocidade natatória do que veio a se tornar uma sociedade, sendo que, o próprio descendente da motilidade permanece.

E ela encerra o capítulo dizendo:

*“Os neurônios – que são as células nervosas de nossos cérebros – e os nervos periféricos estão repletos de microtúbulos compostos de proteína tubulina. Os mesmos microtúbulos, exatamente iguais, compõem os cílios, caudas de espermatozoide e paredes de centríolos-cinetoplastos. Os microtúbulos são a base dos axônios e dendritos, prolongamentos das células nervosas pelos quais processamos informações em nossos cérebros. Se minha teoria radical da simbiogênese estiver correta, o próprio cérebro e o pensamento necessário para ler esta frase se tornaram possíveis pelos microtúbulos protéicos que evoluíram em bactérias. Mesmo que as pesquisas mostrem que minha hipótese da espiroqueta está incorreta, pensar sobre a simbiose é em si mesmo um fenômeno simbiótico. O oxigênio que respiramos entra no cérebro por nossa corrente sanguínea e é incessantemente metabolizado pelas mitocôndrias que sabemos terem sido bactérias que respiravam. Quer as espiroquetas coleantes estejam ou não no cerne de nossa existência, continuamos sendo seres simbióticos em um planeta simbiótico (MARGULIS, 2001).”*

## **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

### **4.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa e aspectos relevantes da obra de Maturana e Varela**

A obra de David Paul Ausubel (1918-2008) é conhecida como *Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)*. As ideias de Ausubel, cujas formulações iniciais

são dos anos 1960, encontram-se entre as primeiras propostas psicoeducativas que tentam explicar a aprendizagem escolar e o ensino a partir de um marco distanciado dos princípios condutistas (PELIZZARI et al., 2002).

Segundo Pelizzari et al. (2002), Ausubel esclarece que para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições: o aluno precisa ter uma disposição para aprender e o conteúdo tem que ser potencialmente significativo. As proposições de Ausubel partem da consideração de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si que do número de conceitos presentes. A estrutura cognitiva do aprendiz é uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização.

Segundo Ausubel, apud Pelizzari et al. (2002), há duas classes de aprendizagem: significativa e memorística. A aprendizagem significativa é o eixo relativo à maneira de organizar o processo de aprendizagem e a estrutura em torno da dimensão aprendizagem por descoberta/aprendizagem receptiva. Enquanto a aprendizagem memorística é o breve, o aluno estabelece relações arbitrárias do novo conteúdo com algum aspecto relevante de sua estrutura cognitiva prévia. É importante destacar que há um contínuo entre as classes de aprendizagem, de um lado da reta a aprendizagem significativa e do outro lado a aprendizagem mecânica ou memorística.

Conforme Pelizzari et al. (2002), a teoria de Ausubel afirma que na aprendizagem significativa há três vantagens essenciais em relação à aprendizagem memorística. Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”.

Segundo Moreira (1999), Ausubel era médico-psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Depois de aposentar-se Ausubel voltou a se dedicar a psiquiatria, período em que Joseph D. Novak continuou sua obra, elaborando, refinando e divulgando a TAS.

“Ausubel é um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem segundo o ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Como outros teóricos do cognitivismo, ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam. É a estrutura cognitiva, entendida como o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e sua organização; ou, conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimento. É o complexo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento” (MOREIRA, 1999).

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999).

Moreira (1999) esclarece que subsunçor é uma palavra inexistente em português, tratando-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “*subsumer*”, que se equivale a inseridor, facilitador ou subordinador.

Uma característica interessante da obra de Ausubel é sua preocupação com a aprendizagem real, aquela que realmente ocorre em sala de aula. Para Ausubel “... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1968, 78, 80 apud MOREIRA, 1999).

Segundo Moreira (1999), novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionar, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos, e ainda por modificações relevantes nos atributos da estrutura cognitiva pela influência do novo material.

Segundo Moreira (1999), Ausubel recomenda o uso de *organizadores prévios* que tem por função principal servir de ponte cognitiva entre o que o aprendiz

já sabe e o que ele deve aprender. Isso facilita a aprendizagem significativa uma vez que permite manipular a estrutura cognitiva. Moreira (1999) explica que organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si, sendo apresentados em um nível muito alto de abstração, generalidade e inclusividade.

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define *aprendizagem mecânica* (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária (MOREIRA, 1999).

Segundo Moreira (1999), Ausubel não estabelece uma dicotomia entre aprendizagem significativa e mecânica e sim um contínuo, da mesma forma essa distinção não pode ser confundida com a distinção entre aprendizagem por descoberta e por recepção (receptiva). Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele, isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados (MOREIRA, 1999).

Segundo Moreira (1999), em crianças pequenas ou pessoas num primeiro contato com uma área de conhecimento os conceitos são adquiridos por meio de um processo que envolve generalizações de instâncias específicas, conhecido como *formação de conceitos*.

O mesmo autor esclarece que na abordagem ausubeliana a maioria dos novos conceitos é adquirida através de *assimilação* (podendo haver *assimilação obliteradora*), *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*, envolvendo processos da *organização sequencial* e da *consolidação*. Esse percurso processual

seria o caminho da aprendizagem significativa para Ausubel, porém são necessárias duas condições, conforme Moreira (1999), para que a mesma ocorra: 1) o material a ser aprendido deve ser relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal, ou seja, o material deve ser potencialmente significativo; 2) e o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo material potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva.

Conforme Moreira (1999) no processo dinâmico de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva a *linguagem* tem papel facilitador, segundo Ausubel, pois ela clarifica os significados, tornando-os mais precisos e transferíveis. A teoria da assimilação de Ausubel procura deixar mais claro e preciso esse processo.

A *assimilação* é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a, potencialmente significativo, é assimilado sob um ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo (MOREIRA, 1999). Conforme explica Moreira (1999), não só a nova informação a, mas também o conceito subsunçor A são modificados pela interação, formando uma nova unidade ou subsunçor modificado a'A'. Para Ausubel o produto interacional a'A', durante um certo tempo fica dissociável em A' e a', favorecendo assim a retenção de a'.

Imediatamente após a aprendizagem significativa, começa um segundo estágio de assimilação: a *assimilação obliteradora*. As novas informações tornam-se espontâneas e progressivamente menos dissociáveis de suas ideias-âncoras (subsunçores), até que não mais estejam disponíveis. O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações (MOREIRA, 1999).

Conforme Moreira (1999), Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: a) *representacional* – é o tipo mais básico, envolve a atribuição de significados à símbolos (tipicamente palavras) com seus referentes (objetos, eventos, conceitos); b) *de conceitos* – é de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos também são representados por símbolos particulares, porém, são genéricos ou categóricos; c) *proposicional* – tem como tarefa aprender o

significado de ideias em forma de proposição.

Segundo Moreira (1999), Ausubel indica ainda outros tipos de aprendizagem significativa, sendo: *subordinada*, *superordenada* e *combinatória*; ambas compatíveis com a categorização anterior – representacional, de conceitos e proposicional.

Segundo o mesmo autor, a aprendizagem *subordinada* é aquela onde a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente. Segundo Ausubel et al. (1978) apud Moreira (1999), a aprendizagem subordinada pode ser *derivativa* (aquela em que o novo material é entendido como um exemplo específico de um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva, ou é apenas corroborante ou ilustrativo de uma proposição geral previamente aprendida; é raro de acontecer) ou *correlativa* (aquela onde o novo material é aprendido como uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos).

Enquanto a aprendizagem *superordenada* é a que se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo A, mais geral e inclusivo do que ideias e conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem *combinatória*, por sua vez, é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos, e sim, com conteúdo amplo, relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva, isto é, a nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva, nem é capaz de assimilá-las. É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira bem geral, e não com aspectos específicos dessa estrutura, como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada (MOREIRA, 1999).

Quando um novo conceito ou proposição é aprendido por subordinação, i.e., por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor, este também se modifica. A ocorrência desse processo uma ou mais vezes



leva à *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor. Na verdade, este é um processo quase sempre presente na aprendizagem significativa subordinada (MOREIRA, 1999).

Por outro lado, na aprendizagem superordenada (ou na combinatória), ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, no curso de novas aprendizagens, ser reconhecidas como relacionadas. Assim, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Esta recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é referida por Ausubel como *reconciliação integrativa* (MOREIRA, 1999).

No fundo, toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará também em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições, isto é, a reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999).

A diferenciação progressiva é vista como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. Ao propor isso, Ausubel baseia-se em duas hipóteses: 1) é menos difícil para seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; 2) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas e gerais estão no topo e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (AUSUBEL et al., 1978 apud MOREIRA, 1999).

Com esses argumentos torna-se justificável a reorganização do conteúdo programático de Biologia no ensino médio. Um esboço dessa proposta seria (em ordem de inclusividade das áreas de concentração do conhecimento, do mais geral para o mais específico): origem do universo; origem da vida; ecologia; reinos da natureza (animais – incluindo aqui embriologia e histofisiologia animal; vegetais – incluindo morfofisiologia vegetal e reprodução; fungos, protoctistas e bactérias – incluindo nestes três últimos, economia, saúde e meio ambiente),

evolução (incluindo a TES aliada ao darwinismo), genética, citologia, bioquímica.

Conforme Moreira (1999), Ausubel orienta que a estrutura cognitiva pode ser influenciada *substantivamente* (pela apresentação de conceitos e princípio unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras) ou *programaticamente* (pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino).

Quanto à *organização sequencial*, Ausubel argumenta que a disponibilidade de ideias-âncoras relevantes, para uso na aprendizagem significativa e na retenção pode, obviamente, ser maximizada se tirar-se partido das dependências naturais existentes na disciplina e do fato de que a compreensão de um dado tópico, frequentemente, pressupõe o entendimento prévio de algum tópico relacionado. Além disso, Ausubel argumenta também que, insistindo na *consolidação* ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegure-se contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada (MOREIRA, 1999).

Segundo Moreira (1999), a teoria de Ausubel poderia ser nomeada de maneira mais específica do que aprendizagem significativa, poderia ser *aprendizagem verbal significativa receptiva*. Verbal porque Ausubel considera a linguagem fundamental na facilitação da aprendizagem e receptiva, porque, embora sem negar o valor da descoberta, ele argumenta que a aprendizagem significativa receptiva é o mecanismo humano por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações de qualquer campo de conhecimento.

Segundo Moreira (2007), Joseph Novak (NOVAK, 1981; NOVAK & GOWIN, 1996) colaborador de Ausubel e co-autor da segunda edição da obra básica sobre aprendizagem significativa (AUSUBEL, NOVAK & HANESIAN, 1980), dá à aprendizagem significativa uma conotação humanista propondo que ela subjaz à integração construtiva, positiva, entre pensamentos, sentimentos e ações que conduz ao engrandecimento humano.

Essa integração entre pensamentos, sentimentos e ações pode ser positiva, negativa ou matizada. A perspectiva de Novak é que quando a aprendizagem é significativa o aprendiz cresce, tem uma sensação boa e se predispõe

a novas aprendizagens na área. Mas o corolário disso é que quando a aprendizagem é sempre mecânica o sujeito acaba por desenvolver uma atitude de recusa à matéria de ensino e não se predispõe à aprendizagem significativa.

Muito do que se passa nas situações de ensino e aprendizagem ocorre entre esses dois extremos. A visão de Novak é importante por que a predisposição para aprendizagem é umas das condições da aprendizagem significativa e certamente tem a ver com a integração de pensamentos, sentimentos e ações.

Conforme Moreira (2007) a perspectiva interacionista social da aprendizagem significativa é a abordagem triádica (aluno, professor e materiais educativos do currículo) de D. Bob Gowin (1961 - 1990) (GOWIN, 1981; NOVAK & GOWIN, 1996). Trata-se de uma visão basicamente vygotskiana, na qual o processo ensino-aprendizagem é visto como uma negociação de significados cujo objetivo é compartilhar significados a respeito dos materiais educativos do currículo. O professor (mediação humana) é quem já domina os significados aceitos no âmbito da matéria de ensino e o aprendiz é aquele que busca captar tais significados. Cabe ao professor apresentar, das mais diversas maneiras, e várias vezes se necessário, esses significados e buscar evidências de se o aluno os está captando. Ao aluno compete verificar se os significados que está captando são aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. É isso que se entende por negociação de significados e ela ocorre em outro contexto que é o meio social.

Nesse modelo, um episódio de ensino se consuma quando o aluno capta os significados que o professor queria que ele captasse e que são aqueles já aceitos por uma comunidade de usuários. É nesse sentido que há um compartilhamento de significados (MOREIRA, 2007). Mas essas situações são cada vez mais complexas, ou seja, um aglomerado de muitos elementos. Um campo conceitual é um campo complexo. A única maneira de um sujeito dominá-lo é dominar, progressivamente, situações cada vez mais complexas.

As situações são os novos conhecimentos e são elas que dão sentido aos conceitos, mas para dar conta delas o sujeito precisa de conceitos, ou seja, conhecimentos prévios. Esses conhecimentos prévios ficarão mais elaborados em função dessas situações nas quais são usados. Está aí a interação que caracteriza a aprendizagem significativa, porém em uma óptica de progressividade e

complexidade.

Conforme Moreira (2007) é importante esclarecer que os novos conhecimentos de Ausubel seriam as novas situações. Os conhecimentos preexistentes (subsunçores) seriam conceitos em construção. Da interação (relação dialética) entre eles resultaria a aprendizagem significativa, de maneira progressiva.

De acordo com Moreira (2007) a visão autopoietica de Humberto Maturana considera que os seres vivos são máquinas autopoieticas, ou seja, máquinas que continuamente especificam e produzem sua própria organização através da produção de seus próprios componentes, sob condições de contínua perturbação e compensação dessas perturbações.

As máquinas autopoieticas são autônomas (subordinam todas suas mudanças à conservação de sua própria organização). Podem ser perturbadas por fatores externos e experimentam mudanças internas que compensam essas perturbações (MATURANA, 2001 apud MOREIRA, 2007).

Para explicar o conhecer, é necessário explicar o conhecedor que é o ser humano, uma máquina autopoietica. O explicar se dá na linguagem, mas sua validade depende de quem aceita a explicação. Há tantos explicares, tantos modos de explicar, como modos de aceitar explicações (MATURANA, 2001 apud MOREIRA, 2007).

Nessa visão, o aluno é uma máquina autopoietica, o professor e os materiais educativos são agentes perturbadores. Contudo, a perturbação não contém em si mesma uma especificação de seus efeitos sobre o ser vivo (no caso, o aluno) é este em sua estrutura que determina sua própria mudança frente a tal perturbação. Esta propriedade das máquinas autopoieticas chama-se determinismo estrutural (MATURANA, 2001 apud MOREIRA, 2007).

O ser vivo é uma máquina autopoietica determinada estruturalmente. A aprendizagem significativa ocorre no domínio de interações perturbadoras que geram mudanças de estado, ou seja, mudanças estruturais sem mudar a organização, mantendo a identidade de classe (MATURANA, 2001 apud MOREIRA, 2007).

Segundo Moreira (2007) para Maturana os conhecimentos prévios dos alunos são explicações que são reformulações da experiência. Tais explicações podem ser aceitas no contexto científico ou não. No primeiro caso, são válidas por

que atendem aos critérios de validade da ciência; no segundo, podem ser válidas porque são aceitas no cotidiano. Então, ambas são válidas dependendo de onde são aceitas. E essas explicações se dão na linguagem. Os novos conhecimentos são perturbações que, na aprendizagem significativa, receberão significados e, ao mesmo tempo, através de uma interação perturbadora modificarão em alguma medida, a estrutura dos conhecimentos prévios sem alterar sua organização.

De maneira breve e superficial pode-se mencionar a obra de Francisco Varela (1946 - 2001) que não é considerado teórico de ensino aprendizagem, mas se relaciona a teoria dele para educação. Sua teoria é baseada puramente em observações experimentais, em neurociência. Trabalhou com Maturana. Foi co-autor dele em duas obras.

O conceito fundamental da obra de Varela é a autopoiese: o ser se constrói. A capacidade de regeneração do ser vivo o distingue das máquinas. O ser vivo é dinâmico e evolui, criando uma identidade, o que não acontece com as máquinas. Pensar na aprendizagem como um processo evolutivo biológico, é o que Varela e Maturana fazem. Aprender é sinônimo de viver. O meio é alterado pelo homem e o homem se altera devido ao meio. Para Varela não há diferença entre racional e irracional, todos os seres aprendem, um cão aprende, uma árvore aprende, uma bactéria aprende, um ser humano aprende. Existe um processo universal de aprendizagem, própria do ser vivo. “Todo fazer é um conhecer e todo conhecer é um fazer.” O ser se faz, se constrói. O ser se define.

Um conceito próprio da Teoria da Complexidade importante na obra de Maturana e Varela é o *Acoplamento Estrutural* – que são sistemas não isolados, ou seja, sistemas abertos integrados. Praticamente todos os conceitos nos livros são frutos do estudo de sistemas isolados. A missão da ciência agora é estudar sistemas abertos. Outro conceito em destaque nesta perspectiva é *estrutura*. Não se deve mais pensar em causa e consequência, e sim em estrutura, o todo, a construção, o ser que aprende forma uma grande estrutura, a aprendizagem acontece nas características dessa estrutura, em suas relações, com o meio e o outro ser.

Ora o comportamentalismo é uma teoria determinista, e a teoria de Varela, é não determinista, pois não é possível prever o que vai acontecer após uma perturbação, o que é possível é trabalhar em probabilidades. O ser humano é uma

máquina de aprender. Qualquer nova informação faz o outro aprender, faz mudar o estado de conhecimento do outro.

Como é a relação entre o ser e o meio? Endossimbiose sequencial, de Lynn Margulis, nos ajuda a responder essa questão, formando melhor o conceito de acoplamento estrutural. O meio influencia o ser e o ser influencia o meio. Quanto mais complexo o sistema, mais capaz será, mais inteligente o sistema.

É importante ressaltar que Varela não é enquadrado no representacionismo (é um conceito que diz que nós somos resultado/fruto do meio, somos representação do mundo) tão pouco no *solipsismo* (somos determinados apenas pela nossa estrutura interior, fruto dos nossos genes). Ao contrário Varela encontra-se entre representacionismo e solipsismo, para ele somos fruto da relação eu-meio-eu.

Outro aspecto importante da obra de Varela é que todo ser muda no tempo. A consciência é fundamentalmente desunificada, no sentido de termos elementos menores que formam nossa consciência. Eu sou uma miríade de outros. *Self* = si mesmo, sua identidade, o que é você. O self como uma propriedade emergente. Somos fruto da relação dos *euzinhos*, o sofrimento vem de não aceitarmos um euzinho. Cada instante de tempo temos uma experiência diferente, por isso nossa experiência é descontínua. Temos uma experiência fragmentada das coisas.

O cérebro é um sistema altamente cooperativo. Numa situação nova, a nossa reação vai emergir baseada nas experiências que já temos. *Drives psicológicos* = o que nos move, a motivação do nosso agir, porque agimos assim ou assado. Varela se baseia no drive de Greenberg e Mitchell, que são relações sociais. Ao que parece temos sempre a necessidade de agrupar.

Varela defende conceitos como a cognição = aprendizagem; e enação = conjunto de educação, aprendizado e ação. Tudo isso é uma coisa só. Varela é radical, pois defende que só aprendemos se houver ação. Sistema neurofisiológico = mente (conjunto dos neurônios), que é diferente do cérebro. Nossa mente não está restrita ao cérebro. Então para Varela “eu sou um conjunto de agregados de muitos eus”.

## 5 DESCRIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

### 5.1 Plano de ação

Essa pesquisa investigou o perfil dos estudantes em cada turno escolar. Investigou também os conhecimentos prévios dos estudantes do segundo ano do ensino médio (EM) da EJA acerca de conceitos citológicos, genéticos, ecológicos e evolucionistas. Conceitos estes que apresentam potencialidade para ancorar os novos conceitos relacionados à TES. A opção por turmas de 2º ano do EM/EJA se deu pois espera-se que os estudantes possuam subsunçores adequados ao ensino introdutório da TES.

Adotou-se a metodologia quali-quantitativa com intervenção. Essa escolha se deu a fim de fornecer melhor triangulação dos dados.

Eisner (1981) apud Moreira (2009): apresenta argumentos consistentes que justificam essa escolha metodológica

*"Cada abordagem ao estudo de situações educacionais provê de maneira única sua própria perspectiva. Cada uma ilumina a seu modo as situações que os seres humanos procuram compreender. O campo da educação em particular precisa evitar o monismo metodológico. Nossos problemas devem ser atacados de todas as maneiras que forem frutíferas [...] A questão não é contrastar qualitativo e não qualitativo, mas como abordar o mundo educacional. É para o artístico que devemos nos voltar não como uma rejeição ao científico, mas porque com ambos podemos atingir visão binocular. Olhar através de um só olho nunca proporcionou muita profundidade de campo."*

Existem algumas diferenças entre esses paradigmas que subscrevem diferentes metodologias (MOREIRA, 2009).

*"Os métodos qualitativos são etnográficos, interpretativos, descritivos, enquanto que procedimentos quantitativos são ditos objetivos, científicos, acurados. Consistentemente com esses métodos e paradigmas, o pesquisador qualitativo procura um entendimento*

*interpretativo de uma realidade socialmente construída na qual ele ou ela esta imerso(a), enquanto o pesquisador quantitativo busca descobrir uma realidade com existência própria, da qual ele ou ela deve estar o mais desvinculado(a) possível a fim de evitar qualquer viés. A meta desses procedimentos metodológicos é chegar a respostas a questões sobre fenômenos educacionais, i.e., a asserções de conhecimento que são apresentadas através de distintas retóricas, usando diferentes meios de persuadir a audiência: a retórica quantitativa é fria, procurando ser isenta de valores, neutra, padronizada; faz uso de números, gráficos, tabelas, coeficientes e outros indicadores objetivos buscando, persuadir o leitor da acuidade, objetividade, cientificidade da metodologia e dos resultados da pesquisa. A retórica qualitativa não evita a linguagem cotidiana carregada de valores; é detalhada, provendo elementos em quantidade suficiente -- citações, vinhetas, documentos, comentários interpretativos -- para persuadir o leitor que as asserções de conhecimento são interpretações válidas daquilo que os eventos significam do ponto de vista dos sujeitos da pesquisa”(MOREIRA, 2009).*

A pesquisa de natureza qualitativa tem uma característica participativa, interpretativa e naturalista. A intenção da pesquisa qualitativa é chegar a uma interpretação dos significados que os aprendizes – sujeitos da investigação atribuem as suas ações e ao conhecimento adquirido. Só sendo possível a interpretação através da observação participativa do investigador que se insere no fenômeno de interesse. (PAULO, 2006 apud TAVARES, 2011).

Bogdam e Biklen (1994) apud Tavares (2011), descrevem as cinco características da investigação qualitativa:

1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal. Os investigadores introduzem-se e despendem grande quantidade de tempo em escolas, famílias, bairros e outros locais tentando elucidar questões educativas.
2. A investigação qualitativa é descritiva. Os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e não números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Tentam analisar os dados em toda sua riqueza, respeitando, tanto quanto o possível, a forma em que estes foram registrados ou transcritos.
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos. Como é que as pessoas negociam os



significados? Como é que se começa a utilizar certos termos e rótulos? Como é que determinadas noções começaram a fazer parte daquilo que consideramos ser o “senso comum”? Qual a história natural da atividade ou acontecimentos que pretendemos estudar? Entre outros questionamentos. As estratégias qualitativas patentearam o modo como as expectativas se traduzem nas atividades, procedimentos e interações diárias.

4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma intuitiva. Não recolhem dados ou provas com o objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses construídas previamente; ao invés disso, as abstrações são construídas na medida em que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando.

5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa. Os investigadores que fazem uso deste tipo de abordagem estão interessados no modo como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas. Centram-se em questões como: quais as conjecturas que as pessoas fazem sobre as suas vidas? O que consideram serem “dados adquiridos”? Os investigadores qualitativos fazem questão de se certificarem de que estão a apreender as diferentes perspectivas adequadamente.

A proposta inicialmente foi apresentada para a equipe gestora da escola, direção, coordenação e professores efetivos e interinos dia 14 de março de 2014. Todos os presentes apoiaram a proposta e aceitaram a execução da pesquisa. Houve da parte docente uma preocupação com a contextualização e atualização do currículo de Biologia voltado ao mercado de trabalho, já que essa é a missão do CEJA e não vestibular e ENEM. Foi então explicado que essa pesquisa estaria orientada para a formação crítica dos estudantes a cerca de questões ambientais atuais, como aquecimento global, efeito estufa, novo paradigma na ciência, novo entendimento da evolução biológica, etc. Houve ainda preocupação e espanto uma vez que a proposta de pesquisa se mostrou ambiciosa, já que entre outros fatores os termos biológicos são difíceis e assustam os alunos.

A proposta foi aprovada e foi acordado que seria trabalhado com uma turma matutino da Ciências Humanas, já que não havia turma matutino da Ciências da Natureza. E duas turmas da Ciências da Natureza, uma vespertino e uma noturno. No noturno haviam duas turmas e como os professores não conheciam os alunos, foi feito um sorteio para escolha de qual turma participaria da pesquisa. Foi assim

escolhidas turmas em turnos diferentes, afim de melhor representar os estudantes. Durante o primeiro encontro com os alunos foi apresentada a proposta e questionado se havia predisposição a aprender. Houve resposta positiva em todas as turmas e por isso a pesquisa continuou. Detalhes sobre todos os encontros serão descritos a seguir.

O delineamento da pesquisa seguiu o esquema abaixo,

O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7 O8 (2º ano matutino e vespertino)

A O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7 O8 (2º ano noturno)

Onde,

A = aleatoriedade, pois houve sorteio entre duas turmas;

O1 = pré-teste A;

Xa = oficina A;

O2 = teste A (parcialmente igual ao pré-teste A, incluindo texto de apoio A e debate);

O3 = pré-teste BC (que investigou a cerca dos conceitos mais gerais da TES e TC, como – cooperação, endossimbiose, auto-organização, auto-regulação, acoplamento estrutural, complexidade e sistemas abertos);

Xb = oficina B;

O4 = teste B (incluindo texto de apoio B e debate);

Xc = oficina C;

O5 = teste C (incluindo texto de apoio C e debate);

O6 = pós-teste BC (igual ao pré-teste BC);

O7 = avaliação processual; e

O8 = entrevistas.

Portanto a pesquisa com os estudantes foi organizada em cinco encontros entre 19 de março de 2014 e 16 de abril de 2014 conforme o Quadro 1:

QUADRO 1 – Organização da pesquisa

<b>Encontro</b>	<b>Duração</b>	<b>Descrição</b>	<b>Coleta de dados</b>
<b>Encontro 1</b>	2h	Apresentação da pesquisadora e da proposta. Convite para participar da pesquisa.	Caderno de campo. Pré-teste A (individual).
<b>Encontro 2</b>	4h	Oficina A – Conceitos necessários para o entendimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES)	Caderno de campo. Texto-apoio A. Teste A (individual).
<b>Encontro 3</b>	4h	Oficina B – Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.	Caderno de campo. Pré-teste BC (individual). Texto-apoio B. Teste B (em grupos).
<b>Encontro 4</b>	4h	Oficina C – Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: as quatro etapas.	Caderno de campo. Texto-apoio C. Teste C (em grupos).
<b>Encontro 5</b>	2h	Encerramento. Avaliação processual em grupos com registros em papel.	Caderno de campo. Pós-teste BC. Avaliação processual (em grupos). Entrevistas.

Havia uma previsão do encontro 6 para realização de entrevistas, mas como apenas três alunos aceitaram o convite de participar voluntariamente da entrevista, esse encontro foi cancelado. E essas entrevistas aconteceram logo após o encontro 5, nas turmas do matutino e vespertino somente, já que não houveram alunos interessados na turma do noturno.

Além dos testes, foram usados ainda, os registros do caderno de campo para análise das impressões da pesquisadora.

Para a análise dos dados foi usado escores percentuais, além de quadros, tabelas e gráfico de dispersão (X Y) da distribuição de frequências dos

escores. Enquanto o restante da pesquisa foi descritiva (método qualitativo). E por fim será feito a devolutiva da pesquisa na escola investigada.

## **5.2 O contexto da pesquisa**

Alta Floresta foi criada a partir de um projeto de colonização particular, através da INDECO S/A - Integração, Desenvolvimento e Colonização, fundada por Ariosto da Riva, época em que o governo federal fomentava a campanha nacionalista "integrar para não entregar". Em 1973, chegando a abertura da BR-163 (Cuiabá/Santarém) ao Km 642, possibilitou à INDECO a construção dos 147 Km a noroeste até o lugar onde hoje é a cidade de Alta Floresta, sendo concluída em 19 de maio de 1976 (SITE DO MUNICÍPIO, 2015).

O colonizador Ariosto Da Riva foi apelidado pelo jornalista David Nasser de "o último bandeirante", por ter a ousadia de penetrar na floresta amazônica e implantar um projeto de colonização. Naquele tempo, abrir estradas era um ato de coragem e determinação, o trabalho marchava lento, enfrentando árvores gigantes de angelins, mogno, castanha-do-pará dentre outras. Em maio de 1976, três anos após o começo da abertura da estrada, é que se acabou de desmatar a primeira clareira onde a cidade de Alta Floresta iria ser construída (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS - IBGE, 2015).

O nome de Alta Floresta deu-se em função da própria natureza da região, com mata alta e densa, já que o local se encontra na região da Amazônia Mato-Grossense. Hoje se sabe que mais especificamente o município se encontra em um ecótono entre Amazônia e Cerrado.

Quanto a sua dependência genealógica vale esclarecer que o município de Cuiabá deu origem ao de Diamantino, que perdeu o território de Alta Floresta para Santo Antônio do Madeira (hoje Porto Velho - RO.), que deu origem ao município de Aripuanã, do qual se originou o município de Alta Floresta (PORTAL MATO GROSSO, 2008).

O município foi criado a 18 de dezembro de 1979, através da lei estadual nº 4.157. Em 3 de junho de 1980, o presidente da república, João

Figueiredo, visitou Alta Floresta e escutou de Ariosto Da Riva a seguinte frase "...Alta Floresta terá o direito de se orgulhar por ter sido a cidade que em tempo recorde - apenas quatro anos - se tornou município, fato esse certamente único na história do país"(CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS - IBGE, 2015).

O município de Alta Floresta possui 8.976,204km<sup>2</sup> de área da unidade territorial. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - 2010 (IDHM 2010) é 0,714. A população residente é de 49.164 pessoas, sendo 24.989 homens e 24.175 mulheres. O pessoal ocupado total é de 11.446 pessoas e o PIB per capita a preços correntes – 2012 é de 15.581,31 reais. O valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes – rural é de 350,00 reais enquanto o valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes – urbana é de 510,00 reais. O valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio – rural é de 1.408,62 reais e o valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes com rendimento domiciliar, por situação do domicílio – urbana é de 2.268,43 reais (IBGE, 2015).

A cidade de Alta Floresta localiza-se no extremo norte de Mato Grosso, região conhecida como arco do desmatamento. O município tem sua economia baseada predominantemente na pecuária e agricultura. Havendo ainda um forte segmento em crescimento, trata-se do ecoturismo e turismo de pesca esportiva.

Alta Floresta recebeu o selo de município com potencial turístico em 1996. Hoje, destaca-se o crescimento do turismo ecológico devido ao grande potencial natural, inclusive com pesca esportiva (SITE DO MUNICÍPIO, 2015).

Além dessas atividades há o turismo universitário, já que o município é o polo universitário da região. Registra-se ainda a agricultura familiar e o artesanato de produtos florestais, com movimentos sociais em concordância com o desenvolvimento sustentável. Associada a essas atividades o município encontra-se em pleno crescimento populacional e econômico com as atividades da usina hidrelétrica no rio Teles Pires, o que aqueceu o mercado imobiliário de toda região.

Alta Floresta apresenta uma sociedade civil organizada em vários segmentos, o que tem impulsionado várias discussões que norteiam o município para

a conciliação das atividades econômicas e o cuidado com o ambiente.

Em 2012 haviam 8.107 matrículas do ensino fundamental e 2.903 matrículas do ensino médio. A população residente alfabetizada era de 41.028 pessoas e a população residente que frequentava creche ou escola era de 16.217 pessoas (IBGE, 2015). Sendo assim, tem-se 8.136 pessoas não alfabetizadas. Para atender essa população existe o Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) Ariosto da Riva.

O CEJA Ariosto da Riva, inicialmente chamado de Núcleo de Educação Permanente – NEP, foi criado em 14 de fevereiro de 1991. Posteriormente o CEJA recebeu outras denominações respectivamente: Escola Estadual de Suplência de Primeiro e Segundo Grau Ariosto da Riva, Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Ariosto da Riva, Escola Estadual Ariosto da Riva – EJA. Finalmente em 19 de fevereiro de 2009 recebeu o recente nome.

O CEJA Ariosto da Riva oferta o ensino fundamental (1º e 2º segmento) e ensino médio, conta ainda com a modalidade de agendamento por disciplina, contando com 750 alunos em 2014. O Centro de Educação de Jovens e Adultos Ariosto da Riva possuía em 2014 48 servidores, sendo 29 servidores efetivos e 19 contratados. Destes 14 professores efetivos e 8 contratados, 1 diretor e 1 coordenador pedagógico, ambos efetivos.

As disciplinas são agrupadas em três áreas: Ciências Humanas, Ciências da Natureza e Matemática e Linguagem. O ano letivo se divide em 3 trimestres, sendo que cada turma recebe uma área em cada trimestre. A instituição é a unidade de lotação da pesquisadora. Por essas razões e por se mostrarem receptivos a proposta de pesquisa, o CEJA Ariosto da Riva foi escolhido para o desenvolvimento deste trabalho.

Vale registrar que trata-se da primeira pesquisa envolvendo os alunos nesta instituição, isso provocou curiosidade e receio nos mesmos. Por vezes alguns alunos, predominantemente aqueles que faltaram ao primeiro encontro onde fora explicada e apresentada a pesquisa, indagavam sobre o que estava acontecendo, por que a aula era daquele jeito, coisas desse tipo, que demonstravam desconhecimento e confusão a cerca da natureza desse trabalho.

### 5.3 Os slides, textos-apoio e testes

A elaboração dos materiais usados nessa pesquisa foi orientada para a objetividade, clareza de ideias, linguagem acessível, correta transposição didática minimizando o risco de distorções das teorias ensinadas e menor número possível de conceitos.

Foram feitos dois arquivos em Power point, um para apresentação da proposta de pesquisa aos alunos e comunidade escolar (anexo I). Nesta ocasião foi apresentado o plano de curso (anexo II). E outro contendo os slides das três oficinas – A, B e C – (respectivamente anexos V, VI e VII). Os slides da oficinas foram elaborados em concordância com os textos-apoio A, B e C, que objetivaram reforçar os conteúdos oralmente explicados. Convém esclarecer que foram elaborados textos-apoio A, B e C para o professor (anexo III) e para o aluno (anexo IV). Foram elaborados sete testes (anexo IV), sendo: pré-teste A (individual), teste A (individual), pré-teste BC (individual), teste B (coletivo), teste C (coletivo), pós-teste BC (individual) e avaliação processual (coletivo).

O pré-teste A contém duas partes, a primeira diz respeito a investigação do perfil do estudante, possuindo questões de cunho pessoal; já a segunda parte diz respeito aos conceitos considerados pré-requisitos para esse estudo, possuindo questões de verdadeiro ou falso. O teste A é igual a segunda parte do pré-teste A. Em decorrência dessa organização existem questões iguais com numerações diferentes nos testes supracitados, por exemplo, a questão 9 no pré-teste A é a mesma que a questão 1 no teste A, e assim sucessivamente até a questão 49 no pré-teste A e sua correspondente questão 41 no teste A.

O pré-teste BC e o pós-teste BC são testes iguais com intuito de investigar se os estudantes reconheciam algumas relações entre conceitos da TES e TC e do currículo de Biologia antes e depois das oficinas B e C.

O teste B foi aplicado durante a oficina B e o teste C foi aplicado durante a oficina C.

A avaliação processual foi aplicada no último encontro e teve o intuito de investigar os pontos positivos e negativos do processo experimentados pelos

alunos e pesquisadora, além de discutir sugestões para melhoria da pesquisa se fosse aplicada novamente.

#### **5.4 Os encontros e oficinas**

As oficinas foram caracterizadas por aulas predominantemente expositivas e por vezes dialogadas com uso de apresentações em pptx. Infelizmente não houveram tantas participações dos alunos como era esperado, talvez pela dificuldade do tema, pelo pouco tempo, pelo desinteresse de alguns alunos, pela timidez da maioria dos alunos ou por alguma falta didática da pesquisadora.

Também usou-se de um texto sobre conceitos biológicos considerados necessários ao entendimento da TES e dois textos a respeito da TES. Foi dada à transposição didática uma atenção especial, uma vez que houve uma preocupação especial para fazer uso de uma linguagem de fácil entendimento e para expor os conceitos de forma objetiva, oferecendo exemplos sempre que possível.

Durante a realização das oficinas B e C, foram propostos dois testes B e C, que apresentaram questões dissertativas sobre o tema estudado. Para respondê-los foi usado uma técnica de participação proativa com a organização dos estudantes em pequenos grupos de trabalho, e nestes um dos alunos era o guardião do tempo, outro era guardião da fala e outro da escrita. Ou seja, um dos participantes além de participar das discussões era responsável pelo cumprimento da atividade no tempo estabelecido, outro se encarregava de liderar o debate e representar o grupo no momento de discutir com toda a turma, e o outro se encarregava de escrever as respostas do teste.

Depois da análise dos textos, debate e respondidas as questões do teste nestes pequenos grupos de trabalho foi realizada a socialização com toda a turma. Essa abordagem também foi utilizada para realização da avaliação processual.

O *encontro 1 com o 2º ano noturno* aconteceu dia 19 de março de 2014, uma quarta-feira, das 19h às 20h e 50 min. Os alunos foram bem participativos, deram opiniões, sinalizaram vontade em aprender e se envolveram com a proposta da pesquisa. Estavam presentes 26 alunos e uma professora.



O *encontro 1 com o 2º ano matutino* aconteceu dia 20 de março de 2014, uma quinta-feira, das 7h às 8h e 55 min. Os alunos aceitaram o convite, se mostraram um pouco tímidos, mas houveram algumas participações. Estavam presentes 20 alunos.

O *encontro 1 com o 2º ano vespertino* aconteceu dia 20 de março de 2014, uma quinta-feira, das 13h às 14h e 55 min. Nesse encontro havia apenas dois homens e 14 mulheres, sendo a grande maioria senhoras. Uma jovem mulher não aceitou participar da pesquisa, essa aluna recebe uma atenção especial da instituição, uma vez que apresenta graves problemas psicológicos. Ela foi ouvida pela pesquisadora, que acolheu respeitosamente sua decisão de não participar da pesquisa. Essa aluna foi orientada a retornar a sala de aula tradicional com o professor titular, sem nenhum problema. Duas alunas dessa turma são alunas de outro turno também, uma do matutino e outra do noturno. Para que não ficasse cansativo e desmotivante para ambas, foi acordado que elas fariam as oficinas em apenas um turno, e no outro retornariam para sala de aula tradicional com o professor titular, uma vez essa turma do vespertino assim como a turma do matutino eram turmas multisseriadas, ou seja, haviam outro grupo de alunos que cursavam o 1º ano, que naturalmente, não participaram de nenhum encontro dessa pesquisa. A existência de turmas multisseriadas ocorre para que se possa autorizar a abertura de uma turma e a contratação dos servidores, pois separadas elas não alcançam o limite mínimo de 35 alunos. Esse é um fator dificultador para o exercício docente de qualidade. Os alunos foram participativos e questionaram bastante como seriam as aulas, já que não queriam “perder aula” das disciplinas. Eles se mostraram preocupados com aprender “coisas importantes”, e a medida que foi apresentada a proposta e ficou claro que essa pesquisa iria ajudá-los em provas, concursos, ENEM e que trataria de assuntos relevantes na economia e política, aceitaram o convite e defenderam a proposta.

O *encontro 2 com o 2º ano matutino* aconteceu dia 24 de março de 2014, uma segunda-feira, das 7h às 11h. Estavam presentes 18 alunos. Quatro alunas fizeram o pré-teste A, pois haviam faltado ao encontro 1. Os alunos participaram da oficina mas em alguns slides se mostraram desatentos. O conteúdo de genética e DNA chamou muito a atenção dos alunos sendo observadas mais interações ao discutir esse tema. Por descuido da pesquisadora não foi explicado sobre o DNA

bacteriano. Uma aluna relatou serem muitos nomes para memorizar, por isso houve confusão ao responder se era célula eucariótica ou procariótica, quando a pesquisadora indagou. Um aluno se mostrou muito cansado durante alguns momentos da explicação, mas esteve ativo e respondeu com empenho o teste A. As 10h e 15min se encerrou a explicação da pesquisadora e foi pedido que a turma lesse o texto-apoio A, todos fizeram silêncio e colaboraram. Em seguida foi pedido que respondessem ao teste A individualmente, podendo consultar o texto-apoio A e assim os alunos fizeram.

O encontro 2 com o 2º ano noturno aconteceu dia 24 de março de 2014, uma segunda-feira, das 19h às 22h e 30min. Estavam presentes 19 alunos, mas depois do intervalo cinco alunos foram embora. Cinco alunos fizeram o pré-teste A, pois haviam faltado ao encontro 1. A turma se apresentou bem participativa, especialmente os homens mais jovens. Entretanto muitas vezes eles conversaram assuntos paralelos e isso atrapalhou a aula. As 21h e 40min foi pedido que os alunos realizassem a leitura individual do texto-apoio A e depois respondessem o teste A. A maioria da turma colaborou e realizou o que foi pedido, mas dois alunos não quiseram ler pois se queixaram que era muito coisa para ler e então ficaram mexendo nos celulares. Um aluno relatou que a pesquisadora fala muito rápido e ficou difícil de entender, mas com a leitura do texto-apoio A ele entendeu tudo. Um grupo de três alunos insistiram em realizar a atividade juntos, mesmo com o pedido que tentassem fazê-la individualmente. Uma aluna foi liberada da atividade pois já havia participado do encontro na turma do matutino, e ficou acordado que a mesma participaria dos demais encontros somente na turma do matutino e na turma do noturno ele retornaria a sala de aula tradicional com o professor titular.

O encontro 2 com o 2º ano vespertino aconteceu dia 26 de março de 2014, uma quarta-feira, das 13h às 17h. Estavam presentes 19 alunos, mas depois do intervalo quatro alunos foram embora. Oito alunos fizeram o pré-teste A, pois haviam faltado ao encontro 1. Uma aluna da turma do noturno e uma do matutino combinaram que participariam dos demais encontros nesta turma. A oficina foi divertida, os alunos estavam mais a vontade para perguntar, dar exemplos e responder durante o debate. As 14h os alunos começaram a demonstrar sono e cansaço, por isso a pesquisadora deu 10min para que eles saíssem de sala para beber

água e/ou ir ao banheiro. Quando esses voltaram foi feito uma série de alongamentos e depois seguiu-se com a oficina. As 16h e 05min foi pedido que os alunos realizassem a leitura individual do texto-apoio A em 15min e depois respondessem ao teste A. Duas alunas pediram para fazer o teste A em casa pois tinham que sair antes de acabar a aula, a pesquisadora autorizou. Quatro alunos não terminaram de responder o teste A até o final da oficina e por isso levaram para terminar em casa.

Por esquecimento da pesquisadora não foi orientado em nenhuma turma que lessem o texto-apoio em casa para melhor fixação dos conteúdos revisados.

O encontro 3 com o 2º ano matutino aconteceu dia 02 de abril de 2014, uma quarta-feira, das 7h às 11h. A pesquisadora atrasou o início da oficina em 20min. Estavam presentes 24 alunos, mas depois do intervalo cinco alunos foram embora. Havia muitos alunos que se encontravam pela primeira vez com a pesquisa. A oficina começou com a aplicação do pré-teste BC. Alguns alunos chegaram atrasados. As 7h e 35min a pesquisadora começou a explicar os slides, haviam alguns alunos bem interessados e alguns já mostravam cansaço. Duas alunas não pararam de conversar paralelamente durante a explicação, mesmo depois de advertidas. Uma aluna ficou de cabeça abaixada durante toda a explicação, mas respondeu o teste B ativamente. Houveram momentos de maior participação dos alunos, como na pergunta: Para que serve a ciência?; durante a explicação do mapa do Brasil “de ponta cabeça”, quando foi discutida a complexidade, uma vez que estamos impregnados do pensamento cartesiano e não damos conta disso. O mapa pode e deve ser analisado em uma mesa ou no chão, pois não há orientação mais adequada que os pontos cardeais, entretanto somos condicionados a analisar e expor os mapas em paredes, reforçando a ideia de países do norte “em cima”, “primeiro”, “na parte superior”, enquanto os países do sul “embaixo”, “na parte inferior”. Essa reflexão foi conduzida na intenção de se refazer alguns conceitos sobre superioridade de países, de ciência, de teorias, de pessoas, de seres vivos. Foi percebido que alguns alunos estão acostumados a receber as informações “mastigadinhas” em pequenas doses e por isso apresentam um pouco de dificuldade de seguir um raciocínio mais longo, esse fator poderia explicar o desinteresse por parte desses alunos. As 9h e 45min iniciou o trabalho em pequenos grupos para ler o texto-apoio B e responder o

teste B. Grupos esses que foram organizados em guardiões do tempo, da escrita e da fala. O tempo destinado para esse trabalho foi de 30min. Durante o trabalho em grupo a pesquisadora percorreu os mesmos e orientou algumas respostas. Os grupos se empenharam em realizar o teste B, com exceção de três alunas em dois grupos diferentes. Todos os grupos permaneceram dentro de sala para execução da atividade, mesmo podendo sair. Os alunos se queixaram que foi pouco tempo para responder o teste B e que a questão 6 - A ideia principal da TES, segundo Margulis, é que os genes extras no citoplasma de células de animais, plantas e outras células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos. Há muito tempo, as bactérias, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras. Como essas informações transformam nosso entendimento atual sobre a evolução das espécies?) – estava muito difícil por isso boa parte dos grupos não respondeu. A socialização das resposta aconteceu em seguida e devido o pouco tempo restante os alunos foram à frente da sala de aula e leram suas resposta e a pesquisadora, sentada junto com os demais alunos, comentou algumas delas para sugerir se havia ou não necessidade de correção.

Houve, por parte da pesquisadora, um cuidado em não afirmar certo ou errado nas questões dissertativas já que haviam algumas possibilidades de respostas aceitáveis. Essa condução não centralizadora do que é certo ou errado, provocou estranheza em muitos alunos.

O encontro 3 com o 2º ano noturno aconteceu dia 02 de abril de 2014, uma quarta-feira, das 19h às 22h e 30min. Estavam presentes 16 alunos, mas depois do intervalo oito alunos foram embora. A turma chegou bem atrasada. A oficina começou com a aplicação do pré-teste BC. Durante a explicação do mesmo muito alunos não estavam prestando atenção, mesmo depois de advertidos. Após 30min outros alunos mais atrasados chegaram e começaram a responder o pré-teste BC e atrapalharam muito a explicação que já havia iniciado. A explicação dos slides iniciou com poucos alunos em sala, e muitos desses se mostravam cansados e distraídos. No decorrer da oficina muitos alunos, especialmente os homens mais jovens, conversavam em paralelo e saíam da sala algumas vezes. Uma aluna que

combinou fazer as atividades somente no matutino, permaneceu em sala contrariando o acordo. Ela ficou conversando o tempo todo com outro aluno e ambos saíram algumas vezes da sala e foram embora depois do intervalo. Depois do intervalo a pesquisadora aceitou o pedido da professora titular da turma que pediu que três alunas de agendamento de matemática participasse da pesquisa. Logo após o intervalo encerrou-se a explicação dos slides, e formaram-se os grupos de trabalho para leitura do texto-apoio B e responder o teste B. Um dos grupos foi formado somente com as alunas de agendamento de matemática, que foram muito comprometidas com a atividade. Os poucos alunos que ficaram para o trabalho em grupo se mostraram empenhados e colaboraram com a execução da atividade. Alguns perguntaram para a pesquisadora sobre dúvidas para responder algumas questões, e a mesma orientou a turma toda sobre a localização das respostas dessas questões. Essa turma mostrou nesse encontro algumas características já esperadas, tais como: alunos do noturno chegam muito atrasados; não conseguem se concentrar em acompanhar um raciocínio longo; se distraem com facilidade; muitos vão embora depois do intervalo; não gostam de ler; querem tudo “mastigadinho”. Devido o pouco tempo restante não foi realizada a socialização das respostas oralmente. A pesquisadora agradeceu os poucos alunos por terem ficado após o intervalo e realizado o teste B.

O encontro 3 com o 2º ano vespertino aconteceu dia 03 de abril de 2014, uma quinta-feira, das 13h às 17h. Estavam presentes 17 alunos, mas depois do intervalo um aluno foi embora. Os alunos começaram a responder o pré-teste BC as 13h e 20min. Em seguida foram convidados a votar na eleição dos representantes dos alunos no CDCE – Conselho Diretor da Comunidade Escolar, o que levou 10min aproximadamente. A pesquisadora iniciou a explicação dos slides e depois de 1h fez uma pausa para que os alunos ficassem mais atentos, pois os mesmos demonstraram cansaço e sono. Entretanto todos os alunos ficaram em silêncio e se esforçaram para acompanhar a explicação. Após o intervalo, depois de finalizar as explicações dos slides, a turma foi orientada a se dividir em quatro grupos para leitura e debate do texto-apoio B e realização do teste B. Todos os alunos ficaram dentro da sala e trabalharam bem, todos do grupo estavam ativos discutindo as respostas e as respondendo de maneira a pouco solicitar orientação da pesquisadora. Essa turma se

mostrou mais independente que as turmas do noturno e matutino. Depois de 40min iniciou-se a socialização das respostas, e curiosamente dois grupos terminaram 7min antes desse prazo. Os guardiões da fala foram à frente da sala e leram as respostas de seus grupos e a pesquisadora comentou algumas, parabenizando a turma pelo empenho.

Todas as turmas demonstraram cansaço e distração na oficina B, alguns fatores podem explicar isso: a) os slides apresentaram muito texto e portanto houve muita leitura, que foram explicados oralmente também; b) haviam muitos conceitos novos para pouco tempo de assimilação; c) a oficina foi predominantemente expositiva e com poucas imagens; d) o conteúdo denso e conceitos complexos, requisitaram muitos subsunçores complementares para o entendimento de raciocínios longos; e) haviam muitos termos/conceitos novos; f) afastamento de alguns conceitos do contexto e ocupações dos alunos, como por exemplo entropia, segunda lei da termodinâmica, fractal e histerese, aliado a falta de domínio desses conceitos por parte da pesquisadora; g) desinteresse em aprender por parte de alguns alunos, especialmente os homens mais jovens do 2º ano noturno que desde o início da oficina se mostraram agitados e conversaram o tempo todo assuntos alheios aos discutidos. A observação cuidadosa dessa oficina leva a conjecturar que as turmas matutino e vespertino estão mais comprometidas com seus estudos que a turma do noturno.

*O encontro 4 com o 2º ano matutino* aconteceu dia 07 de abril de 2014, uma segunda-feira, das 7h às 11h. Estavam presentes 22 alunos, mas depois do intervalo duas alunas foram embora depois de responderem o teste C e comunicarem a pesquisadora. A pesquisadora deu início a oficina C explicando que esta seria o aprofundamento da TES e que portanto seriam necessários vários conceitos já estudados. O início da oficina foi uma revisão de conceitos-chaves e logo se aprofundou na teoria. A oficina C foi predominantes expositiva, mas houve uma observação de uma aluna sobre a etapa 2 da TES que disse: “Então os cílios são essas espiroquetas?”, aproveitando a indagação a pesquisadora disse: “Ótima colocação. Vamos pensar assim: as ancestrais das espiroquetas formaram o núcleo e os cílios já que entraram em outra bactéria e não saíram, elas se incorporaram na estrutura da termoplasma e da bactéria natatória.” As 8h e 10min a turma foi orientada a fazer a

leitura individual do texto-apoio C e depois de 20min a turma se organizou em 7 grupos para responderem o teste C, com a mesma dinâmica de trabalho do teste C. Quatro grupos saíram da sala para realizar a atividade, e destes um grupo ficou conversando assuntos alheios ao teste C. Esse grupo que não mostrou interesse na atividade, se compõe de cinco jovens incluindo duas alunas que sempre conversam durante as aulas e não prestam atenção.

