



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA - PROFBIO

Pâmela Caroline de Souza Fossa

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA:  
UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO EM MICROBIOLOGIA**

FLORIANÓPOLIS

2019

Pâmela Caroline de Souza Fossa

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA:  
UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO EM MICROBIOLOGIA**

Dissertação submetido(a) ao Programa de Pós-graduação do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia- PROFBIO.  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ruiz Mazzon.

Florianópolis  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de  
Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fossa, Pâmela Caroline de Souza  
ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM ABORDAGEM TEMÁTICA  
FREIREANA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE  
ENSINO EM MICROBIOLOGIA / Pâmela Caroline  
de Souza Fossa; Orientador, Ricardo Ruiz  
Mazzon, 2019. 145 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Biologia (PROFBIO), Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Microbiologia. 2. Ensino Investigativo. 3.  
Abordagem Temática Freireana. 4. Doenças  
Infecciosas.

I.Mazzon, Ricardo Ruiz. II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino  
de Biologia (PROFBIO). III. Ensino por Investigação  
com Abordagem temática Freireana: Uma proposta de  
sequência de ensino em Microbiologia.

Pâmela Caroline de Souza Fossa

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COM ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA:  
UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO EM MICROBIOLOGIA**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Carlos José de Carvalho Pinto, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Ruiz Mazzon, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Daniel Manzoni de Almeida, Dr.  
Faculdades Metropolitanas Unidas

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

---

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto  
Coordenador(a) do Programa

---

Prof. Dr. Ricardo Ruiz Mazzon  
Orientador(a)

Florianópolis, 19 de julho de 2019.



Este trabalho é dedicado a meu esposo **Vilmar** e aos meus filhos **Maria Helena** e **Francisco**.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Minha gratidão ao programa pela concessão da bolsa de estudos.

Concluir o curso de Mestrado merece uma celebração, foi uma tarefa que exigiu muita dedicação e esforço, mas acima de tudo apoio e compreensão por parte da família e amigos, por isso, tenho alguns agradecimentos a fazer aos personagens que compõem minha história.

Em primeiro lugar a DEUS pelo dom da vida, saúde e força espiritual para a realização deste trabalho.

A toda minha família, em especial a meu PÃE (Pai e Mãe), Valtir por absolutamente tudo. Por todas as oportunidades que tive de crescer e me tornar quem sou hoje.

A minha BABÁ que se tornou Mãe, Lindaura, por seu amor e dedicação ao longo destes mais de 34 anos.

A minha irmã Zulmyra por tantas consultas a biblioteca da UNIVALI, pelos livros emprestados e afeição.

Ao meu companheiro e amado Vilmar, por todo incentivo e apoio, principalmente por compreender minhas ausências e estresses durante este percurso.

Aos meus filhos Maria Helena e Francisco por todos os abraços e beijinhos, que serviram de combustível em todos os momentos.

A Nona Maria por seu auxílio e carinho com meus filhos nos momentos de estudo.

Ao meu orientador professor Dr. Ricardo Ruiz Mazzon, pela sua disponibilidade, interesse e receptividade com que me recebeu e que me ajudou.

Ao professor M.e. Arthur Ferraz que não foi possível ser coorientador, mas que não se furtou em auxiliar-me.

Ao coordenador do curso professor Dr. Carlos José de Carvalho Pinto, quero agradecer a inesgotável paciência, eficiência, competência e a todo o incentivo na construção deste trabalho.

A todos os professores do curso grata pela oportunidade de aprender e por serem fonte de inspiração no decorrer deste tão sonhado mestrado.

Aos colegas e amigos que sonharam comigo não só com a conclusão do curso, mas com um país que ofereça educação de qualidade a todos os cidadãos. Que as amizades durem tanto quanto foram intensas.

Agradeço imensamente a Camila e Luana a oportunidade maravilhosa de ter compartilhado tantos momentos juntos no trajeto de todos os sábados, nos estudos e nos trabalhos coletivos. Verdadeiras parceiras e em certos momentos até terapeutas.

E o que falar da minha parceira Daisy, somam-se 18 anos de amizade, ou melhor irmandade. Muitas vivências registradas no coração, do período da graduação, da Universidade Solidária, da especialização e agora do mestrado. Dividimos muitas angústias e preocupações, madrugadas, sábados e domingos de estudos, mas não faltaram risadas e também lanchinhos.