Três grupos procuraram orientação para tirar dúvidas. Percebeu-se que muito alunos apresentaram dúvidas de interpretação do enunciado das questões e do texto-apoio C, ficando claro que a dificuldade em leitura e interpretação dificultou a execução da atividade. Na questão 2 – A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis apresenta as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as células eucarióticas: animal e vegetal. A ideia é simples: quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram, por meio de simbioses, em uma ordem específica. Quais seriam esses ancestrais? – foi explicado que são quatro ancestrais pois as cianobactérias são seres encontrados atualmente, portanto são cinco tipos de bactérias que se incorporaram. Nas demais turmas também foi feita essa explicação a respeito da questão 2 do teste C. Durante a realização do teste a pesquisadora circulou entre os grupos e foi observado que quatro alunas fizeram anotações em seus cadernos das explicações de todas os encontros. Cerca de 45min após o intervalo foram socializadas as respostas dos grupos. Durante as discussões a pesquisadora fez as correções oralmente, pois havia confusão em algumas respostas, e foi solicitado aos grupos que as fizessem no teste C antes de entregá-lo. A pesquisadora encerrou a oficina C, sugerindo que aquele que pudesse e quisesse poderia reler os textos-apoio A, B e C para realizar o teste BC no encontro seguinte. Essa orientação também foi dada às demais turmas.

O encontro 4 com o 2º ano noturno aconteceu dia 07 de abril de 2014, uma segunda-feira, das 19h às 22h e 30min. Estavam presentes 18 alunos, mas depois do intervalo três alunos foram embora. Antes de iniciar a oficina C a pesquisadora entregou a quem se ausentou das oficinas anteriores os textos-apoio A e B. E comentou que haveria uma entrevista com um ou dois alunos da turma se houvessem voluntários. Também foi explicado que nesta oficina que estava para começar seriam usados vários conceitos já estudados nas oficinas anteriores e que

portanto a explicação seria mais breve que na oficina anterior. Muitos alunos chegaram atrasados, o que parece ser muito comum neste turno, além disso, muitos vão embora depois do intervalo ou ainda se ausentam em todas as aulas com frequência. A explicação dos slides se iniciou as 19h e 15min, os alunos estavam atentos, mas as 19h e 45min muitos já estavam distraídos e alguns começaram a sair de sala, enquanto outros mostravam muito cansaço. Houve uma tentativa de provocar curiosidade, com questões que iniciariam um diálogo, mas os alunos não responderam a expectativa, foram passivos o tempo todo. Com exceção de uma participação de um aluno que disse: “Então o mais forte sobreviverá”, fazendo referência à seleção natural de Darwin, a pesquisadora aproveitou a oportunidade e esclareceu esse erro comum, dizendo: “Realmente parece isso, não é? Mas se analisarmos com mais cuidado, vamos compreender que Darwin disse que o mais adaptado sobreviverá. Percebeu a diferença?”.

As 20h e 10min a turma foi orientada a se organizar em pequenos grupos, de no máximo quatro alunos e no mínimo dois, como foi solicitado em todas as turmas na oficina anterior. Foi entregue o texto-apoio C e solicitado que fizessem a leitura individual em 25min para que em seguida os grupos começassem a responder o teste C, organizados com os guardiões, como também foi solicitado em todas as turmas na oficina anterior. Muitos alunos não leram seus textos-apoio, ao contrário, ficaram conversando e atrapalhando o restante da turma, especialmente dois grupos formados por homens mais jovens, mesmo depois da pesquisadora pedir a colaboração dos mesmos. Depois de 10min da entrega do texto-apoio C alguns alunos pediram o teste C, e a pesquisadora entregou a todos os grupos. De maneira geral ficou a impressão que muitos alunos apresentam uma séria dificuldade em ler e escrever, que os limitou na execução da atividade, isso foi verificado ao procurarem orientação da pesquisadora e não conseguirem ler o enunciado da questão ou verbalizar sua dúvida. A pesquisadora circulou entre os grupos e orientou aqueles que pediram ajuda. Uma aluna ao procurar orientação demonstrou não conhecer os conceitos citológicos, como organela, plastídios ou mitocôndria, e essa impressão se aplicou a muitos outros alunos, sugerindo que faltam os subsunçores necessários ao entendimento da TES. A socialização das respostas começou as 22h e 10min, com os guardiões da fala a frente da sala, com exceção de uma aluna que respondeu as



questões do teste C de sua cadeira. A pesquisadora fez algumas correções e sugeriu que os alunos corrigisse as respostas antes de entregar o teste C.

O encontro 4 com o 2º ano vespertino aconteceu dia 09 de abril de 2014, uma quarta-feira, das 13h às 17h. Estavam presentes 15 alunos, mas depois do intervalo dois alunos foram embora. Desses uma mulher comunicou a pesquisadora e pediu para fazer o teste C sozinha pois precisava cuidar do filho doente. A explicação dos slides iniciou as 13h e 20min pois choveu muito forte e muitos alunos chegaram atrasados. A oficina foi expositiva com participação de um aluno que perguntou se as bactérias das etapas 1 a 4 ainda existem hoje, e a pesquisadora respondeu que as cianobactérias ainda existem, enquanto as demais são ancestrais de bactérias atuais. Durante a revisão dos conceitos-chave no início da oficina C ficou claro que muitos alunos ficaram perdidos em alguns conceitos, por isso a pesquisadora se dedicou a usar vários exemplos e detalhar a explicação, usando frases diferentes para explicar a mesma ideia. As 14h e 30min a explicação dos slides estava concluída, e apesar de muitos alunos se mostrarem cansados e distraídos havia muito empenho na maioria da turma em acompanhar a explicação. Neste momento foi entregue o texto-apoio C para leitura individual em 25min e posterior realização do teste C em pequenos grupos. Três alunos não leram o texto-apoio, enquanto todos os demais alunos leram. Um aluno demonstrou não saber a função do núcleo da célula e se confundiu com os conceitos célula, bactéria e fungo. Parece que essa confusão conceitual é compartilhada por alguns alunos, que acrescidos da dificuldade de leitura e interpretação, tiveram dificuldade em compreender as questões do teste C. Cinco grupos permaneceram trabalhando e interagindo em sala para realização da atividade, enquanto um grupo saiu da sala. Após o intervalo todos os grupos trabalharam em sala. A pesquisadora circulou entre os grupos e orientou quando solicitada. Na socialização das respostas ficou claro que um grupo teve muita dificuldade de compreender os enunciados das questões, mas os demais não. Foram feitas algumas correções verbais e orientado que os grupos corrigissem seus testes e entregassem.

O encontro 5 com o 2º ano matutino aconteceu dia 15 de abril de 2014, uma terça-feira, das 7h às 8h e 55min. Estavam presentes 23 alunos. As 7h e 10min iniciou a aplicação do pós-teste BC que durou por 40min. Muitos alunos o fizeram em 15min. A pesquisadora reforçou o convite para que os alunos

participassem da entrevista e deu início a avaliação processual, explicando que esse trabalho coletivo que se iniciava tinha por objetivo melhorar a pesquisa e avaliar os processos nela usados. As regras para isso era: não usar nomes próprios; falar de fatos e trabalhar criticamente. A turma se organizou em pequenos grupos com a mesma dinâmica de trabalho dos teste B e teste C. A pesquisadora orientou que avaliassem tudo o que facilitou e dificultou o aprendizado deles, todos os atores, alertando a turma de que apenas 10 alunos participaram de todas as atividades e que essas ausências podem atrapalhar o aprendizado. Para deixar os alunos a vontade a pesquisadora não circulou entre os grupos. Apenas um dos grupos saiu da sala para realizar a atividade. Um aluno chegou na segunda aula, fez o pós-teste BC e não quis participar da avaliação processual.

As 8h e 25min a socialização das respostas iniciou. Foi feita uma orientação para que repetissem um ritual que algumas etnias indígenas fazem. Quando concordassem com alguma resposta iriam falar “iahou”. A turma estava em círculo e alguns fatores receberam mais “iahou”. O clima foi tranquilo e harmônico, os alunos pareciam a vontade. A pesquisadora também opinou durante a socialização por entender que sendo parte do processo poderia registrar suas impressões com a turma, essa postura se repetiu com todas as turmas. Nos pontos positivos a mesma destacou a vontade dos alunos comparada às demais turmas, o comprometimento em prestar atenção mesmo quando a oficina estava cansativa, a chegada pontual às aulas de quase todos os alunos e muitos alunos estiveram presentes em todos os encontros. No tocante aos pontos negativos alguns se destacaram, como: pouco tempo para muitos conceitos; quatro aulas seguidas são muito cansativas e pouco produtivas; pouco tempo para fazer os testes; havia muito conteúdo na pesquisa; slides com poucas imagens; conversas paralelas atrapalham a concentração da turma; falta de motivação e comprometimento de alguns alunos. Houve uma divergência sobre usar vídeo aulas, dois grupos concordaram com a ideia mas os demais não. A pesquisadora finalizou agradecendo a todos pela colaboração e recepção e deixou um incentivo para que eles se ajudassem a não desistir dos seus sonhos, a não deixar o cansaço e o desânimo os afastar de terminar o ensino médio e seguir em busca de um curso de aperfeiçoamento, técnico, tecnológico, faculdade enfim qualquer outro nível de ensino. Afirmou que eles eram capazes de fazer qualquer coisa e que se alguém

dissesse que não, que não acreditem nesse alguém. Nesta turma apenas uma aluna se voluntariou a fazer a entrevista, que foi feita em seguida.

O encontro 5 com o 2º ano vespertino aconteceu dia 15 de abril de 2014, uma terça-feira, das 13h às 14h e 55min. Estavam presentes 16 alunos. As 13h e 15min iniciou a aplicação do pós-teste BC durando 40min aproximadamente. Alguns alunos chegaram atrasados por volta das 13h e 30min. A maioria dos alunos responderam o pós-teste BC em 20min. Assim como feito na turma do matutino, a pesquisadora reforçou o convite para que os alunos participassem da entrevista lendo o roteiro da mesma e deu início a avaliação processual, explicando que esse trabalho coletivo que se iniciava tinha por objetivo melhorar a pesquisa e avaliar os processos nela usados. As regras para isso era: não usar nomes próprios; falar de fatos e trabalhar criticamente. A turma se organizou em cinco grupos com a mesma dinâmica de trabalho dos teste B e teste C. A pesquisadora orientou que avaliassem tudo o que facilitou e dificultou o aprendizado deles, todos os atores, alertando a turma de ausências podem atrapalhar o aprendizado. Um dos grupos perguntou se poderia responder a questão 7 do roteiro da entrevista – Em sua opinião, a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade pode ser ensinada aos alunos da Educação de Jovens e Adultos/EJA? Por quê? –, a pesquisadora afirmou que sim e indicou que todos os grupos discutissem a respeito, bem como analisassem os materiais produzidos – testes, textos-apoio e slides. Para deixar os alunos a vontade a pesquisadora não circulou entre os grupos. Todos os grupos ficaram dentro da sala e todos trabalharam.

As 14h e 25min iniciou a socialização das respostas em um círculo. A respeito dos pontos positivos mereceram destaque alguns como: a pesquisa trouxe vários conceitos novos e os alunos gostaram de novidades, bem como de estudar detalhadamente alguns conceitos; gostaram ainda dos slides com figuras e da explicação da pesquisadora. A pesquisadora afirmou ter gostado do comprometimento que eles demonstraram; o esforço em prestar atenção mesmo quando as oficinas estavam cansativas; da pontualidade da maioria dos alunos ao iniciar a aula e por ver que eles se ajudaram bastante durante as atividades. Sobre os pontos negativos o pouco tempo limitou e dificultou aprendizagem, pois foram muitos conceitos em pouco tempo; explicações longas para contemplar todos os

conceitos; as oficinas foram “corridas” dificultando a interação professora-alunos; conversas paralelas distraíram os colegas. Quanto às sugestões apareceram ideias como: produzir uma apostila para possibilitar a consulta do conteúdo em casa; organizar aulas com menos conceitos e passar exercícios em sala; organizar pesquisas para os alunos fazerem na biblioteca e na internet dos tópicos que eles mais gostaram; diluir o conteúdo nas aulas de Biologia durante o trimestre.

A pesquisadora agradeceu a todos pela colaboração e deixou um incentivo para que eles se ajudassem a não desistir dos seus sonhos, a não deixar o cansaço e o desânimo os afastar de terminar o ensino médio e seguir em frente. Nesta turma dois alunos se voluntariaram a fazer a entrevista, que foram feitas em seguida uma de cada vez.

O encontro 5 com o 2º ano noturno aconteceu dia 16 de abril de 2014, uma quarta-feira, das 19h às 20h e 50min. Estavam presentes 12 alunos. As 19h e 15min iniciou a aplicação do pós-teste BC com os quatro alunos presentes, os demais chegaram atrasados por volta das 19h e 30min. Enquanto a pesquisadora explicava sobre a avaliação processual a maioria não prestou atenção, tendo chamado a atenção desses alunos e novamente explicado a atividade, ainda assim surgiram perguntas que mostraram a total falta de entendimento da proposta. Essa turma se mostrou descomprometida com os estudos, especialmente os homens mais jovens. Durante o trabalho em grupo aconteceu uma briga no pátio da escola o que provocou agitação e muitos alunos saíram de sala para ver o acontecido. Ficaram dentro de sala apenas 6 alunos em dois grupos. As 20h e 35min começou a socialização com apenas dois grupos, os demais chegaram atrasados ao debate. Não houve muitas participações, pois os alunos estavam preocupados com o horário do intervalo. De modo geral a avaliação processual foi muito superficial e refletiu o desinteresse da maioria dos alunos dessa turma. Vale registrar que de 37 alunos apenas 7 participaram de todos os testes da pesquisa. A pesquisadora finalizou agradecendo-os e desejando-os bom ano letivo e que não desistissem de concluir o ensino médio, bem como, continuassem a estudar em algum outro nível de ensino. Ela refez o convite para a entrevista, mas nenhum aluno se manifestou ou a procurou após o intervalo como foi combinado.

## **5.5 Entrevistas**

As entrevistas semi- estruturadas foram feitas na sala de aula que aconteceu as oficinas com a presença da pesquisadora e do entrevistado apenas. Para registro usou-se uma câmera digital para gravar o vídeo. A pesquisadora fez uso do roteiro de entrevista para nortear o diálogo. A entrevista não foi obrigatória, ao contrário, optou-se por deixar os alunos a vontade para recusarem ou aceitarem o convite, já que por ser uma atividade individual os alunos poderiam se constranger ao emitir suas opiniões verdadeiras.

Uma aluna do 2º ano matutino concordou em participar da entrevista. A aluna foi participativa durante os encontros e demonstrou ser crítica. Ela se ausentou apenas da oficina B. Durante a entrevista ela se emocionou a mencionar que Margulis a inspirou a não desistir do que acredita. Também participaram da entrevista um aluno e uma aluna do 2º ano vespertino. Não houve entrevista no 2º ano noturno, pois não houve alunos interessados.

## **5.6 Produto educacional**

Foi elaborado um guia para o professor orientando como usar os materiais produzidos por essa pesquisa e dando sugestões de aprofundamento do tema, nele há também os três textos-apoio para o professor, os três textos-apoio para o aluno, os sete testes e as três apresentações em slides para cada oficina. Esse kit educacional pode ser acessado gratuitamente no site do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências (<http://fisica.ufmt.br/pgecn/>) ou no site da pesquisadora ([www.alegria-ciencia.com.br](http://www.alegria-ciencia.com.br))

## 6 RELATO DE APLICAÇÃO EM AULA

### 6.1 Os sujeitos da pesquisa

Conforme mostra a tabela 1 participaram do estudo 94 alunos distribuídos em três turnos, sendo o noturno o turno com mais alunos 37, depois o matutino com 32 e o vespertino com 27. A estrutura do Centro de Educação de Jovens e Adultos em análise possui organização trimestral e agendamento de disciplinas no intuito de acelerar a formação final dos alunos. Para os dois alunos que frequentam duas turmas ficou combinado que eles fariam as atividades uma só vez, se ausentando do encontro com a pesquisa e se dirigindo a sala de aula com o professor titular. Dos seis alunos de agendamento, quatro são do noturno e participaram de apenas um encontro, dois alunos são do vespertino, sendo que um participou de dois encontros e o outro de quatro encontros.

**TABELA 1** – Descrição dos sujeitos pesquisados

<b>Sujeitos pesquisados</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
2º ano matutino	32	34,04
2º ano vespertino	27	28,72
2º ano noturno	37	39,36
Total* de alunos pesquisados	94	100
*Alunos que frequentam duas turmas	2	2,13
Alunos de agendamento	6	6,38

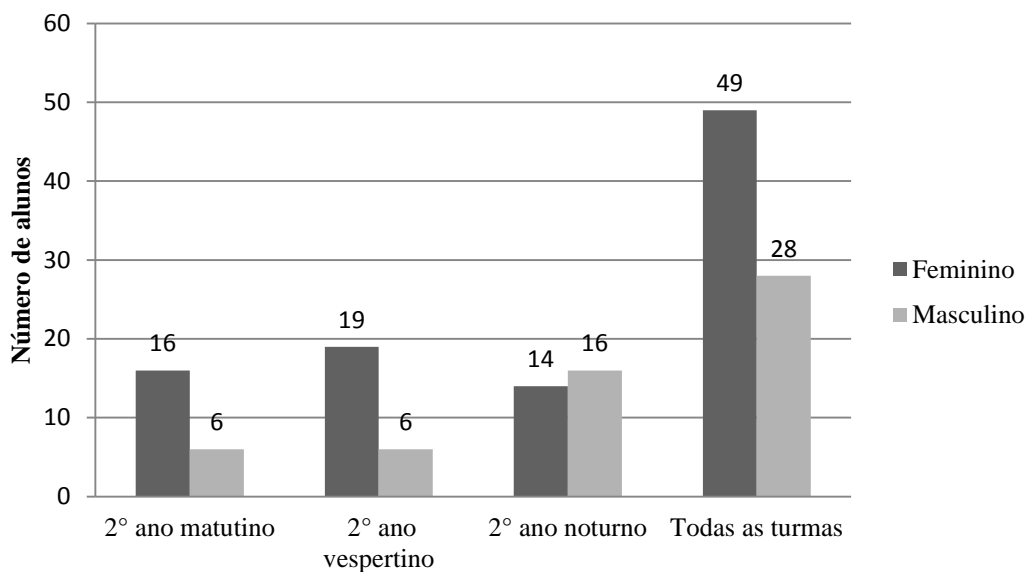
No tocante à frequência dos alunos nas atividades desse estudo, com exceção das entrevistas realizadas fora do horário de aula, foi encontrado cenário semelhante ao descrito acima. Ao analisar todas as turmas juntas encontra-se a maior frequência de 80, 21% no Pré-teste A e a menor no Teste B com 47,92% conforme a tabela 2. De acordo com a tabela 2 a maior frequência entre as turmas foi no 2º ano vespertino 92, 59% em apenas uma atividade, o Pré-teste A e a menor frequência foi no 2º ano noturno com 29, 73% no Teste B.

A análise das médias das frequências de cada turma, excluindo a entrevista, mostra que o 2º ano matutino apresenta 66,51% de frequência média nas atividades, enquanto o 2º ano vespertino apresenta 64,55% e o 2º ano noturno apresenta 44,40%. Essa mesma análise feita com todas as turmas juntas apontam a frequência média de 57,44% nas atividades da pesquisa. O 2º ano noturno mostrou ser a turma com menor frequência nas atividades enquanto o 2º ano matutino mostrou a maior frequência.

**TABELA 2** – Frequência dos alunos nas atividades

<b>Atividades</b>	<b>2º ano matutino</b>	<b>2º ano vespertino</b>	<b>2º ano noturno</b>	<b>Total</b>
Pré-teste A	22	25	30	77
Teste A	18	17	15	50
Pré-teste BC	24	17	17	58
Teste B	19	16	11	46
Teste C	21	15	16	52
Pós-teste BC	23	16	13	52
Avaliação processual	22	16	13	51
Entrevista	1	2	0	3
<b>Total de alunos</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>96</b>

Segundo a Figura 6 dos 77 alunos que responderam ao Pré-teste A, 49 são mulheres e 28 são homens. Ao analisar cada turma percebe-se que as mulheres são maioria entre os alunos do dia e minoria à noite.



**FIGURA 6** – Sexo dos alunos que responderam ao Pré-teste A

A Figura 7 apresenta a faixa etária desses 77 alunos citados anteriormente. A faixa etária de 18 a 22 anos é a que predominou, sendo mais expressiva no 2º ano noturno. A análise permite também observar que o 2º ano vespertino possui alunos mais velhos quando comparado às demais turmas.

A idade parece influenciar decisivamente os objetivos dos alunos durante as aulas. Percebe-se que os alunos com idade mais avançada apresentam maior interesse em aprender que os demais.

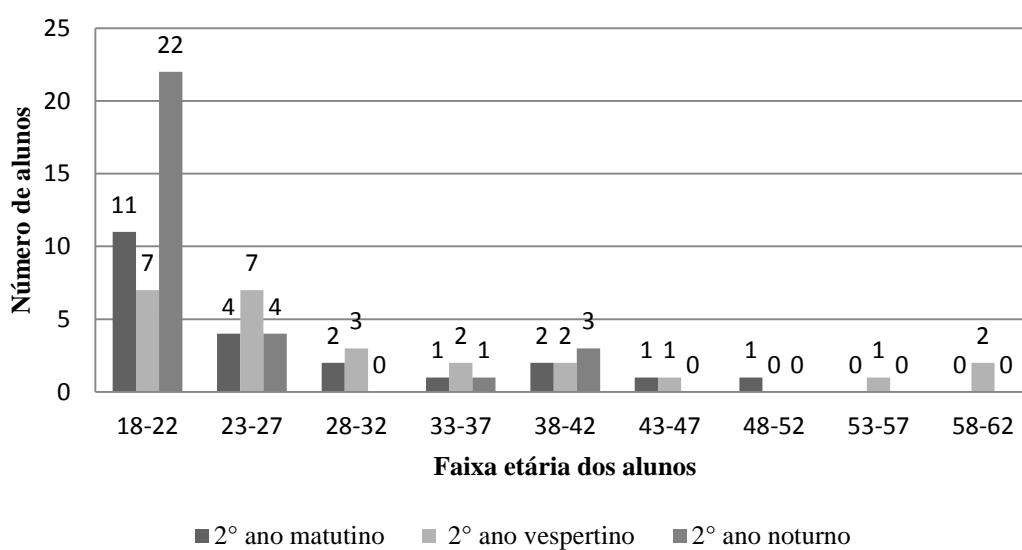
Muitos estudantes reprovam nas escolas de ensino regular pois sabem que na EJA o ensino médio é mais curto, apenas dois anos e tradicionalmente possui menor rigor conceitual. Parece ter sido criada uma cultura entre os estudantes mais jovens, que coloca a EJA como uma via fácil de certificação. Esse cenário é predominante no 2º ano noturno e no 2º ano matutino. Aliado a isso percebe-se que muitos desses jovens ingressam no mercado de trabalho por 1 ano ou mais e em seguida acabam retomando os estudos no turno noturno.

É preocupante o desinteresse pelos estudos no Ensino Regular e lamentável reconhecer a fragilidade da estrutura básica de ensino. Muitos alunos da EJA são jovens que recém saíram do Ensino Regular. Essa migração pode intimidar os adultos que há mais tempo estão fora da escola a retomar seus estudos, pois geralmente esses jovens recém ingressados na EJA não colaboram com um ambiente



harmonioso de aprendizagem.

Já o 2º ano vespertino apresenta muitas mulheres, geralmente mães de família. Essas mulheres geralmente decidem voltar a estudar quando seus filhos estão no ensino fundamental II e elas já não conseguem ajuda-los nas lições de casa. Algumas senhoras de mais idade voltam a estudar em virtude do divórcio. Muitas eram proibidas de ir a escola pelos maridos. Algumas encontram na escola uma alternativa no tratamento da depressão.



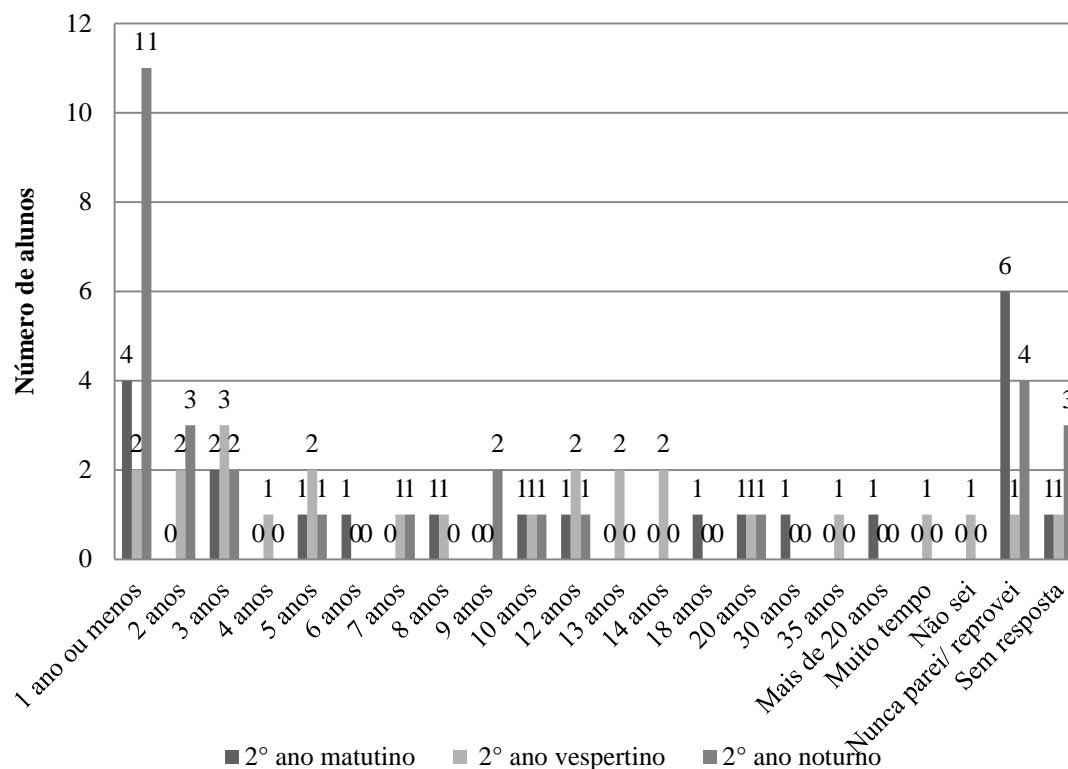
**FIGURA 7** – Faixa etária dos alunos que responderam ao Pré-teste A

Em relação à profissão dos alunos a tabela 3 mostra que a maioria 48,05% são estudantes e que há uma grande diversidade de ocupações entre os alunos, especialmente do noturno. Foram relacionadas 27 diferentes profissões.

**TABELA 3** – Profissão dos alunos que responderam ao Pré-teste A

<b>Profissão</b>	<b>2º ano matutino</b>	<b>2º ano vespertino</b>	<b>2º ano noturno</b>	<b>Todas as turmas</b>	<b>% total</b>
Estudante/do lar/nenhuma/	17	13	7	37	48,05
Doméstica/diarista	0	4	0	4	5,19
Vendedor/balconista	1	1	2	4	5,19
Auxiliar administrativo/escritório	2	0	1	3	3,9
Garçom	1	2	0	3	3,9
Mecânico	0	0	3	3	3,9
Auxiliar de mecânico	0	0	2	2	2,6
Costureira	0	1	1	2	2,6
Auxiliar de laboratório de qualidade e venda	0	0	1	1	1,3
Auxiliar em clínica veterinária	0	0	1	1	1,3
Cozinheira	0	1	0	1	1,3
Crediarista	0	0	1	1	1,3
Estoquista	0	0	1	1	1,3
Faço balaios e asso frango na feira	0	0	1	1	1,3
Frigorífico (refile)	0	0	1	1	1,3
Funcionário público	1	0	0	1	1,3
Gesseiro	0	0	1	1	1,3
Instalador de ar condicionado	0	0	1	1	1,3
Monitora do programa Mais Educação	0	0	1	1	1,3
Músico	0	1	0	1	1,3
Músico radialista e editor de TV	0	0	1	1	1,3
Operadora de caixa em supermercado	0	0	1	1	1,3
Recepcionista	0	0	1	1	1,3
Serralheiro	0	0	1	1	1,3
Topógrafo	0	0	1	1	1,3
Trabalhos gerais	0	1	0	1	1,3
Vigilante	0	1	0	1	1,3

A Figura 8 indica que 22% dos alunos que responderam ao Pré-teste A pararam de estudar por um ano ou menos; 14% reprovaram; 9,1% pararam por 3 anos; 6,5% não responderam; 6,5% pararam por 2 anos; 5,2% pararam por 5 anos; e também 5,2% por 12 anos. Os alunos do noturno ficaram menos tempo fora da escola quando comparados aos demais.

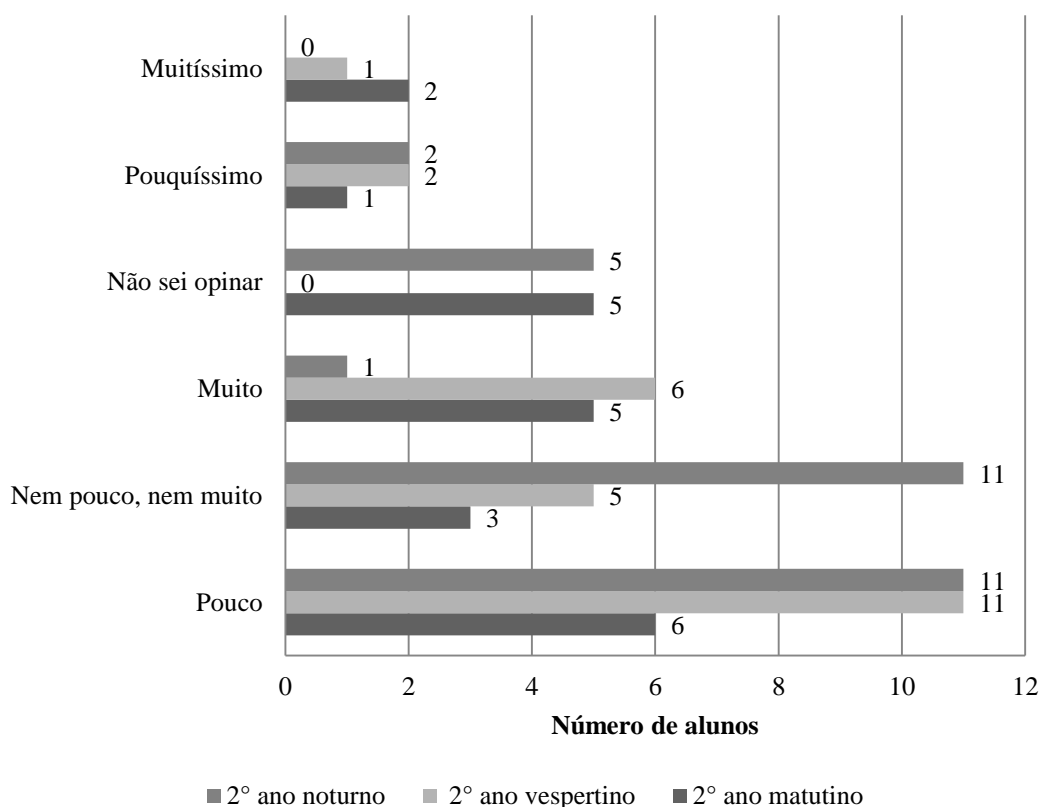


**FIGURA 8** – Tempo fora da escola dos alunos que responderam ao Pré-teste A

A Figura 9 ilustra a percepção dos alunos que responderam ao Pré-teste A sobre quão contextualizado é o currículo de biologia, sendo que 36,36% afirmam ser pouco contextualizado; 24,67% nem pouco, nem muito; 15,58% muito contextualizado; 12,99% não souberam opinar; 6,49% acha pouquíssimo e somente 3,9% acha muitíssimo contextualizado o currículo de biologia. Considerando que 51,6% desses alunos estão fora da escola a menos de 5 anos ou não saíram da escola, mas reprovaram, conforme a Figura 13 a avaliação negativa do quão contextualizado é o currículo de biologia, totalizando 67,52% sinaliza que o mesmo deve sofrer alterações urgentes a fim de atender as necessidades regionais de conhecimento.

Durante as oficinas, quando indagados sobre qual bioma/ecossistema Alta Floresta fazia parte, muitos não souberam responder. Ao explicar que o município se localiza em um ecótono entre Floresta Amazônia e Cerrado muitos

estranharam a informação e não se reconheceram moradores da “floresta”. Essa situação reflete entre outras, a pressão existente sobre o professor para cumprir o mínimo de conteúdos biológicos básicos obrigatórios em apenas dois trimestres para que o aluno conclua o ensino médio. Além do reduzido número de aulas semanais, a organização do ensino médio da Educação de Jovens e Adultos - EJA em apenas dois anos e a divisão das disciplinas em áreas de conhecimento, cada uma em um trimestre parece segregar ainda mais os poucos conteúdos ministrados. O aluno perde a oportunidade de se aprofundar e estabelecer conexões entre as disciplinas de áreas distintas, pois com raríssimas exceções, isso se torna humanamente impossível no tempo previsto. A Biologia e especialmente esse estudo requer muitos subsunçores bem ancorados para a apresentação dos conteúdos básicos obrigatórios da disciplina. Por consequência essas foram algumas das dificuldades encontradas durante a execução deste trabalho.



**FIGURA 9** – Opinião dos sujeitos da pesquisa sobre quão contextualizado (refere-se ao seu cotidiano, sua localidade, seu contexto) é o currículo de Biologia.

De acordo com a Figura 10, 28,57% dos alunos que responderam ao Pré-teste A acham que o currículo de biologia é pouco atualizado; 15,58% nem pouco, nem muito; 10,39% pouquíssimo o que totaliza 54,54% de avaliações negativas. Ainda há 20,78% de alunos que não souberam opinar e somente 23,38% de avaliações positivas, muito ou muitíssimo.

Biologia é uma disciplina que apresenta um volume de novos conhecimentos muito expressivo e a cada ano o entendimento de questões biológicas se aprimora com o uso de novas tecnologias que permitem uma explicação mais coerente dos fenômenos naturais. Porém essas novidades científicas não chegam aos alunos da EJA e esses ficam alheios a muitas questões relevantes na atual configuração da sociedade.

Durante a apresentação da proposta de trabalho ficou a impressão de que a grande maioria dos alunos nunca sequer tinha ouvido falar termos como: teoria da complexidade; teoria da endossimbiose sequencial; simbiose; DNA bacteriano; organela e entre outros. Esse estranhamento aos termos biológicos é esperado no 1º ano do ensino médio, mas no 2º ano já se supõe que termos mais básicos sejam familiares, entretanto para muitos alunos não foi o caso em conceitos como: célula, bactéria, protozoário, eucarionte, procarionte, mitocôndria, cloroplasto, ribossomo, flagelo, cílios e entre outros.

Mais uma vez a análise dos resultados sugere alterações do conteúdo programático de Biologia no Ensino Médio da EJA bem como alterações estratégicas de ordem política na organização da carga horária desse nível de ensino para que a escola cumpra seu papel na formação do cidadão.

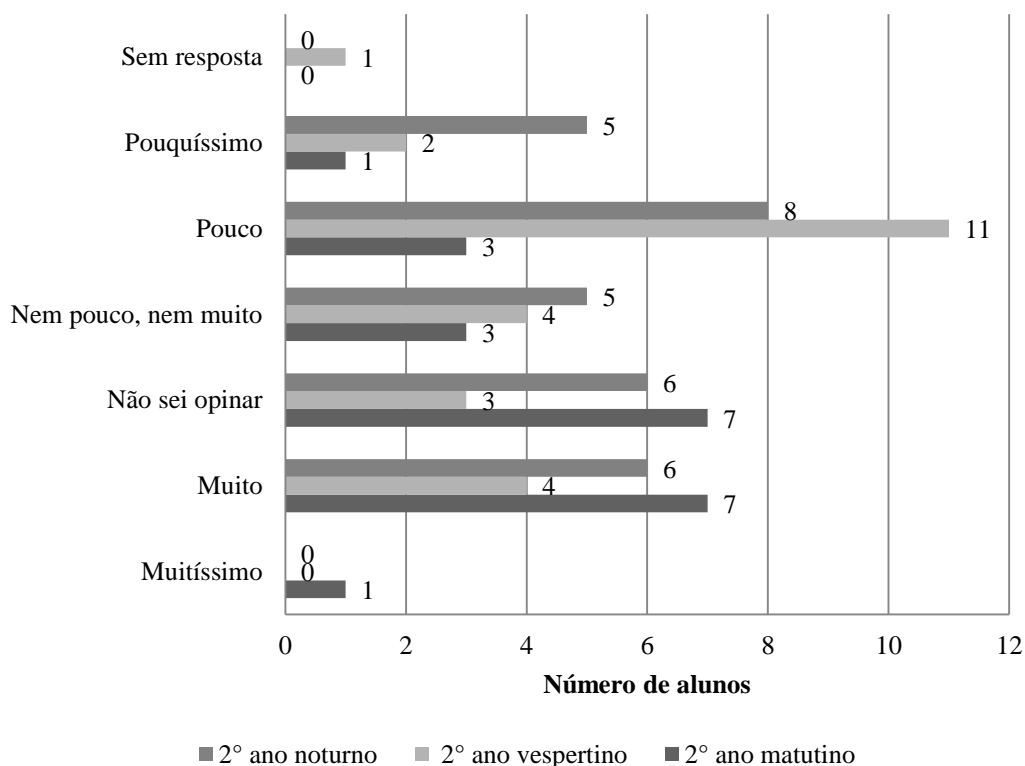
O movimento Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS) tem sido bastante debatido nas últimas décadas. Se, por um lado, esta perspectiva de ensino coloca o estudante numa posição de destaque, por outro, o professor continua a desempenhar um papel fundamental na sala de aula, concebendo e implementando estratégias de ensino, de aprendizagem e de avaliação que promovam uma postura ativa por parte dos estudantes (BETTENCOURT et al., 2014).

Tendo em mente esta noção de educação em Ciências, é fundamental conceber, implementar e avaliar estratégias de ensino, de aprendizagem e de avaliação que estimulem o questionamento, o pensamento crítico, a criatividade, a

reflexão e o diálogo. Os estudantes devem ser considerados como parceiros no processo de aprendizagem e não como participantes passivos. Os estudantes não devem conceber a aprendizagem como algo que lhes acontece, mas antes como um processo no qual estão ativamente envolvidos. Estudantes e professores devem estar igualmente engajados no processo de aprendizagem (BETTENCOURT et al., 2014).

O grande desafio é estimular a postura ativa dos estudantes frente a essas necessidades supracitadas. É necessário que os estudantes se apropriem das ferramentas metodológicas para que possam investigar quais as melhores estratégias para o seu próprio aprender. E como a Prof. Iramaia diz “*o ensino é coletivo, mas a aprendizagem é pessoal.*”

Entretanto parece impossível superar a passividade histórica em sala de aula, pois a mesma acontece na sociedade. A sala de aula tem sido reprodutora dos padrões de comportamento passivo e submisso praticados na sociedade. A hierarquia tradicionalmente construída entre professor e aluno parece prevalecer no imaginário de muitos estudantes, dificultando a horizontalidade dessa relação. Somando-se assim mais essas dificuldades encontradas para a implementação desse estudo.



**FIGURA 10** - Opinião dos sujeitos da pesquisa sobre quão atualizado (refere-se às novas descobertas científicas) é o currículo de Biologia.

Para discutir o conteúdo programático de Biologia tradicionalmente praticado na EJA será usado o Plano de Ensino de Biologia (Anexo VI) elaborado pela pesquisadora em 2012, antes do ingresso no programa de pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais.

Os objetivos específicos para o primeiro ano são:

- Reconhecer os tipos de célula e suas organelas.
- Compreender a divisão celular como estratégia de crescimento, restauração e perpetuação da espécie.
- Identificar as fases da síntese proteica.
- Caracterizar fotossíntese e respiração celular.
- Identificar os principais tecidos vegetais e animais.
- Reconhecer os principais eventos fisiológicos vegetais e animais.
- Identificar os principais tipos de reprodução.
- Compreender os eventos da reprodução humana e da embriologia.

- Identificar os componentes de cada Reino da Natureza e suas características.

E os objetivos específicos para o segundo ano são:

- Compreender as leis mendelianas.
- Aplicar noções de probabilidade na execução de problemas genéticos.
- Identificar os principais tipos sanguíneos.
- Identificar casos de herança relacionado ao sexo.
- Compreender o fluxo energético e de biomassa nos ecossistemas.
- Caracterizar os ciclos biogeoquímicos.
- Identificar as principais relações ecológicas.
- Compreender a ocorrência da sucessão ecológica.
- Contextualizar os desequilíbrios ambientais com atitudes antrópicas.

Portanto observa-se a ausência do ensino de Evolução, o que não é incomum em outros planos de ensino. Existem algumas dificuldades de ordem cultural ao ensinar Evolução, pois as muitas distorções das teorias de Darwin e Lamarck nos últimos anos levaram-nas a uma oposição imaginária com as questões religiosas.

Muitos estudantes rejeitam o ensino de Evolução pois em um primeiro contato já assimilaram que a Evolução nega à Deus e tudo o que está na Bíblia. A motivação para aprender esses conteúdos fica comprometida em decorrência dessas falácias veiculadas nas mídias populares e até mesmos nas escolas, pois não é incomum encontrar erros graves na transposição didática no livros adotados. E infelizmente, nessa situação o professor pode perder sua credibilidade ao tentar corrigir o que está no livro didático, pois para muitos alunos o livro estará certo e o professor errado. Associado a isso, existe ainda a grande chance do professor não dominar esses conteúdos evolucionistas e ensinar de acordo com o livro didático.

Outra dificuldade no ensino de Evolução está também na insegurança que boa parte dos professores possuem ao ensinar Evolução pós Darwin especialmente quando associados à Genética, pois são escassos os materiais instrucionais atualizados para esse ofício.

Mayr (2009) em sua obra *“O que é a evolução?”* já descrevia a dificuldade no ensino de Evolução e fez severas críticas aos matérias disponíveis sobre o assunto. O autor critica as obras que tratam da evolução antes da sua.



“Todas são um tanto mal organizadas e não conseguem apresentar um relato conciso e acessível. A maioria não é tão didática quanto deveria ser, pois um tema difícil como a evolução deve ser apresentado na forma de respostas a uma série de perguntas. Quase todas dedicam espaço excessivo a aspectos especializados da evolução, como as bases genéticas da variação e o papel do número relativo de machos e fêmeas. São demasiadamente técnicas e abusam de termos difíceis. (...)”

A maior parte das obras existentes sobre evolução apresenta dois outros defeitos. Em primeiro lugar, se esquecem de observar que quase todos os fenômenos evolutivos podem ser associados a um ou outro dos dois principais processos evolutivos: a aquisição e manutenção de adaptabilidade e a origem e o papel da diversidade orgânica. Embora ocorram em simultâneo, esses fenômenos devem ser analisados em separado para que seus papéis na evolução sejam bem compreendidos.

Em segundo lugar, a maioria dos livros acerca da evolução adota uma abordagem simplista em que se reduzem todos os fenômenos evolutivos ao nível do gene. Em seguida, tenta explicar os processos evolutivos de nível mais alto por meio de um raciocínio “de baixo para cima”. Essa forma de examinar o problema está destinada ao fracasso. A evolução tem a ver com os fenótipos dos indivíduos, com as populações, com as espécies; não é uma “mudança nas frequências dos genes”. As duas unidades mais importantes da evolução são o indivíduo, o principal objeto da seleção, e a população, o palco da evolução diversificada” (MAYR, 2009).

Continuando a análise dos resultados do perfil dos estudantes observa-se a tabela 4 que apresenta as respostas da questão 5 do Pré-teste A: por que você voltou a estudar?

As razões mais frequentes foram para terminar o ensino médio e depois fazer faculdade; com 27 e 24 ocorrências respectivamente. Depois aparece, para obter mais conhecimentos com 14 ocorrências; conseguir um emprego melhor com 9; e para alcançar sonhos/ ter um futuro melhor/ ter mais qualidade de vida com 8.

Uma razão curiosa foi a reprovação de 7 alunos que justificam que nunca pararam de estudar, mas que reprovaram por isso estão na EJA. Outros 6

alunos não responderam essa questão, o que sugere a mesma razão anteriormente mencionada pois estão na mesma faixa etária.

Parece que os estudantes acreditam que fazer uma faculdade é sinal sucesso profissional e de emprego bem remunerado. Sabe-se que essa relação nem sempre acontece, mas que para muitos é o caminho mais seguro.

A análise da tabela 4 aponta para objetivos profissionais de modo geral, mas também demonstra que 3 alunas, uma em cada turno, justificam que voltaram a estudar por problemas depressivos/ para interagir com as pessoas/ para melhorar a autoestima. A motivação para retomar os estudos geralmente parte da pressão do mercado de trabalho, seja pelo certificado do ensino médio para melhoria na remuneração atual ou pela futura qualificação e reingresso no mercado de trabalho.

**TABELA 4** – Motivos dos sujeitos da pesquisa para o retorno aos estudos.

<b>Categorias mencionadas</b>	<b>2° ano matutino</b>	<b>2° ano vespertino</b>	<b>2° ano noturno</b>	<b>Total</b>
Para terminar o Ensino Médio/ Preciso dos estudos	8	8	11	27
Para depois fazer faculdade	7	8	9	24
Para obter mais conhecimentos	1	9	4	14
Para conseguir um emprego melhor	3	5	1	9
Para alcançar meus sonhos/ Ter um futuro melhor/ Ter mais qualidade de vida	5	1	2	8
Não parei de estudar, eu reprovei	2	1	4	7
Sem resposta	3	1	2	6
Para ter uma profissão/ Conseguir um emprego	1	2	3	6
Problemas depressivos/ Para interagir com as pessoas/ Para melhorar a autoestima	1	1	1	3
Para fazer curso técnico	0	1	2	3
Para fazer concurso público	0	1	1	2
Para melhorar na profissão	0	0	2	2
Para fazer cursinho	0	1	0	1

A tabela 5 apresenta as respostas da questão 6 do Pré-teste A: quais

são suas expectativas ao concluir o ensino médio? As categorias mais mencionadas foram: fazer faculdade/ vestibular/ ENEM com 51 ocorrências; e fazer cursos/ fazer curso técnico/ continuar os estudos com 20 ocorrências. Fica claro que para a maioria dos alunos é possível prosperar através dos estudos e que a EJA pode prepará-los para o próximo nível de ensino. Esses resultados corroboram com os objetivos deste trabalho no sentido de alertar para a necessidade de contextualizar e atualizar o conteúdo programático de Biologia na EJA visando o aprimoramento e a excelência das aulas. Outra categoria muito mencionada refere-se ao mercado de trabalho, sendo que ter emprego bem remunerado/ profissão melhor/ trabalho melhor fora citada 7 vezes; trabalhar em creche/ quero trabalhar, 5; e fazer concurso público fora citada 5 vezes. Essas respostas apontam a necessidade imediata de melhores condições no mercado de trabalho para os alunos.

Muitos alunos demonstraram em sala seu comprometimento com sua melhor qualificação, outros só frequentaram as aulas para obter presença a fim de conseguir o certificado de conclusão do ensino médio. Essas diferenças quanto ao perfil desses alunos da EJA geram resultados distintos de produtividade e desenvolvimento cognitivo.

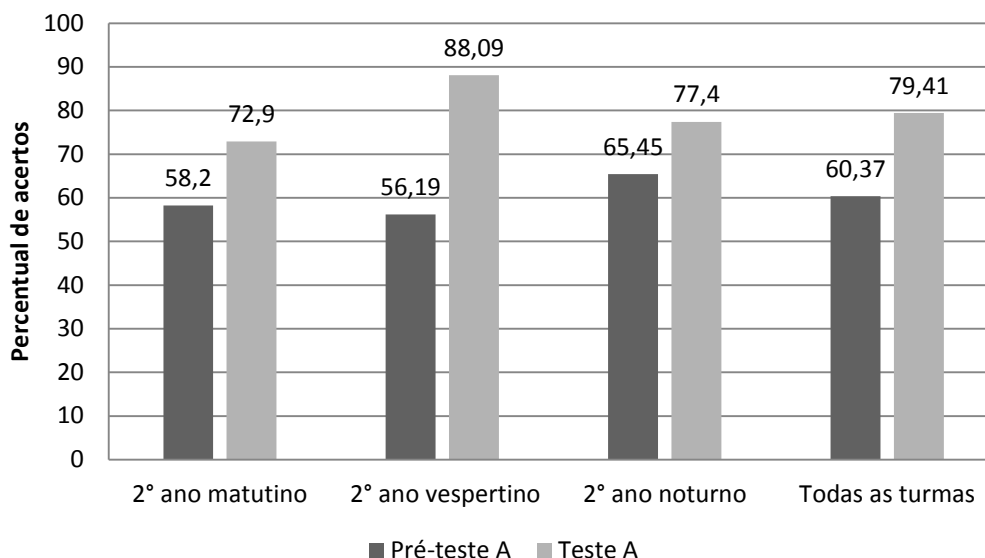
**TABELA 5** – Expectativas dos sujeitos da pesquisa ao concluir o ensino médio.

<b>Categorias mencionadas</b>	<b>2° ano matutino</b>	<b>2° ano vespertino</b>	<b>2° ano noturno</b>	<b>Total</b>
Fazer faculdade/ vestibular/ ENEM	14	15	22	51
Fazer cursos/ Fazer curso técnico/ Continuar os estudos	2	10	8	20
Ter emprego bem remunerado/ Profissão melhor/ Trabalho melhor	1	4	2	7
Trabalhar em creche/ Quero trabalhar	2	2	1	5
Fazer concurso público	0	2	3	5
Ter mais conhecimento/ Aprender todo o conteúdo ou boa parte	2	0	2	4
Dar uma condição de vida melhor ao filho/ Melhorar de vida	1	0	1	2
Já estou realizando um sonho/ Não vou continuar estudando	2	0	0	2
Sem resposta	1	0	1	2
Muito boa/ a melhor possível	1	1	0	2
Dedicar mais a curso técnico em andamento	1	0	0	1

## **6.2 Oficina A - Conceitos necessários para o entendimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES)**

A Figura 11 mostra que todas as turmas apresentaram aumento no percentual de acertos das questões verdadeiro/falso do Pré-teste A e do Teste A, conceitos necessários para o entendimento das teorias posteriormente apresentadas. O maior destaque vai para o 2º ano vespertino que alcançou o maior índice de acertos no Teste A, 88,09% depois de ter o menor índice de acertos no Pré-teste A 56,19%. O 2º ano noturno apresentou o maior índice de acertos no Pré-teste A, algo esperado já que os alunos de modo geral estiveram menos tempo fora da escola e, portanto lembrariam com maior facilidade desses conceitos investigados. Entretanto essa turma teve o menor rendimento ao compararmos com as demais, uma vez que subiu apenas 11,95% no índice de acertos, enquanto o matutino subiu 14,7% e o vespertino

31,9%. A análise de todas as turmas juntas aponta aumento de 19,04% no índice de acertos, sugerindo que houve um nivelamento conceitual razoável para o seguimento das atividades, alcançando desse modo o objetivo da Oficina A.



**FIGURA 11** – Percentual de acertos referentes as questões V ou F do Pré-teste A e Teste A.

Na tabela 6 encontra-se o percentual de acertos relativos aos conceitos de Ecologia. Segundo essa tabela, duas questões chegaram a 100% de acertos no 2º ano vespertino, depois de uma delas ter baixo rendimento no pré-teste A de apenas 28%. É possível afirmar que todas as turmas aumentaram seus índices de acertos nas quatro questões em discussão. A análise de todas as turmas juntas aponta um bom nivelamento do conhecimento neste tema, registrando 96% de índice máximo e 60% mínimo.

A questão 9 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 1 trata do conceito simbiose, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Existem vários tipos de relações entre os seres vivos. A simbiose é associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados.

A questão 10 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 2 trata do conceito mutualismo facultativo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência

entre eles.

A questão 11 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 3 trata do conceito mutualismo obrigatório, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Mutualismo ou mutualismo obrigatório é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível.

A questão 12 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 4 trata dos conceitos competição intraespecífica e competição interespecífica, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Os seres vivos competem por nutrientes e energia. Existem dois tipos de competição: intraespecífica e interespecífica.

**TABELA 6** – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Ecologia.

QUESTÃO PRÉ- TESTE A/TESTE A	2°	ANO	2°	ANO	2°	ANO	TOTAL	
	PRÉ-TESTE A	MATUTINO	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	
9/1	77,27	94,44	88	100	83,33	93,33	83,12	96
10/2	36,36	88,89	28	100	43,33	86,67	36,36	92
11/3	31,82	55,55	40	64,70	50	60	41,56	60
12/4	59,09	88,89	68,18	94,12	60	66,67	59,74	84

A tabela 7 mostra os percentuais de acertos relativos ao tema Evolução, tema polêmico por falta de esclarecimentos adequados em transposições didáticas distorcidas. Nela pode-se destacar o maior índice de acertos 94% e o menor 72% no teste A ao analisar todas as turmas juntas. Ao analisar cada turma, nota-se melhor aproveitamento do 2º ano vespertino, apresentando aumento no percentual de acertos de todas as seis questões em discussão, inclusive chegando a 100% em duas delas. Depois vem o 2º ano noturno e por último o 2º ano matutino, ambos

apresentaram redução no índice de acertos em 2 e 3 questões, respectivamente.

A questão 13 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 5 trata do conceito evolução, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Evolução é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo.

Essa questão apresentou uma redução de acertos não esperada no 2º ano matutino. Esse resultado pode indicar confusão na assimilação desse conceito, uma vez que implica a assimilação de conceitos agregados como “espécies” e “modificação”.

A evolução é a ideia mais profunda e abrangente dos últimos dois séculos. Foi descrita em detalhes pela primeira vez em 1859, no livro *A origem das espécies*, de Charles Darwin (MAYR, 2009).

Evolução é entendida nesse trabalho como um processo gradual, por meio do qual o mundo orgânico vai se desenvolvendo desde a origem da vida (MAYR, 2009)

A questão 14 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 6 trata do conceito lamarckismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Jean-Baptiste Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.

A questão 15 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 7 também trata do conceito lamarckismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.

A questão 16 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 8 trata do conceito darwinismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Charles Darwin afirmava que a evolução se dá por meio da seleção natural.

A questão 17 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 9 também trata do conceito darwinismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Charles Darwin afirmava que o mecanismo de hereditariedade apresenta aleatoriedade, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e

podem ser hereditárias.

A questão 18 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 10 também trata do conceito darwinismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) A teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto.

**TABELA 7** – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Evolução.

QUESTÃO PRÉ- TESTE A/TESTE A	2º ANO MATUTINO		2º ANO VESPERTINO		2º ANO NOTURNO		TOTAL	
	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A
<b>13/5</b>	95,45	72,22	72	94,12	86,67	93,33	84,41	86
<b>14/6</b>	68,18	55,55	44	82,35	60	80	57,14	72
<b>15/7</b>	36,36	83,33	44	100	43,33	80	41,56	88
<b>16/8</b>	68,18	61,11	72	88,23	83,33	80	75,32	76
<b>17/9</b>	54,54	77,78	68,18	94,12	73,33	60	63,64	78
<b>18/10</b>	63,64	88,89	56	100	66,67	93,33	62,34	94

Já a tabela 8 aponta os percentuais de acertos das questões relativas ao tema Biologia Geral, recebendo destaque a questão 22 do Pré-teste A e sua correspondente no Teste A, questão 14 que teve aumento de 53,64% no índice de acertos de todas as turmas juntas, e aumento de 64% no 2º ano vespertino e 63,33% no 2º ano noturno. A análise de todas as turmas juntas permite ainda destacar um ótimo rendimento dos alunos nesse tema, com índice de acertos máximo de 96% e mínimo de 84%, o que sugere um nivelamento conceitual adequado para o entendimento das teorias posteriormente ensinadas. Entretanto o 2º ano noturno apresentou redução no índice de acertos para duas questões neste tema, evento recorrente nesta turma e no 2º ano matutino para o tema Evolução, o que poderia sugerir falta de atenção ao responder os testes, confusão conceitual, problemas de



leitura e interpretação ou ainda sorte ao escolher verdadeiro ou falso.

A questão 19 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 11 trata do conceito organização dos seres vivos, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Os seres vivos são organizados em cinco reinos com base na organização celular e no tipo de nutrição, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae.

A questão 20 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 12 trata do conceito Reino Monera, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera.

A questão 21 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 13 trata do conceito Reino Protoctista, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista.

A questão 22 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 14 trata do conceito procarionte, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.

A questão 23 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 15 trata do conceito eucarionte, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca.

A questão 24 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 16 trata dos conceitos unicelular e pluricelular, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Existem organismos unicelulares, formados de apenas uma célula e pluricelulares, formados por mais de uma célula.

**TABELA 8** – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Biologia Geral.

QUESTÃO	2°	ANO	2°	ANO	2°	ANO	TOTAL	
	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	
<b>19/11</b>	72,73	94,44	68	100	96,67	93,33	80,52	96
<b>20/12</b>	45,45	88,89	32	100	56,67	93,33	45,45	94
<b>21/13</b>	59,09	88,89	72	100	83,33	80	72,73	90
<b>22/14</b>	36,36	72,22	36	100	36,67	100	36,36	90
<b>23/15</b>	59,09	77,78	56	94,12	83,33	80	67,53	84
<b>24/16</b>	72,73	83,33	88	100	76,67	93,33	79,22	92

A tabela 9 apresenta os percentuais de acertos do tema Citologia, merecendo destaque o 2° ano vespertino que alcançou seis índices 100% no Teste A. Entretanto esta turma, assim como o 2° ano noturno apresentam duas questões com redução no percentual de acertos, enquanto o 2° ano matutino apresenta três questões na mesma situação. A análise de todas as turmas juntas sugere um nivelamento razoável neste tema, uma vez que se registra o índice mínimo de acertos de 32% e máximo de 94%, entretanto sete índices estão abaixo de 70%. Citologia é um tema biológico que exige uma linguagem própria da área, essa característica possivelmente tenha dificultado o entendimento dos conceitos trabalhados.

A questão 25 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 17 trata do conceito célula, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo.

A questão 26 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 18 trata do conceito tipos celulares, sendo respondida corretamente abaixo:

( F ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula animal e a vegetal.

Essa questão apresentou resultados não esperados. O índice de aproveitamento foi aquém das expectativas, uma vez que esses são conceitos-chaves.

Parece ter havido uma confusão na assimilação dos conceitos célula eucariótica e procariótica, pois essas são os dois tipos de células existentes. Talvez o pouco tempo dificultou a fixação dessas diferenças.

Outra dificuldade pode ser atribuída ao mundo microscópico, uma vez que as células só podem ser visualizadas com um microscópio. Mesmo havendo slides com imagens feitas pela pesquisadora de aulas de laboratório sobre citologia, parece não ter sido suficientes para a construção desses conceitos adequadamente. Talvez a revisão dos conceitos citológicos com aulas de laboratório com microscopia pudesse trazer resultados mais favoráveis.

A questão 27 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 19 também trata do conceito tipos celulares, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica.

A questão 28 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 20 trata do conceito célula procariótica, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo.

A questão 29 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 21 trata do conceito célula eucariótica, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo.

A questão 30 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 22 trata do conceito metabolismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.

A questão 31 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 23 trata do conceito anaeróbio, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Anaeróbio é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia.

A questão 32 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 24 trata do conceito aeróbio, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Aeróbio é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.

A questão 33 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 25 trata do conceito heterotrófico, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Heterotrófico é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de

que necessita, pois não realiza processos como a fotossíntese ou a quimiossíntese.

A questão 34 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 26 trata do conceito autotrófico, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Autotrófico é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento.

A questão 35 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 27 trata do conceito fagocitose, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Fagocitose é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.

A questão 36 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 28 trata do conceito tipos de organelas celulares, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) A célula eucariótica possui várias organelas, por exemplo, retículo endoplasmático liso e rugoso, sistema golgiense, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto.

A questão 37 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 29 trata do conceito mitocôndria, sendo respondida corretamente abaixo:

( F ) As mitocôndrias participam da fotossíntese, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais.

A questão 38 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 30 trata do conceito cloroplasto, sendo respondida corretamente abaixo:

( F ) No cloroplasto acontece a respiração celular, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose.

A questão 39 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 31 trata do conceito tipos de plastídios, sendo respondida corretamente abaixo:

( F ) Os plastídios ou plastos (cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos) são organelas celulares encontradas em células animais que apresentam funções de fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento.

A questão 40 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão 32 trata dos conceitos cílios e flagelos, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Cílios e flagelos participam da locomoção da célula.

**TABELA 9** – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Citologia.

QUESTÃO PRÉ- TESTE A/TESTE A	2°	ANO	2°	ANO	2°	ANO	TOTAL	
	MATUTINO		VESPERTINO		NOTURNO			
	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A
<b>25/17</b>	54,54	94,44	76	100	70	86,67	67,53	94
<b>26/18</b>	31,82	38,89	52	52,94	46,67	53,33	44,15	48
<b>27/19</b>	59,09	83,33	44	100	66,67	80	57,14	88
<b>28/20</b>	36,36	66,67	52	100	56,67	93,33	49,35	86
<b>29/21</b>	72,73	66,67	72	94,12	76,67	80	74,02	80
<b>30/22</b>	86,36	94,44	76	100	70	86,67	76,62	94
<b>31/23</b>	50	77,78	24	94,12	50	66,67	41,56	80
<b>32/24</b>	63,64	83,33	72	100	73,33	80	70,13	88
<b>33/25</b>	68,18	55,55	48	58,82	70	60	62,34	58
<b>34/26</b>	72,73	77,78	48	94,12	86,67	93,33	70,13	88
<b>35/27</b>	36,36	50	24	88,23	40	66,67	33,77	68
<b>36/28</b>	68,18	44,44	72	76,47	90	73,33	77,92	64
<b>37/29</b>	31,82	38,89	28	17,65	33,33	40	31,17	32
<b>38/30</b>	27,27	33,33	44	41,18	36,67	40	36,36	38
<b>39/31</b>	36,36	50	24	41,18	60	60	41,56	50
<b>40/32</b>	63,64	83,33	48	100	66,67	86,67	59,74	90

A tabela 10 apresenta os percentuais de acertos no tema Genética, merecendo destaque o 2° ano vespertino com quatro índices 100% no Teste A. Todas as questões tiveram aumento no índice de acertos com exceção das questões 44, 45 e 49 do Pré-teste A e suas correspondentes no Teste A, questões 36, 37 e 41. A análise de todas as turmas juntas permite considerar um bom nivelamento neste tema já que o índice mínimo foi 70% e o máximo 92%.

A questão 41 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

33 trata do conceito DNA, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos.

A questão 42 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

34 trata do conceito ácidos nucleicos, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) O DNA e o RNA são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da síntese de proteínas.

A questão 43 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

35 trata do conceito DNA bacteriano, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) O DNA bacteriano é circular, diferente do DNA dos eucariontes.

A questão 44 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

36 trata do conceito gene, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Gene é um fragmento de DNA capaz de traduzir uma informação.

A questão 45 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

37 trata do conceito hereditariedade, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Hereditariedade é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.

A questão 46 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

38 trata do conceito mendelismo, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Gregor Mendel, considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a hereditariedade.

A questão 47 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

39 trata do conceito primeira lei de Mendel, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas.

A questão 48 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

40 trata do conceito mitose, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Mitose é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas.

A questão 49 no pré-teste A e sua correspondente no teste A, questão

41 trata do conceito meiose, sendo respondida corretamente abaixo:

( V ) Meiose é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do

número de cromossomos e geneticamente distintas.

**TABELA 10** – Percentuais de acertos de cada questão V ou F do Pré-Teste A e Teste A sobre o tema Genética.

QUESTÃO PRÉ- TESTE A/TESTE A	2°	ANO	2°	ANO	2°	ANO	TOTAL	
	MATUTINO		VESPERTINO		NOTURNO			
	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A	PRÉ-TESTE A	TESTE A
<b>41/33</b>	72,73	88,89	72	100	80	86,67	75,32	92
<b>42/34</b>	54,54	77,78	44	88,23	43,33	73,33	46,75	80
<b>43/35</b>	45,45	61,11	40	94,12	70	73,33	53,25	76
<b>44/36</b>	72,73	77,78	92	70,59	90	60	85,71	70
<b>45/37</b>	81,82	77,78	68	100	60	93,33	68,83	90
<b>46/38</b>	68,18	83,33	68	100	60	86,67	64,93	90
<b>47/39</b>	50	61,11	48	94,12	66,67	80	55,84	78
<b>48/40</b>	72,73	88,89	80	94,12	66,67	66,67	72,73	84
<b>49/41</b>	72,73	61,11	72	100	70	73,33	71,43	78

### **6.3 Oficina B - Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade e Oficina C - Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: as quatro etapas**

Para investigar o conhecimento dos alunos sobre a existência de relação dos conceitos trabalhados na oficina B e oficina C realizou-se o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC organizados nos quadros 2, 3, 4 e 5 a seguir. Sabendo que a coluna B, significa em branco ou com mais de uma marcação; 0, se você nunca estudou, nem ouviu falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabe dizer se há relação entre eles; 1, se você acredita que não há relação entre esses conceitos; 2,

se você vê pouca relação entre esses conceitos; 3, se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles; 4, se você já estudou esses conceitos e acredita que há uma relação entre eles; e 5, se você tem certeza que esses conceitos estão completamente relacionados. É esperado que haja redução nas marcações das colunas 0, 2 e 3 para todos os conceitos; redução nas marcações da coluna 1 para todos os conceitos com exceção dos conceitos célula animal + maior complexidade que são os únicos não relacionados, já que é a célula vegetal que possui maior complexidade; e é também esperado que haja aumento nas marcações das colunas 4 e 5. É prudente considerar que, como em qualquer outro teste objetivo, possam haver avaliações positivas desses resultados em decorrência do acaso e não de uma marcação consciente pelo aluno.

O quadro 2 apresenta os resultados do 2º ano matutino para esses testes citados anteriormente, sendo que 24 alunos responderam ao Pré-Teste BC e 23 alunos ao Pós-Teste BC. Segundo o quadro 2 ao analisar os conceitos: ciência + incerteza, nota-se 10 alunos que assinalaram a coluna 0, ou seja, nunca estudaram, nem ouviram falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabem dizer se há relação entre eles no Pré-Teste BC, enquanto houveram 3 alunos que assinalaram essa coluna 0 no Pós-Teste BC, essa redução sugere que houve aproveitamento das oficinas B e C, pois além dessa redução esperada na coluna 0, destaque-se também aumento de 5 para 11 alunos terem assinalado as colunas 4 e 5 no Pré-Teste BC e Pós-Teste BC, respectivamente, sinalizando com esse aumento que houve aprendizagem desses conceitos. Houve ainda o aumento esperado de marcações nas colunas 2 e 3, que significam perceber pouca relação entre esses conceitos; e apesar de nunca ter estudado esses conceitos, perceber relação entre eles, respectivamente, quando comparados o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC. O que não era esperado, mas foi constatado nessa análise, foi o aumento de marcações na coluna 1, ou seja, mais alunos acreditam que não há relação entre esses conceitos mesmo depois das oficinas discutirem o contrário. Resultados semelhantes podem ser encontrados ao analisar os conceitos: sistemas abertos + floresta amazônica; sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos; pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial; simbiose + evolução ;evolução + cooperação; e bactérias simbiotes +



organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios).

Ao analisar os conceitos: ciência + probabilidade, do quadro 2, nota-se na coluna 2 uma redução de marcações de 7 para 3 alunos no Pré-Teste BC e Pós-Teste BC, respectivamente, sugerindo que houve mudança na estrutura cognitiva desses alunos que antes das oficinas B e C viam pouca relação entre os conceitos analisados. Corroborando com esse pensamento percebe-se nas colunas 4 e 5 um aumento de 5 alunos para 14 alunos que percebem a relação desses conceitos. Nota-se ainda uma redução de 13 para 4 marcações nas colunas 2 e 3, que significam respectivamente, se você vê pouca relação entre esses conceitos; e se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles. Esses resultados positivos podem indicar que as oficinas B e C alcançaram seus objetivos ao estabelecer relações não arbitrárias entre esses conceitos trabalhados. Resultados semelhantes podem ser encontrados ao analisar os conceitos: evolução + competição; simbiose + simbiogênese; e teoria da complexidade + sistemas abertos.

Ao analisar os conceitos: pensamento sistêmico + complexidade, do quadro 2, nota-se nas colunas 1 e 2 um aumento de marcações de 4 para 11 alunos que acreditam não haver relação entre esses conceitos ou veem pouca relação entre eles. Esse aumento não esperado pode ser explicado pelas dificuldades encontradas durante as oficinas B e C ao debater esses conceitos, uma vez que exigem muitos subsunçores bem claros para ancorar. Na coluna 0 observa-se uma redução expressiva de marcações de 12 para 1. Outro resultado positivo encontra-se ao analisar as colunas 4 e 5, mostrando aumento de 4 para 7 no número de alunos que reconhecem que há uma relação entre os conceitos ou com certeza eles estão completamente relacionados. Resultados semelhantes podem ser encontrados ao analisar os conceitos: teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização; teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural; teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo; teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo; evolução + adaptação do meio pela espécie; novação evolutiva + simbiogênese; endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica; e planeta simbiótico + seres humanos simbiontes.

Outros conceitos apresentaram avaliação negativa, conforme quadro 2, são eles: teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação; e evolução +

adaptação da espécie ao meio. Esses conceitos mostram marcações não esperadas em três colunas, 1, 2 e 3 para teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação; e 1, 2 e 4 para evolução + adaptação da espécie ao meio. Parece que esses conceitos ficaram confusos aos alunos e precisariam de um tempo maior para serem trabalhados, uma vez que são conceitos-chaves. Outra análise negativa decorre dos conceitos: célula animal + maior complexidade, uma vez que apresenta redução de marcações na coluna 1, de 3 para 2. Esses conceitos não estão relacionados já que é a célula vegetal que apresenta maior complexidade, por isso esperava-se um aumento nas marcações da coluna 1 no Pós-teste BC.

Esses resultados apontam para algumas dificuldades encontradas nesse estudo, a começar pelo grande número de conceitos necessários para o entendimento da teoria da complexidade e da teoria da endossimbiose sequencial aliado ao pouco número de aulas disponíveis. Houve uma preocupação em reduzir o quanto foi possível os conceitos abordados para tornar as aulas o mais simples possível, mas parece que não foi o suficiente, uma vez que se priorizou uma sequência de raciocínio que relacionasse as novas teorias no conteúdo programático de biologia praticado na EJA. Outra dificuldade que se destacou durante as oficinas B e C, foi o baixo grau de leitura e interpretação da maioria dos alunos, que por muitas vezes demonstraram não compreender algumas atividades, como por exemplo esses Pré-Teste BC e Pós-Teste BC em análise.

Apesar de muitas dificuldades encontradas merece destaque a redução nas marcações da coluna 0 de todos os conceitos do quadro 2, demonstrando que para a grande maioria dos alunos esses conceitos eram totalmente desconhecidos e que depois das oficinas foi possível estabelecer novas relações entre esses conceitos.

**QUADRO 2** – Respostas do 2º ano matutino para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC.

CONCEITOS	B		0		1		2		3		4		5	
	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC
Ciência + incerteza	0	2	10	3	1	4	5	2	3	1	3	6	2	5
Ciência + probabilidade	1	2	3	1	2	2	7	3	6	1	2	9	3	5
Teoria da complexidade + sistemas abertos	3	2	6	1	6	1	3	1	3	1	1	11	2	6
Sistemas abertos + floresta amazônica	1	0	5	0	2	3	2	1	7	2	3	8	4	9
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos	0	1	5	2	0	3	5	1	3	0	2	5	9	11
Pensamento sistêmico + complexidade	1	3	12	1	2	5	2	6	3	1	3	4	1	3
Pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial	1	3	15	1	2	3	3	2	2	0	1	9	0	5
Teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial	1	3	15	1	0	5	1	1	5	1	2	8	0	4
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização	1	0	13	1	1	3	2	8	2	1	4	5	1	5
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação	2	2	15	2	0	2	4	8	2	3	1	5	0	1
Teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural	1	2	14	0	0	4	2	4	3	2	3	6	1	5
Simbiose + simbiogênese	2	2	5	1	5	1	2	1	3	2	5	9	2	7
Simbiose + evolução	3	3	4	1	1	4	3	0	4	0	8	9	1	6
Teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo	2	3	13	1	1	2	1	5	2	0	5	6	0	6
Teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo	3	2	13	1	0	6	1	4	2	0	4	5	1	5
Evolução + adaptação da espécie ao meio	1	3	3	1	2	3	1	5	5	1	6	4	6	6
Evolução + adaptação do meio pela espécie	1	3	5	1	1	2	2	3	6	2	7	9	2	3
Evolução + competição	0	3	4	0	2	2	4	3	6	0	4	7	4	8
Evolução + cooperação	0	3	5	1	2	3	4	2	8	1	1	7	4	6
Evolução + célula nucleada	0	2	9	0	3	3	1	5	5	0	3	9	3	4
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)	1	1	7	1	2	4	1	1	1	0	6	8	6	8
Inovação evolutiva + simbiogênese	3	2	8	0	2	3	2	5	4	1	3	8	2	4
Endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica	2	1	9	1	1	2	2	4	5	2	2	8	3	5
Célula animal + maior complexidade	1	2	5	3	3	2	2	5	3	1	7	7	3	3
Célula vegetal + maior complexidade	1	3	5	3	4	2	3	4	2	0	7	8	2	3
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes	1	1	9	2	2	4	4	6	2	1	5	6	1	3

Legenda: B, em branco ou com mais de uma marcação; 0, se você nunca estudou, nem ouviu falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabe dizer se há relação entre eles; 1, se você acredita que não há relação entre esses conceitos; 2, se você vê pouca relação entre esses conceitos; 3, se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles; 4, se você já estudou esses conceitos e acredita que há uma relação entre eles; e 5, se você tem certeza que esses conceitos estão completamente relacionados.

O quadro 3 apresenta os resultados do 2º ano vespertino para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC, sendo que 17 alunos responderam o Pré-Teste BC e 16

alunos o Pós-Teste BC. A análise dos conceitos: pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural; simbiose + simbiogênese; e simbiose + evolução sugere que houve aprendizagem desses conceitos, já que houve redução nas marcações da coluna 0 como era esperado, aliado ao aumento das marcações nas colunas 4 e 5. Houve ainda redução ou estabilidade de marcações nas colunas 1, 2 e 3.

A análise dos conceitos: pensamento sistêmico + complexidade; evolução + competição; evolução + cooperação; e inovação evolutiva + simbiogênese apresenta redução nas marcações da coluna 0, redução ou estabilidade nas colunas 2 e 3 e aumento ou estabilidade nas colunas 4 e 5, se mostrando um resultado positivo para esses conceitos. Entretanto houve aumento nas marcações da coluna 1, indicando que embora tenha sido explicado o contrário houveram alunos que acreditam que esses conceitos não estão relacionados.

A análise dos conceitos: ciência + probabilidade; teoria da complexidade + sistemas abertos; teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização; teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo; teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo; evolução + adaptação da espécie ao meio; evolução + adaptação do meio pela espécie; evolução + célula nucleada; endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica; célula vegetal + maior complexidade; e planeta simbiótico + seres humanos simbiontes do quadro 3 indica insegurança na assimilação dos mesmos pois embora tenha uma redução nas marcações da coluna 0 e aumento ou estabilidade nas marcações das colunas 4 e 5, existe aumento ou estabilidade das colunas 1, 2 ou 3 com raras exceções. Isso demonstra que para a grande maioria dos alunos esses conceitos eram desconhecidos e por se tratar de conceitos que envolvem muitos outros conceitos menores ou complementares, parece que houve muita instabilidade para ancorar essas novas informações na estrutura cognitiva dos alunos. Talvez com maior número de aulas e mais exercícios de fixação essa dificuldade poderia ser sanada.

Ainda conforme a quadro 3 a análise dos conceitos: sistemas abertos + floresta amazônica; e sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos, sugere que para a maioria dos alunos esses exemplos de sistemas abertos ficaram bem

claros, uma vez que observa-se um aumento expressivo nas marcações da coluna 5.

A análise dos conceitos: célula animal + maior complexidade indica que houve aprendizagem para 6 alunos que afirmam que esses conceitos não estão relacionados, entretanto para os demais esses conceitos ficaram confusos uma vez que observa-se resultados negativos nas colunas 2, 3, 4 e 5.

Ao comparar a quadro 2 com o quadro 3 percebe-se que os alunos do 2º ano vespertino tiveram maior dificuldade em estabelecer relação entre os conceitos apresentados, já que este apresentou 6 resultados negativos nas colunas 4 e 5, colunas essas que sugerem respectivamente um bom e um excelente nível de segurança na afirmativa, enquanto o 2º ano matutino apresentou apenas um resultado negativo.

**QUADRO 3** – Respostas do 2º ano vespertino para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC.

CONCEITOS	B		0		1		2		3		4		5	
	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC
Ciência + incerteza	1	4	4	3	4	2	0	1	1	1	4	4	3	1
Ciência + probabilidade	2	0	5	2	2	2	1	2	2	1	2	5	3	4
Teoria da complexidade + sistemas abertos	2	1	8	0	1	1	3	4	3	0	0	4	0	6
Sistemas abertos + floresta amazônica	3	0	6	0	0	1	1	0	1	3	4	3	2	9
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos	0	0	5	0	2	0	1	1	1	0	4	1	4	14
Pensamento sistêmico + complexidade	0	1	12	4	0	2	2	2	2	0	0	4	1	3
Pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial	0	1	8	3	3	3	3	0	2	0	0	6	1	3
Teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial	0	1	10	2	1	0	0	3	2	0	3	4	1	6
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização	0	1	10	1	3	3	0	2	1	1	1	4	2	4
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação	0	1	12	6	0	1	1	1	2	2	0	3	2	2
Teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural	1	0	10	7	1	1	2	1	1	0	1	3	1	4
Simbiose + simbiogênese	0	1	7	0	2	0	1	1	3	2	2	3	2	9
Simbiose + evolução	0	0	5	0	1	1	1	1	3	2	4	6	3	6
Teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo	1	1	12	2	0	2	0	2	0	2	3	4	1	3
Teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo	0	2	11	4	1	2	0	2	2	2	2	3	1	1
Evolução + adaptação da espécie ao meio	2	0	1	1	1	1	1	3	2	0	2	3	8	8
Evolução + adaptação do meio pela espécie	2	0	4	0	2	2	0	2	3	1	3	6	3	5
Evolução + competição	1	0	4	0	1	3	2	1	2	2	2	5	5	5
Evolução + cooperação	1	0	8	1	1	3	2	2	2	1	0	4	3	5
Evolução + célula nucleada	1	2	6	1	1	1	0	1	4	2	3	3	2	6
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)	1	3	4	1	1	1	0	3	1	0	6	3	4	5
Inovação evolutiva + simbiogênese	2	1	7	1	2	4	2	2	0	0	3	4	1	4
Endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica	2	0	8	0	3	1	0	2	1	1	3	6	0	6
Célula animal + maior complexidade	0	0	5	0	3	6	0	2	3	1	1	4	5	3
Célula vegetal + maior complexidade	0	1	8	2	1	1	0	1	2	1	2	6	4	4
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes	0	1	8	3	0	2	2	3	2	0	1	3	4	4

Legenda: B, em branco ou com mais de uma marcação; 0, se você nunca estudou, nem ouviu falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabe dizer se há relação entre eles; 1, se você acredita que não há relação entre esses conceitos; 2, se você vê pouca relação entre esses conceitos; 3, se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles; 4, se você já estudou esses conceitos e acredita que há uma relação entre eles; e 5, se você tem certeza que esses conceitos estão completamente relacionados.

O quadro 4 apresenta os resultados do 2º ano noturno para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC, sendo que 17 alunos responderam ao Pré-Teste BC e 13 alunos ao Pós-Teste BC. A análise dos conceitos: ciência + incerteza; teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização; simbiose + evolução; teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo; evolução + adaptação da espécie ao meio; bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios); e evolução + adaptação do

meio pela espécie do quadro 4 indica que houve aprendizagem desses conceitos, já que houve redução nas marcações da coluna 0 como era esperado, aliado ao aumento das colunas 4 e 5, havendo ainda redução ou estabilidade de marcações nas colunas 1, 2 e 3.

Outra análise positiva se apresenta ao considerar os conceitos: teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural; simbiose + simbiogênese; teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo; evolução + célula nucleada; e planeta simbiótico + seres humanos simbiontes do quadro 4, uma vez que esses apresentam redução nas marcações da coluna 0, redução das colunas 2 e 3, e aumento ou estabilidade das colunas 4 e 5. Porém esses conceitos apresentam avaliação negativa na coluna 1, o que significa que para uma pequena parcela de alunos esses conceitos não mostram relação. Isso pode ser explicado pela ausência desses alunos durante a execução das oficinas, falta de interesse na explicação apresentada durante as mesmas ou ainda explicação insatisfatória do conteúdo.

A análise dos conceitos: ciência + probabilidade; teoria da complexidade + sistemas abertos; sistemas abertos + floresta amazônica; sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos; pensamento sistêmico + complexidade; pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação; evolução + competição; evolução + cooperação; inovação evolutiva + simbiogênese; endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica; e célula vegetal + maior complexidade do quadro 4 permite sugerir que houve dificuldade na assimilação desses, uma vez que houve aumento de pelo menos uma das colunas 1, 2 e 3. As colunas 4 e 5 mostraram aumento ou estabilidade nas marcações e a coluna 0 mostrou resultados positivos o que sugere que parte dos alunos compreenderam a relação desses conceitos entre si e parte não. Talvez a explicação desse fenômeno já tenha sido discutido ao se registrar que muitos alunos do noturno não demonstraram interesse em aprender. Outro fato que corrobora com essa impressão foi o fato de apenas três alunos reconhecerem que não há relação nos conceitos célula animal + maior complexidade.

**QUADRO 4** – Respostas do 2º ano noturno para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC.

CONCEITOS	B		0		1		2		3		4		5	
	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC
Ciência + incerteza	2	0	5	2	4	4	3	0	2	0	1	4	0	3
Ciência + probabilidade	0	1	5	2	6	1	0	3	2	0	3	4	0	2
Teoria da complexidade + sistemas abertos	1	3	9	2	3	0	2	0	0	1	2	4	0	3
Sistemas abertos + floresta amazônica	2	1	9	1	3	1	1	1	0	2	2	2	0	5
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos	1	1	7	0	1	0	2	2	2	1	2	2	2	7
Pensamento sistêmico + complexidade	0	2	12	3	2	1	2	0	0	1	1	3	0	3
Pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial	0	0	12	2	0	0	1	2	1	0	3	5	0	4
Teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial	0	1	9	1	2	0	3	2	2	1	1	5	0	3
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização	0	1	9	2	2	0	1	1	2	2	2	3	1	4
Teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação	0	0	11	1	3	3	0	1	2	0	1	4	0	4
Teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural	1	2	10	2	1	2	1	1	3	2	1	1	0	3
Simbiose + simbiogênese	0	1	10	2	0	1	3	2	2	1	1	4	1	2
Simbiose + evolução	1	2	5	1	3	0	1	0	4	2	0	3	3	5
Teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo	0	0	9	3	0	1	2	0	2	0	4	4	0	5
Teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo	0	0	6	1	3	1	1	1	2	0	4	5	1	5
Evolução + adaptação da espécie ao meio	0	1	6	1	2	0	2	1	1	0	3	6	3	4
Evolução + adaptação do meio pela espécie	0	2	5	1	3	0	1	1	2	0	3	5	3	4
Evolução + competição	0	1	5	0	5	2	0	1	4	2	1	4	2	3
Evolução + cooperação	1	0	6	2	3	2	1	2	2	0	1	3	3	4
Evolução + célula nucleada	1	1	8	0	1	2	3	1	1	0	2	5	1	4
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)	0	1	8	1	5	1	1	1	2	0	1	5	0	4
Inovação evolutiva + simbiogênese	1	0	9	1	5	1	0	1	1	0	0	6	1	4
Endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica	1	0	9	1	1	0	3	1	2	4	1	6	0	1
Célula animal + maior complexidade	0	0	6	0	2	3	1	2	2	2	5	3	1	3
Célula vegetal + maior complexidade	0	0	8	0	2	1	1	2	2	0	3	7	0	3
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes	0	0	10	3	0	1	4	0	2	0	1	2	0	7

Legenda: B, em branco ou com mais de uma marcação; 0, se você nunca estudou, nem ouviu falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabe dizer se há relação entre eles; 1, se você acredita que não há relação entre esses conceitos; 2, se você vê pouca relação entre esses conceitos; 3, se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles; 4, se você já estudou esses conceitos e acredita que há uma relação entre eles; e 5, se você tem certeza que esses conceitos estão completamente relacionados.

O quadro 5 apresenta os resultados de todas as turmas juntas para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC, sendo que 58 alunos responderam ao Pré-Teste BC e 52 alunos ao Pós-Teste BC. Ao que tudo indica os conceitos: ciência + probabilidade; teoria da complexidade + sistemas abertos; sistemas abertos + floresta amazônica; sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos; simbiose + simbiogênese; simbiose + evolução; e evolução + competição do quadro 5 tiveram



melhor desempenho, indicando que foram melhor assimilados pelos alunos de modo geral, uma vez que apresentam redução nas marcações da coluna 0, aliado ao aumento das marcações nas colunas 4 e 5, e redução ou estabilidade de marcações nas colunas 1, 2 e 3.

Outra avaliação positiva do quadro 5 pode ser encontrada na análise dos conceitos: ciência + incerteza; pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial; evolução + cooperação; e planeta simbiótico + seres humanos simbiontes, sugerindo que houve aprendizagem desses conceitos pela maioria dos alunos, uma vez que esses apresentam redução nas marcações da coluna 0, redução das colunas 2 e 3, e aumento das colunas 4 e 5. Embora apresentem avaliação negativa na coluna 1, o que significa que para uma parcela dos alunos esses conceitos não estão relacionados mesmo explicando o contrário.

A análise dos conceitos: teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização; evolução + adaptação da espécie ao meio; evolução + adaptação do meio pela espécie; bactérias simbiontes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios); inovação evolutiva + simbiogênese; endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica; e célula vegetal + maior complexidade do quadro 5 indica que houve dificuldade para a assimilação desses para uma pequena parcela dos alunos, uma vez que apesar de todos os outros resultados positivos encontrou-se pelos menos um resultado negativo nas colunas 2 e 3.

Conforme o quadro 5 as piores avaliações encontram-se ao analisar os conceitos: pensamento sistêmico + complexidade; teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial; teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação; teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural; teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo; teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo; e evolução + célula nucleada já que esses apresentaram aumento nas marcações das colunas 1 e 2. Entretanto tiveram resultados positivos em todas as demais colunas. Esses resultados podem indicar que a TES é contra intuitiva.

A análise dos conceitos: célula animal + maior complexidade permite afirmar que apenas 11 alunos confirmam que esses conceitos não estão relacionados, 9 alunos se mostram inseguros e afirmam que há pouca relação entre eles, enquanto a maioria acreditam haver relação.

Essa avaliação negativa desses conceitos expressa a dificuldade de ensinar esse conteúdo já que para a compreensão desejada fez-se necessário um grande arranjo de subsunçores já estabelecidos, que mesmo sendo ofertados durante todo o trabalho parece não ter sido suficiente para a maioria dos alunos. Entretanto há de se destacar que mesmo em situações não favoráveis é possível que haja aprendizagem de conteúdos de grande complexidade neste estabelecimento pesquisado, uma vez que o quadro 5 demonstra que houveram resultados muito satisfatório, como por exemplo a redução expressiva das marcações de toda coluna 0; a redução das marcações de toda coluna 3 e aumento nesta das marcações para os únicos conceitos não relacionados - célula animal + maior complexidade; e aumento expressivo das marcações das colunas 4 e 5, havendo apenas dois resultados negativos para os conceitos não relacionados.

**QUADRO 5** – Respostas de todas as turmas juntas para o Pré-Teste BC e Pós-Teste BC.

CONCEITOS	B		0		1		2		3		4		5	
	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC	Pré-teste BC	PÓS-TESTE BC
<b>Ciência + incerteza</b>	3	6	19	8	9	10	8	3	6	2	8	14	5	9
<b>Ciência + probabilidade</b>	3	3	13	5	10	5	8	8	10	2	7	18	6	11
<b>Teoria da complexidade + sistemas abertos</b>	6	6	23	3	10	2	8	5	6	2	3	19	2	15
<b>Sistemas abertos + floresta amazônica</b>	6	1	20	1	5	5	4	2	8	7	9	13	6	23
<b>Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos</b>	1	2	17	2	3	3	8	4	6	1	8	8	15	32
<b>Pensamento sistêmico + complexidade</b>	1	6	36	8	4	8	6	8	5	2	4	11	2	9
<b>Pensamento sistêmico + teoria da endossimbiose sequencial</b>	1	4	35	6	5	6	7	4	5	0	4	20	1	12
<b>Teoria da complexidade + teoria da endossimbiose sequencial</b>	1	5	34	4	3	5	4	6	9	2	6	17	1	13
<b>Teoria da endossimbiose sequencial + auto-organização</b>	1	2	32	4	6	6	3	11	5	4	7	12	4	13
<b>Teoria da endossimbiose sequencial + auto-regulação</b>	2	3	38	9	3	6	5	10	6	5	2	12	2	7
<b>Teoria da endossimbiose sequencial + acoplamento estrutural</b>	3	4	34	9	2	7	5	6	7	4	5	10	2	12
<b>Simbiose + simbiogênese</b>	2	4	22	3	7	2	6	4	8	5	8	16	5	18
<b>Simbiose + evolução</b>	4	5	14	2	5	5	5	1	11	4	12	18	7	17
<b>Teoria da endossimbiose sequencial + lamarckismo</b>	3	4	34	6	1	5	3	7	4	2	12	14	1	14
<b>Teoria da endossimbiose sequencial + darwinismo</b>	3	4	30	6	4	9	2	7	6	2	10	13	3	11
<b>Evolução + adaptação da espécie ao meio</b>	3	4	10	3	5	4	4	9	8	1	11	13	17	18
<b>Evolução + adaptação do meio pela espécie</b>	3	5	14	2	6	4	3	6	11	3	13	20	8	12
<b>Evolução + competição</b>	1	4	13	0	8	7	6	5	12	4	7	16	11	16
<b>Evolução + cooperação</b>	2	3	19	4	6	8	7	6	12	2	2	14	10	15
<b>Evolução + célula nucleada</b>	2	5	23	1	5	6	4	7	10	2	8	17	6	14
<b>Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)</b>	2	5	19	3	8	6	2	5	4	0	13	16	10	17
<b>Inovação evolutiva + simbiogênese</b>	6	3	24	2	9	8	4	8	5	1	6	18	4	12
<b>Endossimbiose sequencial + formação da célula eucariótica</b>	5	1	26	2	5	3	5	7	8	7	6	20	3	12
<b>Célula animal + maior complexidade</b>	1	2	11	3	8	11	3	9	8	4	13	14	9	9
<b>Célula vegetal + maior complexidade</b>	1	4	21	5	7	4	4	7	6	1	12	21	6	10
<b>Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes</b>	1	2	27	8	2	7	10	9	6	1	7	11	5	14

Legenda: B, em branco ou com mais de uma marcação; 0, se você nunca estudou, nem ouviu falar sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso não sabe dizer se há relação entre eles; 1, se você acredita que não há relação entre esses conceitos; 2, se você vê pouca relação entre esses conceitos; 3, se você nunca estudou esses conceitos, mas vê relação entre eles; 4, se você já estudou esses conceitos e acredita que há uma relação entre eles; e 5, se você tem certeza que esses conceitos estão completamente relacionados.

Essas análises dos quadros 2, 3, 4 e 5 permitem afirmar que houve aprendizagem de muitos conceitos, sendo que alguns se mostraram mais fáceis de assimilar que outros, o que era esperado já que as oficinas B e C foram elaboradas com o objetivo de aprofundamento dos temas.

A Figura 12 apresenta o percentual de grupos que responderam corretamente as questões do Teste B aplicado durante a oficina B. Segundo ela as

três turmas apresentaram índices 100%, sendo que o 2º ano matutino apresentou dois, o 2º ano vespertino apresentou três e o 2º ano noturno apenas um. O 2º ano matutino teve em média 72,22% de grupos com acertos no teste B, enquanto o 2º ano vespertino teve 62,5% e o 2º ano noturno teve também em média 62,5%. No 2º ano matutino 6 grupos responderam o teste B, enquanto nos 2º ano vespertino e 2º ano noturno tiveram 4 grupos cada turma, totalizando 14 grupos.

Segundo a Figura 12 as maiores percentagens de grupos com acertos estão nas questões 1, 2 e 4, uma vez que 92,86% dos grupos responderam corretamente as mesmas, o que sugere melhor aproveitamento nessas questões. Depois vem a questão 3 com 57,14% dos grupos que acertaram essa questão, seguido da questão 5 com 42,86% e por último a questão 6 com apenas 21,43%.

A questão 1. *A ciência é questionável, sim ou não? Argumente sua opinião.*, se mostrou fácil para 13 dos 14 grupos, pois esses tiveram mais segurança e clareza ao respondê-la. Isso pode ser verificado abaixo nas respostas dos grupos G8 e G9 do 2º ano vespertino:

“Sim, porque as teorias estão em constantes mudanças, e o que é certa hoje pode (estar) errado "amanhã".”(Grupo G8)

“Sim. A ciência é um ramo de estudo em constante evolução e algumas descobertas recentes podem contradizer teorias mais antigas.”(Grupo G9)

E ainda do grupo G1 do 2º ano matutino:

“Sim, porque é imprevisível e incerta.”

A questão 2. *A Teoria da Complexidade mudou a maneira de ver e fazer ciência, pois entende os fenômenos naturais com mais realidade, de maneira mais honesta uma vez que os consideram sistemas abertos. Dê três exemplos de sistemas abertos.*, também se mostrou de fácil entendimento uma vez que 13 grupos acertaram 100% da questão e um grupo respondeu parcialmente correta. Isso pode ser verificado abaixo nas respostas dos grupos G6 do 2º ano matutino:

“Na cidade, na floresta, na música.”

Do grupo G10 do 2º ano vespertino:

“O ser humano, a floresta, a ciência.”

E ainda do grupo G11 do 2º ano noturno:

“Planeta Terra, jardim, floresta.”

A questão 3. A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis é um exemplo de teoria que faz uso do pensamento sistêmico, pensamento este fundamental dentro da Teoria da Complexidade. Quais outros conceitos relacionados à complexidade podem ser encontrados na teoria de Margulis? Argumente sua opinião., já se mostrou mais difícil uma vez que somente 8 grupos responderam corretamente. Isso pode ser verificado abaixo na resposta do grupo G3 do 2º ano matutino:

“A auto-organização e auto-regulação e acoplamento estrutural. Através disso torna-se evolutivo, cada ser novo, com a simbiose.”

A questão 4. No texto-apoio B a Teoria da Endossimbiose Sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Jean-Baptiste de Lamarck. Qual relação existe entre elas?, também se mostrou de fácil entendimento uma vez que 13 grupos acertaram-na 100%. Isso pode ser verificado abaixo nas respostas dos grupos G1 do 2º ano matutino:

“Os dois tem quase as mesmas conclusões que os organismos herdam traços induzidos em seus pais pelas condições ambientais, enquanto na simbiogênese os organismos adquirem não traços, mas outros organismos inteiros.”

E do grupo G9 do 2º ano vespertino:

“Para Margulis a simbiogênese é uma forma de neolamarckismo.”

A questão 5. No texto-apoio B a teoria da endossimbiose sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Charles Darwin. Qual relação existe entre elas?, se mostrou mais difícil já que apenas 8 grupos responderam-na corretamente. Uma resposta aceitável pode ser verificado abaixo na resposta do grupo G6 do 2º ano matutino:

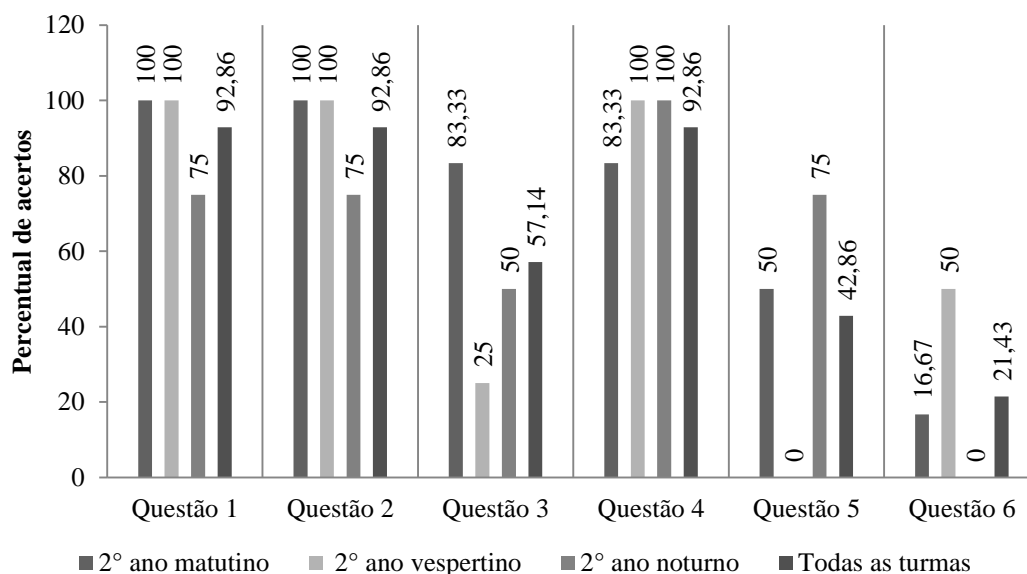
“A TES advoga ainda que, a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio, mas que também os seres vivos modificam o meio do processo. Charles Darwin vê na natureza o adaptacionismo e a competição como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a cooperação por meio de simbioses.”

Enquanto no grupo G9 do 2º ano vespertino percebe-se confusão conceitual, veja abaixo:

“Ambas são constituídas por células, ambas tem "a mesma sistema genética". De um modo geral ambas tem processos básicos de vida muitos semelhantes”.

A questão 6. A ideia principal da TES, segundo Margulis, é que os genes extras no citoplasma de células de animais, plantas e outras células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos. Há muito tempo, as bactérias, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras. Como essas informações transformam nosso entendimento atual sobre a evolução das espécies?, se mostrou de maior dificuldade já que somente 3 grupos conseguiram responde-la corretamente e 9 grupos deixaram em branco. Entretanto um dos grupos conseguiu estabelecer uma relação não mencionada durante as oficinas A e B, é o caso da resposta do grupo G1 do 2º ano matutino:

“A evolução é vista hoje como um sistema aberto. Ex: como uma sala de aula que podemos sair e entrar quando precisamos e podemos também adquirir informações e também transmitir novas.”



**FIGURA 12** – Percentual de grupos que responderam corretamente às questões do Teste B.

A Figura 13 apresenta o percentual de grupos que responderam corretamente às questões do Teste C, merecendo destaque o 2º ano noturno com média de 66,66% dos grupos que acertaram o teste C, depois vem o 2º ano vespertino com 58,33% e por último o 2º ano matutino com 46,43%. Responderam ao teste C 7 grupos no 2º ano matutino, 6 grupos no 2º ano vespertino e também 6 grupos no 2º ano noturno, totalizando 19 grupos de trabalho. Convém alertar que esses grupos não são idênticos aos formados para responder ao teste B.

Segundo a Figura 13 ao analisar todas as turmas juntas a maior percentagem de grupos com acertos encontra-se na questão 1, com 89,47%, depois vem a questão 4 com 78,95%, seguido da questão 2 com 47,37% e por último a questão 3 com apenas 10,53%.

A questão 1. Margulis afirma que o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana é a simbiogênese. Como isso teria

acontecido?, se mostrou fácil para 17 dos 19 grupos, pois esses tiveram mais segurança e clareza ao respondê-la. Isso pode ser verificado abaixo nas respostas dos grupos G24 do 2º ano vespertino:

“Todo organismo grande para que se possa ver são micróbios que agrupados formam totalidades maiores. Que ao se fundi muitos perderam sua individualidade. Para ela a maior parte da inovação evolutiva surgiu e ainda surge diretamente da simbiose.”

E do grupo G29 do 2º ano noturno:

“Isso teria acontecido pela junção das bactérias que na medida em que se agrupavam criavam um novo ser, se tornando mais complexos a cada geração.”

A questão 2. A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis apresenta as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as células eucarióticas: animal e vegetal. A ideia é simples: quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram, por meio de simbioses, em uma ordem específica. Quais seriam esses ancestrais?, se mostrou confusa com um grau médio de dificuldade já que apenas 9 grupos responderam-na 100% corretamente, e outros 10 grupos responderam-na parcialmente correta. Houve uma confusão na interpretação do enunciado, já que foi solicitado quais seriam os quatro ancestrais o que exclui as cianobactérias, que atualmente ainda são inteiramente independentes e cada uma é um organismo fisicamente separado de qualquer outro. Entretanto também foram aceitos os 5 organismos como resposta correta, incluindo assim as cianobactérias com “ancestral”. Isso pode ser verificado abaixo na resposta do grupo G30 do 2º ano noturno:

“Arqueobactérias, espiroquetas, púrpura, natatória cianobactéria.”

A questão 3. Como o próprio nome diz endossimbiose sequencial, trata de uma sequência específica de simbioses que proporcionou maior organização e maior complexidade das células. Essa sequência está dividida em quatro etapas no



texto-apoio C. Com suas palavras procure explicar resumidamente cada etapa., se mostrou muito difícil já que somente 2 grupos acertaram-na, enquanto 14 grupos responderam errado ou com um pequena parte correta e 3 grupos deixaram-na em branco. Uma das respostas certas pode ser verificada abaixo na resposta do grupo G32 do 2º ano noturno:

“1- arqueobactéria fundiu com uma bactéria natatória formando assim o nucleocitoplasma substância ancestrais das células animais e plantas e fungos. 2 - a fusão da arqueobactéria + bactéria natatória + espiroqueta forma-se complexo tripolar ( célula nucleada). 3 - complexo tripolar + bactéria púrpura forma-se a célula animal. 4 - a célula animal incorpora a cianobactéria.”

O grupo G29 do 2º ano noturno respondeu a questão de modo insatisfatório o que exemplifica a confusão conceitual do processo, embora tenha sido uma das únicas tentativas sem cópia de fragmentos desconectados do texto-apoio C, caso encontrado, por exemplo, no grupo G19 do 2º ano matutino:

“A primeira etapa é quando começa a união das espécies. Na segunda etapa começa o surgimento dos primeiros seres, resultados dessa junção. Na etapa três o processo continua com a inclusão de novas espécies, na quarta etapa acontece a aquisição de células mais complexas.”