Meus agradecimentos se estendem a Secretaria de Estado de Educação por permitir o aprimoramento do meu trabalho. E aos colegas da escola Antônio Rocha de Andrade por acreditarem no meu potencial. A Priscila Flores que me incentivou a fazer a inscrição e contribuiu com suas dicas de bióloga e orientadora educacional. Ao orientador pedagógico da unidade escolar Balbino Gonçalves e professora Andréa Wergutz por suas sugestões. Em especial Luci Damaso, por ter sido extremamente atenciosa me ouvindo e auxiliando para que este percurso não fosse tão solitário, e principalmente por compartilhar comigo seus saberes preciosos.

E finalmente, porém não menos importante, meus queridos e amados Educandos. Que alegram meus dias, que transformam as dificuldades em coragem para construir um mundo melhor. Vocês são luz em minha vida. Sinto-me honrada por caminhar com vocês, por todas as trocas de saberes, risadas, elogios, travessuras...

Gratidão, sem cada um de vocês não seria possível.



“[...] ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.

(Paulo Freire, 2003)

## RESUMO

O ensino da Biologia tem sido um desafio no que se refere à possibilidade de transformar atitudes e hábitos que propiciem aumento da qualidade de vida. Deve possibilitar ao educando a participação nos debates contemporâneos e orientar nas atuações, como nos cuidados com a alimentação, com o corpo e sua saúde. Para vencer esses desafios o ensino necessita estar focado na alfabetização científica, promovida principalmente por meio da abordagem investigativa. Este tem como ponto de partida os problemas reais e desafiadores. Cria condições para que os educandos expressem suas ideias, explicitem suas hipóteses, realizem testes e busquem novas informações refletindo acerca destas, desenvolvendo habilidades de comunicação científica. Tais ações levam o educando a reconhecer a ciência como uma construção/interpretação do mundo, não como um conjunto de respostas prontas obtidas de forma linear. O objetivo desta dissertação foi a elaboração de um instrumento didático para ensino de microbiologia de maneira contextualizada e significativa fazendo uso da situação do entorno da comunidade escolar. Os métodos tiveram delineamento qualitativo, sendo desenvolvidos em três etapas: levantamento das doenças mais prevalentes em sites oficiais; definição da teoria pedagógica; e elaboração de uma Sequência de Ensino Investigativa dentro da temática Microbiologia com ênfase nas doenças infecciosas. A abordagem médica foi introdutória para a temática, mas não exclusiva, se trata de uma proposta interdisciplinar visando à formação integral dos educandos. As diferentes seções da sequência de ensino tiveram como base os momentos do ciclo investigativo: a) explicitação da situação problema, b) levantamento de hipóteses e conhecimentos prévios, c) planejamento da investigação, d) verificação das hipóteses, e) expressão e comunicação das hipóteses, f) sistematização pelo professor. O ensino por investigação visa promover maior compreensão da sociedade e gerar autonomia no estudante. Tornar o estudante um pensador ativo com capacidade argumentativa.

**Palavras-chave:** Abordagem Temática Freireana, Doenças infecciosas, Microbiologia, Sequência de Ensino Investigativo.

## ABSTRACT

Biology teaching has been a challenge with regard to the possibility of transforming attitudes and habits that increase the quality of life. It should enable the learner to participate in contemporary debates and guide their actions such as caring for food, body and health. To overcome these challenges, teaching needs to be focused on scientific literacy, promoted mainly by inquiry approach. This has as its starting point in real and challenging problems. It creates conditions for the students to express their ideas, to explain their hypotheses, to carry out tests and look for new information reflecting critically about them and developing scientific communication skills. Such actions lead the learner to recognize science as a construction and mode of interpretation of the world, not as an immutable set of ready-made answers. The goal of this work was the elaboration of a didactic tool for microbiology teaching in a contextualized and meaningful way, making use of the surrounding the school community situations. The methods had a qualitative delineation, being developed in three stages: survey of the most prevalent diseases in official sites; definition of the pedagogical theory elaboration of an Inquiry-based Sequence Teaching within the thematic of Microbiology with emphasis on infectious diseases. The medical approach was introductory to the theme, but not exclusive, it is an interdisciplinary proposal aimed at the integral formation of students. The different sections of the teaching sequence were based on the moments of the investigative cycle: a) clarification of the problem situation, b) survey of hypotheses and previous knowledge, c) planning of the investigation, d) verification of hypotheses, e) expression and communication of hypotheses, f) systematization by the teacher. The teaching by research aims to promote greater understanding of society and to generate autonomy in the student. Make the student an active thinker with argumentative ability.