"Etapa 1 = fala sobre a arqueobacteria que é um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, ela se fundia com uma bactéria natatória, formando então o nucleocitoplasma. Etapa 2 sua tese é que todos os organismos nucleados ( protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando arquiobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos na evolução da ancestral protista final: a célula nucleada. Etapa 3 = complexo tripolar ( apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio ) que respirava oxigênio se tornou capaz de fagocitar ( ou engolir) determinados alimentos. Etapa 4 - Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas "cianobactérias", ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida

extremamente bem sucedida."

A questão 4. No texto-apoio C são citadas duas versões da TES, a versão intermediária e a versão extrema. Qual delas é totalmente aceita? Justifique sua resposta., se mostrou fácil para 15 dos 19 grupos, pois esses tiveram clareza ao respondê-la. Isso pode ser verificado abaixo nas respostas dos grupos G20 do 2º ano matutino:

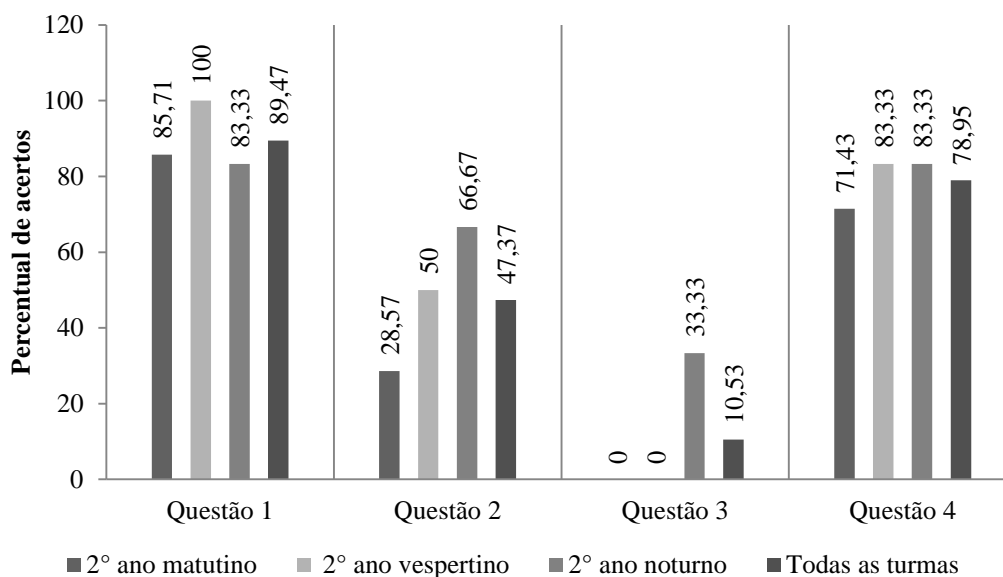
" A intermediaria. Há um consenso que acredita de modo incontestável na versão intermediaria. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas."

Do grupo G22 do 2º ano vespertino:

"A versão intermediaria por que ela apresenta várias provas e a versão extrema por que não contém prova e deixa muitas dúvidas."

E do grupo G31 do 2º ano noturno:

“Versão intermediária - a aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses 2 tipos de organelas contem DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização.”



**FIGURA 13** – Percentual de grupos que responderam corretamente as questões do Teste C.

#### 6.4 Avaliação Processual

A avaliação processual foi pensada para oportunizar um ambiente harmonioso e seguro para que os alunos em grupo pudessem se expressar indicando os pontos positivos, negativos e sugestões para melhoria da pesquisa. No 2º ano matutino 6 grupos responderam a avaliação processual, enquanto no 2º ano vespertino houveram 5 grupos e no 2º ano noturno apenas 4.

A tabela 11 apresenta as respostas da avaliação processual referente aos pontos positivos da pesquisa/eu gostei quando..., relacionando as categorias mencionadas pelos grupos. Ao analisar todas as turmas juntas as categorias mais frequentes foram: a forma da explicação da professora citada por 5 grupos; aprendemos muito e tiramos dúvidas/ novas descobertas e informações/ do conteúdo passado citada por 4 grupos; foi explicada a teoria da Margulis/Teoria da Endossimbiose Sequencial; foi explicada a teoria de Mendel/ Genética; aulas bem produtivas com slides permitiu o debate e a interação; e a professora apresentou a

proposta de trabalho, ambas citadas por 3 grupos.

Analisando a tabela 11 pode-se ainda dividir as categorias em pontos positivos referentes à didática e ao conteúdo. As categorias que se encaixam na perspectiva da didática são: a forma da explicação da professora; aulas bem produtivas com slides permitiu o debate e a interação; a professora apresentou a proposta de trabalho; formas avaliativas sem pressão; dos textos-apoio que nos permite ler e refletir mais sobre a TES; e de nos dar a oportunidade de aprender ainda mais, juntas foram citadas 14 vezes. Enquanto as categorias que se encaixam na perspectiva de conteúdo são: aprendemos muito e tiramos dúvidas/ novas descobertas e informações/ do conteúdo passado; foi explicada a teoria da Margulis/Teoria da Endossimbiose Sequencial; foi explicada a teoria de Mendel/ Genética; foi explicada a teoria da Evolução; foi explicado sobre célula/DNA/Citologia; provocou a curiosidade e incentivo a buscar novos conhecimentos; foi explicada a teoria da Complexidade; o conteúdo foi bem elaborado com explicações bem conclusivas; e entendemos que as bactérias fazem parte do processo da vida, juntas foram citadas 18 vezes.

Vale registrar que ficou a impressão de que os alunos, de modo geral, se surpreenderam com o convite para participar de uma pesquisa científica, algo inédito para aquela escola até onde se sabe. Além disso, poder escolher ou não participar de algo diferente e curioso pareceu agradar a todos, e quando indagados ao final da apresentação da proposta de trabalho todos os alunos afirmaram ter disposição para aprender. Entretanto com o decorrer da primeira oficina já ficou claro que para alguns o volume de conteúdo e a experiência participativa das aulas não agradou, por isso imagina-se que alguns alunos ficaram desinteressados depois disso. Porém o que realmente importa é o interesse de todos os demais alunos que se envolveram nas atividades da pesquisa e com muita generosidade compartilharam suas dúvidas e ideias durante todas as atividades, especialmente na avaliação processual, entendendo o valor da avaliação honesta desse trabalho para oferecer a quem possa se interessar um conjunto de impressões sobre a possibilidade de replicá-lo em algum momento para outros jovens e adultos.

**TABELA 11** – Respostas da avaliação processual referente aos pontos positivos da pesquisa/eu gostei quando...

<b>Categorias mencionadas pelos grupos</b>	<b>2º ano matutino</b>	<b>2º ano vespertino</b>	<b>2º ano noturno</b>	<b>Todas as turmas</b>
A forma da explicação da professora	2	2	1	5
Aprendemos muito e tiramos dúvidas/ novas descobertas e informações/ do conteúdo passado	2	0	2	4
Foi explicada a teoria da Margulis/Teoria da Endossimbiose Sequencial	2	1	0	3
Foi explicada a teoria de Mendel/ Genética	1	2	0	3
Aulas bem produtivas com slides permitiu o debate e a interação	1	1	1	3
A professora apresentou a proposta de trabalho	0	2	1	3
Foi explicada a teoria da Evolução	1	0	1	2
Foi explicado sobre célula/DNA/Citologia	0	2	0	2
Provocou a curiosidade e incentivo a buscar novos conhecimentos	1	0	0	1
Formas avaliativas sem pressão	1	0	0	1
Foi explicada a teoria da Complexidade	1	0	0	1
Dos textos-apoio que nos permite ler e refletir mais sobre a TES	0	1	0	1
De nos dar a oportunidade de aprender ainda mais	0	1	0	1
O conteúdo foi bem elaborado com explicações bem conclusivas	0	0	1	1
Entendemos que as bactérias fazem parte do processo da vida	0	0	1	1

A tabela 12 apresenta as respostas da avaliação processual referente aos pontos negativos da pesquisa/eu não gostei quando... relacionando as categorias mencionadas pelos grupos. Ao analisar todas as turmas juntas as categorias mais frequentes foram: muita informação em pouco tempo, citada 7 vezes; pouco tempo para responder as questões dos testes e conversas paralelas durante a explicação, ambas citadas 5 vezes; e palavras difíceis/desconhecidas, citada 4 vezes.

Analisando a tabela 12 pode-se ainda separar as categorias em três grupos, sendo um referente à didática, outro referente ao comportamento dos alunos e o terceiro grupo referente ao conteúdo. O grupo de categorias referente à didática é formado por: muita informação em pouco tempo; pouco tempo para responder as

questões dos testes; palestras longas/ quatro aulas seguidas; o primeiro teste foi muito longo para pouco tempo; não deu tempo para nos aprofundar no conteúdo e nem interagir mais; texto-apoio com palavras desconhecidas ; slides compridos e com palavras difíceis; informações repetidas nos slides e texto-apoio; apareceu um monte de perguntas pra responder; e a professora falou e eu não entendi o conteúdo, juntas foram citadas 22 vezes. Enquanto o grupo de categorias referente ao comportamento dos alunos é formado por: conversas paralelas durante a explicação; alguns alunos mexendo no celular; e faltar às aulas, juntas foram citadas 8 vezes. E o terceiro grupo de categorias, este referente ao conteúdo é formado por: palavras difíceis/desconhecidas; conteúdo extenso é cansativo; e por conter vários assuntos em que nunca ouvi falar e muita coisa que ficamos sem entender, juntas foram citadas 6 vezes.

Vale registrar ainda que para aqueles alunos que estavam interessados em aprender as dificuldades encontradas estão em acordo com a pesquisadora, podendo citar alguns exemplos como: as oficinas de quatro aulas seguidas foram muito cansativas, a quantidade de aulas foi insuficiente para o volume de conteúdos trabalhados, alguns slides ficaram muito cansativos por conter muito texto e a falta de imagens para ilustrar as teorias ensinadas dificultaram o aprendizado. Contudo, como algumas dificuldades são de ordem político-pedagógico, considera-se bem sucedida o desenvolvimento dessa pesquisa uma vez que foram cumpridos todas as atividades planejadas, houveram bons resultados dos testes, houveram participações interessantes e enriquecedoras durante as oficinas e percebeu-se um interesse dos alunos em guardar os textos-apoio para posterior consulta, incluindo aí aqueles alunos que por algum motivo faltaram a aula e não pegaram seus textos-apoio, mas que em outra oportunidade os solicitaram.

**TABELA 12** – Respostas da avaliação processual referente aos pontos negativos da pesquisa/eu não gostei quando...

<b>Categorias mencionadas pelos grupos</b>	<b>2° ano matutino</b>	<b>2° ano vespertino</b>	<b>2° ano noturno</b>	<b>Todas as turmas</b>
Muita informação em pouco tempo	1	5	1	7
Pouco tempo para responder as questões dos testes	4	1	0	5
Conversas paralelas durante a explicação	1	1	3	5
Palavras difíceis/desconhecidas	2	0	2	4
Palestras longas/ quatro aulas seguidas	2	0	0	2
O primeiro teste foi muito longo para pouco tempo	2	0	0	2
Alguns alunos mexendo no celular	0	1	1	2
Conteúdo extenso é cansativo	1	0	0	1
Não deu tempo para nos aprofundar no conteúdo e nem interagir mais	0	1	0	1
Texto-apoio com palavras desconhecidas	0	1	0	1
Faltar às aulas	0	1	0	1
Slides compridos e com palavras difíceis	0	1	0	1
Informações repetidas nos slides e texto-apoio	0	1	0	1
Por conter vários assuntos em que nunca ouvi falar e muita coisa que ficamos sem entender	0	1	0	1
Apareceu um monte de perguntas pra responder	0	0	1	1
A professora falou e eu não entendi o conteúdo	0	0	1	1

A tabela 13 apresenta as respostas da avaliação processual referente as coisas que aprendi com esse processo e/ou sugestões para aperfeiçoar essa pesquisa. Ao analisar todas as turmas juntas as categorias mais frequentes foram: deveria ter mais tempo/ mais aulas com 4 citações; ter vídeos-aulas/ vídeos explicativos, aula prática/ experimental, e a pesquisa deveria ser incluída como aulas de biologia dos alunos do CEJA, ambas com 3 citações; e as demais categorias foram citadas uma só vez (ver tabela 13).

Observa-se na tabela 13 que algumas sugestões refletem a cultura filosófica costumeiramente adotada nas aulas da EJA, e por isso alguns alunos

resistem a aulas mais reflexivas e participativas, onde o aluno em alguns momentos é o protagonista de seu próprio aprender. Entretanto mesmo com essas dificuldades de ordem cultural, a maioria dos alunos receberam muito bem essa pesquisa e se empenharam em aperfeiçoá-la.

**TABELA 13** – Respostas da avaliação processual referente as coisas que aprendi com esse processo e/ou sugestões para aperfeiçoar essa pesquisa.

<b>Categorias mencionadas pelos grupos</b>	<b>2° ano matutino</b>	<b>2° ano vespertino</b>	<b>2° ano noturno</b>	<b>Todas as turmas</b>
Deveria ter mais tempo/ mais aulas	2	2	0	4
Ter vídeos-aulas/ vídeos explicativos	2	0	1	3
Aula prática/ experimental	2	0	1	3
A pesquisa deveria ser incluída como aulas de biologia dos alunos do CEJA	0	3	0	3
Passar conteúdo no quadro	1	0	0	1
Ter só duas aulas por semana	1	0	0	1
Ter mais imagens do que textos nos slides	1	0	0	1
Passar alguns tópicos para os alunos pesquisarem	0	1	0	1
Ter apostila para pesquisa nas aulas de biologia	0	1	0	1
Simplificar os nomes	0	1	0	1
Ter aulas dinâmicas	0	0	1	1
Discussão em sala formando um círculo e trocando ideias	0	0	1	1
Deveria ter mais vezes no ano	0	0	1	1
Dar oportunidade apenas para quem estivesse realmente interessado	0	0	1	1
Ser mais divulgada	0	0	1	1
Ter um glossário	0	0	1	1

## 6.5 As Entrevistas

A análise das três entrevistas concedidas pelos alunos do dia corrobora com as impressões já registradas neste trabalho. A aluna M15 do 2° ano matutino, que faltou no pré-teste BC, oficina B e teste B, fez as seguintes considerações que



merecem destaque. Segue abaixo sua entrevista:

Pesquisadora: M15 você participou de quase todas as oficinas, com exceção da segunda oficina. Tá... M15, essa primeira questão... Em sua opinião, quais os pontos positivos da pesquisa?

M15: A gente... A gente pôde adquirir mais conhecimento, né... É...É assim, é uma coisa nova...eu mesmo fiz o primeiro ano há muito tempo então eu não tenho lembrança dessa...desse tempo, dessa teoria. Então assim despertou muita curiosidade, foi uma coisa nova, trouxe muita... muita explicação, muita certeza de coisas que você ouvia falar mas que você não entendia. Então esse foi assim, um ponto positivo pra mim, pessoalmente né? Então eu consegui adquirir muita coisa, coisas que você ouvia falar, nomes que você ouvia falar e você não sabia nem o que que era. Foi um ponto bem gostoso, assim, bem interessante.

Pesquisadora: Tá... Qual o principal ponto positivo? Se você pudesse destacar um só, qual seria?

M15: A teoria da...da... daquela pessoa...

Pesquisadora: da Margulis?

M15: é da Margulis. Pra mim foi assim, excelente.

Pesquisadora: Por quê?

M15: Talvez por ela ter tanta vontade de...de provar que o que ela acredita é aquilo mesmo e aguçar na gente uma curiosidade, de buscar mais sobre aquilo ali, sobre aquelas...aqueles itens ali que ela coloca. E assim, outra coisa... Ela sempre colocou que ela tinha certeza que o ponto de vista dela era aquilo. E ela nunca desistiu. Ela correu atrás, batalhou até ela provar que era aquilo mesmo e ponto final. Aí você pega aquilo como incentivo. Se eu tenho vontade de fazer alguma coisa é o que eu vou fazer e ponto. Não interessa o que vai acontecer ou o que vão falar. Então assim... traz uma... um incentivo pra vida da gente. Muito... (choro)

Pesquisadora: E quais os pontos negativos da pesquisa? O que você acha que dificultou?

M15: Muito conteúdo.

Pesquisadora: Em pouco tempo?

M15: É. Muito texto. Assim professora até pra você conseguir ler aquilo ali e

interpretar. Aí de repente surge uma dúvida e você não tem aquele tempo de você voltar ali e poder esclarecer. Não assim com você, entende? No texto.

Pesquisadora: No texto-apoio? Na hora de fazer os testes?

M15: É isso, exatamente. Então é muita... muita informação pra pouco tempo. É assim um ponto que mexeu muito. É se fosse um projeto maior, com mais... mais tempo em dias, em questão de dias, né? Não de aulas, de dias. É...teria sido mais aproveitado, mais assimilado.

Pesquisadora: E qual o principal ponto negativo da pesquisa?

M15: O principal?

Pesquisadora: É...o que mais dificultou?

M15: Os testes.

Pesquisadora: Os testes. Por quê?

M15: Pelo fato do tempo.

Pesquisadora: Pouco tempo?

M15: Pouco tempo.

As falas em negrito evidenciam que o volume de conceitos no pouco tempo de trabalho dificultou a assimilação do tema.

Continuando a análise da entrevista observamos:

Pesquisadora: Beleza...É...Quais sugestões você daria pra melhorar a pesquisa?

M15: Ó a primeira, assim... A primeira que eu acho... Você tem que, você tinha que ter um tempo maior pra ter uma aula mais de contato...

Pesquisadora: O que é isso?

M15: Com aquilo...com aquilo que você tá fazendo. **Mais de experiência. Você trazer pra sala de aula um microscópio e mostrar pra gente.** Ó gente tô falando disso aqui. Isso aqui é uma membrana plasmática, isso aqui é um núcleo, isso aqui é um ribossomo, alguma coisa, sabe? Um DNA, alguma coisa nesse sentido. Até porque você passa a informação, você não consegue...eu não consigo gravar tudo. Você tendo contato, tando ali, você mexendo você vai lembrar. Vamos supor, uma folha. Aquela folha tem tal coisa, tal núcleo. Então assim...eu acho que seria uma questão bem... bem legal de você adotar.

Pesquisadora: E o que mais?

M15: E chamar... a gente...a gente vê assim que tem muitas pessoas que ficou

dispersa na matéria. Talvez por não... uns por falta de vontade, outros por não querer, por não ter alguma coisa que chamou mais a atenção. **É por exemplo, faça uma...mandar fazer uma pesquisa ou montar um projetinho em cima daquilo ali, sabe? Pra você ir mesmo atrás, pra você correr, ir lá e buscar.** Não é isso aqui... Por que curiosidade dispersou (despertou), pelo menos em mim dispersô (despertou) bastante curiosidade em relação ao conteúdo. Só que a gente queria ter o... o momento de ter contato com isso aí. Pra você assimilar. Pra você gravar realmente.

Pesquisadora: Qual é a principal sugestão disso tudo aí que você falou?

M15: Mais tempo. Projeto mais extenso em questões de... de tempo, de dias, meses. É... Pra tentar trazer mais a gente pra mais perto desse projeto e... e ter mais contato com aquilo que você tá passando. **Não ficar só na tela, na teoria, no que você falar.** Por em prática mesmo algo sobre aquilo ali.

Nessas falas em negrito observa-se o princípio do abandono da narrativa do professor e deixar o aluno falar e o princípio da não utilização do quadro-de-giz, da participação ativa do aluno, da diversidade de estratégias de ensino.

Pesquisadora: E a última questão... Em sua opinião, a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade, que foi o que nós ensinamos, pode ser ensinada aos alunos da Educação de Jovens e Adultos?

M15: Deve ser ensinada.

Nessa fala observa-se que a aluna está muito segura quanto à importância do tema proposto.

Pesquisadora: Por quê?

M15: Você vê muita...muito superficial lá no começo biologia. No começo ela é muito superficial nessa questão. Então você vai chegar aqui, você não tem um conhecimento pra ter uma base, pra você por exemplo ir atrás de uma faculdade de Biologia. Você não vai ter uma certeza que é aquilo ali que você quer. Então você tendo um conhecimento maior vai te atrair... é... tudo que atrai é gostoso. Então de repente são daí que sai alguns biólogos. Então eu acho que... é... a gente tem sim que receber essa disciplina. É...Vai ser uma coisa assim diferente e uma coisa que vai aguçar muito a curiosidade, né? A gente vai procurar mais, conhecer mais a biologia,

conhecer mais as teorias, o sistema de DNA, tudo você vai procurar mais... mais detalhes sobre aquilo ali. Só que tem que ter tempo, corrido assim não dá. (risos)

Pesquisadora: Você quer falar mais alguma coisa? Acrescentar mais alguma coisa?

M15: Não, assim... Pra gente foi... Pra mim foi excelente, tudo o que você passou. Você tentou detalhar tudo, simplificar, por que é muito nome que a gente nem consegue falar né? Mais assim, foi uma coisa muito gostosa. Você é... Você aprender algo novo... é... saber... tentar... querer saber o que é aquilo ali, ser correspondido a altura e ficar a curiosidade que... quer mais. (risos)

Pesquisadora: Ainda ficou então? (risos) Muito obrigada...

M15: E assim você é uma professora que nossa... (choro)

Pesquisadora: Não faz isso não por que grávida também chora até... (risos)

A próxima entrevista é da aluna V1 do 2º ano vespertino, que ao contrário dos outros entrevistados, participou de todos os encontros da pesquisa. Sua entrevista na íntegra segue abaixo:

Pesquisadora: V1, né? Você participou de todas as atividades, né?

V1: Sim.

Pesquisadora: Vamos lá... É... Em sua opinião, quais os pontos positivos da pesquisa?

V1: Eu gostei de todos os pontos, principalmente as informações que a gente não tinha, né? A respeito assim... Micro-organismo que sobrevive através de outro ser vivo, né?

Pesquisadora: Novidade?!

V1: É, sim pra mim foi novidade. A gente que mexe com quase tudo, né? Peixes... É... Animais diferentes... A gente encontra esses bichinhos dentro deles, as vezes a gente fica no nojo. Mas na verdade, não é caso da gente sentir nojo, por que eles são um ser vivo, né? Então eles precisam daquilo, daquele outro organismo pra eles tá sobrevivendo.

Pesquisadora: E qual o principal ponto positivo da pesquisa? Se você pudesse destacar um...

V1: Ponto positivo... Assim como eu posso explicar...da pesquisa?

Pesquisadora: É... O que você mais gostou? O que você acho mais interessante?

V1: Ah, foi aquele ponto do nosso DNA, onde... Como que ele é estudado, né? Pra poder chegar a uma perfeição. Hã... saber realmente o que é um DNA através do núcleo da célula, né? A gente sabe existe o DNA, mas não sabe como é que ele...

Pesquisadora: Você fala aquele encaixe (referência a estrutura de encaixe dos nucleotídeos)?

V1: É... Então, a gente sabe que tudo depende do DNA, mas a gente só sabe isso, não sabe como que ele é estudado... pra formar...vamos supor assim...pra se descobrir uma personalidade através do DNA.

Pesquisadora: É... Em sua opinião, quais os pontos negativos da pesquisa?

V1: Hum... não teve ponto negativo.

Pesquisadora: Alguma coisa assim que você achou que não foi muito boa...

V1: Não... pra mim todos eles foram bons... A única coisa assim que foi difícil assim...foi falado, né? O tempo muito pequeno, né? E as questões... e também as vezes as pessoas ficam conversando e atrapalha o pensamento da gente na pesquisa. Por que talvez se tivesse um... como é que se diz? Um... Uma colaboração maior entre os companheiro seria bem mais aproveitado.

Pesquisadora: Desses que você falou, qual o principal ponto negativo? O que mais atrapalhou, digamos, o aprendizado?

V1: Só a incompreensão dos companheiro, a maioria deles. Por que as vezes você tá explicando e eles tão lá querendo explicar mais ou discutindo entre eles, as vezes coisas que não tem nada a ver e a gente...tudo isso tira a atenção da gente. No momento que a gente tá numa sala de aula, participando de uma pesquisa, a gente primeiramente pra discutir tem que prestar atenção no que tá sendo explicado. É isso.

Na análise dessas falas em negrito e dos registro do caderno de campo se observa que a maioria dos alunos da EJA gostam de conteúdo – reclamam de desordem no momento de aprender – talvez aqui eles estejam tentando dizer que a aprendizagem se dá de maneira idiossincrática a em um ambiente adequado.

Pesquisadora: Beleza... Quais sugestões você daria pra melhorar a pesquisa?

V1: Vixi! Agora essa aí é mais difícil...

Pesquisadora: O que você acha que podia ter...

V1: Sim, um tempo maior e cada espaço, como foi falado, existisse assim... uma conversa entre professores e aluno pra ser discutido o que já tá sendo passado pro

papel.

Pesquisadora: Qual é a principal sugestão disso tudo aí que você falou? O que você acha que faria mais diferença?

V1: É isso mesmo. É...falar por partes, né? Conversar... Passar o slide, explicar uma tese primeiro pra depois vim com uma outra e nisso, a gente já ia encaixando... da última ia encaixando na primeira e assim por diante.

Pesquisadora: Ia ficar mais fácil, então...

V1: Ia...

Pesquisadora: Entendi... E a última questão... Em sua opinião, a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade, que foi o que nós ensinamos, pode ser ensinada aos alunos da Educação de Jovens e Adultos?

V1: Eu acho que pode e deve.

Nessa fala em negrito observa-se segurança da aluna ao reconhecer a importância do tema.

Pesquisadora: Por que?

V1: Porque os aluno, principalmente os jovens de hoje eles não dão muito interesse à vida que a gente tem e da onde ela veio. Eles acham que é simplesmente um viver, nasceu ponto. Então eles não dão valor assim a formação genética, pessoal de um todo. De tudo... Então eu acho que se eles aplicarem isso mais profundamente e fazer com que eles realmente prestem atenção e se interesse, talvez eles próprio vão dar mais valor a vida mesmo que a gente tem.

Pesquisadora: Tem mais alguma coisa que você gostaria de falar?

V1: Não. Eu só quero dizer que apesar do seu esforço, do teu assim...tá gestante...esse interesse que teve de vim passar isso pra nós, que já tá na segunda fase de vida...como se diz, na meia idade e se interessar em passar isso pra nós, já foi uma grande coisa. Porque hoje em dia não é todos que tem essa força de vontade e de guentá uma sala... e fala assim eles já são velho não precisa de aprende nada, sabe? Pra que mais alguma coisa? Eu achei muito importante... Parabéns! (risos)

Pesquisadora: Obrigada...(risos)

Nessas falas em negrito fica claro que para essa aluna foi um gesto de acreditar no potencial que ela ainda pode desenvolver, e analisando os registros de campo pode-se inferir que muitos alunos da EJA sentem-se menores por não ter

concluído o ensino médio, e quando eles percebem que estão recebendo da instituição o que de mais atual pode-se ensinar se mostram confiantes que há um caminho de sucesso que eles mesmos podem trilhar. A autoestima desses alunos pode ser objeto de pesquisa para futuras investigações, pois ela interfere no comportamento em sala e conseqüentemente no desenvolvimento da aprendizagem.

E por fim, a última entrevista foi do aluno V21 do 2º ano vespertino, que faltou no pré-teste BC, oficina B e teste B, e assim como a entrevista anterior também deixou contribuições relevantes para o enriquecimento deste trabalho. Segue sua entrevista abaixo:

Pesquisadora: V21, eu vi que você participou de quase todas as oficinas com exceção de um dia, né? Da oficina B...que você não veio.

V21: É. Eu não participei de todos, é verdade.

Pesquisadora: Vamos começar. É... Em sua opinião quais os pontos positivos dessa pesquisa?

V21: Olha na minha opinião o ponto... **os pontos positivos foi a praticamente todos, né?** Tanto assim no enriquecimento pessoal, como para o nosso enriquecimento em termo de cientista, em termos de estudos. É como nós tamo estudando, **é nós não somos cientista mais nós temos conhecimento científico.** Em cima disso, através do trabalho dos cientista, das aulas, que você acabou de passar pra nós lá na sala de aula. Então isso nos fez um bem pro nosso conhecimento.

Pesquisadora: E qual desses pontos você poderia dizer que é o principal? O principal ponto positivo da pesquisa?

V21, : O principal ponto positivo é... é justamente isso, o nosso enriquecimento em termos de conhecimento. Enriquecimento pra nossa vida cotidiana pra que não possamos fazer danos pra natureza, pra que não venha...venhamos ocorrer é...falta de algo pra natureza. A natureza em termo geral nos contribui pra todos os seres vivos. Nós depende da natureza e a natureza depende de nós, é tudo um ciclo. Nós depende um do outro.

Nessas falas em negrito e na análise do caderno de campo observa-se que os alunos da EJA são conteudistas.

Pesquisadora: É, a outra questão séria... Quais os pontos negativos dessa pesquisa?

V21: Ah, o ponto negativo não só da pesquisa mas pessoalmente... Já tô com 46

anos, primeiro grau a muito tempo e a gente trabalha na correria do dia-a-dia, então a gente não tem aquela hábito de ficar estudando... Então a gente perde muitas coisas. Então a mente da gente também ela deixa de evolui. Quando a gente vai pra sala de aula ela, o ponto negativo mais principal é a própria nossa mente que não consegue gravar e segurar aquilo pra nos enriquecer mais ainda. Nós perde muito com facilidade, tem mais facilidade...eu pessoalmente...eu tenho uma facilidade muito grande de perder o que você passou aqui na sala de aula, daqui 2 ou 3 semana se eu não ficar olhando a matéria eu perco facilmente, entendeu? Por que eu tenho facilidade de esquecer. Essa é uma das parte negativa pra mim, pessoal. Agora em termo do grupo, eu acho que a única coisa negativa é o pouco tempo que você tem pra... em termo de aula, pra dar a matéria, em termo...ela fica meio tumultuada. **Você tem muito conteúdo pra passar em pouco tempo.** Então o único ponto negativo que eu percebo pra turma, talvez isso por que não consegue digerir esses todos, com mais tempo...é... pra ele ficar com mais qualidade, destacar as coisa com mais eficiência. Assim... uma coisa mais corrida, passado assim meio por cima... Então pra nós que já fomo jovem e adulto em idade avançada, então isso pra nós é uma dificuldade mesmo, né?

Pesquisadora: Dificulta pra aprender, né?

V21: Isso, dificulta pra aprender.

Pesquisadora: Desses pontos que você falou qual é o principal ponto negativo da pesquisa? O que você acha que mais dificultou?

V21: Da pesquisa? É... é só mesmo nós consegui digeri isso aí melhor tanto pra vida pessoal, quanto pra consegui guarda em si pro nosso conhecimento. É...pessoas adulto passando...passou da hora de tá numa sala de aula... a gente tem essa grande facilidade de não guardar, gravar essas coisa. Esse pra mim é o grande ponto negativo. Isso desanima! As vezes...igualmente o que você falou e eu falo agora...a pessoa tá em sala de aula, tá desanimada... tá com vontade de...com quarenta e poucos anos...muitas pessoas fala que num compensa. A única dificuldade é essa! Então na nossa capacidade nós procuramos ver se nossa capacidade...se temo essa capacidade de fazer uma faculdade por essa facilidade de num...de num...gravar isso aí, num dá segurança. É complicado...

Pesquisadora: Quais sugestões você daria pra melhorar a pesquisa?



V21: Sugestão...é...não sei se tem algum meio de **umentá o horário de aula?** Digamos...

Pesquisadora: Não. Você pode tudo. O que você faria se pudesse tudo? O que você faria?

V21: Olha, pra melhorar em termo pra nós... **Ter mais aula, carga horária de aula.** Que aí diminuía essa correria de passar por cima, de passa muita matéria e aprende pouco conteúdo. Então pra isso...eu acho...que poderia melhorar mais pro aluno...é isso.

Nessas falas em negrito volta-se a merecer destaque o quesito tempo.

Pesquisadora: E dessas sugestões que você deu, qual seria a principal?

V21: Pra melhorar?

Pesquisadora: Aham, pra melhorar a pesquisa. O que facilitaria o processo de ensino-aprendizado?

V21: Olha esse trabalho que você fez com nós aqui...ilustração...isso aí é um processo muito ótimo...que você lendo você grava menos do que você passando, explicando no quadro...você...você pega melhor. **Então esse modelo de aula que você acabou de passar pra nós esses dias é um modelo...é um dos modelo melhor pra nós. Eu acho que...enriquecimento maior...você pega mais...num tem...a dificuldade diminui por que tem uma colega nossa aí que diz... tem coisas que você lembra pro resto da vida,** que não consegue esquecer, entendeu?. Então eu acho que foi ótimo, você tá de parabéns por isso. (risos)

Novamente observa-se mais um princípio da TASC, princípio da não centralidade do livro texto, do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos, da diversidade de materiais instrucionais.

Pesquisadora: A...obrigada (risos). A última questão... Em sua opinião, a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade pode ser ensinada aos alunos da Educação de Jovens e Adultos?

V21: Pode sim.

Pesquisadora: Por que?

V21: É pode sim... porque é justamente pra ele ficar mais rico no conhecimento dele, né? Eu sei que as aula de jovens e adulto, como é que posso dizer, é corrido e nem por isso a professora deixa de ensinar isso aí, uma matéria nova, uma matéria que tem um

aprofundamento maior...e memo assim não deixa de nos ser passado aqui na sala de aula de jovens e adulto... Eu acho que os professor pode passar sim...nos enriquece, nos fortalece no conhecimento, né?

Pesquisadora: Ok... Tem mais alguma coisa que você quer falar?

V21: O que eu quero fala é dá os parabéns pra você. Você é uma ótima professora no meu ponto de vista e acho que no ponto de vista de toda sala de aula. Pela sua idade...(risos) eu não sei a sua idade, mas...

Pesquisadora: (risos) 28

V21: Mas você tem um enriquecimento, um conhecimento muito grande...e um modo de nos ensiná que nos enriquece, nos facilita pra que a gente pode ter um conhecimento maior, pra nós conhece melhor, aprendê... então eu acho que pela sua idade você tem uma cabeça boa a bessa. (risos) Falo sério.

Pesquisadora: (risos) Obrigada. Ok.. Então muito obrigada pela entrevista. Foi ótima!

V21: De nada. (risos)

Portanto na análise das entrevistas alguns aspectos se destacaram em relação a dinâmica de ensino e aprendizagem tais como: os alunos consideram que o tema é importante, ou seja que o conhecimento científico é engrandecedor; o tempo dedicado ao estudo de tema poderia ser maior e que mereceria um maior aprofundamento; que a disciplina é um fator importante para a efetivação da aprendizagem; que as atividades interativas também facilitam a compreensão do tema. Finalmente, os alunos, principalmente os adultos demonstram sentir maior respeito e consideração por parte do professor e da escola quando são abordados conteúdos científicos atuais e com metodologias diferenciadas.

## 6.6. Síntese

Em síntese pode-se destacar que participaram da pesquisa 94 alunos sendo 37 do 2º ano noturno, 32 do 2º ano matutino e 27 do 2º ano vespertino. A frequência dos alunos nas atividades refletiu algumas diferenças entre o perfil das turmas do dia e da noite. O 2º ano matutino apresentou em média, excluindo a entrevista, 66,51% de frequência nas atividades da pesquisa, o 2º ano vespertino

64,55% e o 2º ano noturno apenas 44,40%. A análise de todas as turmas juntas mostrou 57,44% de frequência média, o que sugere que os alunos faltaram muito aos encontros, especialmente os alunos do 2º ano noturno. A maior frequência do 2º ano matutino foi de 75% registrada no pré-teste BC e a menor foi de 56,25% no teste A. Enquanto o 2º ano vespertino apresentou 92,59% no pré-teste A e 55,55% no teste C, respectivamente a maior e a menor frequências. Já o 2º ano noturno apresentou a maior frequência, 81,80% no pré-teste A e a menor 29,73% no teste B.

Somente 77 alunos responderam ao pré-teste A. Desses 63,64% são mulheres e 36,36% são homens. Ao analisar as turmas do dia esse cenário se repete, mas não é o caso da turma da noite, onde a maioria são homens na faixa etária de 18 a 22 anos, enquanto a faixa etária dos alunos do dia é mais diversificada, com a presença de alunos de até 62 anos. Esses fatores, sexo e idade, ajudam a esclarecer outras diferenças entre as turmas, já que a experiência de vida e as oportunidades nela encontradas sugerem maior comprometimento dos alunos do dia em relação aos alunos da noite, com raras exceções.

Foram encontradas 27 diferentes profissões entre esses 77 alunos que responderam ao pré-teste A, recebendo destaque a profissão *Estudante* nas turmas do dia.

Ao analisar o tempo fora da escola, percebe-se que são os alunos da noite que menos tempo ficaram fora dela, sugerindo portanto maior facilidade ao revisar os conceitos da oficina A – conceitos necessários para o entendimento da teoria da endossimbiose sequencial – o que se confirmou já que esta turma teve o maior índice de acertos no pré-teste A referente as questões verdadeiro ou falso, 65,45%. No entanto, o 2º ano noturno apresentou o menor rendimento ao analisar os acertos do teste A, quando comparados aos rendimentos das turmas do dia. O 2º ano noturno subiu somente 11,95% no índice de acertos, enquanto o 2º ano matutino subiu 14,7% e o 2º ano vespertino subiu impressionantes 31,9%.

Registra-se que 67,52% dos alunos avaliaram negativamente a situação do quão contextualizado é o currículo de biologia, sinalizando que o mesmo deve sofrer alterações a fim de atender as necessidades regionais de conhecimento. Aliado a isso, 54,54% dos alunos também o avaliaram negativamente quanto ao nível de atualização, sugerindo alterações no currículo para que se contemplem as mais

recentes descobertas e teorias científicas.

No tocante às aspirações pessoais a maioria dos alunos em todas as turmas demonstrou intenção em concluir o ensino médio e dar continuidade em sua formação, fazendo cursos técnicos e/ou faculdade.

Esses dados, aliados aos registros do caderno de campo, refletem de maneira geral a diferença entre os alunos do dia e da noite quanto aos objetivos pessoais, ficando a impressão de que, com algumas exceções, os alunos do dia estão realmente comprometidos com seu aprendizado e não somente com a conclusão do ensino médio. Isso também se deve ao comportamento registrado durante os encontros, uma vez que muitos alunos do noturno chegavam atrasados, “matavam aula”, mexiam no celular durante as explicações e atividades coletivas e conversavam entre si sobre assuntos alheios ao estudo em questão.

Essas dificuldades citadas anteriormente refletem o desinteresse de muitos alunos independente do turno que estudam, do quão preparado o professor julga estar ao ministrar as aulas, da dinâmica da aula, da diversidade de atividades, da amplitude didática adotada e da infraestrutura da escola.

Tudo leva a crer que para alguns alunos a escola, como instituição formadora de sua educação formal, não é levada a sério. Como Ausubel et al. (1980) afirmam, se o aluno não manifestar disposição em aprender, disposição de relacionar o novo conceito a sua estrutura cognitiva não haverá aprendizagem significativa, mesmo que o professor identifique o que o aluno já saiba e ensine de acordo, usando estratégias potencialmente significativas capazes de facilitar a ancoragem de novos conceitos à subsunções. Se o aluno não quiser, ele não aprende. Como pode aprender um aluno que falta às aulas? Isto posto, fica evidente que a continuidade conceitual fica comprometida e a evolução da aprendizagem não ocorre como esperada quando o aluno falta à aula e/ou não se dispõem a aprender.

Ao analisar a média de acertos no teste A para todas as turmas juntas em cada tema biológico, tem-se 83% de acertos em ecologia; 82,33% em evolução; 91% em biologia geral; 71,62% em citologia; e 82% em genética. A oficina A atingiu assim seu objetivo em nivelar o conhecimento dos estudantes a cerca dos conceitos considerados pré-requisitos no entendimento da TES, porém apesar de atingir 79,41% de acertos no teste A analisando todas as turmas juntas, esses

conceitos precisariam ser trabalhados em mais aulas, pois nas oficinas seguintes ficou claro que para alguns alunos apenas a oficina A não foi suficiente para ancorar esses conceitos a uma estrutura cognitiva já existente, uma vez que tratava-se de conceitos desconhecidos para uma boa parcela de alunos. Demonstrando dessa forma a fragilidade de qualquer teste objetivo, já que o acaso pode sugerir acertos nos testes em questão, sem que haja aprendizado.

A análise de todas as turmas juntas dos pré-teste BC e pós-teste BC demonstraram que a maioria dos alunos desconheciam os conceitos de complexidade e da teoria da endossimbiose sequencial e que depois das oficinas B e C foi possível estabelecer novas relações entre esses conceitos. Os resultados satisfatórios da análise desses testes em cada turma sugerem que, mesmo no pouco tempo trabalhado – 16 horas em cada turma – e com grande volume de novos conceitos, os alunos conseguiram assimilar uma parcela considerável do tema abordado.

Reforçando essa ideia os resultados do teste B apontam índices ótimos de grupos com acertos em três questões para todas as turmas, sendo o menor de 75% e o maior 100%. Considerando ainda que das seis questões, duas tiveram resultados insatisfatórios na análise de todas as turmas juntas por apresentar um alto grau de dificuldade tornam-se necessários alguns ajustes na configuração das oficinas, especialmente reduzir o volume de conceitos em cada uma e oferecer exercícios de fixação.

A análise do teste C, também auxilia a comprovada possibilidade de ensinar a TC e a TES no ensino médio da EJA, mesmo com muitas dificuldades encontradas, já que as questões 1 e 2 tiveram ótimos índices de acertos nos grupos analisados. Já as questões 2 e 3 não alcançaram resultados tão positivos, especialmente a última, por se apresentar de difícil entendimento.

De maneira geral, os resultados das oficinas apontam algumas dificuldades de leitura e interpretação dos alunos o que dificultou o aprendizado, mas também apontam avanços na evolução da aprendizagem dos mesmos, sugerindo inclusive que houve aprendizagem significativa para alguns conceitos.

Convém registrar que algumas dificuldades encontradas durante os encontros e nas análises das avaliações processuais e das entrevistas, só podem ser resolvidas mediante mudanças no comportamento de alguns alunos, que se

mostraram esperançosos com a possibilidade de continuar seus estudos e/ou melhorar sua colocação no mercado de trabalho, entretanto se ausentaram às aulas, não prestaram atenção às explicações e conversaram paralelamente demonstrando falta de vontade em aprender, restringindo assim, o efeito dessa pesquisa em seu desenvolvimento cognitivo.

Mas em contrapartida, registra-se que a maioria dos alunos se dedicaram em participar de todos os encontros e se comprometeram em executar todas as atividades propostas, revelando a clara possibilidade de atualizar e contextualizar o currículo de biologia no ensino médio da EJA.

O material utilizado nesse estudo parece ter atingido um grau satisfatório de efetividade. Algumas sugestões dos estudantes foram realizadas para a melhoria do material.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse estudo demonstrou que é viável a inserção da teoria da endossimbiose sequencial a luz da teoria da complexidade no ensino médio da educação de jovens e adultos, porque entre outras coisas revelou: que a TES muda nosso olhar clássico sobre as bactérias que eram vistas como seres perigosos pois só provocavam doenças, elas são parte ancestral do que somos e fazem parte do nosso metabolismo; que a TES muda nosso olhar sobre a própria evolução biológica, pois foi a simbiose que provocou a evolução e maior complexidade nas células; que somos simbiontes num planeta simbiótico, então dependemos uns dos outros; que os seres mais complexos e de maior organização são os vegetais e não os animais, ou seja, não há um ser superior ou mais importante na natureza; e que a vida na Terra não depende do ser humano, mas o ser humano depende do planeta Terra.

O pensamento sistêmico está presente em todos os fenômenos da natureza. Essa visão sistêmica pode permear todo o currículo de Biologia, especialmente os conteúdos evolucionistas. A teoria de Margulis não explica totalmente a evolução biológica, mas é a que melhor descreve o que teria ocorrido

com a vida em nível celular. Enquanto a teoria de Darwin descreve a evolução biológica em nível de indivíduo. Vale destacar que essas teorias são aliadas e sugerem que a evolução biológica se dá por meio da cooperação em nível celular e da competição em nível de indivíduo, e que o ambiente altera e é alterado pelo organismo. Portanto, a evolução biológica está intrincada de numerosos elementos que interferem em seu desenvolvimento, ou seja, trata-se de um sistema aberto.

Contudo, é preciso rever quais são as abordagens relevantes para que o aprendiz possa ter uma percepção científica que o permita melhorar sua compreensão acerca dos fenômenos relacionados a vida e possibilite que seja protagonista de sua aprendizagem frente ao grande fluxo de conhecimento disseminado atualmente. Outro aspecto relevante a ser considerado é que a TES amplia a perspectiva evolucionista de Darwin, incluindo a cooperação e a alteração do meio pelo indivíduo ampliando o conceito de evolução sob a óptica da teoria dos sistemas abertos.

O conteúdo programático de Biologia da EJA deve incorporar novas teorias científicas e contextualizá-las aos acontecimentos regionais na medida do possível, pois o aluno da EJA se mostra ansioso por novas descobertas e sente necessidade de se conectar ao que ocorre a sua volta, por isso usar somente do “cotidiano” talvez não seja suficiente para contextualizar adequadamente o que se deseja ensinar. A TES pode ser incorporada no conteúdo programático de Biologia e pode proporcionar debates produtivos e enriquecedores.

Para a plena execução desta proposta seriam necessários arranjos importantes na organização da EJA, a começar pelo tempo. É necessário mais tempo para ensinar e aprender, a EJA deve não somente certificar, mas oportunizar sonhos, e esses só serão de fato possíveis se houver esforço, empenho e profissionalismo. Portanto se recomenda aumento da carga horária semanal e aumento de 1 ano letivo, igualando com o Ensino Médio Regular formado de 3 anos.

Recomenda-se ainda uso de diversos recursos didáticos, especialmente aqueles que coloquem o aprendiz no protagonismo de seu processo cognitivo. Quanto mais o aluno se sentir parte importante do processo, maior será o comprometimento e por consequência o sucesso. Mas aqui cabe uma ressalva, se o aluno não se predispõe a aprender não há nada o que o professor possa fazer. A

política educacional deveria considerar essa premissa.

Enquanto mudanças estratégicas não surgem na EJA sugerem-se novas investigações acerca do tema em oficinas de curta duração, 2h, organizadas durante todo o trimestre, bem como alterações didáticas que facilitem ainda mais a atuação ativa dos alunos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

### 8.1 Bibliografia Citada

AUSUBEL, D. P.(1968). *Education psychology: a cognitive view*. Nova York, Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H.(1978). *Education psychology: a cognitive view*. (2. ed.) Nova York, Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; e HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana.

BETTENCOURT,C; ALMEIDA,P; LOPES VELHO, J. Implementação de Estratégias Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): Percepções de Professores de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências – V19(2)*, pp. 243-261, 2014. 243.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Porto. Portugal. Porto Editora.

CAPRA, F. (1996). *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix.

CERQUEIRA, A. P. L.; SILVA, C. G. B., e BICALHO, R. S. (2007). “Relato de uma experiência: proposta de interação entre química e biologia no ensino médio de jovens e adultos”. In: 30.<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, fev. 2007.

CICILLINI, G. A. (1991). *A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no 2º grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIO - IBGE. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=510025&searc>



h=mato-grosso|alta-floresta|infograficos:-historico. Acesso em 30 de julho de 2015.

DOBZHANSKY, T. H. (1973). Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, (35), 125-129.

EISNER, E.W. (1981). On the differences between scientific and artistic approaches to qualitative research. *Educational Researcher*, 10 (4): 5-9.

GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

HADDAD, S. (coordenador) et al.(2002). Educação de Jovens e Adultos no Brasil (1986-1998). Brasília-DF, MEC/Inep/Comped.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em 30 de julho de 2015.

<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=510025&idtema=16&search=|s%EDntese-das-informa%E7%F5es>

JORGE NETO, M. (2008) Física Ambiental e Teoria da Complexidade: possibilidades de ensino na educação básica. Dissertação – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Pós-graduação em Física Ambiental.

KRASILCHIK, M. (2004). Prática de ensino de Biología, 4.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

KRUMMENAUER, Wilson Leandro; COSTA, Sayonara Salvador Cabral da; e SILVEIRA, Fernando Lang da. Uma Experiência De Ensino De Física Contextualizada Para A Educação De Jovens E Adultos. *Rev. Ensaio*, Belo Horizonte. v.12,n.02, p.69-82. mai-ago, 2010.

LICATTI, F. (2005). O ensino de evolução biológica no nível médio: investigando concepções de professores de biologia. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, SP, Brasil.

MANDELBROT, B. Benoit.(1983). *The Fractal Geometric of Nature*. New York: W.H. Freeman.

MARGULIS, Lynn.(2001). O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco.

MATO GROSSO. (2010). Secretaria de Estado de Educação. Orientações Curriculares: Diversidades Educacionais. Cuiabá: Defanti.

MATURANA, H. R. & VARELA, F. (2001). *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena.

MATURANA, R. H.(1997). *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

MATURANA, R., H. (2001). *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: Ed. UFMG.

MAYR, E. (2009). O que é a evolução? Tradução de Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. – Rio de Janeiro: Rocco.

MEYWER, D. & EL-HANI, C. N. (2005). Evolução: o sentido da biologia. (Coleção Paradidáticos, Série Evolução). São Paulo: UNESP Ed.

MORAIS, Francisco Alexandre de. O ensino de Ciências e Biologia nas turmas de eja: experiências no município de Sorriso-MT. Revista Iberoamericana de Educación. ISSN: 1681-5653. n.º 48/6 – 10 de marzo de 2009. EDITA: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

MOREIRA, M.A.. Aprendizagem significativa crítica. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), Versão revisada e estendida de conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. Publicada também em Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1.

MOREIRA, M.A.(1999). Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006 e do I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, Tandil, Argentina, abril de 2007. Uma versão preliminar e reduzida desta conferência foi apresentada no I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, Campo Grande, MS, Brasil, abril de 2005. Em ambos os casos, o texto correspondente está publicado nas respectivas Atas.

MOREIRA, M. A. (2009). Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema *Métodos Qualitativos e Quantitativos* a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, em particular da área de ensino de ciências. – Instituto de Física, UFRGS, Brasil. Porto Alegre, Brasil. 1ª edição

MOREIRA, M. A.(1999). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

MUENCHEN, C. (2006). Configurações curriculares mediante enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na EJA. Dissertação de Mestrado. Santa Maria: UFSM: CE: PPGE.

NOVAK, J.D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo: Pioneira.

NOVAK, Joseph D. & GOWIN, D. Bob (1996). Aprendendo a aprender. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

OLIVEIRA, C. A. de; DELSIN, F., e RODRIGUES, P. (2003): “O ensino de ciências na educação de jovens e adultos: relato de experiências do PEJA –

Araraquara”. In: I CREPA – Congresso Regional de Educação de Pessoas Adultas, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar.

OLIVEIRA, I. B. (2007). “Reflexões acerca da organização curricular e das práticas pedagógicas na EJA”. In: Revista Educar, n.º 29, pp. 83-100.

PAULO, I. J. C. - A Aprendizagem Significativa Crítica de Conceitos da Mecânica Quântica Segundo a Interpretação de Copenhague e o Problema da Diversidade de Propostas de Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2006. 235f. Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciencias), Universidad de Burgos. Burgos. Espanha. 2006.

PAULO, I. J. C., JORGE NETO, M., PAULO, S.R. (2012). Introdução à Teoria da Complexidade. Cuiabá: EdUFMT, 2012.

PELIZZARI, Adriana, KRIEGL, Maria de Lurdes, BARON, Márcia Pirih, FINCK, Nelcy Teresinha Lubi, DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. Revista PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001 – jul. 2002.

PINHEIRO, D. (2014). “SAPIANDO”: produto educacional para o ensino sobre Anfíbiofauna na modalidade da Educação de Jovens e Adultos. 76 p. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Física. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais.