**Keywords:** Thematic Approach Freireana. Infectious diseases. Microbiology. Sequence of Investigative Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma da Sequência Proposta.....	55
Figura 2 - Microrganismos a serem ofertados como opção de alimento.....	71
Figura 3 - Etapas do Ciclo Investigativo.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Casos Confirmados e coeficiente de incidência por agravo - Município de Penha/SC, período de 2008 a 2013.....	49
Tabela 2 - Número de Casos Confirmados e coeficiente de incidência por agravo - Município de Penha/SC, período de 2014 a 2018.....	50
Tabela 3 - Frequência de Tuberculose por Faixa Etária.....	51
Tabela 4 - Frequência de Aids por Faixa Etária.....	51
Tabela 5 - Orientações para elaboração da Autoavaliação.....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AC – Alfabetização científica
- ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia
- ATF - Abordagem Temática Freireana
- BNCC - Base Nacional Comum Curricular
- BSCS - Biological Science Curriculum Study
- CBA - Chemical Bond Approach
- CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade
- DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais
- DIVE - Diretoria de Vigilância Epidemiológica do Estado de Santa Catarina
- ENCI - Ensino de Ciências por Investigação
- ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
- LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- MEC - Ministério da Educação
- MEC- USAID - United States Agency for International Development
- PCN -Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
- PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
- PPP - Projeto Político Pedagógico
- PSSC - Physical Science Study Committee
- SEI - Sequência de Ensino Investigativa
- SINAN - Sistema de Informação sobre Agravos de Notificação
- SMSG - Science Mathematics Study Group

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Breve histórico do Ensino de Ciências no Brasil.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Alfabetização Científica.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Interdisciplinaridade e Contextualização .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4</b>	<b>Ensino Investigativo .....</b>	<b>34</b>
<b>3.5</b>	<b>Sequências de Ensino Investigativas .....</b>	<b>36</b>
<b>3.6</b>	<b>Abordagem Problematizadora .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7</b>	<b>Ensino de Microbiologia .....</b>	<b>39</b>
<b>3.8</b>	<b>Ponderações sobre a Prática Avaliativa.....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>Doenças infecciosas mais prevalentes no município de Penha/SC .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Primeira Seção - Problematização Inicial e Contextualização.....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Segunda Seção: Experimentação - Microrganismos da Minha Vida.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Terceira Seção – Aprendizagem pela Pesquisa.....</b>	<b>68</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Quarta Seção: Aplicação do Conhecimento.....</b>	<b>77</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Avaliação .....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO A – Sugestões de Artigos .....</b>	<b>98</b>





## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os profissionais da educação brasileira têm repensado sua prática docente e a consequência desta no processo ensino-aprendizagem. De acordo com Freire (2005), existem evidências que sugerem a necessidade de mudanças na abordagem didática para diminuir a distância entre educador e educando, além de propiciar maior integração entre o universo científico e seus conceitos com a sociedade em questão e seus conhecimentos pré-adquiridos, a educação deve estar sintonizada com a sociedade.

Para que a escola seja renovada, e possa sair do padrão transmissivo/receptivo em relação aos estudantes e assim conceder papel ativo aos mesmos através de problematizações, é fundamental um educador crítico, que analise e reflita sobre sua práxis para (re)construí-la (FAGUNDES, 2016).

Os procedimentos empregados pelos docentes devem proporcionar ao educando a construção do conhecimento através de ações investigativas e colaborativas, com o objetivo de reduzir o distanciamento entre os conteúdos programáticos e a experiência dos alunos, potencializando desta forma o processo de ensino aprendizagem de todos os sujeitos envolvidos (BRASIL, 2006a).

Cabe ressaltar que, o ensino e aprendizagem como uma unidade, que para se concretizar é fundamental reconhecer o papel que desempenha a escolha de conteúdo, a existência de concepções prévias, por parte dos educandos e que o início da construção do conhecimento se dá a partir da investigação de uma situação problema. Para o espírito científico, o conhecimento são respostas a questões (CARVALHO et al, 1998; BACHELARD, 2015).

A educação com enfoque globalizador/integral defende que a organização dos conteúdos e atividades de ensino priorize a aprendizagem significativa. Concebe o educando como um ser integral, onde os conteúdos não devem ser fragmentados e descolados de sua realidade. Assim à medida que se apropriam destes conteúdos passam a utilizá-los como instrumento de observação, análise, experimentação, intervenção e reflexão sobre a realidade e problemas na sociedade. Este enfoque

amplia a noção de conteúdos de aprendizagem para além dos conceituais, abrangendo também procedimentais e atitudinais (ZABALA, 2002).

Segundo Tavares (2008) aprendizagem significativa ocorre quando o educando tem um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento anterior em assuntos correspondentes. Desta forma, estará construindo significados pessoais para essa informação, apropriar-se da referida informação e assim transformando-a em conhecimento, em significados sobre o tema apresentado. Em uma aprendizagem significativa não acontece apenas a retenção da estrutura do conhecimento, mas desenvolve-se a capacidade de transferir esse conhecimento para a sua possível utilização em um contexto diferente daquele em que ele se concretizou.

Tendo como referência os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio) assim como os PCN+ (Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais) o ensino de Saúde tem sido um desafio no que se refere à possibilidade de transformar atitudes e hábitos que promovam melhoria na qualidade de vida. Embora muitas instâncias sejam responsáveis, em especial dos próprios serviços de saúde, a escola apresenta papel privilegiado na promoção da saúde (BRASIL, 1998; BRASIL, 1999; BRASIL, 2006a).

A escola é um ambiente em que os sujeitos envolvidos, educandos e educadores, tornam-se conscientes e tomam decisões mais coerentes e esclarecidas sobre o cotidiano, a partir de aprendizagens verdadeiramente significativas, de modo que o conteúdo possa agir diretamente na vida do educando (SCHMITZ, 1993).

Reflexões sobre as questões relacionadas à saúde no contexto escolar apontam para a necessidade de uma eficaz aproximação entre a pesquisa/produção acadêmica e as demandas do contexto escolar, o que proporciona uma educação significativa e socialmente relevante (COPETTI & FOLMER, 2015). Estes autores citados corroboram com Senna (2003) que ressalta a falta de reciprocidade entre teoria e o cotidiano da sala de aula como negativo no processo de aprendizagem.

Segundo Brasil (2006b), a comunidade escolar é o espaço de promoção da vida, portando da saúde. É parte de um território geográfico, cultural, social e econômico construído coletivamente. Nas unidades escolares pode-se construir e

fortalecer o desenvolvimento de ações para promover a qualidade de vida e reduzir a vulnerabilidade, tornando-se uma escola mais saudável. A escola pode ser locus para promoção da saúde de crianças, adolescentes e jovens adultos (DEMARZO & AQUILANTE, 2008).

De acordo com Portugal (2006), uma forma de reduzir a vulnerabilidade dos estudantes é por meio da identificação dos riscos à que estão expostos. Esse procedimento implica no diagnóstico das demandas e carências presentes na comunidade em questão. Diante da compreensão da realidade escolar e seu entorno, é possível promover ações educativas que contribuam para um ambiente saudável e sustentável. O ponto de partida perpassa, necessariamente, pela elaboração de um projeto para sistematizar as ações de saúde no ambiente escolar e no seu entorno.

Outro aspecto importante, conforme nos apresenta Ferraz (2015), é que o educando precisa compreender o significado de ciências, seu funcionamento, seus modelos e teorias, como estes são gerados e suas consequências no meio que vivenciam nos diferentes contextos - político, econômico e social e que os saberes podem ser adquiridos através da alfabetização científica.

Como afirma Brasil (2006a), o ensino da Biologia deve possibilitar ao educando a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico como a biodiversidade e sua influência na qualidade de vida humana, o uso de transgênicos, a clonagem, a reprodução assistida, entre outros, e orientar as atuações como nos cuidados com a alimentação, com o corpo e sua saúde. Para atender a esses desafios o ensino de Biologia deve ser pautado na alfabetização científica.

A Alfabetização Científica almeja fornecer ao educando a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico, o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, e acima de tudo, discutir e refletir os problemas cotidianos e assim criar resoluções, para as quais a investigação será o caminho mais apropriado para resolvê-los. Ou seja, capacidade de posicionar-se e tomar decisões frente à realidade (BRASIL, 2006a; SASSERON, 2008).

É comum observar que o estudante do ensino básico atinge a fase de alfabetização funcional, define o termo científico sem compreender de fato seu significado (KRASILCHIK & MARANDINO, 2004).