PIRES, C. M. C. et al. (2008). Por uma proposta curricular para o 2.º segmento na EJA. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/vol1e.pdf>. Acessado em 27 fev. 2008.

PRIGOGINE, I. and G. NICOLIS, (1989). Exploring complexity. New York: W.H. Freeman.

PORTAL DO MATO GROSSO. Matéria publicada em 14 de Julho de 2008, 19h:19. Acesso em 30 de julho de 2015. <http://www.matogrossoeusemunicipios.com.br/municipios/alta-floresta/dados-gerais/663>

POSTMAN, N. & C.WEINGARTNER, (1969). Teaching as a subversive activity. New York: Dell Publishing Co. 219p.

SANTOS, L. G.; SANTOS, R. S. Ensinando Genética Evolutiva e Evolução Humana sob a ótica da Teoria da Eva Mitocondrial. Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais – UEG/Câmpus de Iporá, v.3, n. 2, p.158-177 – jul/dez 2014 – ISSN 2238-3565.

SANTOS, P. O.; BISPO, J. S.; OMENA, M. L. O Ensino de Ciências Naturais e Cidadania sob a ótica de professores inseridos no programa de aceleração de aprendizagem da Eja - Educação de Jovens e Adultos. Ciência & Educação, v. 11, n. 3, p. 411-426, 2005.

SEFFRIN, L. M. (2008). A EJA como direito: Diretrizes Curriculares Nacionais e a proposta político-pedagógica. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/vol1e.pdf>. Acessado em 27 fev. 2008.

SILVA, C. S. F.; LOPES JUNIOR, J. Análise documental da produção acadêmica brasileira sobre o ensino de evolução (1990-2010): Caracterização E Proposições. *Investigações em Ensino de Ciências – V18(2)*, pp. 505-521, 2013

SITE DO MUNICÍPIO. Acesso em 30 de julho de 2015. <http://www.altafloresta.mt.gov.br/?open=eJwzMjA11zE0MTDUMTe0sC9Ity1ITCIKzFcrySzItzVTMzI2MNYxNDez0DE0BAD3AAAsq2714,1881,978.html>

SLONGO, I. I. (2004). A produção acadêmica em Ensino de Biologia: um estudo a partir de teses e dissertações. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

SLONGO, I. I. P.; e DELIZOICOV, D. Teses e dissertações em ensino de biologia: uma análise histórico-epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências – V15(2)*, pp. 275-296, 2010.

TAVARES, A.(2011). Física ambiental e teoria da complexidade: inserção de tópicos essenciais da teoria da complexidade no ensino médio – a visibilidade de uma proposta. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Pós-graduação em Física Ambiental.

TEIXEIRA, P. M. M. (2008). Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID NETO, J. Investigando a pesquisa educacional. Um estudo enfocando dissertações e teses sobre o ensino de Biologia no Brasil. *Investigações em Ensino de Ciências – V11(2)*, pp. 261-282, 2006.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID NETO, J. Pós-graduação e pesquisa em ensino de Biologia no Brasil: um estudo com base em dissertações e teses. *Ciência ; Educação*, v. 17, n. 3, p. 559-578, 2011.

## 8.2 Bibliografia Consultada

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R; HARPER, J.L.; (2007). *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4. ed. – Porto Alegre: Artmed.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. (2010) *Biologia hoje*. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática.

MOREIRA, M. A. (2005). Representações mentais, modelos mentais e representações sociais: textos de apoio para pesquisadores em educação em ciências. – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física.

MOREIRA, M. A. e GRECA, I. M. (2004). Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales. – Porto Alegre: UFRGS.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na *Revista Chilena de Educación Científica*, 4(2): 38-44. Disponível no Instituto de Física – UFRGS: [www.if.ufrgs.br/~moreira](http://www.if.ufrgs.br/~moreira)

MOREIRA, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1): 7-29. <http://www.if.ufrgs.br/ienci>

MOREIRA, M. A.(2009). Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo - coletânea de breves monografias sobre teorias de aprendizagem como subsídio para o professor pesquisador, particularmente da área de ciências. 1ª edição. Porto Alegre: 2009.

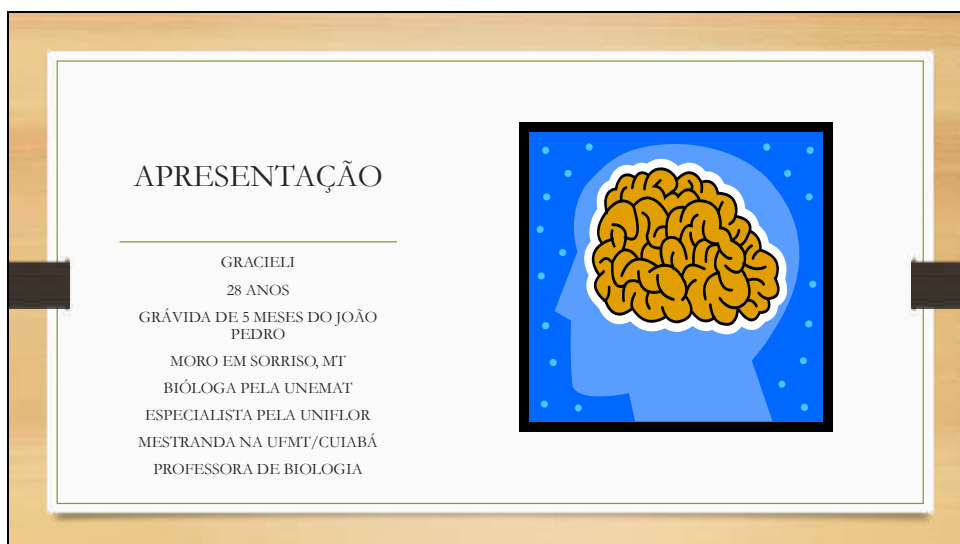
UZUNIAN, A.; CASTRO, N.; SASSON, S.; CALDINI JUNIOR, N.(2008). Coleção Anglo: ensino médio. São Paulo: Anglo, 2008.

VYGOTSKY, L.S. (1988). A formação social da mente. 2a ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes.

## 9 ANEXOS

### 9.1 ANEXO I – Apresentação da proposta de pesquisa

#### Slide 1




APRESENTAÇÃO

---

GRACIELI  
28 ANOS  
GRÁVIDA DE 5 MESES DO JOÃO PEDRO

MORO EM SORRISO, MT  
BIÓLOGA PELA UNEMAT  
ESPECIALISTA PELA UNIFLOR  
MESTRANDA NA UFMT/CUIABÁ  
PROFESSORA DE BIOLOGIA



#### Slide 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO –  
UFMT/ CUIABÁ  
INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS  
E ICET – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

---

 Programa de Pós-Graduação em  
**Ensino de Ciências Naturais**  
Universidade Federal de Mato-Grosso

## Slide 3

**CURSO:** O ensino introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.

---

**DISCIPLINA:** Biologia  
**TURMAS:** 2º ano do ensino médio EJA (Educação de Jovens e Adultos)  
**TURNOS:** matutino, vespertino e noturno.  
**PERÍODO LETIVO:** 2014/1    **CARGA HORÁRIA:** 17 h  
**PROFESSORA MINISTRANTE:** Gracieli da Silva Henicka ([gracielihenicka@gmail.com](mailto:gracielihenicka@gmail.com))  
**PROFESSORA ORIENTADORA:** Dr.ª Iramaia Jorge Cabral de Paulo ([iramaiaj@gmail.com](mailto:iramaiaj@gmail.com))

## Slide 4

**OBJETIVO GERAL**

---

Averiguar a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (IES) a luz da Teoria da Complexidade (TC) a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

## Slide 5

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

- i) nivelar o conhecimento dos estudantes a cerca dos conceitos considerados pré-requisitos no entendimento da TES;
- ii) contextualizar a TES na TC e esta na ciência contemporânea, bem como relacionar a TES ao currículo de Biologia atual;
- iii) investigar se houve aprendizagem significativa crítica no processo de ensino-aprendizagem sobre TES no 2º ano da EJA;
- e iv) investigar se a metodologia foi adequada.

## Slide 6

## JUSTIFICATIVA


---

- Os estudantes do ensino médio da EJA obrigatoriamente já exercem seus direitos e deveres de cidadãos, porém são escassas as informações atualizadas e contextualizadas sobre a ciência, e geralmente essas informações estão disponíveis aos mesmos apenas nas mídias mais populares – TV e rádio. Com certa frequência essas informações são distorcidas por jornalistas, o que pode confundir e induzir o cidadão.
- O currículo escolar poderia oferecer esse serviço a fim de instrumentalizar os estudantes para o exercício pleno e crítico de sua cidadania. É imprescindível que as mais recentes teorias científicas cheguem às salas de aula até mesmo para a compreensão e consolidação de campanhas ambientais. Jorge Neto (2008) e Tavares (2011) apontam que é viável a inserção de conceitos relacionados à Teoria da Complexidade (TC) no ensino médio. Tornando assim, importante a inserção da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) no currículo de biologia na EJA, uma vez que esta, em especial, geralmente não se mostra atualizada e contextualizada.
- A presente pesquisa poderá orientar e subsidiar futuras discussões e novas investigações do tema, uma vez que a TES possui implicações filosóficas importantes sobre o *comportamento humano na natureza*, questão atual e também polêmica, de grande importância principalmente na política e na economia.



## Slide 7

MAS POR QUE REALIZAR A PESQUISA  
AQUI NO CEJA EM ALTA FLORESTA?



The slide features three distinct illustrations. On the left, a man in a dark suit and tie stands with his arms outstretched against a yellow circular background. In the center, a person is depicted running or jumping joyfully, holding a long white ribbon that trails behind them, set against an orange background. On the right, a person is shown climbing a dark mountain peak, reaching the summit where a white flag is planted, with a sun and clouds in the background.

## Slide 8

O que será ensinado?

- Como os seres vivos se relacionam?
- Como podemos explicar a diversidade de seres vivos? Como explicar suas semelhanças e diferenças?
- Como os seres vivos são organizados?
- O que tem dentro da célula? Como a célula funciona?
- Por que os filhos são parecidos com os pais?
- O que acontece na ciência?
- O que a ciência da complexidade estuda?
- Por que o planeta enlouqueceu?
- Por que a economia deixou de ser previsível?
- Qual a importância dos micróbios na formação da vida na Terra?
- A forma como os seres vivos relacionam pode levar a evolução?
- O que é sucesso evolutivo?
- Como podemos copiar as relações evolutivas no nosso dia-a-dia? O que podemos aprender observando a natureza?
- Que planeta é esse? O que aconteceu no processo evolutivo para que chegássemos a esse nível de complexidade?
- Como a citologia e a genética nos ajuda entender a essência da vida?

## Slide 9

## CRONOGRAMA

---

O curso está organizado em seis encontros, previsto para março e abril de 2014:

- Encontro 1: 2h; apresentação da pesquisadora e o convite para participar da proposta à turma; aplicação do pré-teste A.
- Encontro 2: 4h; OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL; texto-apoio A; teste A.
- Encontro 3: 4h; pré-teste BC; OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE; texto-apoio B; teste B.
- Encontro 4: 4h; OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS; texto-apoio C; teste C.
- Encontro 5: 2h; pós-teste BC; avaliação processual em grupos com registros em papel.
- Encontro 6: 1h ou menos para cada entrevista; entrevistas individuais de 2 alunos de cada turma, se houver mais de dois alunos interessados será feito um sorteio.

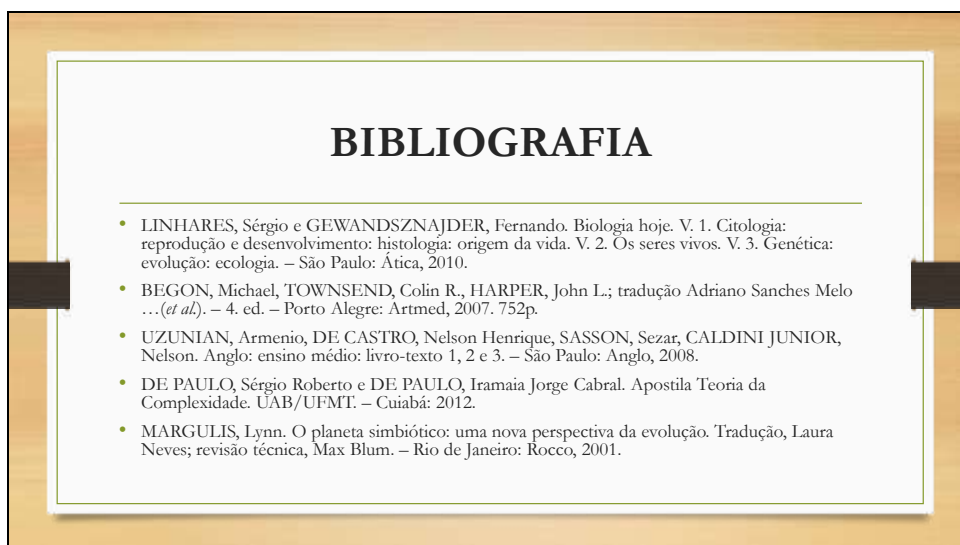
## Slide 10

## AVALIAÇÃO

---

- avaliação individual (pré-teste A, teste A, pré-teste BC e pós-teste BC);
- avaliação em grupo (teste B, teste C, avaliação processual);
- participação nos debates durante as aulas dialogadas e durante o trabalho em grupo;
- realização das leituras dos textos-apoio;
- e entrevistas.

## Slide 11



## BIBLIOGRAFIA

- LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.
- BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...*(et al.)*. – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.
- DE PAULO, Sérgio Roberto e DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Apostila Teoria da Complexidade. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

## Slide 12



## DEVOLUTIVA DA PESQUISA

NA ESCOLA PROVAVELMENTE EM NOVEMBRO/2014

[www.alegriaeciencia.com.br](http://www.alegriaeciencia.com.br)

Slide 13

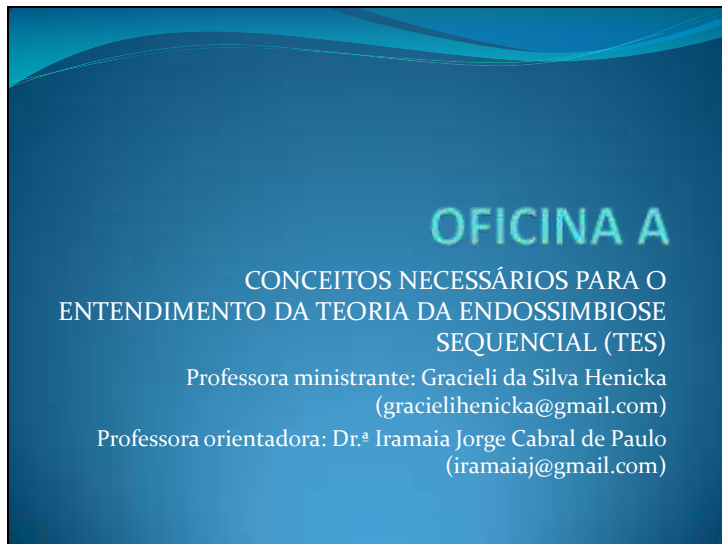
CONDIÇÃO PARA PARTICIPAR  
DA PESQUISA: VOCÊ ESTÁ  
DISPOSTO(A) A APRENDER?

VAMOS  
TRABALHAR  
JUNTOS?



## 9.2 ANEXO II – Apresentação da Oficina A

### Slide 1



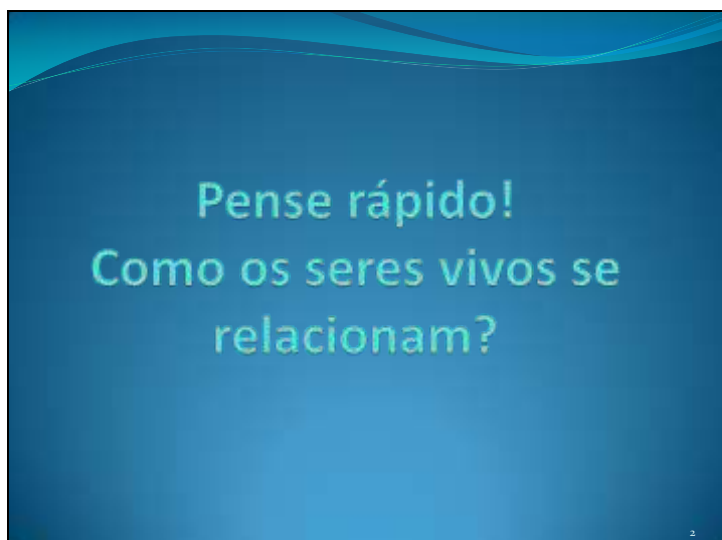
**OFICINA A**

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O  
ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE  
SEQUENCIAL (TES)

Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka  
(gracielihenicka@gmail.com)

Professora orientadora: Dr.<sup>a</sup> Iramaia Jorge Cabral de Paulo  
(iramaiaj@gmail.com)

### Slide 2



**Pense rápido!**  
**Como os seres vivos se relacionam?**

2

## Slide 3

## ECOLOGIA

Relações harmônicas:

- **SIMBIOSE:** é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Exemplo: líquen




Fonte: <http://portaldoProfessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=5525>      Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biofungos4.php>

## Slide 4






**Tipos de líquens:**

1. **Crostoso**
2. **Folioso**
3. **Fruticoso**

Fonte:  
<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/biofungos4.php>

## Slide 5

• Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose era o nome antigo para mutualismo**, mas hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer **associação permanente** entre organismos de espécies diferentes.

Simbiose → Mutualismo

5

## Slide 6

• **MUTUALISMO OU MUTUALISMO OBRIGATÓRIO:** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência. Ex: líquens, micorriza.


Fonte: <http://www.agrofitas.com/engenharia-biologica/>  
 Foto: <http://www.agrofitas.com/engenharia-biologica/>  
 Foto: <http://www.agrofitas.com/engenharia-biologica/>



6

## Slide 7

• **PROTOCOOPERAÇÃO, COOPERAÇÃO OU MUTUALISMO FACULTATIVO:** é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles. Ex: boi e garça-boiadeira, crocodilo e ave-palito.



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Ecologia/relacoesecologicas.php>

Fonte: <http://iaci.com.br/protocoop.htm>

7

## Slide 8

Relações desarmônicas:

• **COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA:** A competição intraespecífica entre os **vegetais** se dá principalmente por luz, água e sais minerais. Ex: amesclas, embaúbas, pacóvas, buritis...



Fonte: <http://br.viatural.com/servicos/turismo/estacoes-ecologicas/area-de-relevante-interesse-javari-buriti/>

Fonte: <http://www.goemais.com.br/arquivo/aoni/08/0-brasil-e-as-7-maravilhas-naturais-do-mundo/floresta-amazonica/>

8



## Slide 9

- Já entre os **animais** a competição intraespecífica é mais variada, há luta por alimento, espaço, parceiros para a reprodução, etc.



Macaco-prego

Fonte: [http://planetasustentavel.abril.com.br/album/albumFotos\\_263351.shtml?foto=4](http://planetasustentavel.abril.com.br/album/albumFotos_263351.shtml?foto=4)



Queixada

Fonte: <http://projetoocafari.wordpress.com/2013/01/>

- A luta para ocupar e **defender um território** impede a reprodução de indivíduos excedentes, o que constitui um importante **fator de seleção natural**, ao favorecer os indivíduos mais adaptados e eliminar os menos adaptados ou provocar a sua emigração.

9

## Slide 10

- **COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA:** duas espécies que vivem na mesma área podem disputar um tipo de alimento ou outro recurso, e isso pode eliminar uma delas da comunidade.

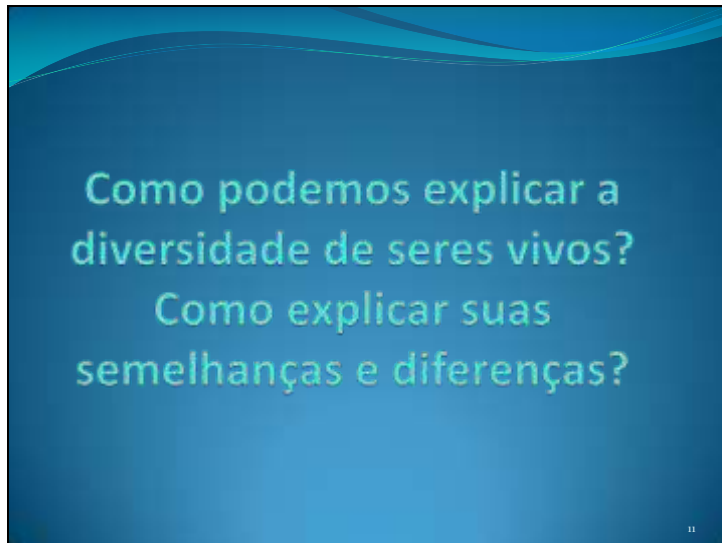
Lei de Gause, 1934: **princípio da exclusão competitiva** - duas espécies não podem conviver no mesmo hábitat (lugar em que uma espécie vive) e com o mesmo nicho (conjunto de relações que a espécie mantém com as outras espécies e com o ambiente físico) indefinidamente, pois a competição será tão grande que apenas uma espécie - a mais adaptada - sobreviverá. A outra é eliminada, emigra para outro hábitat ou passa a ocupar outro nicho.



Fonte: <http://www.klimanaturali.org/2012/12/principio-da-exclusao-competitiva.html>

10

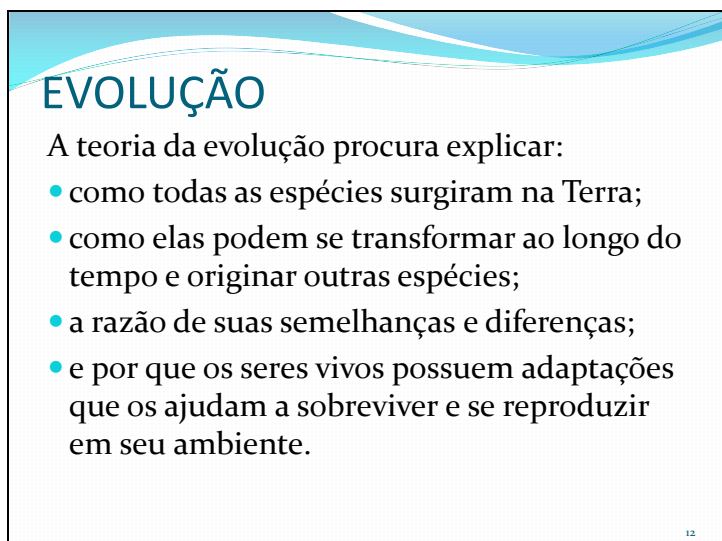
## Slide 11



Como podemos explicar a diversidade de seres vivos?  
Como explicar suas semelhanças e diferenças?

11

## Slide 12



## EVOLUÇÃO

A teoria da evolução procura explicar:

- como todas as espécies surgiram na Terra;
- como elas podem se transformar ao longo do tempo e originar outras espécies;
- a razão de suas semelhanças e diferenças;
- e por que os seres vivos possuem adaptações que os ajudam a sobreviver e se reproduzir em seu ambiente.

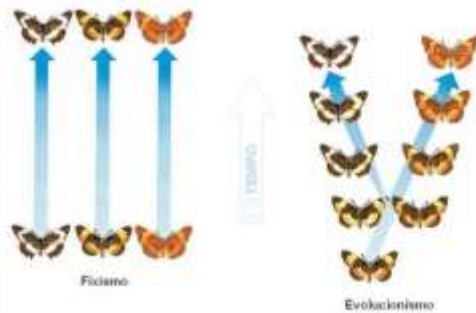
12

## Slide 13



## Slide 14

- Século XVIII: **FIXISMO** - cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir.



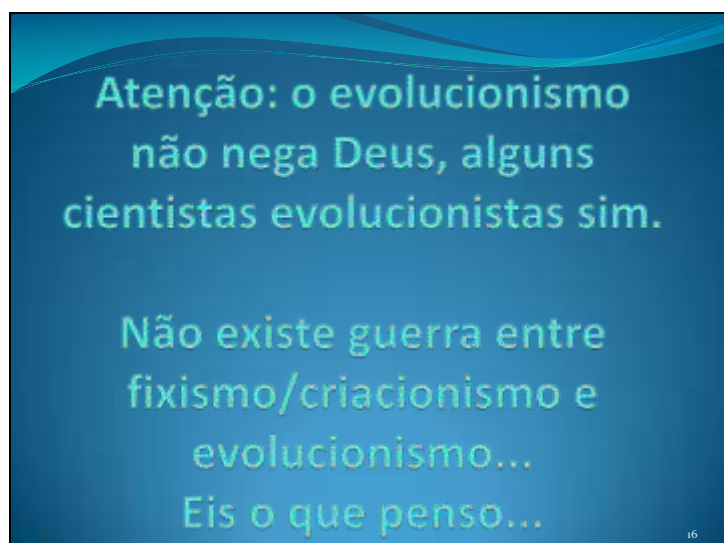
Fonte: <http://e-portefolio.blogspot.com.br/2008/12/evolucao-biologica-fixismo-e-evolucionismo.html>

14

## Slide 15



## Slide 16




Slide 17

## EVOLUCIONISMO

- Século XIX: LAMARCKISMO - Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos.**
- Lamarck dizia que a evolução das espécies era guiada por necessidades internas do organismo. Ele afirmava que as espécies sofriam **modificações** ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.
- Segundo Uzunian *et al.* (2008), Lamarck foi o primeiro cientista a destacar a importância da adaptação dos seres vivos ao meio ambiente e sua relação com a evolução.

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck** (1744-1829) - naturalista francês




Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste\\_Lamarck](http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_Lamarck)

17

Slide 18

- Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.



Fonte: <http://daphn.blogspot.com.br/2010/03/04/para-estudo-tesomas.html>

18

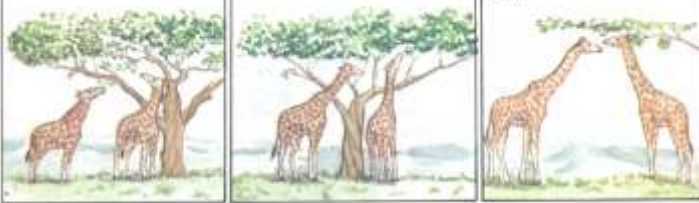
## Slide 19

**LAMARCK**

As girafas ancestrais provavelmente tinham pescoços curtos. Para alcançar a folhagem das árvores, de que se alimentavam, tinham que esticar o pescoço.

Pelo fato de esticarem sempre o pescoço para atingir a folhagem das árvores, o pescoço alongou-se. Essa característica adquirida era transmitida aos seus descendentes.

Finalmente, o contínuo esticamento do pescoço deu origem às girafas atuais. Portanto, pelo uso ou desuso e pela transmissão das características adquiridas houve a evolução.

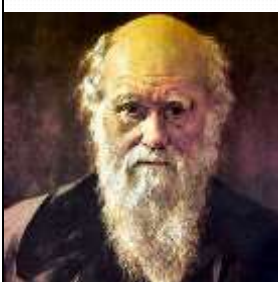


Fonte: <http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/48308702/Confronto%20entre%20o%20lamarckismo%20e%20o%20darwinismo>

19

## Slide 20

Charles Robert Darwin (1809-1882) - naturalista inglês



Fonte: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/darwin/>

- Século XIX: DARWINISMO - Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de uma série de modificações.**
- Ele concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: "Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**".


20

## Slide 21

- O mecanismo da evolução proposto por Darwin resume-se em seis etapas:
- 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia;
- 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes;
- 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc);
- 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole;
- 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos;
- 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem.

21

## Slide 22



O que você vê?  
Qual é a mais fácil de ver?

Fonte: <http://biogeografia-ufsm.blogspot.com.br/2010/06/estara-darwin-ultrapassado.html>

22



## Slide 23

**DARWIN**

As girafas ancestrais provavelmente apresentavam pescoços de comprimentos variáveis. As variações eram hereditárias.

A competição e a seleção natural levaram à sobrevivência dos descendentes de pescoços longos, uma vez que estas conseguiram alimentar-se melhor do que as girafas de pescoço curto.

Finalmente, apenas as girafas de pescoços longos sobreviveram à competição. Portanto, pela seleção natural ocorreu a evolução.

Fonte: <http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/48308702/Confronto%20entre%20o%20lamarckismo%20e%20o%20darwinismo>

23

## Slide 24

- Século XX: TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO ou NEODARWINISMO - síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações.
- Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).

Mutações      Seleção natural

↓                      ↓

Variações      ----->      Adaptação

↑

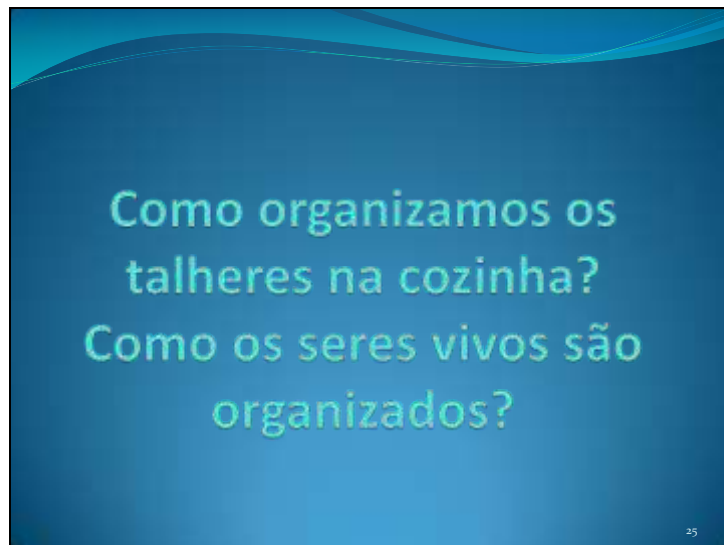
Recombinação  
Gênica

Fonte: <http://maishiogeologia.blogspot.com.br/2009/01/neodarwinismo-ou-teoria-sintetica-da.html>

24



## Slide 25



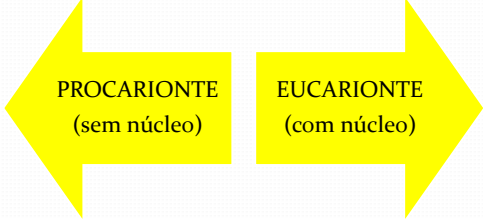
## Slide 26



## Slide 27

**ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO**

- **CÉLULA:** A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo.



PROCARIONTE  
(sem núcleo)

EUCARIONTE  
(com núcleo)

27

## Slide 28

**ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO**

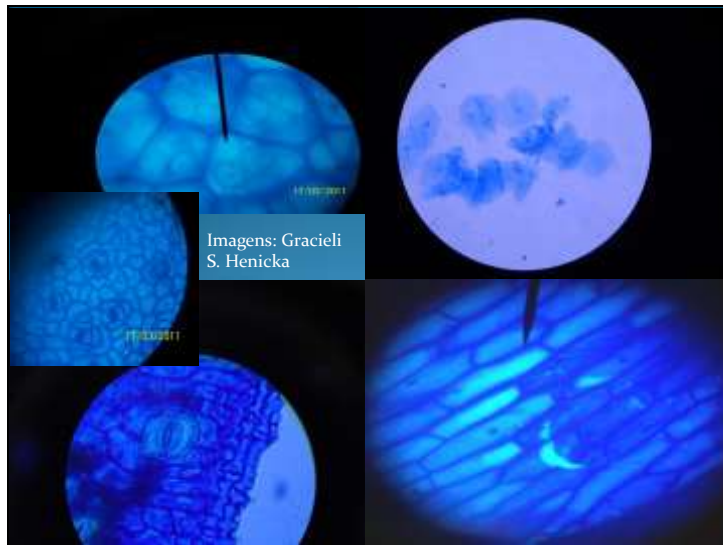


**UNICELULAR**  
Organismo com apenas 1 célula  
Ex: bactéria, paramécio.

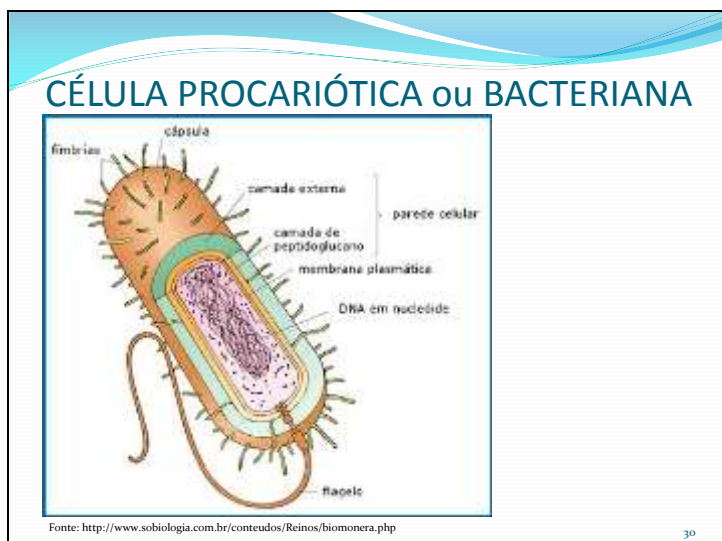
**PLURICELULAR**  
Organismo formado de 2 células ou mais  
Ex: algumas algas, alguns fungos, plantas, animais.

28

## Slide 29



## Slide 30



Slide 31

## DNA BACTERIANO

**Bactéria**

Plasmídeo circular (não se replica com o cromossomo da bactéria)

Chromossomo circular principal (replica-se sozinho, a maioria de genes de função)

**Plasmídeo**

Gene de resistência a antibiótico

Gene que codifica para a replicação do DNA

Fonte: <http://biologia2c.wordpress.com/2010/03/>

31

Slide 32

## CÉLULA EUCARÓTICA ANIMAL

Microtúbulos

Microfilamentos

Membrana plasmática

Mitocôndria

Carioteca

Nucleoplasma+DNA - Núcleo

Núcleo

Vacúolo alimentar

Lisossomo

Reticulo endoplasmático rugoso

Reticulo endoplasmático liso

Complexo de Golgi

Centríolos

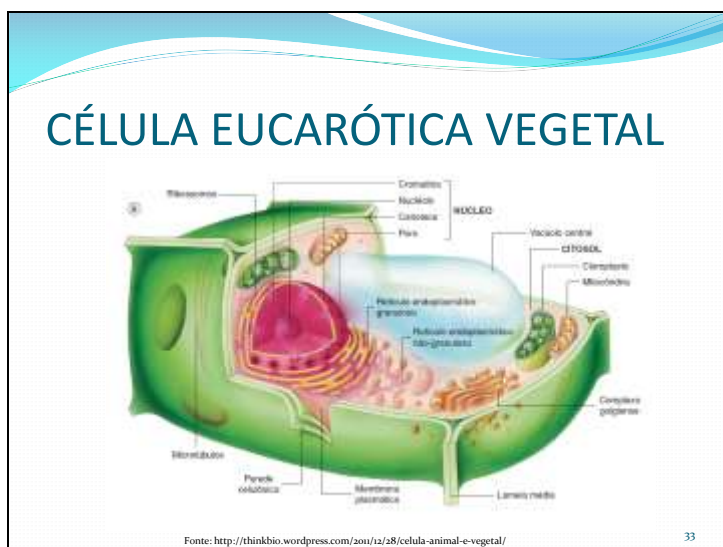
Vesícula de secreção

A organização eucarionte da célula animal.

Fonte: <http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/celula-eucarionte.asp>

32

## Slide 33



## Slide 34

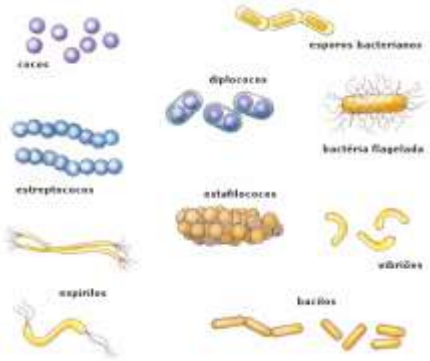
## ORGANIZAÇÃO CELULAR E NUTRIÇÃO

- **METABOLISMO:** é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.
- **ANAERÓBIO:** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação.
- **AERÓBIO:** é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.
- **HETEROTRÓFICO:** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, e fazem isso por meio da nutrição.
- **AUTOTRÓFICO:** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**.
- **FAGOCITOSE:** processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.

## Slide 35

## REINO MONERA

- Representantes: bactérias e cianobactérias.
- Procariontes.
- Unicelulares ou coloniais.
- Heterótrofos ou autótrofos.
- Vida livre ou parasitária.



Fonte: <http://www.infoescola.com/reino-monera/bacterias/>

35

## Slide 36

## REINO MONERA

**Bactéria** (*Salmonella typhimurium*)



Fonte: <http://kids.britannica.com/compton/art-9307/A-photograph-taken-with-a-scanning-electron-microscope-shows-Salmonella>

**Cianobactéria**



Fonte: [http://sereblog.si.edu/wp-content/uploads/2012/05/Cyanobacteria\\_JamesGolden.jpg](http://sereblog.si.edu/wp-content/uploads/2012/05/Cyanobacteria_JamesGolden.jpg)

36

## Slide 37



## Slide 38

## REINO PROTOCTISTA

- Representantes: protozoários, algas, algas verdes, paramécio.
- Eucariontes.
- Autótrofos ou heterótrofos.
- Unicelular ou pluricelulares, sem tecidos organizados.



Fonte: <http://descobrienciencia.blogspot.com.br/2012/10/algas-verdes.html>



Fonte: <http://7balgas.wordpress.com/category/unecategorized/>

38

## Slide 39

## Paramécio, um tipo de protozoário



Fonte: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=0&letter=P&min=190&orderby=titleA&show=10>



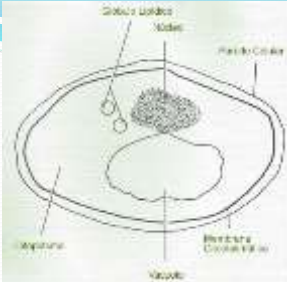
Fonte: <http://escola.britannica.com.br/assembly/173998/Imagem-ampliada-do-paramecio-Paramecium-caudatum>

39

## Slide 40

## REINO FUNGI

- Representantes: cogumelos, bolor, orelhas-de-pau, leveduras.
- Eucariontes.
- Heterótrofos.
- Unicelulares ou pluricelulares.
- Absorvem nutrientes obtidos de matéria orgânica morta ou de seres vivos.



Fonte das imagens: <http://www.infoescola.com/reino-fungi/levedura/>



40



## Slide 41

### *Candida albicans*, um tipo de levedura




***Candida albicans***  
Copyright © 2004, M. J. McManis, University of North Carolina, Chapel Hill

Fonte: <http://www.optimalhealthnetwork.com/Candida-Albicans-s/202.htm>

Fonte: <http://pt.121doc.net/onicomicose.html>

A onicomicose por *Candida albicans* é comum em pessoas que têm as mãos imersas em água com frequência, sendo um grupo de risco as donas de casa.

Fonte: <http://pt.121doc.net/onicomicose.html#ixzz2whVZAMNB>

41

## Slide 42




Fonte: <http://www.mundodosuacao.com/biologia/os-fungos.htm>

Fonte: <http://jeffersonwellington.wordpress.com/category/bolao-um-fungo/>

## FUNGOS

Fonte: <http://segundomi.blogspot.com.br/2011/06/introducao-o-reino-dos-fungos-e-formado.html>

42

## Slide 43

## REINO ANIMALIA

- Representantes: poríferos, cnidários, platelmintos, nematelmintos, anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos, cordados.
- Eucariontes.
- Heterótrofos.
- Pluricelulares, com tecidos organizados.



Fonte: <http://projetos.com/grupos-animais/>

43

## Slide 44

## REINO PLANTAE

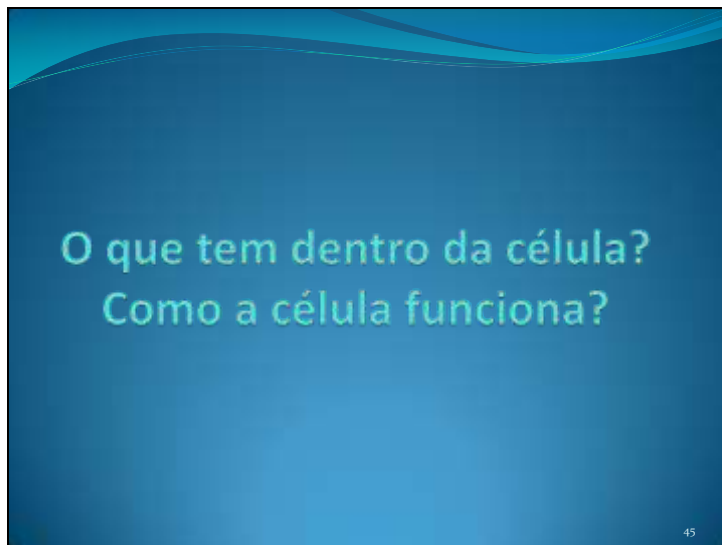
- Representantes: briófitas, pteridófitas, gimnospermas, angiospermas.
- Eucariontes.
- Autótrofos.
- Pluricelulares, com tecidos organizados.



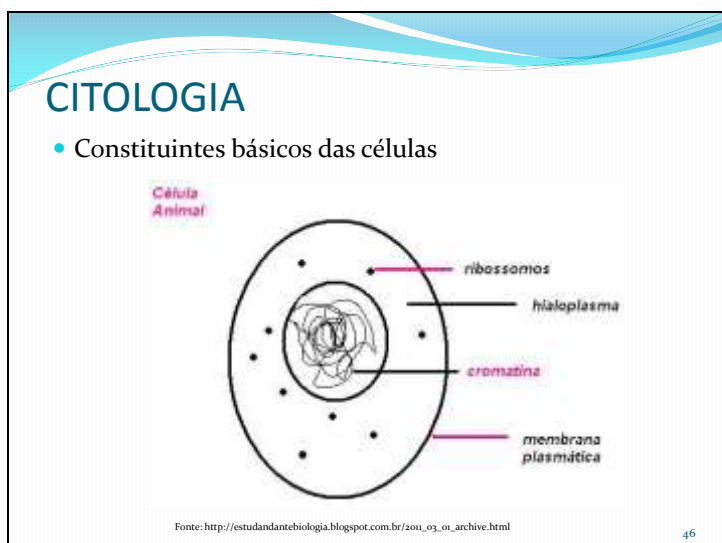
Fonte: <http://biovegetaliterativa.wordpress.com/2012/11/15/botanica-classificacao-das-plantas/>

44

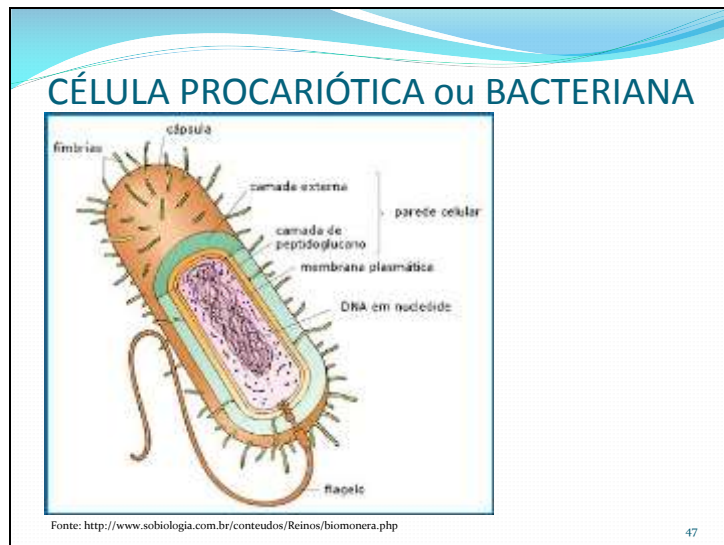
## Slide 45



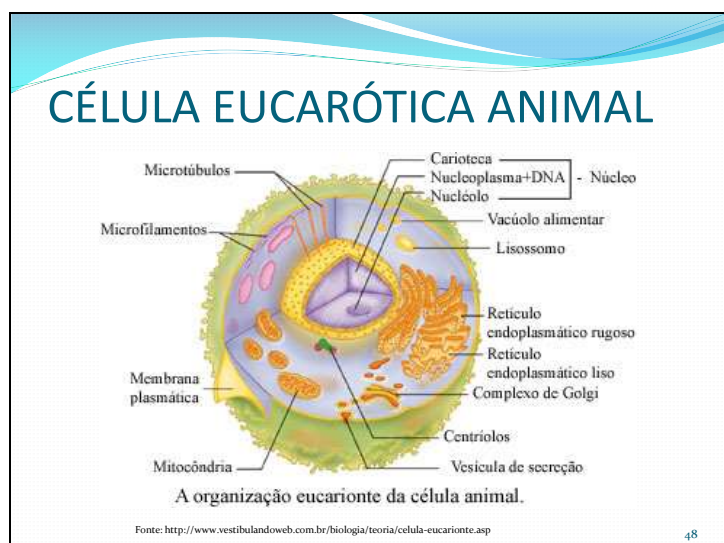
## Slide 46



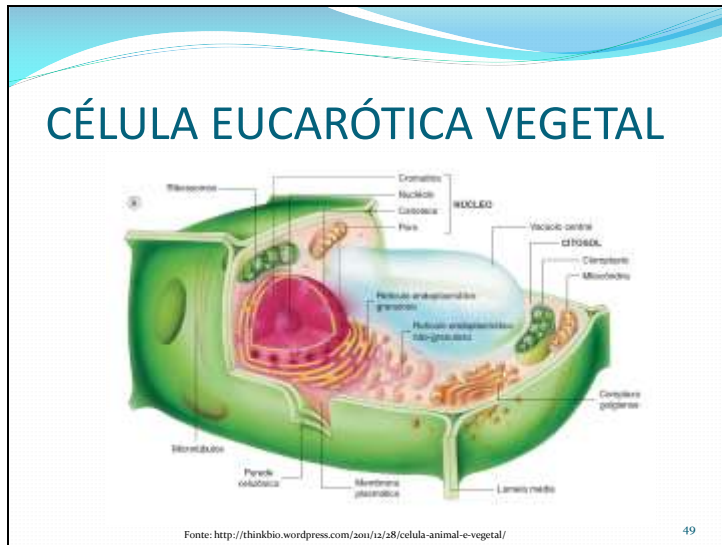
## Slide 47



## Slide 48



Slide 49



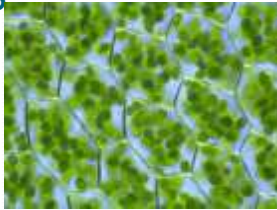
Slide 50




## Slide 51

## ALGUMAS ORGANELAS

- Plastídios ou plastos: fazem fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, ou função de armazenamento.
- Tipos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.



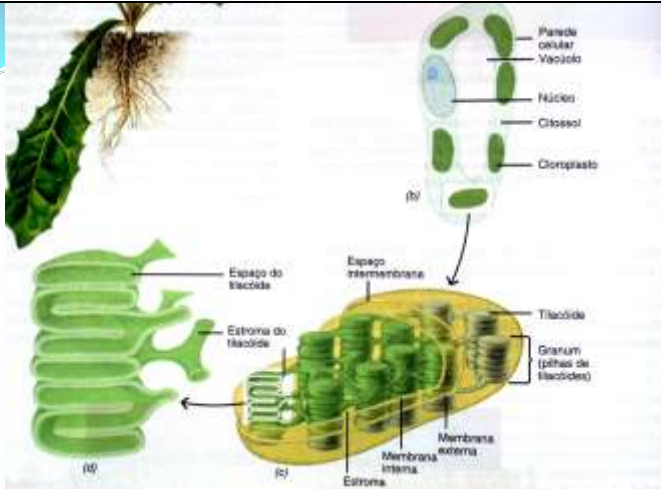
Fonte: <http://www.rodolfo.costa.nom.br/biowiki/doku.php?id=cromoplasto>



Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica0.php>

51

## Slide 52



Fonte: <http://plastosbio.blogspot.com.br/>

52

## Slide 53

### ALGUMAS ORGANELAS

- Cílios e flagelos: locomoção.
- Possuem a mesma estrutura, 9 conjuntos de microtúbulos duplos, e 2 microtúbulos centrais. Os centríolos possuem 9 conjuntos de microtúbulos triplos.
- Cílios, flagelos e centríolos devem ter a mesma origem.

Fonte: <http://biologiaassuntos.blogspot.com.br/2011/09/citologia.html>

53

## Slide 54

### ALGUMAS ORGANELAS

- Centríolos: participam da divisão celular em células eucarióticas animais.

Fonte: <http://www.colgioweb.com.br/trabalhos-escolares/biologia/citoplasma/o-centro-celular-ou-centriolo.html>

54

Slide 55

**• CROMOSSOMO**

The diagram illustrates the structure of a chromosome through several levels of organization:
 

- DNA**: A double helix structure.
- Núcleo do DNA**: The DNA is wrapped around histone cores.
- 200 nucleotídeos**: A segment of DNA.
- 200 nucleotídeos e proteínas**: A nucleosome, the basic unit of chromatin.
- 2000 nucleotídeos e proteínas**: A nucleosome with associated proteins.
- 20000 nucleotídeos e proteínas**: A higher level of chromatin condensation.
- 200000 nucleotídeos e proteínas**: A highly condensed chromosome.
- 2000000 nucleotídeos e proteínas**: A fully condensed chromosome.

**Núcleo Celular**

The diagram shows a cross-section of a cell nucleus with the following labeled parts:
 

- Cromatina**: The DNA material inside the nucleus.
- Nucleolus**: A dense region within the nucleus.
- Envelope nuclear**: The double-membrane boundary of the nucleus.
- Poros nucleares**: Nuclear pores connecting the nucleus to the cytoplasm.
- Citoplasma**: The fluid medium of the cell.
- Mitocondríos**: Organelles in the cytoplasm.

Fonte: <http://azimutedabiologia.blogspot.com.br/2009/06/aula-nucleo-celular.html>

Fonte: <http://carladsilva.blogspot.com.br/2012/11/biologia-nucleo-celular.html>

55

Slide 56

**• Cariótipo e cromossomos homólogos.**

The image displays a human karyotype, which is a set of chromosomes arranged in pairs. The chromosomes are organized into groups based on size and shape, showing pairs of homologous chromosomes. The title of the diagram is **CARIOTIPO HUMANO**.

Fonte: [http://www.poligene.com.br/laboratorios\\_florianopolis\\_areas\\_atacao\\_humana\\_citogenetica.asp](http://www.poligene.com.br/laboratorios_florianopolis_areas_atacao_humana_citogenetica.asp)

Fonte: <http://www.colegioascodagama.pt/ciencias3e/mono/hereditariedade.html>

56



## Slide 57

• **GENE.**

**Gene: Unidade Hereditária**

Locus local definido ocupado pelo gene no cromossomo

**Genes Alelos**

Ocupam o mesmo locus em cromossomos homólogos

Homozigoto AA

Heterozigoto A/a

Homozigoto a/a

Fonte das imagens: <http://www.virtual.epm.br/cursos/genetica/htm/defini.htm>

57

## Slide 58

• **ÁCIDOS NUCLEICOS: DNA, RNA.**

**Esquemas de molécula de DNA, no plano e torcida**

P = Fosfato D = Desoxirribose

Cadeia de nucleotídeos

Duas cadeias paralelas, no plano

Dupla-hélice

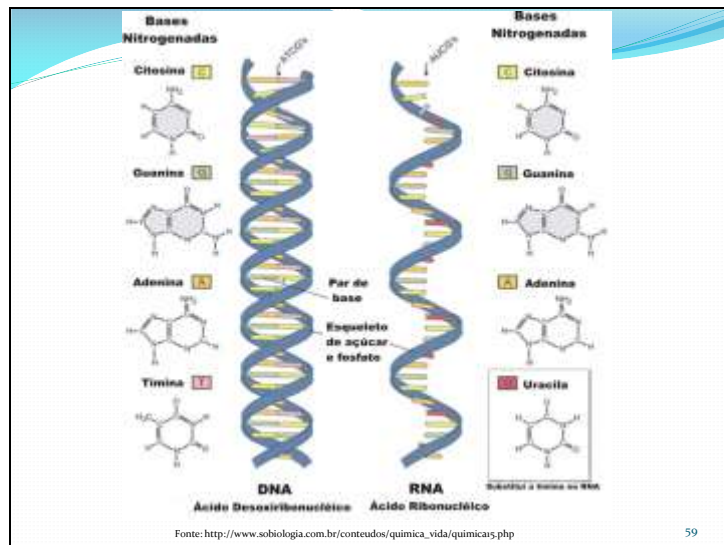
Dupla-hélice

Biologia — César e Sezar

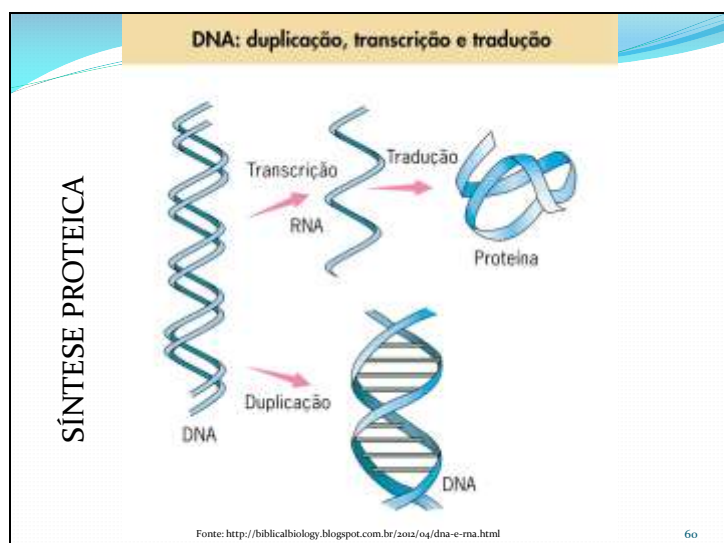
Fonte: <http://melhorbiologia.blogspot.com.br/2012/11/0-material-genetico.html>

58

## Slide 59



## Slide 60



## Slide 61


Por que os filhos são parecidos com os pais?

61

## Slide 62

## GENÉTICA e CITOLOGIA

Gregor Johann Mendel (1822-1884), monge austríaco.

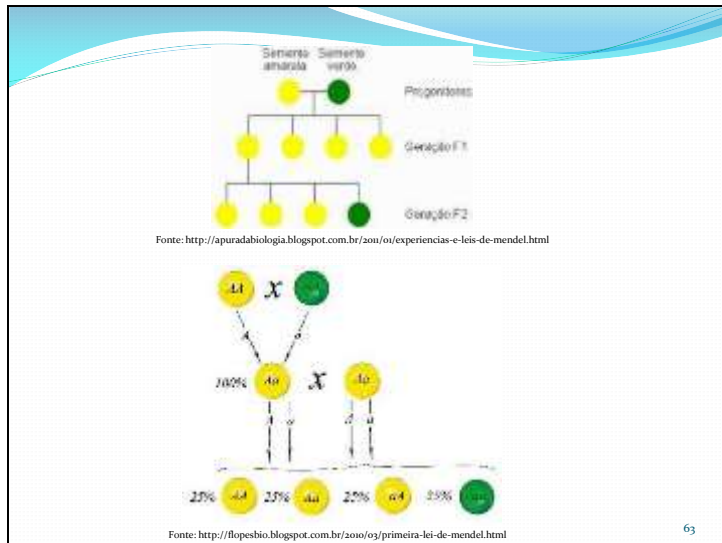


- HEREDITARIEDADE: é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.
- GREGOR MENDEL: na primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um par de fatores (hoje denominados genes)**, que **se separam** na formação dos **gametas**.

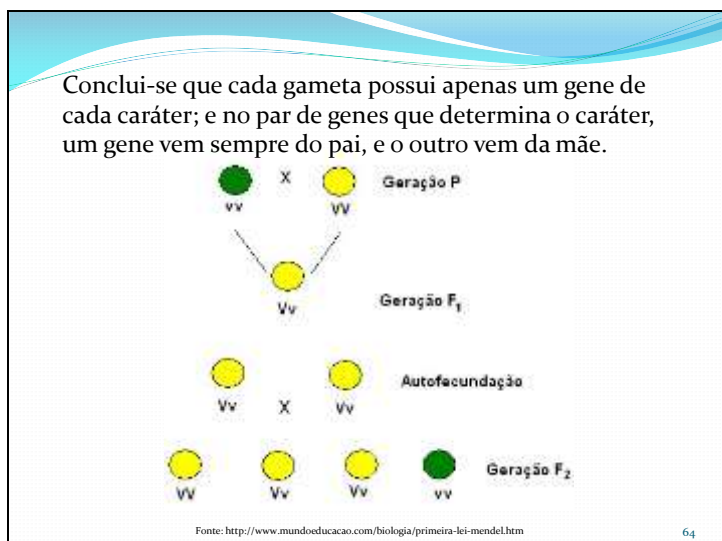
Fonte: [http://oldlibrarysite.villanova.edu/services/exhibits/gregor\\_johann\\_mendel.htm](http://oldlibrarysite.villanova.edu/services/exhibits/gregor_johann_mendel.htm)

62

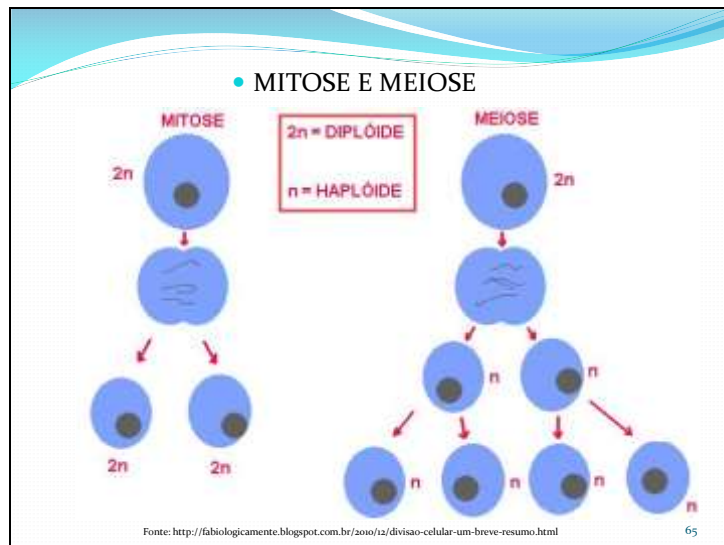
Slide 63



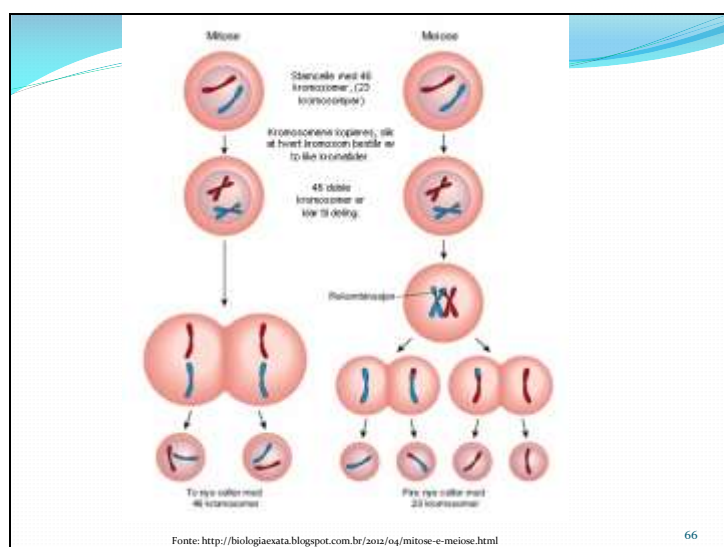
Slide 64



Slide 65



Slide 66



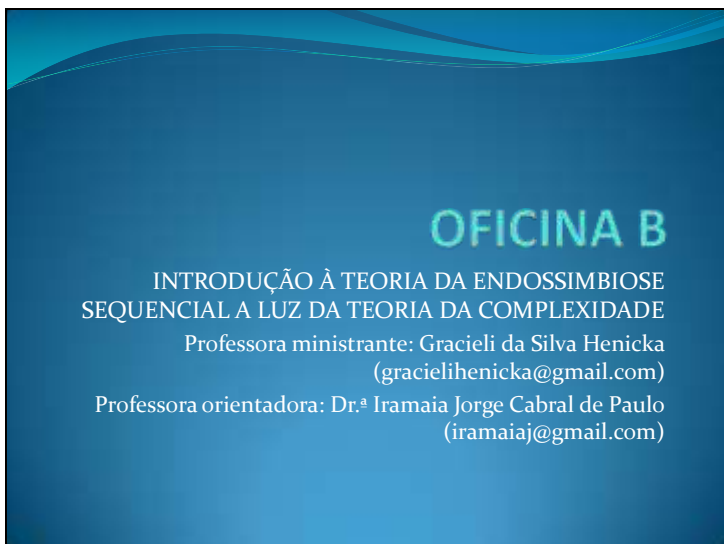
## Slide 67

## BIBLIOGRAFIA

- LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia hoje*. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.
- BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. *Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3*. – São Paulo: Anglo, 2008.

### 9.3 ANEXO III - Apresentação da Oficina B

Slide 68



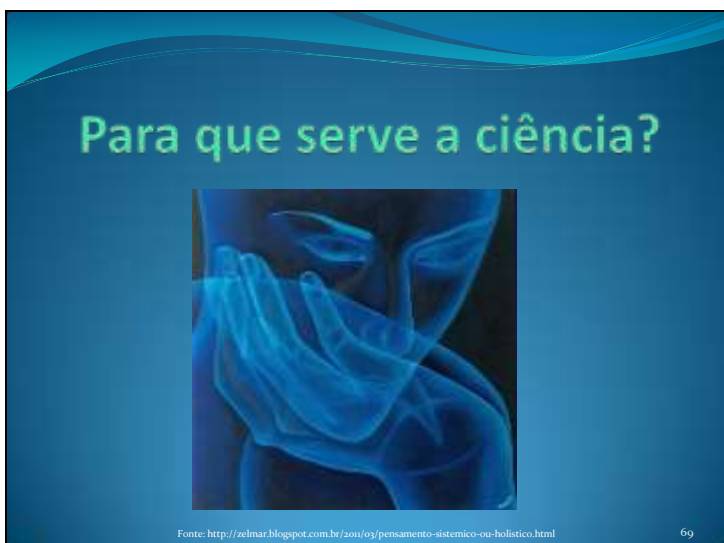
**OFICINA B**

INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE  
SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE


Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka  
(gracielihenicka@gmail.com)

Professora orientadora: Dr.ª Iramaia Jorge Cabral de Paulo  
(iramaiaj@gmail.com)

Slide 69



**Para que serve a ciência?**



Fonte: <http://zelmar.blogspot.com.br/2011/03/pensamento-sistmico-ou-holistico.html>

69

## Slide 70


## CIÊNCIA MODERNA OU TRADICIONAL

- O principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos.
- A ciência moderna ou tradicional obedece ao pensamento **cartesiano** e suas bases filosóficas são:
  - o **racionalismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente);
  - o **determinismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito);
  - e a **compartimentalização** (o universo funciona como um relógio, que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas partes).

70

## Slide 71

## PENSAMENTO CARTESIANO (SÉCULO XVI ATÉ XX)



RENÉ DESCARTES

Fonte: <http://diccionariohistoriografico.blogspot.com.br/2011/10/homem-0-21-falso-falso-pe-br-a.html>

Esquema geral do método científico.

```

graph TD
    A[Faça uma observação] --> B[Faça uma pergunta]
    B --> C[Formule uma hipótese]
    C --> D[Conduza uma experiência]
    D --> E[Aceite a hipótese]
    D --> F[Rejeite a hipótese]
    F --> C
  
```

Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/metodos-cientificos6.htm>

71



## Slide 72

### CIÊNCIA MODERNA OU TRADICIONAL

- De Paulo (2002) nos explica que a ciência moderna usa, portanto, do **método científico**, no qual os sistemas são descritos **isoladamente**, tendo como metodologia os estudos feitos em laboratório, mantendo diversas variáveis sob controle.
- Os sistemas que têm as variáveis sob controle são os chamados **sistemas isolados**, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**.
- Essa ciência desenvolvida entre os séculos XVI e XX teve como objeto de estudo os **sistemas isolados**. Os sistemas isolados podem ser considerados como sistemas próximos do equilíbrio, já que, se os fluxos de entrada e saída forem interrompidos, os sistemas tendem ao equilíbrio.

72

## Slide 73

### EXEMPLO DE SISTEMA ISOLADO PELA ÓTICA CARTESIANA



Teste de germinação de sementes em laboratório.

Fonte: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/labsemen.htm>



Fonte: <http://www.germipasto.agr.br/laboratorio>

73

## Slide 74

### Surge algo novo...

- Na primeira metade do século XX surge a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então.
- A observação do mundo microscópico mostrou que a **interação entre sujeito e objeto interfere na medida** que estamos estudando, é então legítimo que o mundo microscópico, segundo a interpretação de Copenhague se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo.
- Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**.

74

## Slide 75



## Slide 76

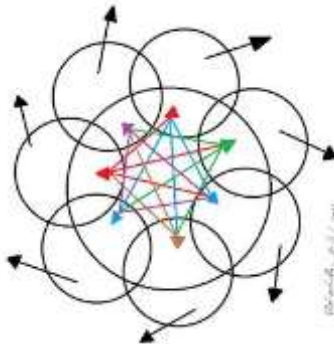
- Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente.
- Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**.



76

## Slide 77


## PENSAMENTO SISTÊMICO



Fonte: <http://www.revistaaca.org/artigo.php?idartigo=1049&class=02>

77

## Slide 78




## EXEMPLOS DE SISTEMAS ABERTOS

- Floresta Amazônica
- Cerrado
- Pantanal
- A germinação de uma espécie florestal, ex. sementes de mogno
- Sala de aula com professor e alunos
- Uma cidade
- Uma família
- Um indivíduo

78

## Slide 79



## NOVO PARADIGMA: TEORIA DA COMPLEXIDADE

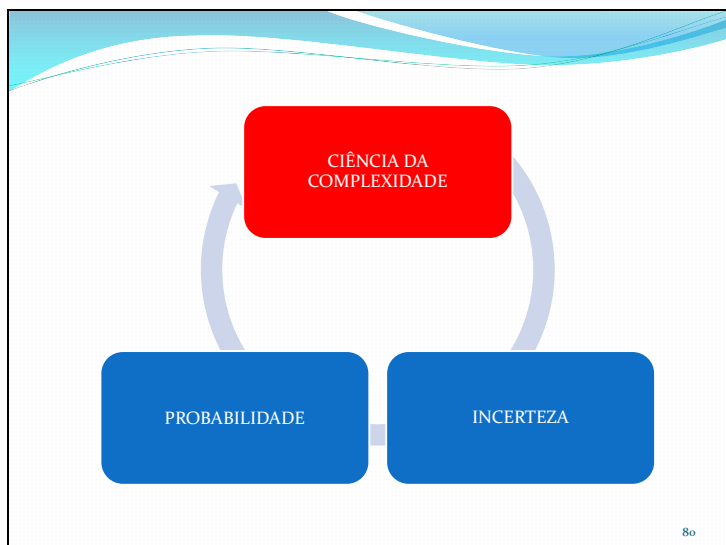
Alguns fenômenos contemporâneos como:

- as mudanças climáticas;
- a variabilidade do comportamento da economia;
- o surgimento e desaparecimento de novas configurações sociais;
- o funcionamento imunológico;
- a plasticidade cerebral;
- e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados de modo diferente da ciência moderna, pois essa não dá conta de explicar esses fenômenos.

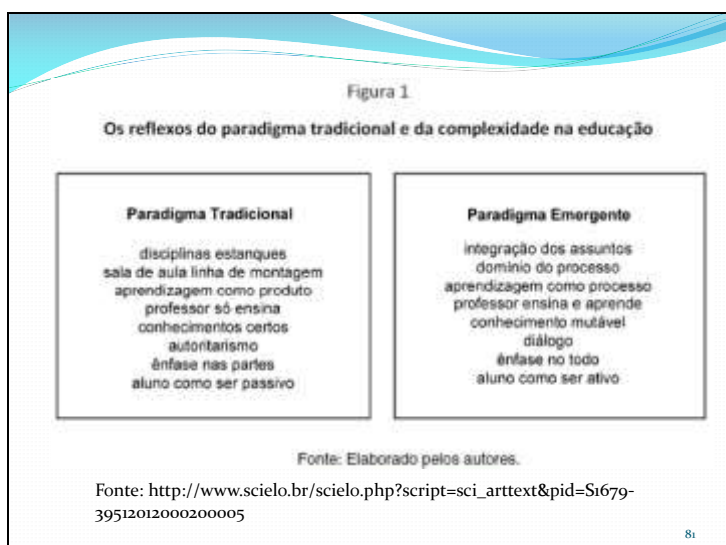
Surge então um **novo paradigma na ciência**, um novo modo de pensar e fazer ciência: a **Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade**.

79

## Slide 80



## Slide 81




## Slide 82

## O que é complexidade?

O termo complexidade aqui é entendido como qualidade do que é complexo.

**Complexo** é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos.



Fonte: <http://www.messa.com.br/etic/ecode/2009/07/qual-o-proposito-disso-tudo.html>

82

## Slide 83

## TEORIA DA COMPLEXIDADE

- **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída**. Os fluxos podem ser constituídos por matéria, energia ou quantidade de movimento.
- A **caracterização dos sistemas complexos** está em construção, mas **Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig** nos ajudam a entendê-los. Esses autores explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender **como a vida surge e se mantém**.
- Existem três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: **adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento**. Os sistemas complexos são simples, criativos e geram padrões complexos.

83

## Slide 84

## CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma **dinamicidade fundamental**, uma vez que os mesmos estão em **constante evolução** sendo formados por várias unidades, que são **totalidades integradas** e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. EX: no corpo humano existem trilhões de células.
- **Interatividade**, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema. EX: embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada, elas cooperam entre si para garantir a manutenção da vida.

84

## Slide 85

## TOTALIDADES INTEGRADAS + INTERATIVIDADE

Outro exemplo: um grupo de trabalho.



85

## Slide 86

### CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

- São **abertos**, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um **contínuo fluxo de energia e matéria**. EX: a reciclagem de nutrientes que fungos realizam, a germinação de uma semente, etc.
- **Frustração**, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, **o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório**. EX: um neurônio pode disparar ou não uma resposta ao estímulo recebido, dentre vários outros recebidos naquele momento.

86

## Slide 87





## Slide 88

**CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS**

- **Aprendizagem**, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando **novos comportamentos** num processo adaptativo. EX: nosso organismo é adaptativo e evolui na constante interação com o entorno, podemos ter um câncer estimulado pela alimentação industrializada e pela má gestão das emoções.
- **Aleatoriedade**, algumas características do sistema são distribuídas ao acaso, dependendo das flutuações do meio. EX: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora ou subestima.

88

## Slide 89

**CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS**

- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. Caso os sistemas complexos cheguem ao equilíbrio eles morrem.

Na ciência tradicional, há uma grandeza que pode medir o estado de equilíbrio de um sistema: a **entropia**. De um ponto de vista informal, a entropia pode ser tida como o **grau de desorganização de um sistema**.

A tendência de um sistema ficar cada vez menos organizado é formalizada pela chamada **Segunda Lei da Termodinâmica**, que expressa: A ENTROPIA DE UM SISTEMA ISOLADO SEMPRE TENDE A AUMENTAR.

Contudo há processos espontâneos naturais que parecem desafiar esse princípio. Vale então perguntar, existe algum sistema **realmente isolado**?

89

## Slide 90

## O UNIVERSO

Imagem mostrando um pedaço do Universo.



Fonte: [http://astronomy-universo.blogspot.com.br/2010\\_09\\_01\\_archive.html](http://astronomy-universo.blogspot.com.br/2010_09_01_archive.html)

90

## Slide 91

O único sistema isolado que podemos imaginar é o próprio Universo. Como não existe nada além do Universo e, portanto, não pode haver fluxos de entrada ou saída, ele é o único sistema isolado.

De forma coerente com a Segunda Lei da Termodinâmica, a entropia total do Universo é crescente. Ilya Prigogine explica que embora a Segunda Lei da Termodinâmica estabeleça que a entropia dos sistemas tende a aumentar, é possível que, em determinadas situações, a entropia interna de um sistema diminua espontaneamente, processo que ele denominou **AUTO-ORGANIZAÇÃO**.

Ou seja, auto-organização corresponde à **diminuição espontânea da entropia interna de um sistema**. Os fatores que provocam tal diminuição são as **forças naturais: força gravitacional e a força eletromagnética**.

Assim, no quadro geral do Universo, temos que **os processos naturais ocorrem na tensão entre dois fatores antagônicos**: de um lado está a Segunda Lei da Termodinâmica, que faz com que os sistemas fiquem cada vez mais desorganizados; de outro, as forças naturais, que tendem a organizar os sistemas.

Ex: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Maturana e Varela (1997) explica que o ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular. Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver.

91

## Slide 92



## Slide 93

## CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

- Uma **hierarquia**, já que um estímulo é **tratado em níveis diferentes dependendo do grau de interação ou importância** para o sistema. EX: um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.
- **Histerese**, já que o sistema pode **manter sua estabilidade por algum tempo**, numa certa “paisagem”, dependendo criticamente da sua história anterior.
- **Propriedades coletivas emergentes**, que são características qualitativamente **novas** que **surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem** ou **cooperam** entre si. EX: a aprendizagem e a memória.

93

## Slide 94

## CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS COMPLEXOS

- **Atratores e estrutura fractal**, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Sistemas complexos apresentam dimensionalidade fracionária, nada na natureza é absolutamente tridimensional, cada forma apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais.

Todas as formas da natureza são formas fractais, e são elas que regem os sistemas complexos. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o **grau de irregularidade ou fragmentação** do conjunto considerado.

Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**.

Ou seja, **a forma do todo é semelhante a si mesma em todos os níveis de escala**, o mesmo padrão se repete muitas vezes.

EX: couve-flor, se analisarmos um pedaço veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura, guardando semelhança com o todo; outros exemplos são ramificações de relâmpagos, bordas de nuvens, bifurcações de grandes rios, ramificações de uma árvore, samambaia, ramificações dos vasos sanguíneos, etc.

94

## Slide 95

## AUTO-SIMILARIDADE



Fonte: <http://bioimersao.blog.terra.com.br/2008/12/29/fractais-e-formas-biologicas/>

95

## Slide 96

**PERSPECTIVA SISTÊMICA NA BIOLOGIA**

- A **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. Uma abordagem recente, a Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis (1938-2011), advoga que **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**.
- Margulis (2001) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, a progênie não nasce com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, o que esquivava de uma perspectiva determinista.
- Para Darwin essas pequenas variações genéticas tornaria um ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado ambiente, ou seja, o ambiente naturalmente selecionaria a espécie com a variante mais adaptável aquela situação, para ele isso é **seleção natural**.

96

## Slide 97

- A interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade.
- **Lynn Margulis** tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação**.
- Enquanto **Darwin** vê na natureza o **adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses**.
- Em sua obra, TES, existe o conceito de **acoplamento estrutural** na perspectiva da complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.
- Lynn advoga que as espécies que mais tempo permanecem no planeta desenvolvem habilidades de cooperação e ainda que em geral **os indivíduos de uma espécie adaptam o meio** para otimizar sua permanência.

97

## Slide 98



## Slide 99

É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células, como meio de realização de sua **autopoiese**.

**Sistemas autopoieticos** são sistemas que **continuamente especificam e produzem sua própria organização** através da produção de seus próprios componentes.

Tais sistemas são o resultado da deriva natural de linhagens nas quais se manteve essa junção. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma junção tão íntima que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo**.

Em síntese, podemos pensar que “auto” tem a ver com sistemas “auto-organizadores” e portanto autônomos no processo de organização de si mesmos, e “poiese”, tem a ver com construção, logo **“autopoiese” implica em auto-organização**.

Todos os seres vivos são autopoieticos. E nesse sentido a complexidade aparece quando o grau de interação entre os vários componentes do sistema é suficientemente alto para que a análise dos sistemas em subsistemas não faça mais sentido.

99

## Slide 100

## CONCEITOS DA COMPLEXIDADE ENCONTRADOS NA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- **Pensamento Sistêmico:** não é possível analisar as partes, sem o todo.
- **Auto-organização:** os sistemas abertos possuem a capacidade da aprendizagem, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando novos comportamentos num processo adaptativo, que leva a auto-regulação e a auto-organização. Além disso há uma ordem emergente nos sistemas abertos, uma vez que eles se auto-organizam de maneira espontânea, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio.
- **Auto-regulação:** a evolução das espécies é um sistema aberto.
- **Acoplamento estrutural:** pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos. É justamente a compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, mudanças, mas de maneira não destrutiva que se denomina acoplamento estrutural.

100

## Slide 101

## BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS (1938-2011)

- na 8ª série, escondida dos pais, mudou da escola particular para uma escola pública.
- dois anos depois voltou à Universidade de Chicago para graduação com 14 anos, era caloura precoce.
- Margulis conheceu Carl Sagan e se apaixonaram.
- aos 19 anos se formou em bacharel em Ciências Humanas sem especialização e se casou com Sagan.



Fonte: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/11/morre-nos-eua-biologa-lynn-margulis.html>

101

## Slide 102

**BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS**

- Margulis e Sagan mudaram para Madison para ele fazer mestrado na Universidade de Wisconsin, e ela passou no mestrado em genética.
- Margulis acreditava que a genética era o caminho certo para reconstruir a evolução, a história da vida primitiva, pré-humana na Terra.
- Ela se perguntava: o que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?

102

## Slide 103

**BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS**

- em 1960 com 22 anos e mãe de 2 garotos, Margulis entrou no doutorado em genética na Universidade da Califórnia em Berkeley.
- em 1967 ela publicou a primeira versão completa da TES, que na verdade se chamava “Origem das células mitóticas”.
- em 1969, grávida de sua filha Jennifer do segundo casamento, ela teve que repousar em casa. Nesse período ela expandiu a TES em um livro, que foi rejeitado e publicado bem mais tarde pela Yale University Press.


103



## Slide 104

## BREVE BIOGRAFIA DE LYNN MARGULIS

- Nas décadas de 1970 e 1980 sua teoria foi confirmada com experimentos de inúmeros cientistas.
- Margulis faleceu em 22 de novembro de 2011, Amherst, Massachusetts, Estados Unidos.
- A obra de Lynn Margulis usada para essa pesquisa é de 2001, Planeta Simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução de Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco.



Fonte:  
<http://www.martinsfontespaulista.com.br/ch/prod/177143/PLANE-TA-SIMBIOTICO-O-UMA-NOVA-PERSPECTIVA-DA-EVOLUCAO.aspx>

104

## Slide 105

O que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?

105

## Slide 106

### TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- GENÉTICA: reconstrói a evolução
- ESTUDO DOS GENES CITOPLASMÁTICOS
- As pesquisas em genética tiveram início com a **redescoberta em 1900** do trabalho de **Gregor Mendel**, que havia estabelecido em **1865** a existência **somente dos genes nucleares, que chamou de “fatores”**. Esses fatores nucleares de Mendel (que se tornaram os genes nucleares) **não** estavam sozinhos no processo hereditário, **havia também sistemas genéticos não nucleares** (ou citoplasmáticos). Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam, portanto os **fatores de Mendel** foram correlacionados à **hereditariedade de características inalteradas**.

106

## Slide 107

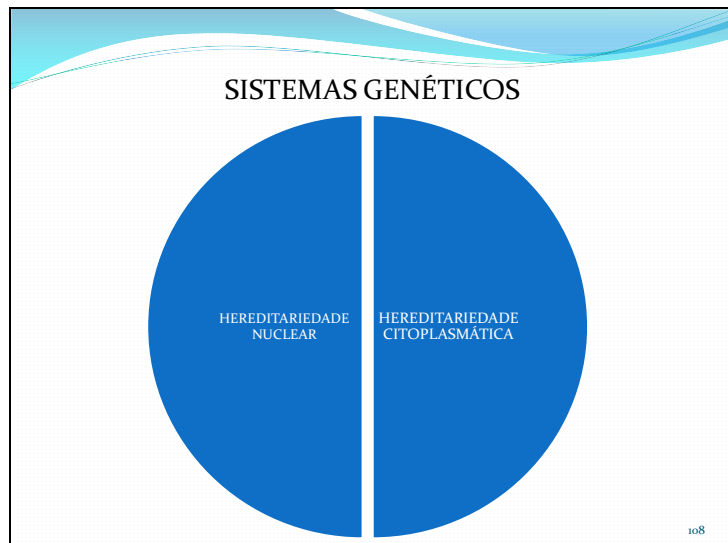
Era tido como verdade que **os genes ficavam nos cromossomos dentro do núcleo da célula**, esse conhecimento podia ser resumido como a “base cromossômica da hereditariedade”.

Entretanto embriologistas e botânicos continuaram a afirmar que **os genes citoplasmáticos** nos óvulos de plantas e animais, não dentro do núcleo, **também exerciam controle sobre a hereditariedade**.

A hereditariedade da célula, tanto nuclear como citoplasmática, sempre deve ser considerada para toda a célula, todo o organismo.

107

## Slide 108



## Slide 109

**TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL**

- DÉCADA DE 1930: em leveduras e outros fungos, a mitocôndria contém seus próprios genes.
- DO SÉCULO XIX PARA O XX: os cloroplastos das algas e das plantas também contém seus próprios genes (Vries e Correns).
- Ruth Sager e Francis Ryan : autores mostraram que dois tipos de organelas, estruturas fechadas por membranas dentro das células mas fora do núcleo, plastídios e mitocôndrias, haviam influenciado de forma significativa a hereditariedade.
- Wilson: a similaridade das organelas celulares, os plastídios e as mitocôndrias, com micróbios livres. Essa pista levou Margulis a estudar os micróbios na literatura sobre **simbiose**.

109

## Slide 110

## ORGANELA CELULAR

- Mitocôndrias: respiração celular

Fonte: [http://www.cientic.com/tema\\_celula\\_img4.html](http://www.cientic.com/tema_celula_img4.html)

Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/mitocondrias-organelas-celulares/>

110

## Slide 111

## ORGANELA CELULAR

- Plastídios ou plastos: fazem fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, ou função de armazenamento.
- Tipos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.

Fonte: <http://www.redolfo.costa.nom.br/biowiki/doku.php?id=cromoplasto>

Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica0.php>

111

## Slide 112

### TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- **SIMBIOSE: simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico.**
- Margulis: A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos.
- A **simbiose é um evento natural e comum na natureza**. Exemplos:
  - Em Brittany/ França e nas praias junto ao Canal da Mancha há “alga marinha” sobre a areia em poças rasas, na verdade são vermes verdes, que são aglomerados do platelminto *Convoluta roscoffensis* que em seus tecidos possui *Platymonas*, uma alga fotossintetizante. As algas simbióticas chegam a fazer um favor ao verme no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, pois elas reciclam o resíduo de ácido úrico do verme em nutrientes para elas mesmas. Algas e vermes compõem um ecossistema em miniatura nadando ao sol. Sem um microscópio de grande potência é difícil dizer onde termina o animal e começa a alga, de tão íntimos que são.
  - Uma parceria abundante envolve corpos de caracóis *Plachobranchus* que abrigam simbiontes verdes crescendo em fileiras tão uniformes que parecem ter sido plantados. Esses caracóis gigantes agem como jardins vivos, nos quais seus corpos mantêm as algas voltadas em direção à luz.
  - *Mastigias* é um medusóide de tipo caravela que nada no oceano Pacífico. Como uma série de pequenos guarda-chuvas verdes, medusóides *Mastigias* flutuam aos milhares junto aos raios de luz na superfície da água.

112

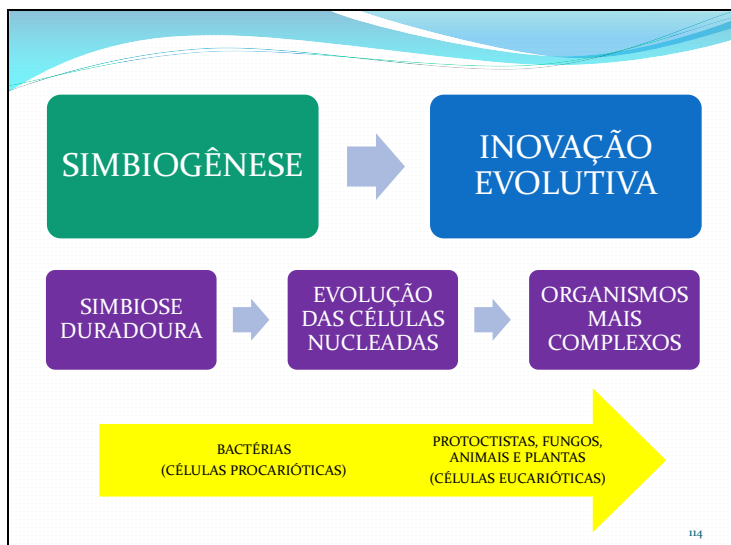
## Slide 113

### TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- Sobre o papel da simbiose na evolução **Ivan E. Wallin (1883-1969)** afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. Ele deu ênfase especial à simbiose entre animais e bactérias, um processo que chamou de “o estabelecimento de complexos microsimbióticos”. Hoje se usa o termo evolutivo, **simbiogênese para isso**.
- **SIMBIOGÊNESE: processo que dá origem a novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo.**

113

## Slide 114



## Slide 115

### TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- Para Margulis a **simbiogênese** é uma forma de neolamarckismo, pois é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos.
- Estudou a **genética do paramécio**, o ciliado, trabalho de Tracy Sonneborn (1875-1970). Sonneborn, junto com a pesquisadora Jannine Beisson, relatou que se os cílios do paramécio são cirurgicamente removidos em bloco com suas bases e girados cerca de 180 graus sobre a superfície celular e, depois recolocados, eles aparecerão em células descendentes, por pelo menos 200 gerações, nessa posição inversa. Ou seja, os cílios se reproduziam e a **mudança experimentalmente induzida pelos cientistas foi herdada**. Esse era um exemplo de herança de características adquiridas – **lamarckismo**.

115

## Slide 116



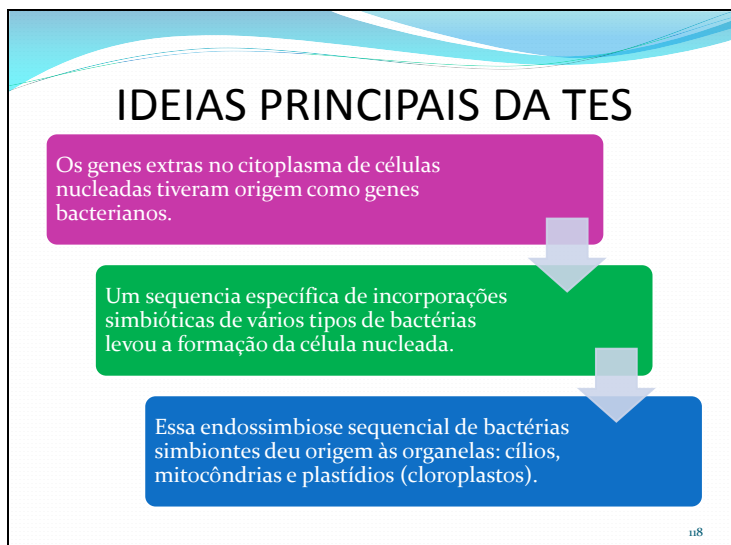
## Slide 117

**TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL**

- Fontes diversas de informações comprovaram o que Margulis pressentia: **as bactérias residiam fora do núcleo, mas dentro das células de muitos protistas, leveduras e até plantas e animais.** Ficou claro para ela que **peço menos três classes de organelas fechadas por membranas (plastídios, mitocôndrias e cílios), todas fora do núcleo, lembravam as bactérias em termos de comportamento e metabolismo.** Para ela uma cianobactéria capturada que solta sua parede para residir e crescer confortavelmente no citoplasma de uma célula vegetal parecia ser exatamente a organela que todos denominavam **cloroplasto**. Margulis previu que o plastídio, nascido como bactéria capturada, deveria ter retido algum **DNA bacteriano**.
- A **ideia principal da TES** é que **os genes extras no citoplasma de células com núcleo tiveram origem como genes bacterianos.**
- **Nas décadas de 1970 e 1980,** a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.**

117

## Slide 118



## Slide 119

## TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- A **tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.**
- Margulis e seus alunos da Universidade de Massachusetts descobriram um exemplo de **individualidade emergente**. Trata-se do *Ophrydium*, uma espuma de água doce parada que, a um olhar mais atento parece ser composta de contáveis corpos de “bolas de gelatina” verde. A maior bola de gelatina verde “individual” é composta de “indivíduos” menores em forma de cone ativamente contráteis. Estes, por sua vez, são compostos: *Chlorellas* verdes vivem dentro de ciliados, todas dispostas em fileiras. Dentro de cada cone de cabeça para baixo há centenas de simbiotes esféricos, células de *Chlorella*. A *Chlorella* é uma alga verde comum; as algas do *Ophrydium* são colocadas a serviço da comunidade de bolas de gelatina. Cada “organismo individual” desta “espécie” é na verdade um grupo, um complexo simbiótico, um pacote de micróbios fechados por membranas que se assemelha e age como um indivíduo.

119



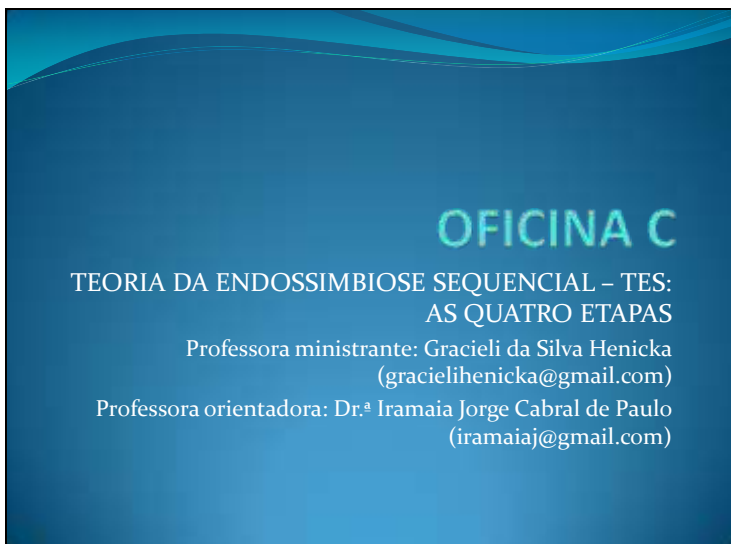
Slide 120

## BIBLIOGRAFIA

- DE PAULO, Sérgio Roberto e DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Apostila Teoria da Complexidade. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

## 9.4 ANEXO IV - Apresentação da Oficina C

Slide 121



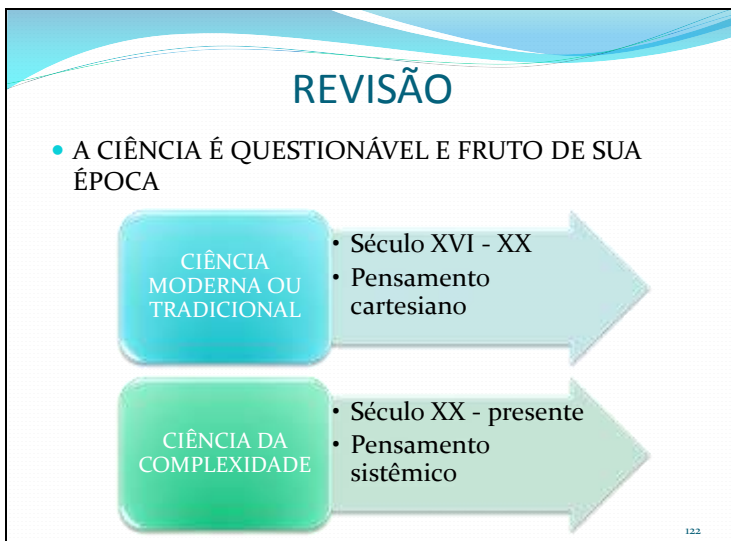
**OFICINA C**

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES:  
AS QUATRO ETAPAS

Professora ministrante: Gracieli da Silva Henicka  
(gracielihenicka@gmail.com)

Professora orientadora: Dr.ª Iramaia Jorge Cabral de Paulo  
(iramaiaj@gmail.com)

Slide 122



**REVISÃO**

- A CIÊNCIA É QUESTIONÁVEL E FRUTO DE SUA ÉPOCA

CIÊNCIA MODERNA OU TRADICIONAL	• Século XVI - XX • Pensamento cartesiano
CIÊNCIA DA COMPLEXIDADE	• Século XX - presente • Pensamento sistêmico

122

## Slide 123

## A EVOLUÇÃO É UM SISTEMA ABERTO!

Fonte:  
<http://gracieteoliveira.pbworks.com/w/page/49867936/subsistemas%20terrestres>

123

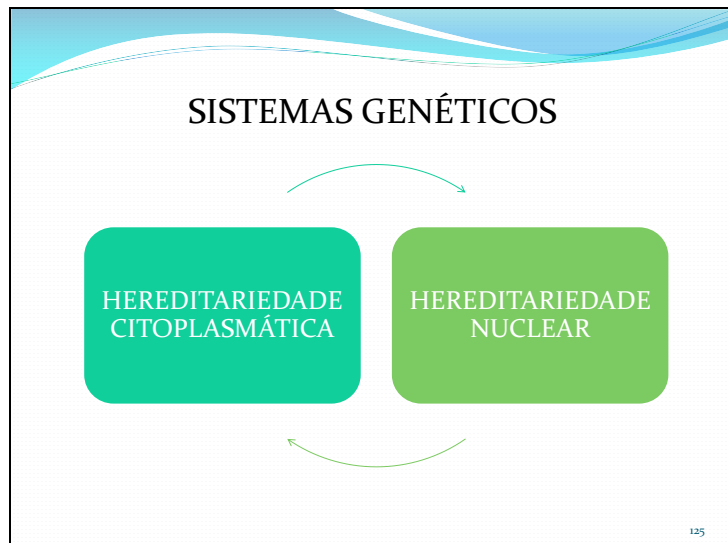
## Slide 124

## CONCEITOS DA COMPLEXIDADE ENCONTRADOS NA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

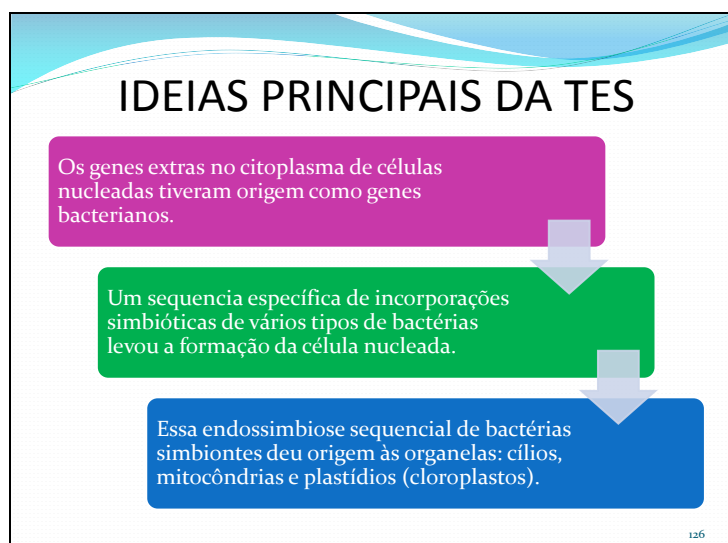
- **Pensamento Sistêmico:** pois não é possível analisar as partes, sem o todo.
- **Auto-organização e Auto-regulação:** pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio.
- **Acoplamento estrutural:** pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

124

## Slide 125



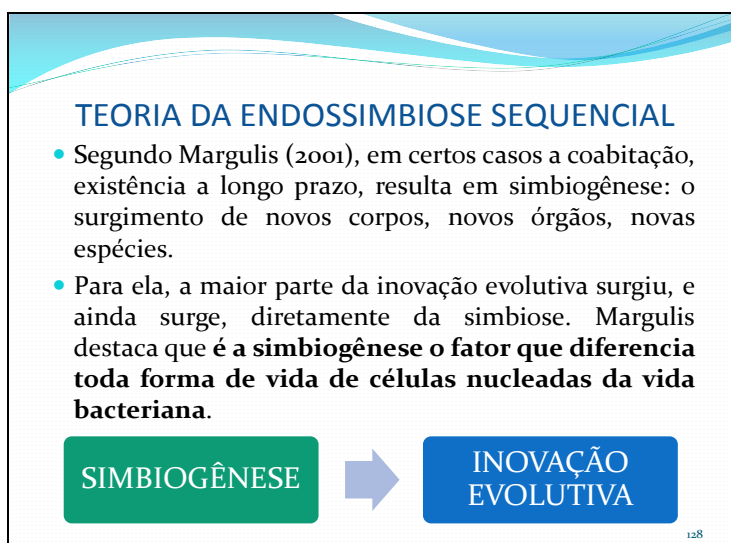
## Slide 126



## Slide 127



## Slide 128



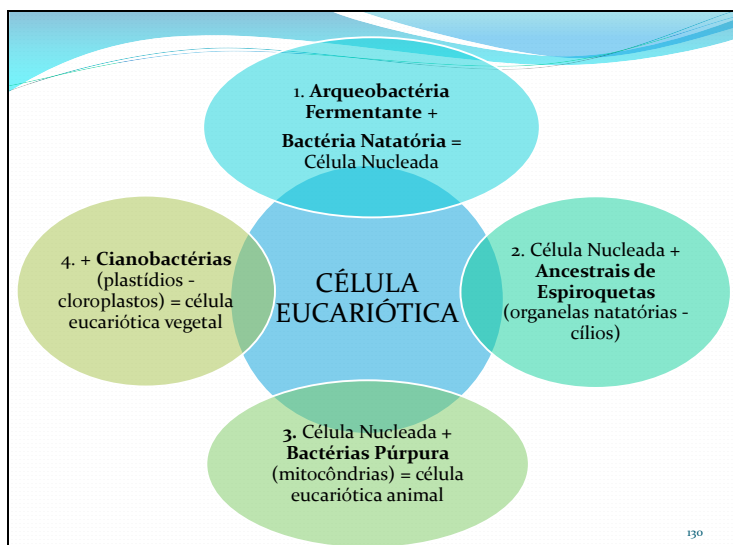
## Slide 129

### TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

- Todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam o que em retrospecto reconhecemos como sua antiga individualidade.
- A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delinea precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas**. As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose.
- A ideia é simples: **quatro ancestrais** antes inteiramente independentes e fisicamente separados **se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas**.

129

## Slide 130



## Slide 131

### ETAPA 1 DA TES

- Um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada “**arqueobactéria**” fermentante (ou “**termoacidófila**”), se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos.
- Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbio** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente.
- Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da arqueobactéria termoacidófila (“termoplasmal”).
  - NUCLEOCITOPLASMA
  - PROTISTA NATATÓRIO ANAERÓBIO

131

## Slide 132

### ETAPA 1

Archaeobactéria fermentante ou termoacidófila ou termoplasmal + Bactéria natatória → Protista natatório anaeróbio

- forma o núcleo  
 - forma a célula nuclear (etapa 2)

Imagem: Gracieli S. Henicka

132

## Slide 133

### ETAPA 2 DA TES

- Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1.
- A ideia fundamental dessa etapa é que as **organelas natatórias** – os **cílios**, **caudas de espermatozoides**, **protuberâncias sensórias** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na  **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1).
- Margulis acredita que a integração da **bactéria centriolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centriolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada.
- O **antigo intruso que se transformou no centriolo-cinetoplasto** ainda tem parentes **livres**, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**.

133

## Slide 134

### ETAPA 2 DA TES

- Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas.
- Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**.
- Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.
  - SURGIU A CÉLULA EUCARIONTE
  - SURGIU A MITOSE NOS EUCARIONTES
  - ORIGEM DAS ORGANELAS NATATÓRIAS

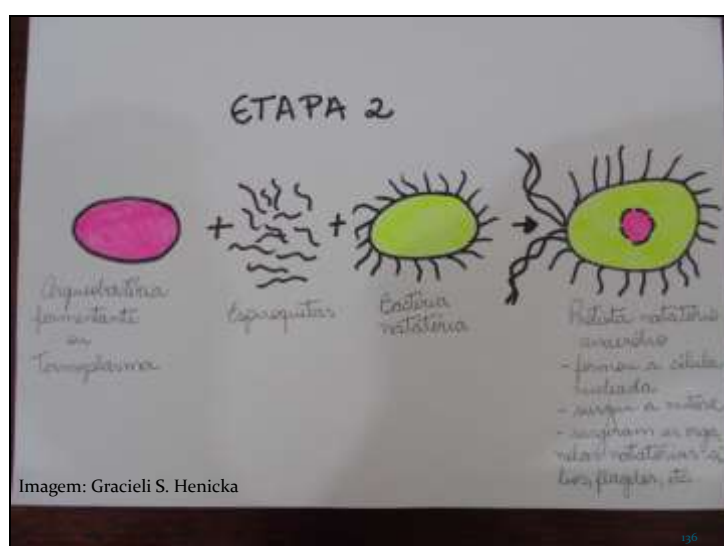
134



## Slide 135



## Slide 136




## Slide 137

### ETAPA 3 DA TES


- Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão.
- Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos.
- A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de simbioses bacterianas atualmente denominados “**bactérias púrpura**” ou “**proteobactérias**”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.
  - SURGIU A MITOCÔNDRIA
  - SURGIU A FAGOCITOSE

137

## Slide 138



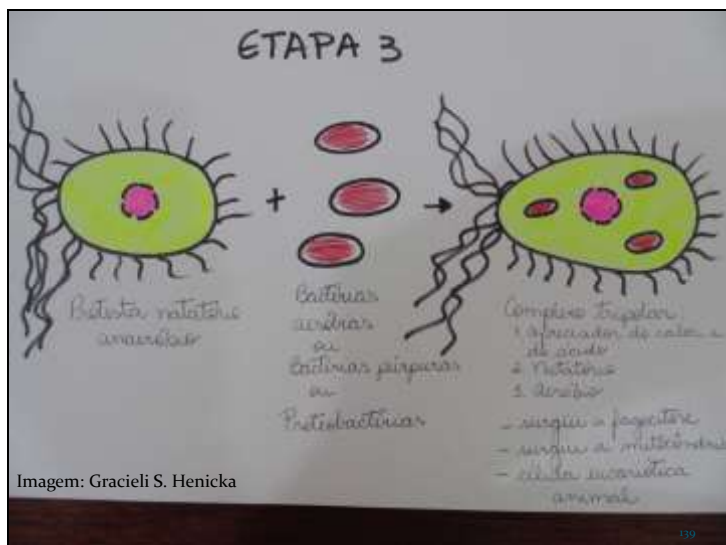
Fonte das imagens: [http://tolweb.org/epsilon\\_Proteobacteria/57768](http://tolweb.org/epsilon_Proteobacteria/57768)



## PROTEOBACTERIA OU BACTÉRIA PÚRPURA

Fonte:  
<http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%201/proteobacteria.htm>

## Slide 139



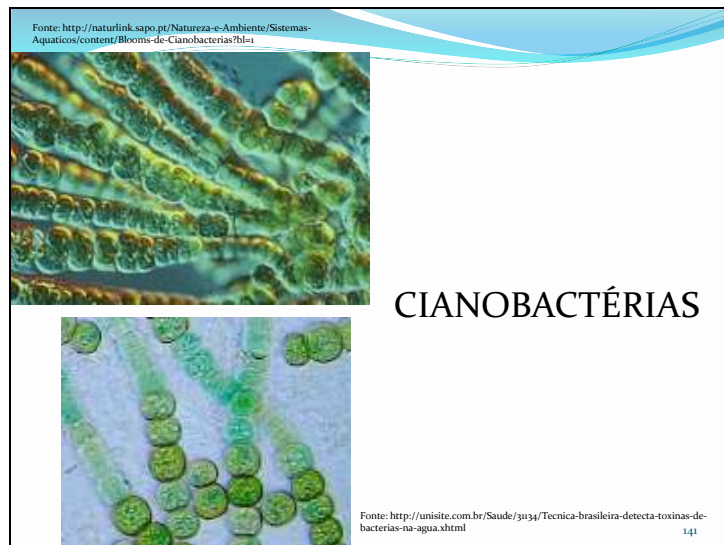
## Slide 140

**ETAPA 4 DA TES**

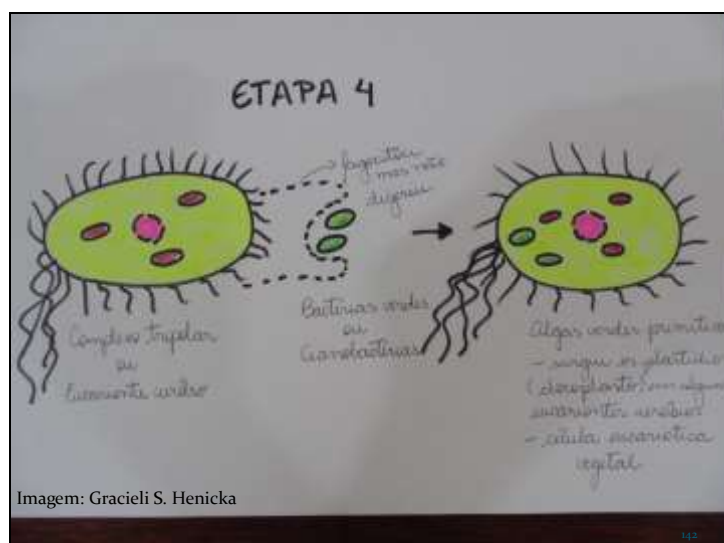
- Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**.
- A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**.
- No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**.
- Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio.
- Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “**cianobactérias**”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.