Para que o estudante ultrapasse a alfabetização funcional o ensino de biologia não pode ser fundamentado no ensino transmissivo, conteudista e memorístico, tão pouco a utilização de vocabulário complexo de forma descontextualizada (TEIXEIRA, 2003). Teóricos como Paulo Freire (1987), enfatizam a importância de superar a educação bancária e focar a aprendizagem no aluno, envolvendo-o, motivando-o e dialogando com ele. Os alunos são motivados quando encontram sentido nas atividades que são propostas, quando sentem-se engajados em projetos, aos quais introduzem suas contribuições, quando desenvolvem um diálogo sobre as atividades e a forma de realizá-las.

A Abordagem Temática, na perspectiva Freireana, tem como premissa a dialogicidade e a problematização. Onde os conceitos científicos são selecionados a partir das necessidades dos estudantes, para promover o entendimento de situações reais que emergem das contradições sociais, nomeada *situação-limite* (FREIRE, 2008).

Vale ressaltar, a importância da realização de atividades mais atrativas e ativas que visem o protagonismo juvenil, criando um ambiente favorável à escuta entre os pares, as pesquisas e experimentação colaborativas, além de reconhecer as conquistas dos estudantes. Desenvolver práticas pedagógicas diversificadas e personalizadas, que considerem o perfil da turma possibilita aproximar os termos científicos ao cotidiano do estudante (FONFOCA et al, 2018). Neste sentido, torna se imprescindível instigar a curiosidade, o encantamento pela área científica e o gosto por aprender. Conforme afirmam Viecheneski & Carletto (2013), a promoção da associação das ciências ao cotidiano da comunidade escolar é a verdadeira inclusão científica. Dentro de uma proposta sócio-interacionista vigotskyana o papel do professor é de grande importância na elaboração de questões que irão orientar seus educandos potencializando a construção dos novos conhecimentos (CARVALHO, 2013).

Um dos caminhos mais interessantes de aprendizagem ativa é através da investigação. O ensino investigativo também denominado ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, deve estar

em consonância ao cotidiano do educando. Desta forma constituir-se de problemas reais e desafiadores que ativam seus conhecimentos prévios, além de ofertar condições para que os alunos possam levantar e testar hipóteses na busca de novas informações sobre os fenômenos científicos a estes apresentados (FERREIRA & LORENCINI JR, 2005; ZANON & FREITAS, 2007).

Neste sentido, este trabalho se propôs a elencar as doenças infecciosas mais prevalentes da comunidade escolar e, a partir destas propor uma Sequência de Ensino Investigativo de Microbiologia com Abordagem Temática Freireana no Ensino Básico. Dentro da SEI organizar materiais didáticos estimulantes, desafiadores que mobilizem os estudantes, promover trabalhos colaborativos e que envolvam o uso de tecnologias possíveis, nas palavras de Moran (2017), e assim aproximar a realidade local ao conhecimento científico com a preocupação legítima no aprendizado.

Tendo em vista que o mundo microscópico é bastante abstrato para os educandos de ensino básico, é necessário o desenvolvimento de métodos que proporcionem o ensino efetivo de microbiologia.

A microbiologia é a área da ciência que se dedica ao estudo de organismos unicelulares visualizados ao microscópio e suas atividades biológicas (VIEIRA, 2012a). Na educação básica, o conteúdo de Ciências Naturais está presente em todos os níveis de ensino, como por exemplo, no estudo de Citologia, Ecologia, Saúde Pública, Ciclos Biogeoquímicos, Genética e Biotecnologia (BRASIL, 1998).

Conhecer a microbiologia é de extrema relevância devido à relação dos microrganismos ao bom funcionamento do ambiente e na promoção do equilíbrio ecológico, bem como na conservação e produção de alimentos, nos avanços da ciência como a biotecnologia e principalmente por ser uma porta de entrada para a abordagem da saúde (FERREIRA & SOUSA, 2010).

A proposta desta dissertação é utilizar as doenças para aproximar a microbiologia da realidade dos estudantes e preparação destes para suas vivências, sendo que este recorte será introdutório para a temática, mas não exclusivo, seguindo a educação problematizadora e dialógica, na qual o ponto de partida é a própria vida do educando, de forma que ele possa apreender e modificá-la (FREIRE, 1983). Para promover um ensino de Microbiologia mais eficiente e contextualizado, é

necessário construir com o educando um entendimento sobre sua importância e sua relação com o dia-a-dia, romper barreiras sobre o tema e apresentar a relevância desta para a sociedade, destacando seus aspectos positivos e negativos que desmistificam a visão patogênica (TOLEDO, 2015).