- SURTIU O CLOROPLASTO EM ALGUNS EUKARIOTES AERÓBIOS

## Slide 141



## Slide 142



## Slide 143

## PÓS-DIVULGAÇÃO DA TES

- VERSÃO INTERMEDIÁRIA DA TES – ORIGEM DA MITOCÔNDRIA E DOS PLASTÍDIOS: ACEITA PELA MAIORIA DOS CIENTISTAS
- Provas da versão intermediária:
- Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma.
- Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem.
- Ambos os tipos ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**.
- Ambos contêm DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização.
- O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas.
- Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios.
- Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si sós atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

143

## Slide 144

## PÓS-DIVULGAÇÃO DA TES

- VERSÃO EXTREMA DA TES – ORIGEM DAS ORGANELAS NATATÓRIAS: POLÊMICA ETAPA 2
- Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana.
- Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2.
- Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

144

## Slide 145

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parente, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

145

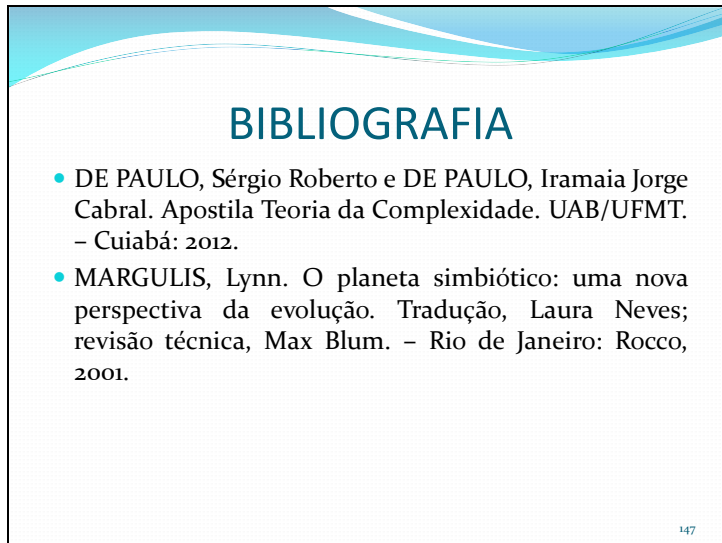
## Slide 146

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A ciência é feita por pessoas normais, e sofre influências de seu tempo.
- A TES muda nosso olhar sobre as bactérias. Elas são parte ancestral do que somos e fazem parte do nosso metabolismo.
- A TES muda nosso olhar sobre a evolução. A simbiose provocou evolução e maior complexidade nas células.
- Somos simbiontes num planeta simbiótico, então dependemos uns dos outros.
- Os seres mais complexos e de maior organização são os vegetais e não os animais. Não há um ser superior ou mais importante na natureza.
- A vida na Terra não depende do ser humano, mas o ser humano depende do planeta Terra.

146

Slide 147

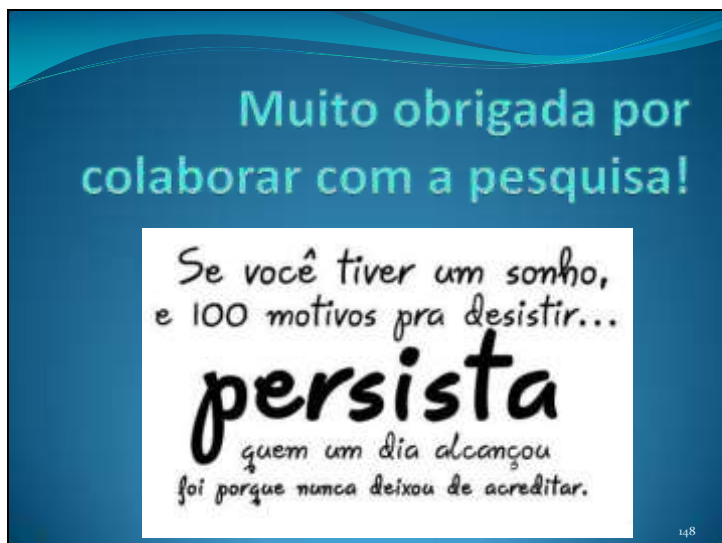


**BIBLIOGRAFIA**

- DE PAULO, Sérgio Roberto e DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Apostila Teoria da Complexidade. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012.
- MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

147

Slide 148



Muito obrigada por  
colaborar com a pesquisa!

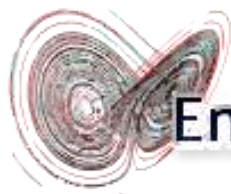
Se você tiver um sonho,  
e 100 motivos pra desistir...

**persista**  
quem um dia alcançou  
foi porque nunca deixou de acreditar.

148

## 9.5 ANEXO V – Plano de curso, Textos-apoio para o professor e para o aluno, testes e roteiro da entrevista

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO – UFMT/ CUIABÁ  
 INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS E ICET – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



Programa de Pós-Graduação em  
**Ensino de Ciências Naturais**

Universidade Federal de Mato-Grosso

### PLANO DE CURSO

**CURSO:** O ensino introdutório da Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.

**DISCIPLINA:** Biologia

**TURMAS:** 2º ano do ensino médio EJA (Educação de Jovens e Adultos)

**TURNOS:** matutino, vespertino e noturno.

**PERÍODO LETIVO:** 2014/1

**CARGA HORÁRIA:** 17 h

**PROFESSORA MINISTRANTE:** Gracieli da Silva Henicka (gracielihenicka@gmail.com)

**PROFESSORA ORIENTADORA:** Dr.<sup>a</sup> Iramaia Jorge Cabral de Paulo (iramaiaj@gmail.com)

#### EMENTA:

- Oficina A – Conceitos necessários para o entendimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial.
- Oficina B – Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade.
- Oficina C – Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: as quatro etapas.

**OBJETIVO GERAL:** averiguar a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) a luz da Teoria da Complexidade (TC) a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** i) nivelar o conhecimento dos estudantes a cerca dos conceitos considerados pré-requisitos no entendimento da TES; ii) contextualizar a TES na TC e esta na ciência contemporânea, bem como relacionar a TES ao currículo de Biologia atual; iii) investigar se houve aprendizagem significativa crítica no processo de ensino-aprendizagem sobre TES no 2º ano da EJA; e iv) investigar se a metodologia foi adequada.

**CONTEÚDOS:** OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL:

- Relações entre os seres vivos
- Simbiose
- Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo
- Mutualismo ou mutualismo obrigatório
- Competição: intraespecífica e interespecífica
- Evolução
- Fixismo
- Lamarckismo
- Darwinismo
- Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo



- Organização dos seres vivos em cinco reinos: Monera, Protocista, Fungi, Animalia e Plantae.
- Célula
- Procarionte
- Eucarionte
- Unicelular
- Pluricelular
- Metabolismo
- Anaeróbio
- Aeróbio
- Heterotrófico
- Autotrófico: fotoautotrófico e quimiotrófico
- Fagocitose
- Constituintes básicos das células
- Organelas: plastídios, mitocôndrias e cílios
- DNA, RNA, gene, cromossomo
- Hereditariedade
- Primeira Lei de Mendel
- Mitose
- Meiose

#### OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE:

- A ciência é questionável e fruto de sua época
- Ciência moderna ou tradicional
- Novo paradigma: teoria da complexidade
- Complexidade
- Sistemas abertos
- Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES
- Relação da TES e Lamarck
- Relação da TES e Darwin
- Conceitos da complexidade na TES: pensamento sistêmico, auto-regulação, auto-organização e acoplamento estrutural.
- Breve biografia de Lynn Margulis
- Margulis: a simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos.
- Simbiogênese
- Simbiontes duradouros
- Hereditariedade nuclear e citoplasmática
- A ideia principal da TES é que os genes extras no citoplasma de células com núcleo tiveram origem como genes bacterianos.
- Nas décadas de 1970 e 1980, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.
- A tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.

#### OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS:

- Etapa 1: nucleocitoplasma; protista natatório anaeróbio
- Etapa 2: surgiu a célula eucarionte; surgiu a mitose nos eucariontes; origem das organelas natatórias
- Etapa 3: surgiu a mitocôndria; surgiu a fagocitose
- Etapa 4: surgiu o cloroplasto em alguns eucariontes aeróbios
- Versão intermediária da TES: aceita pela maioria dos biólogos

- Versão extrema da TES: polêmica etapa 2

**METODOLOGIA:** Esse curso integra a pesquisa em nível de mestrado que investigará os conhecimentos prévios dos estudantes do segundo ano do ensino médio (EM) da EJA acerca de alguns conceitos ecológicos, evolucionistas, citológicos e genéticos. Conceitos estes que apresentam potencialidade para ancorar os novos conceitos relacionados à TES que serão ensinados em seguida. A opção por turmas de 2º ano do EM/EJA se deu, pois se espera que os estudantes possuam subsunçores adequados ao ensino introdutório da TES.

Inicialmente será apresentada a proposta para a escola, direção, coordenação e professores, e, se aprovada, será solicitado aos mesmos a indicação de três turmas de 2º ano de EM com predisposição a aprender, preferencialmente em turnos diferentes, afim de melhor representar os estudantes.

Será adotada a metodologia qualitativa ou interpretativa, tipo investigação-ação, com nuances da metodologia quantitativa a fim de fornecer melhor triangulação dos dados. Esta última se faz necessária, pois será investigado o perfil dos estudantes como: sexo, idade, profissão, tempo fora da escola; e suas opiniões sobre quão contextualizado e quão atualizado é o currículo de biologia.

O delineamento do curso seguirá o esquema abaixo,

**A O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7 O8**

**A O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7 O8**

**A O1 Xa O2 O3 Xb O4 Xc O5 O6 O7 O8**

Onde, A = aleatoriedade, pois se houver mais de uma turma por turno dentre as opções sugeridas pela coordenação e professores, estas serão sorteadas; O1 = pré-teste A; Xa = oficina A; O2 = texto-apoio A e teste A; O3 = pré-teste BC; Xb = oficina B; O4 = texto-apoio e teste B; Xc = oficina C; O5 = texto-apoio C e teste C; O6 = pós-teste BC; O7 = avaliação processual; e O8 = entrevistas.

As oficinas serão aulas expositivas e dialogadas com uso de apresentações em pptx, com leitura dirigida usando três textos-apoio produzidos pela pesquisadora, trabalhos em pequenos grupos e debates. Durante a realização das oficinas B e C, serão propostos dois testes B e C usando uma técnica de participação pró-ativa com a organização dos estudantes em guardiões do tempo, da fala e da escrita. Esses momentos serão de análise dos textos e debates em pequenos grupos, estes responderão uma avaliação dissertativa sobre o tema. Em seguida será realizada a socialização com o grupo maior. Abordagem semelhante se dará na avaliação processual ao final do curso. Serão usados ainda, os registros do caderno de campo para análise das impressões da pesquisadora.

**AVALIAÇÃO:** Avaliação individual (pré-teste A, teste A, pré-teste BC e pós-teste BC); avaliação em grupo (teste B, teste C, avaliação processual); participação nos debates durante as aulas dialogadas e durante o trabalho em grupo; realização das leituras dos textos-apoio; e entrevistas.

**CRONOGRAMA:** o curso está organizado em seis encontros, previsto para março e abril de 2014:

- ❖ Encontro 1: 2h; apresentação da pesquisadora e o convite para participar da proposta à turma; aplicação do pré-teste A.
- ❖ Encontro 2: 4h; OFICINA A – CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL; texto-apoio A; teste A.
- ❖ Encontro 3: 4h; pré-teste BC; OFICINA B – INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE; texto-apoio B; teste B.
- ❖ Encontro 4: 4h; OFICINA C – TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS; texto-apoio C; teste C.
- ❖ Encontro 5: 2h; pós-teste BC; avaliação processual em grupos com registros em papel.
- ❖ Encontro 6: 1h ou menos para cada entrevista; entrevistas individuais de 2 alunos de cada turma, se houver mais de dois alunos interessados será feito um sorteio.

- BIBLIOGRAFIA:** LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia hoje*. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.
- BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.
- UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. *Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3*. – São Paulo: Anglo, 2008.
- DE PAULO, Sérgio Roberto e DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. *Apostila Teoria da Complexidade*. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012.
- MARGULIS, Lynn. *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução*. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

ALUNO(A): \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

## PRÉ-TESTE A

## 1. Sexo

 Masculino  Feminino

## 2. Idade

 de 18 a 22 anos de 43 a 47 anos de 23 a 27 anos de 48 a 52 anos de 28 a 32 anos de 53 a 57 anos de 33 a 37 anos de 58 a 62 anos de 38 a 42 anos acima de 63 anos

## 3. Profissão:

---

4. Quanto tempo você esteve fora da escola formal?

---

5. Por que você voltou a estudar?

---

6. Quais são suas expectativas ao concluir o ensino médio?

---

7. Em sua opinião, quão **contextualizado** (refere-se ao seu cotidiano, sua localidade, seu contexto) é o currículo de biologia?

 pouquíssimo muito pouco muitíssimo nem pouco, nem muito não sei opinar

8. Em sua opinião, quão **atualizado** (refere-se às novas descobertas científicas) é o currículo de biologia?

 pouquíssimo pouco nem pouco, nem muito muito muitíssimo não sei opinar

As questões abaixo tratam de conceitos biológicos geralmente estudados no 1º ano do Ensino Médio da EJA. Leia com atenção as questões abaixo e marque **V** se a afirmação for **verdadeira**, e **F** se for **falsa**.

9. ( ) Existem vários tipos de relações entre os seres vivos. A simbiose é associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados.
10. ( ) Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles.
11. ( ) Mutualismo ou mutualismo obrigatório é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível.
12. ( ) Os seres vivos competem por nutrientes e energia. Existem dois tipos de competição: intraespecífica e interespecífica.
13. ( ) Evolução é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo.
14. ( ) Jean-Baptiste Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.
15. ( ) Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.
16. ( ) Charles Darwin afirmava que a evolução se dá por meio da seleção natural.
17. ( ) Charles Darwin afirmava que o mecanismo de hereditariedade apresenta aleatoriedade, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias.
18. ( ) A teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto.
19. ( ) Os seres vivos são organizados em cinco reinos com base na organização celular e no tipo de nutrição, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae.
20. ( ) As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera.
21. ( ) As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista.
22. ( ) O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.
23. ( ) Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca.
24. ( ) Existem organismos unicelulares, formados de apenas uma célula e pluricelulares, formados por mais de uma célula.
25. ( ) Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo.
26. ( ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula animal e a vegetal.
27. ( ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica.
28. ( ) Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo.
29. ( ) Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo.
30. ( ) Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.
31. ( ) Anaeróbico é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia.
32. ( ) Aeróbico é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.
33. ( ) Heterotrófico é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, pois não realiza processos como a fotossíntese ou a quimiossíntese.
34. ( ) Autotrófico é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento.
35. ( ) Fagocitose é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.
36. ( ) A célula eucariótica possui várias organelas, por exemplo, retículo endoplasmático liso e rugoso, sistema golgiense, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto.
37. ( ) As mitocôndrias participam da fotossíntese, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais.
38. ( ) No cloroplasto acontece a respiração celular, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose.

39. ( ) Os plastídios ou plastos (cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos) são organelas celulares encontradas em células animais que apresentam funções de fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento.
40. ( ) Cílios e flagelos participam da locomoção da célula.
41. ( ) O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos.
42. ( ) O DNA e o RNA são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da síntese de proteínas.
43. ( ) O DNA bacteriano é circular, diferente do DNA dos eucariontes.
44. ( ) Gene é um fragmento de DNA capaz de traduzir uma informação.
45. ( ) Hereditariedade é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.
46. ( ) Gregor Mendel, considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a hereditariedade.
47. ( ) Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas.
48. ( ) Mitose é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas.
49. ( ) Meiose é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas.

## TEXTO-APOIO A PARA O PROFESSOR

### CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Existem vários **tipos de relações** entre os seres vivos. Algumas benéficas outras não, também chamadas harmônicas e desarmônicas. Linhares e Gewandsznajder (2010), separam os diversos tipos de associação em: 1) relações em que **não há prejuízo** para nenhum participante, sendo **intraespecíficas** – sociedade e colônia, e **interespecífica** – mutualismo, protocooperação e comensalismo; e 2) relações em que **há prejuízo** para pelo menos um dos participantes, sendo **intraespecíficas** – canibalismo e competição intraespecífica, e **interespecíficas** – competição interespecífica, amensalismo, predatismo e parasitismo. A **simbiose** é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Para Begon *et al.* (2007) simbiose (“vivendo junto”) é o termo que tem sido empregado para associações físicas fechadas entre espécies, em que um “simbionte” ocupa um hábitat fornecido por um “hospedeiro”. Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose era o nome antigo para mutualismo**, mas hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer **associação permanente** entre organismos de espécies diferentes. O **mutualismo ou mutualismo obrigatório** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível. São exemplos de mutualismo: cupim e protozoários; leguminosas e bactérias; líquen; micorriza; plantas e animais polinizadores específicos. A **protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo** é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles, ou seja, se separados eles vivem independentes. São exemplos de protocooperação: paguro e anêmona; anu-preto e capivara; garça-boiadeira e boi; peixe-palhaço e anêmona; peixes-limpadores e outros peixes; formiga e pulgão. Begon *et al.* (2007) explicam que o pensamento evolutivo atual vê **os mutualismos** como casos de **exploração recíproca**, não uma parceria agradável.

Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), os seres vivos podem competir por nutrientes e energia. Existem dois tipos de **competição: intraespecífica** (ocorre entre seres da mesma espécie) e **interespecífica** (ocorre entre seres de espécies diferentes). A competição intraespecífica entre os vegetais se dá principalmente por luz, água e sais minerais, já entre os animais é mais variada, há luta por alimento, espaço, parceiros para a reprodução, etc. A luta para ocupar e **defender um território** impede a reprodução de indivíduos excedentes, o que constitui um importante **fator de seleção natural**, ao favorecer os indivíduos mais adaptados e eliminar os menos adaptados ou provocar a sua emigração. Na competição interespecífica, duas espécies que vivem na mesma área podem disputar um tipo de alimento ou outro recurso, e isso pode eliminar uma delas da comunidade. Em 1934, o cientista russo **G. F. Gause** (1910-1986) estudou o efeito da competição interespecífica entre duas espécies, o *Paramecium aurelia* e o *Paramecium caudatum*. Gause chegou à conclusão que é conhecida como **princípio da exclusão competitiva**: duas espécies não podem conviver no mesmo hábitat (lugar em que uma espécie vive) e com o mesmo nicho (conjunto de relações que a espécie mantém com as outras espécies e com o ambiente físico) indefinidamente, pois a competição será tão grande que apenas uma espécie – a mais adaptada – sobreviverá. A outra é eliminada, emigra para outro hábitat ou passa a ocupar outro nicho. A **ocupação de nichos distintos** é consequência da evolução, que seleciona mutações que reduzem ou evitam a competição. Desse modo, há uma partilha de recursos do ambiente entre as espécies. Isso ocorre, por exemplo, entre as girafas que comem folhas dos ramos mais altos das árvores, enquanto os herbívoros menores comem folhas das partes mais baixas.

**Evolução** é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo. Linhares e Gewandsznajder (2010), afirmam que a teoria da evolução procura explicar: como todas as espécies surgiram na Terra; como elas podem se transformar ao longo do tempo e originar outras espécies; a razão de suas semelhanças e diferenças; e por que os seres vivos possuem adaptações que os ajudam a sobreviver e se reproduzir em seu ambiente. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), o pensamento predominante no século XVIII era o **fixismo**, que defendia que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir.

Em 1809, o naturalista Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck (1744-1829)** sugeriu um mecanismo para explicar a transformação das espécies no livro *Philosophie zoologique* (Filosofia zoológica). Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos.** Lamarck dizia que a evolução das espécies era guiada por necessidades internas do organismo. Ele afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução. Segundo Uzunian *et al.* (2008), Lamarck foi o primeiro cientista a destacar a importância da adaptação dos seres vivos ao meio ambiente e sua relação com a evolução. Segundo ele, as mudanças ocorridas no meio trariam a necessidade de evolução. Para isso, os seres vivos sofreriam alterações, e essas levariam à evolução. **Resumindo:** o meio provoca mudanças dirigidas nos organismos, visando à adaptação. Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), de acordo com a Lei do Uso e Desuso, um órgão desenvolvia-se com o uso e atrofiava-se com o desuso. Essa lei apresenta uma verdade apenas parcial, porque hoje sabemos que o ambiente só pode alterar as características do organismo dentro de certos limites predeterminados pelo gene. A Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos afirma que o caráter adquirido (resultante do desenvolvimento pelo uso ou da atrofia pelo desuso) seria transmitido aos descendentes. Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1870 e 1875, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) estabeleceu a existência de duas linhagens de células – as germinativas (que originam os gametas) e as somáticas (que formam o corpo) – e mostrou que apenas as modificações surgidas na linhagem germinativa se transferem aos descendentes. O trabalho de Weismann foi uma evidência contrária a Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. O conhecimento genético nos mostra que apenas os genes dos gametas são passados para os descendentes, portanto, alterações nas células somáticas não são transmitidas de uma geração a outra. O maior **mérito** de Lamarck foi ter proposto uma teoria da evolução, isto é, **um mecanismo para explicar o surgimento de novas espécies e para o fato de que os seres vivos passam por mudanças adaptativas.**

Segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1859 o naturalista inglês Charles Robert **Darwin** (1809-1882) publicou suas ideias no livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*. Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de uma série de modificações.** Ele concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: “Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**”. O **mecanismo da evolução** proposto por Darwin **resume-se em seis etapas:** 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia; 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes; 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc); 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole; 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos; 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem. Observe que Charles Darwin afirmava que o **mecanismo de hereditariedade** apresenta **aleatoriedade**, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias. Portanto, a teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto. Segundo Uzunian *et al.* (2008), o conceito darwinista de evolução pode ser assim **resumido:** o meio seleciona variações casuais, visando à adaptação. Darwin considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, até mesmo a humana (o que foi difícil de ser aceito na época). Para ele, as espécies estavam relacionadas evolutivamente, ou seja, compartilhavam um



ancestral em algum ponto de sua história evolutiva. Mas o **principal problema** dessa ideia era a falta de uma teoria que explicasse a origem e a transmissão das variações. Hoje sabemos que essas variações podem ser explicadas pela existência dos genes, da mutação e da recombinação genética, resultante da meiose e da fecundação no processo de reprodução sexuada. Nas primeiras décadas do século XX, houve uma síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações, que deu origem à **Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo**, que é aceita consensualmente pela comunidade científica. Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).

Os seres vivos são organizados em **cinco reinos** com base na **organização celular e no tipo de nutrição**, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae. **O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.** As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera. As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista. As bactérias possuem célula procariótica, ou seja, seu DNA fica disperso no citoplasma. Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca. Existem organismos **unicelulares**, formados de apenas uma célula e **pluricelulares**, formados por mais de uma célula.

**Célula** é a menor unidade morfofisiológica de um organismo. Todos os seres vivos são formados por células. A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo. Existem apenas dois tipos de célula, a célula **procariótica e a eucariótica**. Qualquer que seja o tipo de célula, sempre apresentará as seguintes partes, consideradas **componentes mínimos**: membrana plasmática, hialoplasma, ribossomos e cromatina. Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo. **Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo, e pode ser animal ou vegetal.** A célula eucariótica vegetal se distingue da célula eucariótica animal, por apresentar parede celular celulósica, grandes vacúolos e cloroplastos, e não possuir centríolos.

**Metabolismo** é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo. **Anaeróbio** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação. **Aeróbio** é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular. A respiração celular aeróbica é muito mais eficiente que a fermentação do ponto de vista energético, isso teria favorecido o desenvolvimento de seres maiores e mais complexos por terem maior quantidade de energia extraída da quebra da glicose. **Heterotrófico** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, e fazem isso por meio da nutrição. **Fagocitose** é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células. Nas amebas, por exemplo, a fagocitose é um processo de nutrição. Já nos leucócitos é um processo de defesa do organismo. **Autotrófico** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**. A fotossíntese ocorre em organismos clorofilados que absorvem a energia luminosa, e transformam o gás carbônico e a água em glicose e gás oxigênio. A glicose é um carboidrato simples (um açúcar), considerada a molécula energética dos organismos, ou seja, a glicose é o “alimento”. A **quimiossíntese** ocorre em algumas bactérias, que fabrica glicose (matéria orgânica) a partir de gás carbônico, água e outras substâncias inorgânicas (como amônia, ferro, nitrito e enxofre), sem a utilização de energia luminosa.

Na célula eucariótica ou célula nucleada existe uma região entre a membrana plasmática e o núcleo, chamada **citoplasma**. No citoplasma há um material gelatinoso, o **citossol** (também chamado hialoplasma ou matriz do citoplasma) onde ocorrem diversas reações químicas do metabolismo e onde estão mergulhadas várias **organelas**, como: retículo endoplasmático liso e rugoso, ribossomos, sistema golgiense, lisossomos, peroxissomos, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto (um dos tipos de plastídios). Cada organela tem uma ou mais funções biológicas. As **mitocôndrias** participam da **respiração celular**, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais. No **cloroplasto** acontece a **fotossíntese**, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose. Os **plastídios ou plastos** são organelas celulares encontradas apenas em células eucarióticas vegetais que apresentam funções de

**fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento.** Os plastídios são classificados de acordo com o pigmento que possuem, sendo chamados de **cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.** **Cílios e flagelos** participam da locomoção da célula. Os **centríolos** colaboram na formação dos cílios e flagelos e participam da divisão celular em células animais.

Os **componentes do núcleo** são a **cromatina** (material genético = associação das moléculas de DNA com proteínas), os **nucléolos** e o **nucleoplasma**, todos envolvidos pelo envelope nuclear ou **carioteca**. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos. O **DNA** e o **RNA** são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da **síntese de proteínas.** O **DNA bacteriano** é circular, diferente do DNA dos eucariontes. **Gene** é um pedaço de DNA com uma informação sobre uma característica do organismo, seja ela morfológica ou do metabolismo. **Cromossomo** é o filamento que contém o material genético da célula, ou seja, é a fita de DNA. **Cromossomos homólogos** são os cromossomos que **ocorrem aos pares**, com forma e tamanho **semelhantes** e com os mesmos lócus gênicos. **Hereditariedade** é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.

Gregor Johann **Mendel** (1822-1884), considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a **hereditariedade.** Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um para de fatores (hoje denominados genes),** que **se separam** na formação dos **gametas.** Segundo Uzunian et al. (2008), a primeira lei de Mendel permite duas conclusões: cada gameta possui apenas um gene de cada caráter; e no par de genes que determina o caráter, um gene vem sempre do pai, e o outro vem da mãe. **Meiose** é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas, ou seja, meiose é a divisão celular que produz células germinativas - os gametas. Enquanto **mitose** é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas, ou seja, a mitose acontece nas células somáticas produzindo cópias idênticas delas, esse processo acontece durante o crescimento de um organismo ou durante a restauração de um tecido lesionado.

**Fontes consultadas:** LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. Biologia hoje. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.

BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3. – São Paulo: Anglo, 2008.

## TEXTO-APOIO A PARA O ALUNO

### CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA O ENTENDIMENTO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL

Existem vários **tipos de relações** entre os seres vivos. Algumas benéficas outras não. A **simbiose** (“vivendo junto”) é a associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados. Para Linhares e Gewandsznajder (2010), **simbiose é o nome antigo para mutualismo**, e hoje o termo simbiose é empregado para indicar qualquer associação permanente entre organismos de espécies diferentes. O **mutualismo ou mutualismo obrigatório** é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível. A **protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo** é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles, ou seja, se separados eles vivem independentes. Begon *et al.* (2007) explicam que o pensamento evolutivo atual vê **os mutualismos** como casos de **exploração recíproca**, não uma parceria agradável. Os seres vivos podem competir por nutrientes e energia. Existem dois tipos de **competição: intraespecífica** (ocorre entre seres da mesma espécie) e **interespecífica** (ocorre entre seres de espécies diferentes). Linhares e Gewandsznajder (2010), explicam que o **mutualismo** e a **protocooperação** são relações em que **não há prejuízo** para nenhum participante, já a **competição** é uma relação em que **há prejuízo** para pelo **menos um** dos participantes.

Linhares e Gewandsznajder (2010), afirmam que a **teoria da evolução** procura explicar: como todas as espécies **surgiram** na Terra; como elas podem se **transformar** ao longo do tempo e originar outras espécies; a razão de suas **semelhanças e diferenças**; e por que os seres vivos possuem **adaptações** que os ajudam a **sobreviver** e se **reproduzir** em seu ambiente. O pensamento predominante no século XVIII era o **fixismo**, que defendia que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características, ou seja, as espécies não mudariam, embora algumas pudessem se extinguir. Em 1809, o naturalista Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck** (1744-1829) sugeriu um mecanismo para explicar a **transformação das espécies** no livro *Philosophie zoologique* (Filosofia zoológica). Contrariando as ideias fixistas da época, **Lamarck defendia que os organismos atuais surgiram de outros mais simples e teriam uma tendência a se transformar, gradualmente, de seres mais simples em seres mais complexos**. Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução. Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. De acordo com a Lei do Uso e Desuso, um órgão desenvolvia-se com o uso e atrofiava-se com o desuso. Essa lei apresenta uma verdade apenas parcial, porque hoje sabemos que o ambiente só pode alterar as características do organismo dentro de certos limites predeterminados pelo gene. A **Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos** afirma que o **caráter adquirido** (resultante do desenvolvimento pelo uso ou da atrofia pelo desuso) **seria transmitido aos descendentes**. Mas segundo Linhares e Gewandsznajder (2010), em 1870 e 1875, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) estabeleceu a existência de **duas linhagens de células** – as **germinativas** (que originam os gametas) e as **somáticas** (que formam o corpo) – e mostrou que apenas as modificações surgidas na linhagem germinativa se transferem aos descendentes. Portanto o trabalho de Weismann foi uma **evidência contrária** a Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.

Em 1859 o naturalista inglês Charles Robert **Darwin** (1809-1882) publicou suas ideias no livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*. Darwin admitia que **espécies semelhantes seriam descendentes de uma espécie ancestral comum, existente no passado, e teriam surgido por meio de**

**uma série de modificações.** Darwin considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, até mesmo a humana (o que foi difícil de ser aceito na época). Ele concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou reproduzir-se. Os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes, e assim teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis. Nessas condições, **as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: “Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de **seleção natural**”. O **mecanismo da evolução** proposto por Darwin **resume-se em seis etapas:** 1) os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia; 2) boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes; 3) se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam de forma acelerada, em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, etc); 4) como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sua prole; 5) apenas alguns, os mais aptos, sobrevivem e deixam filhos (seleção natural). A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos, que, por serem hereditárias, serão transmitidas a seus filhos; 6) pela seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem. Observe que Charles Darwin afirmava que o **mecanismo de hereditariedade** apresenta **aleatoriedade**, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias. Portanto, **a teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto.** Segundo Uzunian *et al.* (2008), o conceito darwinista de evolução pode ser assim **resumido:** o meio seleciona variações casuais, visando à adaptação. Mas o principal **problema** dessa ideia era a falta de uma teoria que explicasse **a origem e a transmissão das variações.** Hoje sabemos que essas variações podem ser explicadas pela existência dos genes, da mutação e da recombinação genética, resultante da meiose e da fecundação no processo de reprodução sexuada. Nas primeiras décadas do século XX, houve uma síntese entre o darwinismo, as leis de Mendel e o conhecimento das mutações, que deu origem à **Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo**, que é aceita consensualmente pela comunidade científica. Essa teoria analisa os fatores que alteram a frequência dos genes nas populações, como a mutação, a seleção natural, a migração seguida de isolamento geográfico e reprodutivo, e a deriva genética (mudança ao acaso na frequência dos genes).

Os seres vivos são organizados em **cinco reinos** com base na **organização celular e no tipo de nutrição**, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae. **O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.** As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera. As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista. As bactérias possuem célula procariótica, ou seja, seu DNA fica disperso no citoplasma. Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca. Existem organismos **unicelulares**, formados de apenas uma célula e **pluricelulares**, formados por mais de uma célula.

**Célula** é a menor unidade morfofisiológica de um organismo. Todos os seres vivos são formados por células. A célula é a menor unidade viva de um organismo, nela ocorrem todas as reações do metabolismo. As células surgem sempre de outras células, sendo que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo. Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica. Qualquer que seja o tipo de célula, sempre apresentará as seguintes partes, consideradas componentes mínimos: membrana plasmática, hialoplasma, ribossomos e cromatina. Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo. Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo, e pode ser animal ou vegetal. A célula

eucariótica vegetal se distingue da célula eucariótica animal, por apresentar parede celular celulósica, grandes vacúolos e cloroplastos, e não possuem centríolos.

**Metabolismo** é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo. **Anaeróbio** é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia, ele consegue energia quebrando a glicose por meio da fermentação. **Aeróbio** é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular. A respiração celular aeróbica é muito mais eficiente que a fermentação do ponto de vista energético, isso teria favorecido o desenvolvimento de seres maiores e mais complexos por terem maior quantidade de energia extraída da quebra da glicose. **Heterotrófico** é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, e fazem isso por meio da nutrição. **Fagocitose** é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células. Nas amebas, por exemplo, a fagocitose é um processo de nutrição. Já nos leucócitos é um processo de defesa do organismo. **Autotrófico** é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento por meio da **fotossíntese** ou da **quimiossíntese**. A fotossíntese ocorre em organismos clorofilados que absorvem a energia luminosa, e transformam o gás carbônico e a água em glicose e gás oxigênio. A glicose é um carboidrato simples (um açúcar), considerada a molécula energética dos organismos, ou seja, a glicose é o “alimento”. A **quimiossíntese** ocorre em algumas bactérias, que fabrica glicose (matéria orgânica) a partir de gás carbônico, água e outras substâncias inorgânicas (como amônia, ferro, nitrito e enxofre), sem a utilização de energia luminosa.

Na célula eucariótica ou célula nucleada existe uma região entre a membrana plasmática e o núcleo, chamada **citoplasma**. No citoplasma há um material gelatinoso, o **citosol** (também chamado hialoplasma ou matriz do citoplasma) onde ocorrem diversas reações químicas do metabolismo e onde estão mergulhadas várias **organelas**, como: retículo endoplasmático liso e rugoso, ribossomos, sistema golgiense, lisossomos, peroxissomos, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto (um dos tipos de plastídios). Cada organela tem uma ou mais função biológica. As **mitocôndrias** participam da **respiração celular**, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais. No **cloroplasto** acontece a **fotossíntese**, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose. Os **plastídios** ou **plastos** são organelas celulares encontradas apenas em células eucarióticas vegetais que apresentam funções de **fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento**. Os plastídios são classificados de acordo com o pigmento que possuem, sendo chamados de **cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos**. **Cílios e flagelos** participam da locomoção da célula. Os **centríolos** colaboram na formação dos cílios e flagelos e participam da divisão celular em células animais.

Os **componentes do núcleo** são a **cromatina** (material genético = associação das moléculas de DNA com proteínas), os **nucléolos** e o **nucleoplasma**, todos envolvidos pelo envelope nuclear ou **carioteca**. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos. O **DNA** e o **RNA** são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da **síntese de proteínas**. O **DNA bacteriano** é circular, diferente do DNA dos eucariontes. **Gene** é um **pedaço de DNA** com uma informação sobre uma característica do organismo, seja ela morfológica ou do metabolismo. **Cromossomo** é o filamento que contém o material genético da célula, ou seja, é a fita de DNA. **Cromossomos homólogos** são os cromossomos que **ocorrem aos pares**, com forma e tamanho **semelhantes** e com os mesmos locos gênicos. **Hereditariedade** é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.

Gregor **Mendel** (1822-1884), considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma **teoria geral** para explicar a **hereditariedade**. Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por **um para de fatores (hoje denominados genes)**, que

**se separam** na formação dos **gametas**. Segundo Uzunian et al. (2008), a primeira lei de Mendel permite duas conclusões: cada gameta possui apenas um gene de cada caráter; e no par de genes que determina o caráter, um gene vem sempre do pai, e o outro vem da mãe. **Meiose** é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas, ou seja, meiose é a divisão celular que produz células germinativas - os gametas. Enquanto **mitose** é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas, ou seja, a mitose acontece nas células somáticas produzindo cópias idênticas delas, esse processo acontece durante o crescimento de um organismo ou durante a restauração de um tecido lesionado.

**Fontes consultadas:** LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia hoje*. V. 1. Citologia: reprodução e desenvolvimento: histologia: origem da vida. V. 2. Os seres vivos. V. 3. Genética: evolução: ecologia. – São Paulo: Ática, 2010.

BEGON, Michael, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L.; tradução Adriano Sanches Melo ...(*et al.*). – 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2007. 752p.

UZUNIAN, Armenio, DE CASTRO, Nelson Henrique, SASSON, Sezar, CALDINI JUNIOR, Nelson. *Anglo: ensino médio: livro-texto 1, 2 e 3*. – São Paulo: Anglo, 2008.

ALUNO(A): \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

## TESTE A

Releia com atenção as questões abaixo e marque **V** se a afirmação for **verdadeira**, e **F** se for **falsa**.

1. ( ) Existem vários tipos de relações entre os seres vivos. A simbiose é associação entre espécies diferentes na qual ambos são beneficiados.
2. ( ) Protocooperação, cooperação ou mutualismo facultativo é a associação onde indivíduos de espécies diferentes obtêm benefícios mútuos sem que haja dependência entre eles.
3. ( ) Mutualismo ou mutualismo obrigatório é a associação entre espécies diferentes com benefícios mútuos e grande interdependência, de tal ordem que a vida em separado se torna impossível.
4. ( ) Os seres vivos competem por nutrientes e energia. Existem dois tipos de competição: intraespecífica e interespecífica.
5. ( ) Evolução é o processo por meio do qual as espécies se modificam ao longo do tempo.
6. ( ) Jean-Baptiste Lamarck afirmava que as espécies sofriam modificações ao longo do tempo, o que possibilitava a evolução.
7. ( ) Lamarck afirmava que as mudanças adaptativas nos organismos eram provocadas pela Lei do Uso e Desuso e transmitidas para os descendentes pela Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos.
8. ( ) Charles Darwin afirmava que a evolução se dá por meio da seleção natural.
9. ( ) Charles Darwin afirmava que o mecanismo de hereditariedade apresenta aleatoriedade, uma vez que os organismos podem apresentar variações, modificações casuais que nascem com o indivíduo, que não são obrigatoriamente adaptativas e podem ser hereditárias.
10. ( ) A teoria darwinista diz que a luta pela vida não leva obrigatoriamente à sobrevivência do mais forte, mas sim à do mais apto.
11. ( ) Os seres vivos são organizados em cinco reinos com base na organização celular e no tipo de nutrição, são eles: Reino Monera, Reino Protista ou Protoctista, Reino Fungi, Reino Animalia e Reino Plantae.
12. ( ) As bactérias e as cianobactérias pertencem ao Reino Monera.
13. ( ) As algas e os protozoários pertencem ao Reino Protoctista.
14. ( ) O Reino Monera é o único formado por procariontes, os demais são formados por eucariontes.
15. ( ) Os protozoários, algas, fungos, vegetais e animais possuem célula eucariótica, ou seja, seu DNA fica envolvido pela carioteca.
16. ( ) Existem organismos unicelulares, formados de apenas uma célula e pluricelulares, formados por mais de uma célula.
17. ( ) Célula é a menor unidade morfofisiológica de um organismo.
18. ( ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula animal e a vegetal.
19. ( ) Existem apenas dois tipos de célula, a célula procariótica e a eucariótica.
20. ( ) Célula procariótica se caracteriza por não apresentar núcleo.
21. ( ) Célula eucariótica se caracteriza por apresentar núcleo.
22. ( ) Metabolismo é o conjunto de processos químicos que ocorrem no interior de um organismo.
23. ( ) Anaeróbico é o ser vivo que não depende do gás oxigênio para obter energia.
24. ( ) Aeróbico é o ser vivo que depende do gás oxigênio para obter energia do alimento pelo processo de respiração celular.
25. ( ) Heterotrófico é o organismo que obtém de outros seres vivos as substâncias de que necessita, pois não realiza processos como a fotossíntese ou a quimiossíntese.
26. ( ) Autotrófico é o organismo que fabrica açúcares a partir de substâncias minerais, ou seja, fabrica seu próprio alimento.
27. ( ) Fagocitose é o processo pelo qual a célula engloba partículas sólidas ou outras células.
28. ( ) A célula eucariótica possui várias organelas, por exemplo, retículo endoplasmático liso e rugoso, sistema golgiense, vacúolo, centríolos, cílios, flagelos, mitocôndria e cloroplasto.

29. ( ) As mitocôndrias participam da fotossíntese, processo pelo qual a célula obtém energia para realizar suas funções vitais.
30. ( ) No cloroplasto acontece a respiração celular, processo pelo qual a célula produz seu alimento, a glicose.
31. ( ) Os plastídios ou plastos (cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos) são organelas celulares encontradas em células animais que apresentam funções de fotossíntese, síntese de aminoácidos e ácidos graxos, além de armazenamento.
32. ( ) Cílios e flagelos participam da locomoção da célula.
33. ( ) O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético dos organismos.
34. ( ) O DNA e o RNA são ácidos nucleicos, que em conjunto controlam a atividade da célula por meio da síntese de proteínas.
35. ( ) O DNA bacteriano é circular, diferente do DNA dos eucariontes.
36. ( ) Gene é um fragmento de DNA capaz de traduzir uma informação.
37. ( ) Hereditariedade é o conjunto de processos biológicos que resultam na transmissão de caracteres de uma geração às outras por meio de genes.
38. ( ) Gregor Mendel, considerado pai da Genética, realizou experimentos com ervilhas que permitiram o desenvolvimento de uma teoria geral para explicar a hereditariedade.
39. ( ) Mendel em sua primeira lei, afirma que cada caráter é determinado por um par de fatores, que se separam na formação dos gametas.
40. ( ) Mitose é um tipo de divisão celular que produz células com o mesmo número de cromossomos e geneticamente idênticas.
41. ( ) Meiose é um tipo de divisão celular que produz células com a metade do número de cromossomos e geneticamente distintas.



ALUNO(A): \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

## PRÉ-TESTE BC

A tabela abaixo apresenta alguns conceitos em duplas. Leia com atenção e com base em seus conhecimentos **assinale X** em:

0. Se você **nunca estudou, nem ouviu falar** sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso **não sabe dizer se há relação** entre eles.
1. Se você acredita que **não há relação** entre esses conceitos.
2. Se você **vê pouca relação** entre esses conceitos.
3. Se você **nunca estudou** esses conceitos, **mas vê relação** entre eles.
4. Se você **já estudou** esses conceitos e acredita que **há uma relação** entre eles.
5. Se você **tem certeza** que esses conceitos estão **completamente relacionados**.

CONCEITOS	0	1	2	3	4	5
Ciência + incerteza						
Ciência + probabilidade						
Teoria da Complexidade + sistemas abertos						
Sistemas abertos + Floresta Amazônica						
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos						
Pensamento sistêmico + complexidade						
Pensamento sistêmico + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Complexidade + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-organização						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-regulação						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + acoplamento estrutural						
Simbiose + simbiogênese						
Simbiose + evolução						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + lamarckismo						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + darwinismo						
Evolução + adaptação da espécie ao meio						
Evolução + adaptação do meio pela espécie						
Evolução + competição						
Evolução + cooperação						
Evolução + célula nucleada						
Bactérias simbiotes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)						
Inovação evolutiva + simbiogênese						
Endossimbiose Sequencial + formação da célula eucariótica						
Célula animal + maior complexidade						
Célula vegetal + maior complexidade						
Planeta simbiótico + seres humanos simbiotes						

TEXTO-APOIO B PARA O PROFESSOR

INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

O principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos. A **ciência moderna ou tradicional** deu conta de responder a várias perguntas, solucionar e explicar vários fenômenos até agora, mas surgiram alguns desafios contemporâneos que **não** são respondidos pela ciência moderna. A ciência moderna ou tradicional obedece ao pensamento cartesiano e suas bases filosóficas são: o **racionalismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos racionalmente); o **determinismo** (os fenômenos naturais podem ser compreendidos em termos de causa e efeito); e a **compartimentalização** (o universo funciona como um relógio, que pode ser entendido se compreendermos cada uma de suas partes). De Paulo (2002) nos explica que a ciência moderna usa, portanto, do **método científico**, no qual os sistemas são descritos isoladamente, tendo como metodologia os estudos feitos em laboratório, mantendo diversas variáveis sob controle. Os sistemas que têm as variáveis sob controle são os chamados **sistemas isolados**, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**. Essa ciência desenvolvida entre os séculos XVI e XX teve como objeto de estudo os sistemas isolados. Os sistemas isolados podem ser considerados como sistemas próximos do equilíbrio, já que, se os fluxos de entrada e saída forem interrompidos, os sistemas tendem ao equilíbrio.

Mas na primeira metade do século XX surge a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então. A observação do mundo microscópico mostrou que a **interação entre sujeito e objeto interfere na medida** que estamos estudando, é então legítimo que o mundo microscópico, segundo a interpretação de Copenhagen se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo. Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**. Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente. Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**.

A **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. Uma abordagem recente, a Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis (1938-2011), advoga que **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**. Margulis (2001) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, a progênie não nasce com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, o que esquia de uma perspectiva determinista. Para Darwin essas pequenas variações genéticas tornaria um ou outra variante de uma espécie mais apta a viver num dado ambiente, ou seja, o ambiente naturalmente selecionaria a espécie com a variante mais adaptável aquela situação, para ele isso é **seleção natural**.

Alguns fenômenos contemporâneos como as mudanças climáticas, a variabilidade do comportamento da economia, o surgimento e desaparecimento de novas configurações sociais, o funcionamento imunológico, a plasticidade cerebral, e a evolução ou extinção de espécies vêm sendo abordados de modo diferente da ciência moderna, pois essa não dá conta de explicar esses fenômenos. Surge então um **novo paradigma na ciência**, um novo modo de pensar e fazer ciência: a **Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade**.

O termo complexidade aqui é entendido como qualidade do que é complexo. **Complexo** é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos. **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída**. Os fluxos podem ser constituídos por matéria, energia ou quantidade de movimento.

A **caracterização dos sistemas complexos** está em construção, mas **Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig** nos ajudam a entendê-los. Esses autores explicam que a complexidade é

encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender **como a vida surge e se mantém**. Existem três princípios onipresentes nos processos de organização da vida: adaptabilidade, estabilidade e inter-relacionamento. Os sistemas complexos são simples, criativos e geram padrões complexos.

Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma **dinamicidade fundamental**, uma vez que os mesmos estão em **constante evolução** sendo formados por várias unidades, que são **totalidades integradas** e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. EX: no corpo humano existem trilhões de células.
- **Interatividade**, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema. EX: embora cada célula do nosso corpo tenha uma função específica, todas trabalham de maneira integrada, elas cooperam entre si para garantir a manutenção da vida.
- São **abertos**, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um **contínuo fluxo de energia e matéria**. EX: a reciclagem de nutrientes que fungos realizam, a germinação de uma semente, etc.
- **Frustração**, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, **o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório**. EX: um neurônio pode disparar ou não uma resposta ao estímulo recebido, dentre vários outros recebidos naquele momento.
- **Aprendizagem**, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando novos comportamentos num processo adaptativo. EX: nosso organismo é adaptativo e evolui na constante interação com o entorno, podemos ter um câncer estimulado pela alimentação industrializada e pela má gestão das emoções.
- **Aleatoriedade**, algumas características do sistema são distribuídas ao acaso, dependendo das flutuações do meio. EX: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora ou subestima.
- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. Caso os sistemas complexos cheguem ao equilíbrio eles morrem. Na ciência tradicional, há uma grandeza que pode medir o estado de equilíbrio de um sistema: a **entropia**. De um ponto de vista informal, a entropia pode ser tida como o **grau de desorganização de um sistema**. A tendência de um sistema ficar cada vez menos organizado é formalizada pela chamada **Segunda Lei da Termodinâmica**, que expressa: A ENTROPIA DE UM SISTEMA ISOLADO SEMPRE TENDE A AUMENTAR. Contudo há processos espontâneos naturais que parecem desafiar esse princípio. Vale então perguntar, existe algum sistema **realmente isolado**? O único sistema isolado que podemos imaginar é o próprio Universo. Como não existe nada além do Universo e, portanto, não pode haver fluxos de entrada ou saída, ele é o único sistema isolado. De forma coerente com a Segunda Lei da Termodinâmica, a entropia total do Universo é crescente. Ilya Prigogine explica que embora a Segunda Lei da Termodinâmica estabeleça que a entropia dos sistemas tende a aumentar, é possível que, em determinadas situações, a entropia interna de um sistema diminua espontaneamente, processo que ele denominou **auto-organização**. Ou seja, auto-organização corresponde à **diminuição espontânea da entropia interna de um sistema**. Os fatores que provocam tal diminuição são as **forças naturais: força gravitacional e a força eletromagnética**. Assim, no quadro geral do Universo, temos que **os processos naturais ocorrem na tensão entre dois fatores antagônicos**: de um lado está a Segunda Lei da Termodinâmica, que faz com que os sistemas fiquem cada vez mais desorganizados; de outro, as forças naturais, que tendem a organizar os sistemas. EX: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes. Maturana e Varela (1997) explica que o ser vivo é, como ente, uma dinâmica molecular, não um conjunto de moléculas e o viver é a realização sem interrupção dessa dinâmica em uma configuração tal que as relações permitem um contínuo fluxo molecular. Viver é e existe como uma dinâmica molecular.

Não é que o ser vivo utilize essa dinâmica para ser, produzir-se ou regenerar-se, mas que é essa dinâmica que de fato o constitui como ente vivo na autonomia do seu viver.

- Uma **hierarquia**, já que um estímulo é **tratado em níveis diferentes dependendo do grau de interação ou importância** para o sistema. EX: um sinal luminoso que atinge nossos olhos é tratado em diferentes níveis ao atingir nossa retina, até ser decodificado pelo cérebro como uma imagem.
- **Atratores e estrutura fractal**, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Sistemas complexos apresentam dimensionalidade fracionária, nada na natureza é absolutamente tridimensional, cada forma apresenta um desenho intrincado com orifícios, saliências, reentrâncias, sinuosidades e inúmeras irregularidades estruturais. Todas as formas da natureza são formas fractais, e são elas que regem os sistemas complexos. A dimensão fractal quantifica, de certo modo, o **grau de irregularidade ou fragmentação** do conjunto considerado. Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**. Ou seja, **a forma do todo é semelhante a si mesma em todos os níveis de escala**, o mesmo padrão se repete muitas vezes. EX: couve-flor, se analisarmos um pedaço veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura, guardando semelhança com o todo; outros exemplos são ramificações de relâmpagos, bordas de nuvens, bifurcações de grandes rios, ramificações de uma árvore, samambaia, ramificações dos vasos sanguíneos, etc.
- **Histerese**, já que o sistema pode **manter sua estabilidade por algum tempo**, numa certa “paisagem”, dependendo criticamente da sua história anterior. EX:?
- **Propriedades coletivas emergentes**, que são características qualitativamente **novas que surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem ou cooperam** entre si. EX: a aprendizagem e a memória.

A interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade. **Lynn Margulis** tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação**. Enquanto **Darwin** vê na natureza **o adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses**. Em sua obra, TES, existe o conceito de **acoplamento estrutural** na perspectiva da complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos. Lynn advoga que as espécies que mais tempo permanecem no planeta desenvolvem habilidades de cooperação e ainda que em geral os indivíduos de uma espécie adaptam o meio para otimizar sua permanência.

É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células, como meio de realização de sua **autopoiese**. **Sistemas autopoieticos** são sistemas que **continuamente especificam e produzem sua própria organização** através da produção de seus próprios componentes. Tais sistemas são o resultado da deriva natural de linhagens nas quais se manteve essa junção. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma junção tão íntima que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo**. Em síntese, podemos pensar que “auto” tem a ver com sistemas “auto-organizadores” e portanto autônomos no processo de organização de si mesmos, e “poiese”, tem a ver com construção, logo **“autopoiese” implica em auto-organização**. Todos os seres vivos são autopoieticos. E nesse sentido a complexidade aparece quando o grau de interação entre os vários componentes do sistema é suficientemente alto para que a análise dos sistemas em subsistemas não faça mais sentido.

Lynn Margulis, nascida em Chicago, dia 5 de março de 1938, era bióloga e professora na Universidade de Massachusetts. Apresentaremos agora uma breve **biografia** da autora da TES. Em seu livro Planeta

simbiótico: uma nova perspectiva da evolução, de 2001, Margulis conta todo o caminho que percorreu para chegar ao desenvolvimento da Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES. Ela conta que quando estava na oitava série se convenceu de mudar de escola, saiu escondida dos pais da particular Universidade de Chicago para a escola pública *Hyde Park High School* de cinco mil alunos onde havia uma variedade muito maior de namorados. Depois de doze semanas seus pais descobriram e após muito choro e conversa eles aceitaram sua decisão. Após dois anos nessa escola pública onde terminou o ensino médio, ela entrou novamente na Universidade de Chicago, mas agora para frequentar a faculdade como caloura precoce com quatorze anos, e foi instruída a voltar a ser uma boa aluna como antes da *Hyde Park*.

Nesse período de faculdade, Margulis conheceu Carl Sagan e eles se apaixonaram. Aos **dezenove anos** Margulis se casou com Sagan e se **graduou bacharel em Ciências Humanas sem especialização**. Eles se mudaram para Madison, onde Carl trabalhava com estudante de pós-graduação em Ciência Planetária na Universidade de Wisconsin e ela era **mestranda** decidida a estudar **genética**. Para Margulis o estudo da genética é o caminho certo para reconstruir a evolução, a história da vida primitiva, pré-humana na Terra. Nesse período ela se perguntava: **o que aconteceu com a vida em si mesma na Terra em seus primeiros dias?**

Depois de algum tempo estudando genética de populações, Margulis já não estava propensa a se concentrar de forma monomaniaca no núcleo da célula como seus colegas faziam. Seu trabalho começou de forma não convencional, **ela estudava os sistemas genéticos residentes em estruturas celulares (organelas) fora do núcleo, os genes citoplasmáticos**, área da genética ignorada naquela época, que se chamava **hereditariedade citoplasmática** ou **genética citoplasmática**. As pesquisas nessa área começaram na primeira década do século XX, na mesma época em que começaram os trabalhos em genética nuclear. Ambas as linhas de pesquisa tiveram início com a **redescoberta em 1900** do trabalho de **Gregor Mendel**, que havia estabelecido em **1865** a existência **somente dos genes nucleares, que chamou de “fatores”**. Esses fatores nucleares de Mendel (que se tornaram os genes nucleares) **não** estavam sozinhos no processo hereditário, **havia também sistemas genéticos não nucleares** (ou citoplasmáticos). Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam, portanto os **fatores de Mendel** foram correlacionados à **hereditariedade de características inalteradas**.

Era tido como verdade que **os genes ficavam nos cromossomos dentro do núcleo da célula**, esse conhecimento podia ser resumido como a “base cromossômica da hereditariedade”. Entretanto embriologistas e botânicos continuaram a afirmar que **os genes citoplasmáticos** nos óvulos de plantas e animais, não dentro do núcleo, **também exerciam controle sobre a hereditariedade. A hereditariedade da célula, tanto nuclear como citoplasmática, sempre deve ser considerada para toda a célula, todo o organismo**.

Margulis explica que desde a **década de 1930**, quando os primeiros trabalhos sobre bioquímica foram realizados na Alemanha e na Inglaterra, estabeleceu-se, que a **partir de leveduras e outros fungos, que a mitocôndria contém seus próprios genes**. Na virada do século **XIX para o XX**, os botânicos H. De Vries e C. Correns descobriram que **os cloroplastos das algas e das plantas também contém seus próprios genes**. Margulis confirmava cada vez mais sua suspeita da graduação de que havia alguma coisa reducionista demais, limitadora demais na ideia de que os genes no núcleo determinam todas as características de animais e plantas. Foi então que ela começou um trabalho de “detetive” nas bibliotecas, lendo muitas dissertações sobre os fatores citoplasmáticos dos “óvulos vegetais” que mostravam genes misteriosos fora do núcleo. Ela estudou os trabalhos de **Ruth Sager e Francis Ryan** sobre os genes citoplasmáticos de bolores coletados pelo pesquisador italiano Gino Pontecorvo. Segundo Margulis (2001), experiências descritas por esses autores mostraram que **dois tipos de organelas, estruturas fechadas por membranas dentro das células mas fora do núcleo, plastídios e mitocôndrias, haviam influenciado de forma significativa a hereditariedade**. As referências nesses livros a levaram a *The Cell in Development and Heredity*, a obra-prima de **1928 de E. B. Wilson**. Wilson reviu antigos livros que falavam sobre a **similaridade das organelas celulares, os plastídios e as mitocôndrias, com micróbios livres**. Essa pista levou Margulis a estudar os micróbios na literatura sobre simbiose. À medida que notava a abundância de encontros simbióticos na natureza, sobretudo bactérias vivendo junto com (e às vezes dentro) células de insetos e vermes, ela foi se interessando pelos primeiros pesquisadores que Wilson citava: **I. E. Wallin, K. S.**

**Merezhkovsky e A. S. Famintsyn.** Margulis julgou que **esses autores estavam certos** ao supor que **partes não nucleares das células, com sua própria hereditariedade peculiar, eram formas remanescentes de bactérias antes livres.** Para ela parecia obvio que havia **sistemas duplos de hereditariedade** com células dentro de células.

Em 1960 com 22 anos e mãe de dois garotos, Margulis entrou para a **Universidade da Califórnia** em Berkeley como estudante de pós-graduação no departamento de genética. Lá ela percebeu que não havia **nenhuma** relação entre os membros do departamento de paleontologia, onde se estudava a evolução, e os do departamento de genética, onde a evolução mal era mencionada e seus membros desconheciam a ciência genética dos ciliados. Esse desinteresse e ignorância surpreenderam Margulis, mas não a detiveram. Margulis ficou fascinada pela **genética do paramécio**, o ciliado, e pelo expositor da teoria, **Tracy Sonneborn (1875-1970)**. Sonneborn, junto com a pesquisadora Jannine Beisson, relatou que se os cílios do paramécio são cirurgicamente removidos em bloco com suas bases e girados cerca de 180 graus sobre a superfície celular e, depois recolocados, eles aparecerão em células descendentes, por pelo menos 200 gerações, nessa posição inversa. Ou seja, os cílios se reproduziam e a **mudança experimentalmente induzida pelos cientistas foi herdada.** Esse era um exemplo de herança de características adquiridas – **lamarckismo.**

Margulis coletou mais exemplos de **hereditariedade não mendeliana (não nuclear)** em uma grande variedade de espécies de plantas como *Eupatorium*, *Zea* (milho), *Mirabilis jalapa* (maravilha) e *Oenothera*; e de algas como *Chlamydomonas* (alga verde). Ela também estudou mutantes de leveduras não nucleares deficientes na respiração de oxigênio (conhecidos como “petites”), que crescem lentamente e formam pequenas colônias; e o padrão de hereditariedade “assassino-kappa” do ciliado paramécio, fenômeno descrito por Sonneborn, que observou que alguns paramécios haviam nascido para matar outros, geneticamente diferentes. Ela estudou ainda o trabalho de Edouard Chatton (1883-1947) e Lemuel Roscoe Cleveland (1892-1969).

Essas fontes diversas de informações comprovaram o que Margulis pressentia: **as bactérias, e não os genes nus** como H. J. Muller (1890-1967) falava (Muller anunciou a existência de genes nus, pelo menos em princípio, no cerne da vida, referindo que a hereditariedade “não nuclear” fosse “obscura”), **residem fora do núcleo, mas dentro das células de muitos protistas, leveduras e até plantas e animais.** Ficou claro para ela que **pelo menos três classes de organelas fechadas por membranas (plastídios, mitocôndrias e cílios), todas fora do núcleo, lembravam as bactérias em termos de comportamento e metabolismo.** Para ela uma **cianobactéria capturada** que solta sua parede para residir e crescer confortavelmente no citoplasma de uma célula vegetal parecia ser exatamente a organela que todos denominavam **cloroplasto.** Margulis previu que o plastídio, nascido como bactéria capturada, deveria ter retido algum **DNA bacteriano.**

A primeira exposição completa da teoria de Margulis foi publicada em **1967**, depois de mais de 15 rejeições. Quando finalmente foi publicada trocaram o título de “Origem das células mitóticas” para “*Serial Endosymbiosis Theory - SET*” (Teoria da Endossimbiose Sequencial - TES) e usaram seu nome de casada Lynn Sagan. Em **1969**, Margulis grávida de sua filha Jennifer no segundo casamento permaneceu em casa por longos períodos, o que permitiu a ela expandir a **TES em um livro.** Depois de rejeitado pela Academic Press de Nova York e da perda do manuscrito, o livro foi publicado bem mais tarde pela Yale University Press.

Segundo Margulis (2001), ao longo das décadas de **1970 e 1980**, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.**

Antes de explicar melhor a TES, Margulis fala sobre a simbiose e a simbiogênese. **Simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico.** Margulis explica que a simbiose é muito mais presente do que pensamos, a começar por nós seres humanos, nossos intestinos e cílios estão infestados de bactérias e simbiontes animais, como vermes. **Somos simbiotes em um planeta simbiótico e, se prestarmos atenção, podemos encontrar a simbiose em todos os lugares** (MARGULIS, 2001, p.13).

Margulis explica ainda que **o contato físico é um requisito inegociável para muitos tipos diferentes de vida**. Um dos predecessores científicos mais importantes dela compreendia e explicava por completo o papel da simbiose na evolução. Este foi Ivan E. Wallin (1883-1969) que afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. Ele deu ênfase especial à simbiose entre animais e bactérias, um processo que chamou de “o estabelecimento de complexos microssimbióticos”. Hoje se usa o termo evolutivo, **simbiogênese**, para referir à **origem de novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente** ou de longo prazo. Margulis explica que **a simbiose duradoura levou primeiro à evolução de células complexas com núcleos e a partir daí a outros organismos, como fungos, animais e plantas**.

Para Margulis a **simbiogênese é uma forma de neolamarckismo**. No lamarckismo simples, os organismos herdam traços induzidos em seus pais pelas condições ambientais, enquanto na simbiogênese os organismos adquirem não traços, mas outros organismos inteiros, e, é claro, seus conjuntos de genes completos, ou seja, a **simbiogênese é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos**. A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos. As formas de vida simbiogenéticas são ainda mais diferentes do que seus “pais”. Indivíduos estão sempre se fundindo e regulando sua reprodução. Eles geram novas populações que se tornam novos indivíduos simbióticos compostos por múltiplas unidades. **A simbiose é um evento natural e comum na natureza**.

Margulis cita alguns exemplos de simbiotes:

- Em Brittany/ França e nas praias junto ao Canal da Mancha há “alga marinha” sobre a areia em poças rasas, na verdade são vermes verdes, que são aglomerados do platelminto *Convoluta roscoffensis* que em seus tecidos possui *Platymonas*, uma alga fotossintetizante. As algas simbióticas chegam a fazer um favor ao verme no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, pois elas reciclam o resíduo de ácido úrico do verme em nutrientes para elas mesmas. Algas e vermes compõem um ecossistema em miniatura nadando ao sol. Sem um microscópio de grande potência é difícil dizer onde termina o animal e começa a alga, de tão íntimos que são.
- Uma parceria abundante envolve corpos de caracóis *Plachobranthus* que abrigam simbiotes verdes crescendo em fileiras tão uniformes que parecem ter sido plantados. Esses caracóis gigantes agem como jardins vivos, nos quais seus corpos mantêm as algas voltadas em direção à luz.
- *Mastigias* é um medusóide de tipo caravela que nada no oceano Pacífico. Como uma série de pequenos guarda-chuvas verdes, medusóides *Mastigias* flutuam aos milhares junto aos raios de luz na superfície da água.

Segundo Margulis, todos os 30 milhões de espécies de nós, animais, têm origem no microcosmo. O mundo microbiano, manancial do solo e do ar, denuncia nossa própria sobrevivência. Um dos principais temas do drama microbiano é o surgimento de **individualidade** a partir das interações de comunidade de atores antes independentes. **A tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização**.

Margulis e seus alunos da Universidade de Massachusetts descobriram um exemplo de individualidade emergente. Trata-se do *Ophrydium*, uma espuma de água doce parada que, a um olhar mais atento parece ser composta de contáveis corpos de “bolas de gelatina” verde. A maior bola de gelatina verde “individual” é composta de “indivíduos” menores em forma de cone ativamente contráteis. Estes, por sua vez, são compósitos: *Chlorellas* verdes vivem dentro de ciliados, todas dispostas em fileiras. Dentro de cada cone de cabeça para baixo há centenas de simbiotes esféricos, células de *Chlorella*. A *Chlorella* é uma alga verde comum; as algas do *Ophrydium* são colocadas a serviço da comunidade de bolas de gelatina. Cada “organismo individual” desta “espécie” é na verdade um grupo, um complexo simbiótico, um pacote de micróbios fechados por membranas que se assemelha e age como um indivíduo.

Margulis explica ainda que a TES é uma teoria da união, de incorporações de células e diferentes histórias e habilidades. Agora, como ao longo de toda a história da Terra, **associações de vida se formam e se desfazem**. As **simbioses**, tanto estáveis como efêmeras, **prevalecem**. A **ideia principal da TES**, segundo Margulis, é que **os genes extras no citoplasma** de células de animais, plantas e outras células nucleadas não

são “genes nus”: na verdade, eles **tiveram origem como genes bacterianos**. Os genes são um legado palpável de um passado violento, de competição e de tréguas. Há muito tempo, as **bactérias**, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, **se tornaram organelas**.

**Fontes consultadas:** DE PAULO, SÉRGIO ROBERTO e DE PAULO, IRAMAIA JORGE CABRAL. Apostila Teoria da Complexidade. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012.  
MARGULIS, LYNN. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.



## TEXTO-APOIO B PARA O ALUNO

### INTRODUÇÃO À TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE

O principal objetivo da ciência é compreender e descrever o mundo que habitamos. A **ciência moderna ou tradicional** estuda os sistemas isolados, que têm as variáveis sob controle, ou seja, sistemas em equilíbrio e que têm como característica a **previsibilidade, a causalidade e seu comportamento descrito por leis determinísticas**.

Na primeira metade do século XX surgiu a **Mecânica Quântica**, que descreve os fenômenos relacionados ao mundo atômico, desconhecidos até então. A observação do mundo microscópico mostrou que ele se torna **imprevisível** e a **incerteza** uma das peças fundamentais do Universo. Assim a Mecânica Quântica descreve os sistemas à luz da **probabilidade**. Depois disso várias áreas do conhecimento começaram a perceber que tanto as relações humanas como os fenômenos da natureza se constituíam em **sistemas abertos** não sendo possível estudar suas partes separadamente. Surge então por volta de 1980 um **novo paradigma na ciência**, um novo modo de pensar e fazer ciência: a **Teoria dos Sistemas Complexos ou Teoria da Complexidade**.

O termo **complexidade** aqui é entendido como qualidade do que é complexo. **Complexo** é construção composta de numerosos elementos interligados ou que funcionam como um todo, e ainda passível de ser encarado ou apreciado sob diversos ângulos. **Complexidade** é a ciência que estuda os **sistemas abertos**, que são sistemas fora do equilíbrio. “Abertos” significa que o sistema é caracterizado pela existência de **fluxos de entrada e saída** de matéria, energia ou quantidade de movimento.

A **caracterização dos sistemas abertos ou complexos** está em construção, mas **Ilya Prigogine, Grégoire Nicolis e Moisés Nussenzweig** nos ajudam a entendê-los. Esses autores explicam que a complexidade é encontrada em diversos contextos e tem a ver com a própria **manifestação da vida**. E como tal para estudar esses sistemas complexos é preciso compreender **como a vida surge e se mantém**. Dentre tantas características convém destacar que os sistemas complexos têm:

- Uma **dinamicidade fundamental**, uma vez que os mesmos estão em **constante evolução** sendo formados por várias unidades, que são **totalidades integradas** e só podem ser entendidas dentro de um contexto do todo maior. EX: no corpo humano existem trilhões de células.
- **Frustração**, uma vez que nem todos os estímulos são bem recebidos resultando em interações importantes para o sistema, ou seja, **o estímulo recebido pode ser excitatório ou inibitório**.
- **Atratores e estrutura fractal**, já que os sistemas abertos **sendo dinâmicos tendem a se estabilizar exibindo uma imagem que representa sua geometria fractal**. Mandelbrot explica que uma propriedade notável das formas na natureza ou fractais, é que apresentam padrões característicos que se repetem em uma escala descendente, de modo que suas partes, em qualquer escala, guardam um formato semelhante ao todo, essa propriedade se chama **auto-similaridade**. EX: couve-flor, se analisarmos um pedaço veremos que se parece exatamente com uma couve-flor miniatura.
- **Interatividade**, uma vez que cada unidade interage com seus pares e com várias unidades do próprio sistema.
- **Aleatoriedade**, algumas características do sistema são distribuídas **ao acaso**, dependendo das flutuações do meio. EX: nosso corpo pode combater o câncer com recursos que a ciência ignora.
- São **abertos**, interagem com o meio ambiente, se sustentando por um **contínuo fluxo de energia e matéria**, os sistemas possuem **auto-regulação**. EX: o crescimento de uma árvore.
- **Aprendizagem**, que ocorre quando a arquitetura básica interna do sistema vai mudando, à medida que evolui e interage com o meio externo, criando **novos comportamentos** num processo **adaptativo**, que leva a **auto-regulação e a auto-organização**. EX: algas que na falta de luz para fazer fotossíntese, comem outras algas.
- Uma **ordem emergente**, uma vez que os sistemas complexos **se auto-organizam de maneira espontânea**, pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio. EX: os seres vivos são autônomos, são auto-organizantes.

- **Propriedades coletivas emergentes**, que são características qualitativamente **novas** que **surgem a partir da multiplicidade de interações entre suas unidades**, que por sua vez **competem** ou **cooperam** entre si. EX: a nossa aprendizagem e nossa memória.

Assim começa a nascer o **pensamento sistêmico**, que inclui a interdisciplinaridade, um novo olhar, mais amplo sobre os fenômenos naturais. A **Biologia** foi uma das primeiras áreas a olhar a natureza com uma **perspectiva sistêmica**. A interação entre os seres vivos, biosfera, geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra é um fenômeno complexo, cujos processos podem ser descritos em termos da Teoria da Complexidade.

Uma abordagem recente, a **Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES** da pesquisadora **Lynn Margulis** (1938-2011), é uma teoria da união de bactérias, de incorporações de células de diferentes histórias e habilidades. A **ideia principal da TES**, segundo Margulis, é que **os genes extras no citoplasma** de células de animais, plantas e outras **células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos**. Há muito tempo, as **bactérias**, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, **se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular** graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras.

Margulis explica que **simbiose é um tipo de relação ecológica onde indivíduos de diferentes espécies vivem em contato físico**. A simbiose gera inovação, pois junta diferentes formas de vida para formar seres maiores, mais complexos. Agora, como ao longo de toda a história da Terra, **associações de vidas se formam e se desfazem**. As **simbioses**, tanto duradouras como rápidas, **prevalecem**. Margulis diz que somos **simbiontes em um planeta simbiótico e, se prestarmos atenção, podemos encontrar a simbiose em todos os lugares**.

Margulis explica ainda que **o contato físico é um requisito inegociável para muitos tipos diferentes de vida**. Um dos predecessores científicos mais importantes dela compreendia e explicava por completo o **papel da simbiose na evolução**. Este foi **Ivan E. Wallin** (1883-1969) que afirmava que **as novas espécies se originavam da simbiose**. O termo **simbiogênese**, é usado para referir à **origem de novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente** ou de longo prazo. Margulis explica que **a simbiose duradoura levou primeiro à evolução de células complexas com núcleos e a partir daí a outros organismos, como fungos, animais e plantas**.

Para Margulis a **simbiogênese é uma forma de neolamarckismo**. No lamarckismo simples, os organismos herdavam traços induzidos em seus pais pelas condições ambientais, enquanto na simbiogênese os organismos adquirem não traços, mas outros organismos inteiros, e, é claro, seus conjuntos de genes completos, ou seja, a **simbiogênese é a mudança evolutiva pela herança de conjuntos de genes adquiridos**.

A TES advoga ainda que, **a evolução não depende somente da adaptação da espécie ao meio**, mas que também **os seres vivos modificam o meio no processo**. Enquanto **Charles Darwin** vê na natureza o **adaptacionismo e a competição** como aspectos mais fundamentais no processo evolutivo das espécies, Margulis defende a **cooperação, por meio de simbioses**. Mas Margulis (2002) explica que **Darwin** já havia introduzido a **aleatoriedade** na biologia com seu trabalho baseado na hipótese que na reprodução, os filhos não nascem com as mesmas características dos pais, mas com **pequenas variações que são produzidas aleatoriamente**, que leva a probabilidade dessa ou aquela característica tornar aquele indivíduo mais apto ao ambiente, permitindo a **seleção natural**.

Margulis tem mostrado que **a evolução das espécies obedece a processos de auto-organização e auto-regulação**, havendo ainda o **acoplamento estrutural** no processo. Esses conceitos pertencem a Teoria da Complexidade. Margulis explica que os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos. É justamente a **compatibilidade entre o indivíduo e a estrutura do meio**, perturbando-se mutuamente, desencadeando alternâncias, **mudanças**, mas de maneira **não destrutiva** que se denomina **acoplamento estrutural** (MATURANA e VARELA, 2001). Segundo esses autores o acoplamento estrutural com o meio é uma condição de existência, abrange todas as dimensões das interações celulares. As células dos **sistemas multicelulares** normalmente existem em estreita junção com outras células. O acoplamento estrutural entre essas células leva uma **junção tão íntima** que elas acabam se fundindo levando a formação de um **único corpo, um indivíduo**. Segundo Margulis, um dos principais temas do drama microbiano é o surgimento dessa **individualidade** a partir das interações de

comunidade de atores antes independentes. Para ela a **tendência da vida “independente” é se aglomerar e ressurgir em uma nova totalidade em um nível mais elevado e maior de organização.**

Ao longo das décadas de **1970 e 1980**, a TES recebeu diversas contribuições experimentais da biologia molecular, da genética e da microscopia de alta potência que confirmaram que **células com núcleo e as organelas (plastídios e mitocôndrias) surgiram por meio de uma sequência específica de incorporações de diferentes tipos de bactérias.**

Fontes consultadas: DE PAULO, Sérgio Roberto e DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Apostila Teoria da Complexidade. UAB/UFMT. – Cuiabá: 2012. MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

ALUNOS(AS): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

### TESTE B

Organizados em grupo, façam a leitura do *Texto-apoio B: Introdução à Teoria da Endossimbiose Sequencial a Luz da Teoria da Complexidade*, discutam e respondam com atenção as perguntas abaixo.

5. A ciência é questionável, sim ou não? Argumente sua opinião.

---

---

---

---

6. A Teoria da Complexidade mudou a maneira de ver e fazer ciência, pois entende os fenômenos naturais com mais realidade, de maneira mais honesta uma vez que os consideram sistemas abertos. Dê três exemplos de sistemas abertos.

---

---

---

---

7. A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES da pesquisadora Lynn Margulis é um exemplo de teoria que faz uso do pensamento sistêmico, pensamento este fundamental dentro da Teoria da Complexidade. Quais outros conceitos relacionados à complexidade podem ser encontrados na teoria de Margulis? Argumente sua opinião.

---

---

---

---

---

---

---

---

8. No texto-apoio B a Teoria da Endossimbiose Sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Jean-Baptiste de Lamarck. Qual relação existe entre elas?

---

---

---

---

---

9. No texto-apoio B a Teoria da Endossimbiose Sequencial é comparada com a teoria evolutiva de Charles Darwin. Qual relação existe entre elas?

10. A ideia principal da TES, segundo Margulis, é que os genes extras no citoplasma de células de animais, plantas e outras células nucleadas tiveram origem como genes bacterianos. Há muito tempo, as bactérias, parcialmente devoradas e aprisionadas dentro dos corpos de outras, se tornaram organelas (plastídios, mitocôndrias e cílios) e formaram o núcleo celular graças a sua capacidade de cooperação por meio de simbioses duradouras. Como essas informações transformam nosso entendimento atual sobre a evolução das espécies?

TEXTO-APOIO C PARA O PROFESSOR

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

Em 1873, o botânico alemão Anton deBary definiu a **simbiose** sendo a “convivência de organismos de nomes diferentes”. Segundo Margulis (2001), em certos casos a coabitação, existência a longo prazo, resulta em simbiogênese: o surgimento de novos corpos, novos órgãos, novas espécies. Para ela, **a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge, diretamente da simbiose.**

Segundo Margulis (2001), a **simbiogênese**, ideia proposta pelo russo Konstantin Merezhkovsky (1855-1921), refere-se à formação de novos órgãos e organismos por meio de **incorporações simbióticas**. Todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam o que em retrospecto reconhecemos como sua antiga individualidade. Margulis destaca que **é a simbiogênese o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana.**

A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delinea precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas**. As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose. A ideia é simples: **quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas.** A seguir estão as etapas:

- ETAPA 1: Segundo Margulis, um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada **“arqueobactéria” fermentante (ou “termoacidófila”)**, se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos. Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbio** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente. Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da bactéria termoacidófila (“termoplasmal”).
- ETAPA 2: Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1. A ideia fundamental dessa etapa é que as organelas natatórias – os **cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1). Margulis acredita que a integração da **bactéria centríolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada. O **antigo intruso que se transformou no centríolo-cinetoplasto** ainda tem parentes **livres**, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**. Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas. Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**. Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.
- ETAPA 3: Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão. Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos. A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de

simbiontes bacterianos atualmente denominados “**bactérias púrpura**” ou “**proteobactérias**”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.

- ETAPA 4: Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**. A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**. No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**. Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio. Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “cianobactérias”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Seus parentes coabitam com inúmeros organismos maiores: todas as plantas e todas as algas. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.

Margulis esclarece que as bactérias ao se fundir em simbiose, nos deixam pistas de sua antiga independência. Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma. Essas organelas se reproduzem de forma que muitas estão presentes em um momento no citoplasma, mas nunca dentro do núcleo. Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem. Ambos os tipos, após sua fusão inicial que teria ocorrido a cerca de 1 bilhão de anos atrás, ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**.

A aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses dois tipos de organelas contém DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas. Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios. Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si sós atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

Há um **consenso** que acredita de modo incontestável na **versão intermediária** da TES, aceitando a origem simbiótica tanto para os plastídios como para as mitocôndrias. Entretanto a **versão extrema** da TES, que trata da **origem das organelas natatórias**, é questionada e causa muita polêmica e discordâncias entre os cientistas. Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana. Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2. Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parentes, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

**Fonte consultada:** MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

TEXTO-APOIO C PARA O ALUNO

TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL – TES: AS QUATRO ETAPAS

Margulis (2001), explica que todos os organismos grandes o bastante para que possamos vê-los são compostos de micróbios antes independentes, agrupados para formar totalidades maiores. Ao se fundir, muitos perderam sua antiga individualidade. Para ela, **a maior parte da inovação evolutiva surgiu, e ainda surge, diretamente da simbiose**. Margulis destaca que **é a simbiogênese o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana**.

A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis delinea precisamente as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as **células eucarióticas** (nucleadas). As quatro etapas da TES envolvem simbiogênese, incorporação e fusão de bactérias pela simbiose. A ideia é simples: **quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram em uma ordem específica e se tornaram a célula verde das algas**. A seguir estão as etapas:

- ETAPA 1: Segundo Margulis, um tipo de bactéria que gosta de enxofre e calor, chamada **“arqueobactéria” fermentante (ou “termoacidófila”)**, se fundiu com uma **bactéria natatória**, formando o **nucleocitoplasma**, substância básica dos ancestrais das células dos animais, plantas e fungos. Esse primeiro protista natatório era, como seus descendentes hoje, um **anaeróbio** que vivia em lama e areia organicamente ricas, em fendas de pedras, poças e lagoas onde o oxigênio era escasso ou ausente. Há um consenso entre os cientistas que a substância fundamental das células, o nucleocitoplasma, descende das arqueobactérias; em particular, a maior parte do metabolismo criador de metabolismo surge da bactéria termoacidófila (“termoplasmal”).
- ETAPA 2: Essa etapa aconteceu **simultaneamente** com a etapa 1. A ideia fundamental dessa etapa é que as **organelas natatórias** – os **cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais** e muitos outros **prolongamentos** das células nucleadas – surgiram na **fusão original da arqueobactéria com a bactéria natatória** (etapa 1). Margulis acredita que a integração da **bactéria centríolo-cinetoplasto** foi o que criou a **célula eucarionte** em primeiro lugar. Sua tese é que todos os organismos nucleados (protistas, fungos, animais e plantas) surgiram pela simbiogênese quando **arqueobactérias se fundiram com ancestrais de centríolos-cinetoplastos** na evolução do ancestral protista final: a célula nucleada. O **antigo intruso que se transformou no centríolo-cinetoplasto** ainda tem parentes **livres**, são as bactérias conhecidas como **espiroquetas**. Os ancestrais de espiroquetas famintos e desesperados **invadiram** muitas **arqueobactérias**, inclusive algumas similares à atual **termoplasma**. As invasões foram seguidas por alianças, o que permitiu o surgimento das primeiras células nucleadas. Para Margulis, o **núcleo evoluiu** em resposta à essa incômoda **incorporação** de bactérias semelhantes à **termoplasma** e à **espiroqueta**, pois surgiram “novas células” que aumentaram de tamanho e cujas membranas em interação proliferaram. A genética dessas “novas células” se tornou **mais complexa** devido a sua **dupla linhagem**. Nessa etapa ainda **surgiu a mitose** nos primeiros organismos com núcleo, devido ao movimento incessante de **espiroquetas vivas**.
- ETAPA 3: Depois que a mitose evoluiu em protistas natatórios, outro tipo de micróbio livre, uma **bactéria que respirava oxigênio** (ancestral da mitocôndria) foi incorporada à fusão. Células ainda maiores e mais complexas surgiram, o **complexo tripolar**. O complexo tripolar (apreciador do calor ácido, natatório e respirador de oxigênio) que respirava oxigênio se tornou capaz de **fagocitar** (ou “engolir”) determinados alimentos. A organela **mitocôndria**, que respira oxigênio, evoluiu de



simbiontes bacterianos atualmente denominados “**bactérias púrpura**” ou “**proteobactérias**”. O complexo tripolar se formou um único organismo e gerou uma prole infinita.

- ETAPA 4: Na aquisição final das séries geradoras de células complexas, os respiradores de oxigênio fagocitaram, ingeriram mas não conseguiram digerir **bactérias fotossintetizantes verde-brilhantes**. A “incorporação” literal só ocorreu após uma intensa batalha em que as bactérias não digeridas sobreviveram e a incorporação completa triunfou. Por fim, as bactérias verdes se tornaram **cloroplastos**. No papel de quarto parceiro, esses produtivos apreciadores do sol se integraram por completo aos outros parceiros anteriormente separados. Essa incorporação final deu origem às **algas verdes natatórias**. Essas algas verdes primitivas não foram apenas ancestrais das células vegetais atuais, mas todos os seus componentes individuais estão em atividade separadamente, ainda nadando, fermentando e respirando oxigênio. Bactérias verdes que fazem fotossíntese e produzem oxigênio, chamadas “cianobactérias”, ainda existem em lagos e rios, na lama e nas praias. As cianobactérias são uma forma de vida extremamente bem sucedida. Seus parentes coabitam com inúmeros organismos maiores: todas as plantas e todas as algas. Em todas as células vegetais, o tempo todo, há pequenos descendentes verdes das cianobactérias fotossintetizantes livres, os **cloroplastos** e outros **plastídios**.

Margulis esclarece que as bactérias ao se fundir em simbiose, nos deixam pistas de sua antiga independência. Tanto as **mitocôndrias** como os **plastídios** são **bacterianos** em tamanho e forma. Essas organelas se reproduzem de forma que muitas estão presentes em um momento no citoplasma, mas nunca dentro do núcleo. Plastídios e mitocôndrias não só proliferam dentro das células, mas se reproduzem diferentemente e em momentos distintos do resto na célula na qual residem. Ambos os tipos, após sua fusão inicial que teria ocorrido a cerca de 1 bilhão de anos atrás, ainda retêm seus **depósitos neutros de DNA**. A aceitação da origem simbiótica das mitocôndrias e plastídios foi concluída com a descoberta de que esses dois tipos de organelas contêm DNA distintos, separados do DNA do núcleo e inequivocamente bacteriano em estilo e organização. O DNA dessas organelas codifica suas próprias proteínas específicas. Assim como nas bactérias livres, a síntese de proteínas ocorre dentro das mitocôndrias e plastídios. Os genes ribossomais de DNA das mitocôndrias ainda são notavelmente semelhantes aos das bactérias que respiram oxigênio e vivem por si sós atualmente. Os genes ribossomais dos plastídios são muito semelhantes aos das cianobactérias.

Há um **consenso** que acredita de modo incontestável na **versão intermediária** da TES, aceitando a origem simbiótica tanto para os **plastídios** como para as **mitocôndrias**. Entretanto a **versão extrema** da TES, que trata da **origem das organelas natatórias**, é questionada e causa muita polêmica e discordâncias entre os cientistas. Mas para Margulis, apesar de escassos indícios, as organelas natatórias surgiram pela simbiogênese. Para ela, essa classe de organelas também era bacteriana. Os cílios, caudas de espermatozoides, protuberâncias sensoriais e outros flagelos celulares, sempre sustentados por ínfimos pontinhos, corpos denominados centríolos-cinetoplastos, vêm da etapa 2. Essas organelas natatórias da etapa 2 são mais antigas e estreitamente integradas em células do que as mitocôndrias ou os plastídios, por isso possuem uma história evolutiva cujo rastro é mais difícil de seguir.

“Não importa o quanto nossa espécie nos preocupe, a vida é um sistema muito mais amplo. A vida é uma interdependência incrivelmente complexa de matéria e energia entre milhões de espécies fora (e dentro) de nossa própria pele. Esses estranhos da Terra são nossos parentes, nossos ancestrais, e parte de nós. Eles reciclam nossa matéria e nos trazem água e alimento. Não sobreviveremos sem “o outro”. Nosso passado simbiótico, interativo e interdependente é interligado por águas agitadas” (MARGULIS, 2001, p.106).

**Fonte consultada:** MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução. Tradução, Laura Neves; revisão técnica, Max Blum. – Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

ALUNOS(AS): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

### TESTE C

Organizados em grupo, façam a leitura do *Texto-apoio C: Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES: As Quatro Etapas*, discutam e respondam com atenção as perguntas abaixo.

1. Margulis afirma que o fator que diferencia toda forma de vida de células nucleadas da vida bacteriana é a simbiogênese. Como isso teria acontecido?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. A Teoria da Endossimbiose Sequencial – TES de Lynn Margulis apresenta as etapas que devem ter ocorrido no passado para formar as células eucarióticas: animal e vegetal. A ideia é simples: quatro ancestrais antes inteiramente independentes e fisicamente separados se fundiram, por meio de simbioses, em uma ordem específica. Quais seriam esses ancestrais?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Como o próprio nome diz endossimbiose sequencial, trata de uma sequência específica de simbioses que proporcionou maior organização e maior complexidade das células. Essa sequência está dividida em quatro etapas no texto-apoio C. Com suas palavras procure explicar resumidamente cada etapa.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. No texto-apoio C são citadas duas versões da TES, a versão intermediária e a versão extrema. Qual delas é totalmente aceita? Justifique sua resposta.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ALUNO(A): \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

## PÓS-TESTE BC

A tabela abaixo apresenta alguns conceitos em duplas. Releia com atenção e com base em seus novos conhecimentos **assinale X** em:

0. Se você **nunca estudou, nem ouviu falar** sobre nenhum dos conceitos apresentados, por isso **não sabe dizer se há relação** entre eles.
1. Se você acredita que **não há relação** entre esses conceitos.
2. Se você **vê pouca relação** entre esses conceitos.
3. Se você **nunca estudou** esses conceitos, **mas vê relação** entre eles.
4. Se você **já estudou** esses conceitos e acredita que **há uma relação** entre eles.
5. Se você **tem certeza** que esses conceitos estão **completamente relacionados**.

CONCEITOS	0	1	2	3	4	5
Ciência + incerteza						
Ciência + probabilidade						
Teoria da Complexidade + sistemas abertos						
Sistemas abertos + Floresta Amazônica						
Sistemas abertos + sala de aula com professor e alunos						
Pensamento sistêmico + complexidade						
Pensamento sistêmico + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Complexidade + Teoria da Endossimbiose Sequencial						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-organização						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + auto-regulação						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + acoplamento estrutural						
Simbiose + simbiogênese						
Simbiose + evolução						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + lamarckismo						
Teoria da Endossimbiose Sequencial + darwinismo						
Evolução + adaptação da espécie ao meio						
Evolução + adaptação do meio pela espécie						
Evolução + competição						
Evolução + cooperação						
Evolução + célula nucleada						
Bactérias simbiontes + organelas (mitocôndrias, plastídios e cílios)						
Inovação evolutiva + simbiogênese						
Endossimbiose Sequencial + formação da célula eucariótica						
Célula animal + maior complexidade						
Célula vegetal + maior complexidade						
Planeta simbiótico + seres humanos simbiontes						

ALUNOS(AS): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

### AVALIAÇÃO PROCESSUAL

Em pequenos grupos avaliem o processo de ensino-aprendizagem construído e escrevam os pontos positivos e negativos. Pense nos fatos, somente nos fatos, não escreva nomes próprios. Vamos entender o que realmente foi produtivo e significativo neste processo e indicar o que precisamos melhorar. Muito obrigada por colaborar!

#### 1. GOSTEI QUANDO... (PONTOS POSITIVOS)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 2. NÃO GOSTEI QUANDO...(PONTOS NEGATIVOS)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 3. “VICHASKAEN”...(COISAS QUE APRENDI COM ESSE PROCESSO, SUGESTÕES PARA APERFEIÇOAR ESSA PESQUISA)

---

---

---

---

### ROTEIRO PARA ENTREVISTA

1. Em sua opinião, quais os pontos positivos dessa pesquisa?
2. Em sua opinião, qual o principal ponto positivo dessa pesquisa?
3. Em sua opinião, quais os pontos negativos dessa pesquisa?
4. Em sua opinião, qual o principal ponto negativo dessa pesquisa?
5. Quais sugestões você daria para melhorar essa pesquisa?
6. Qual é a principal sugestão?
7. Em sua opinião, a Teoria da Endossimbiose Sequencial a luz da Teoria da Complexidade pode ser ensinada aos alunos da Educação de Jovens e Adultos/EJA? Por quê?

**9.6 ANEXO VI – Plano de ensino de Biologia na EJA em 2012**

CENTRO DE EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS ARIOSTO DA  
RIVA

PLANO DE ENSINO - BIOLOGIA

Prof.<sup>a</sup> Gracieli da Silva Henicka

ALTA FLORESTA/MT

FEVEREIRO/2012

## OBJETIVOS GERAIS DE BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

- Compreender a natureza como um todo dinâmico e o ser humano, em sociedade, como agente de transformações do mundo em que vive em relação essencial com os demais seres vivos e outros componentes do ambiente;
- Compreender a ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada aos aspectos de ordem social, econômica, política e cultural;
- Identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica, e compreender a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, sabendo elaborar juízo sobre riscos e benefícios das práticas científico-tecnológica;
- Compreender a saúde pessoal, social e ambiental como bens individuais e coletivos que devem ser promovidos pela ação diferentes agentes;
- Saber utilizar conceitos científicos básicos, associados com energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida;
- Saber combinar leituras, observações, experimentações e registros para coleta, comparação entre explicações, organização, comunicação e discussão dos fatos e informações;
- Valorizar o trabalho em grupo e ser capaz de agir crítica e cooperativamente para a construção coletiva do conhecimento;

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS PARA O PRIMEIRO ANO

- Reconhecer os tipos de célula e suas organelas.
- Compreender a divisão celular como estratégia de crescimento, restauração e perpetuação da espécie.
- Identificar as fases da síntese protéica.
- Caracterizar fotossíntese e respiração celular.
- Identificar os principais tecidos vegetais e animais.
- Reconhecer os principais eventos fisiológicos vegetais e animais.
- Identificar os principais tipos de reprodução.



- Compreender os eventos da reprodução humana e da embriologia.
- Identificar os componentes de cada reino da natureza e suas características.

## CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS – PRIMEIRO ANO

- **CITOLOGIA**

Tipos de células e organelas

Divisão celular: mitose e meiose

Síntese protéica

Fotossíntese

Respiração celular

- **HISTOLOGIA E FISIOLOGIA**

Histologia vegetal

Fisiologia vegetal

Histologia animal

Fisiologia animal

Tipos básicos de reprodução

Reprodução humana

Embriologia

- **CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS**

Seres vivos (Sistema de classificação dos seres vivos)

Vírus - um grupo sem reino

Reino Monera

Reino Protista

Reino Fungi

Reino Plantae

Reino Animalia

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS PARA O SEGUNDO ANO

- Compreender as leis mendelianas.
- Aplicar noções de probabilidade na execução de problemas genéticos.
- Identificar os principais tipos sanguíneos.
- Identificar casos de herança relacionado ao sexo.
- Compreender o fluxo energético e de biomassa nos ecossistemas.
- Caracterizar os ciclos biogeoquímicos.
- Identificar as principais relações ecológicas.
- Compreender a ocorrência da sucessão ecológica.
- Contextualizar os desequilíbrios ambientais com atitudes antrópicas.

## CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS – SEGUNDO ANO

- **GENÉTICA**

Primeira Lei de Mendel

Ausência de dominância

Noções de probabilidade

Segunda Lei de Mendel

Grupos sanguíneos: sistema ABO (alelos múltiplos), fator Rh; sistema MN

Herança do sexo

- **ECOLOGIA**

O fluxo de energia e de matéria no ecossistema

Ciclos biogeoquímicos

Relações ecológicas

Sucessões ecológicas

Desequilíbrios ambientais

Estratégias/ metodologia

- Aula expositiva com a utilização de recursos audiovisuais;
- Aula dialogada;
- Aula demonstrativa;

- Leitura e discussão de textos complementares;
- Exercícios de vestibular e ENEM.
- Aulas experimentais;
- Oficinas.

## AVALIAÇÃO

- Prova integrada elaborada pela área do conhecimento;
- Provas, listas de exercícios, trabalhos, seminários;
- Participação nos trabalhos em grupo proposta pela disciplina;
- Participação em atividades culturais, oficinas e aulas experimentais.

O ensino deve ser avaliado de modo que corresponda à diversidade dos seus objetivos e às ações desenvolvidas, visando os vários aspectos cognitivos e afetivos, trabalhos individuais e grupais, aptidões escritas, orais, sintetizadores e a capacidade de interpretação e de criatividade.

## BIBLIOGRAFIAS

LINHARES, Sérgio., GEWANDSZNAJDER, Fernando. *Biologia hoje: volume 1, 2 e 3. Ensino Médio.* – São Paulo: Ática, 2010.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia das células: origem da vida, citologia, histologia e embriologia.** 1. ed. São Paulo: Moderna, 2002. 440 p, v. 1.

LAURENCE, J. **Biologia: ensino médio, volume único.** 1. ed. São Paulo: Nova Geração, 2005. 696 p.

LOPES, S. **Biologia essencial.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 396 p, v. único.

SOARES, J S. **Biologia.** 5. ed. São Paulo: Scipione, 1993. 496 p, v. único.

## 9.7 ANEXO VII – Diagrama V dessa pesquisa

**O ENSINO INTRODUTÓRIO DA TEORIA DA ENDOSSIMBIOSE SEQUENCIAL A LUZ DA TEORIA DA COMPLEXIDADE NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA, MT**

**Filosofias:** A ciência passa atualmente por uma mudança de paradigma. A Ciência dos Sistemas Abertos é o novo paradigma. O processo ensino-aprendizagem pode ser estudado sob essa perspectiva. A Teoria da Complexidade e a Teoria da Endossimbiose Sequencial pode ser introduzida no Ensino Médio da EJA.

**Epistemologias:** Kuhn, Maturana e Varela.

**Teorias:** Teoria da Complexidade, Teoria da Endossimbiose Sequencial e Teoria da Aprendizagem Significativa.

**Princípios:** A TES apresenta alguns conceitos da Teoria da Complexidade, como: a) pensamento sistêmico: pois não é possível analisar as partes, sem o todo; b) auto-organização e auto-regulação: pois existe uma emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento oriundo do fluxo constante de energia e matéria que mantém os sistemas complexos afastados do equilíbrio; e c) acoplamento estrutural: pois os seres vivos interagem entre si e com o meio externo, sendo eles interdependentes e estruturalmente dinâmicos.

A TES trata da simbiogênese, que é o processo que dá origem a novos tecidos, órgãos, organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo entre microorganismos. Com isso Margulis nos esclarece que a evolução biológica ocorre com a adaptação do ambiente pela espécie e com a cooperação por meio de simbioses, e não somente pela competição e pela adaptação da espécie ao ambiente como Charles Darwin enunciava.

A Ciência é construída por pessoas comuns e sofre influência de seu tempo. A evolução é um sistema aberto. Os seres vivos influenciam o meio e são influenciados por ele. A Evolução Biológica se dá por meio de simbioses duradouras. As bactérias simbiotes deram origem aos seres mais complexos, as plantas. Não há ser superior ou inferior. As bactérias são parte ancestral do que somos e fazem parte do nosso metabolismo. Somos simbiotes em um planeta simbiótico.

Descubra o que o aluno sabe e ensine de acordo. Para ter aprendizagem significativa são necessárias duas condições: o aluno precisa ter uma disposição para aprender e o conteúdo tem que ser potencialmente significativo.

**Conceitos:** Simbiose; Mutualismo obrigatório e facultativo; Competição intraspecífica e interespecífica; Evolução; Fixismo x Evolucionismo; Lamarckismo; Darwinismo; Neodarwinismo; Organização dos Seres Vivos; Célula procarionte e eucarionte, Unicelular e pluricelular; DNA bacteriano; Célula eucarionte animal e vegetal; Metabolismo. Anaeróbio e aeróbio; Heterotrófico e autotrófico; Fagocitose; Reino Monera; Reino Protocista; Reino Fungi; Reino Animalia; Reino Plantae; Mitocôndria; Plastídios - cloroplasto. Cílios e flagelos. Centríolos; Cromossomo. Cariótipo e cromossomos homólogos. Gene. DNA e RNA; Síntese proteica; Hereditariedade; Primeira Lei de Mendel; Mitose e meiose; Ciência Moderna; Pensamento cartesiano; Sistemas isolados; Método científico; Mecânica Quântica; Imprevisibilidade, incerteza e probabilidade; Pensamento sistêmico; Sistemas abertos; Teoria da Complexidade; Complexo; Auto-organização; Auto-regulação; Acoplamento estrutural; Biografia de Margulis; Teoria da Endossimbiose Sequencial; Adaptação do meio pela espécie; Cooperação por meio de simbioses; Hereditariedade nuclear e citoplasmática; Simbiogênese; Inovação evolutiva; Simbiose duradoura; Evolução das células nucleadas; Organismos mais complexos.

**Questão-foco:**  
Qual é a viabilidade e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos e princípios da Teoria da Endossimbiose Sequencial (TES) a luz da Teoria da Complexidade (TC) a partir de um produto educacional fundamentado em princípios da TAS?

**Vertente afetiva:**  
Alunos da EJA merecem conhecer as mais recentes teorias científicas.

**Asserções de valor:** A EJA pode ter maior rigor conteudista. A maioria dos estudantes mostraram interesse na atualização e contextualização do currículo de Biologia. Alguns alunos usam da EJA como via fácil de certificação, especialmente os alunos mais jovens repetentes em escolas regulares. A organização do Ensino Médio da EJA em dois anos é insuficiente para a demanda de conceitos requisitados nesse novo currículo. É viável ensinar a TES a luz da TC na EJA.

**Asserções de conhecimento:** Reorganização do conteúdo programático de Biologia: Origem do universo; Origem da vida; Ecologia; Reinos da natureza (Animais – incluindo aqui embriologia e histofisiologia animal; Vegetais – incluindo morfofisiologia vegetal e reprodução; Fungos, Protoctistas e Bactérias – incluindo nestes três últimos, economia, saúde e meio ambiente); Evolução (incluindo a TES aliada ao darwinismo); Genética; Citologia; e Bioquímica.

Perfil dos alunos. Os alunos do dia se mostram mais comprometidos com sua aprendizagem que os da noite, com raras exceções.

Oficina A: Houve nivelamento satisfatório dos subunçores da TES a luz da TC. Houveram indícios de aprendizagem significativa.

Oficina B e C: Houveram indícios de aprendizagem significativa.

Avaliação processual: o pouco tempo e muitos conceitos dificultaram o processo. A análise das entrevistas corroboram com os resultados encontrados na avaliação processual.

**Transformações:** Tabelas. Gráficos. Quadros. Transcrição de entrevistas. Análise de conteúdo e/ou discurso. Média e escores percentuais. Categorizações. Correlações. Pesquisa com a metodologia quali-quantitativa com intervenção.

**Registros:** Gravações de entrevistas semiestruturadas. Avaliações individuais e coletivas. Avaliações dissertativas e objetivas. Caderno de campo.

**Eventos/objetos:** Oficinas de ensino aprendizagem com material instrucional específico (Produto educacional) voltadas para estudantes do segundo ano do ensino médio do CEJA Ariosto da Riva (Alta Floresta - MT).