Promover a aprendizagem sobre microrganismos é um desafio na Educação Básica, por ser um conteúdo abstrato, quase sempre abordado de forma descontextualizada e enciclopédica, tem levado muitos estudantes a formarem concepções incompletas e equivocadas sobre o tema. É um grande desafio para educadores em escolas com poucos recursos sem laboratório, equipamentos e materiais. Porém é possível realizar atividades investigativas sem que sejam experimentais ou até mesmo com materiais alternativos.

A partir do contexto apresentado propomos uma abordagem metodológica baseada em uma Sequência de Ensino Investigativa com Abordagem Temática Freireana com intuito de contribuir e tornar o processo de ensino-aprendizagem em Microbiologia mais significativo.

Para alcançar tal objetivo, emergem alguns questionamentos que nortearão o desenvolvimento da pesquisa: Quais fatores são relevantes ao planejar e aplicar uma sequência de ensino com uma abordagem investigativa a partir de situações-problema?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaboração de um instrumento didático para ensino de microbiologia de maneira contextualizada e significativo fazendo uso da situação de entorno de uma comunidade escolar.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Verificar as doenças infecciosas mais prevalentes no município de Penha/SC para traçar um perfil das necessidades de abordagem nas escolas.

Identificar uma teoria educativa e estratégias pedagógicas para o ensino de Microbiologia a fim de aproximar o educando da sua realidade.

Elaborar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) a partir de situações-problema referente a área de Microbiologia com conteúdo e métodos estimulantes, adequados a fim de promover uma aprendizagem significativa.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Breve histórico do Ensino de Ciências no Brasil**

O ensino de ciências, no Brasil, tem sofrido transformações ao longo dos anos de acordo com aspectos econômicos, sociais e culturais, amplos e complexos. O ensino nesta área sempre esteve vinculado ao desenvolvimento científico mundial e se materializou nos currículos propostos na Educação Básica (KRASILCHIK, 1991). Conhecer sua trajetória, as teorias de aprendizagem em que se ancoraram e os procedimentos metodológicos do passado, auxilia a compreender a situação atual do ensino de ciências e fornecer orientações para planejamentos futuros. Ainda que não se pretenda realizar um levantamento histórico extenuante, a perspectiva histórica é importante uma vez que as práticas atuais podem ser reflexos e/ou conservar tendências existentes de períodos anteriores.

Adotando como ponto de partida a Nova Era das Ciências, iniciada na década de 50, do século 20, período de grandes mudanças no desenvolvimento tecnológico e científico que promoveram a substituição da estrutura agrário-comercial por uma estrutura urbano-industrial, o que permitiu maior abertura para o ensino de ciências que nesta época era voltado apenas às elites econômicas. Com forte influências da Escola Nova, o ensino de ciências, tinha como objetivo formar futuros cientistas, através da renovação do ensino de ciências no país transmitindo informações atualizadas. Possuía programas rígidos e o currículo considerava a ciência como atividade neutra com isenção dos pesquisadores quanto a valores éticos e morais em relação ao que estavam fazendo, também enfatizavam os produtos. É justamente aqui que recomendou-se o uso do laboratório, porém apesar da utilização de aulas práticas como recurso metodológico, não se colocava em questão a verdade científica (KRASILCHIK, 2000; BIZZO, 2002; CHASSOT, 2004).

Nos anos 60, para vencer a batalha espacial os Estados Unidos realizaram investimentos em recursos humanos e financeiros sem equivalentes na história para produzir curso das ciências que identificassem e incentivassem jovens talentosos a seguirem a carreira científica. Com intensa participação das sociedades científicas de Física (Physical Science Study Committee – PSSC), de Biologia (Biological Science Curriculum Study – BSCS), de Química (Chemical Bond Approach – CBA) e



de Matemática (Science Mathematics Study Group – SMSG), (KRASILCHIK, 2000). Já no Brasil essa ocasião foi marcada por intensas mudanças políticas e sociais resultando na elaboração da primeira Lei Nacional de Educação (Lei nº4.024/61), tornando obrigatório o ensino de ciências também no Ensino Secundário e a ampliação da carga horária de Física, Química e Biologia no curso ginásial. Anteriormente ministravam-se aulas de Ciências Naturais apenas nas duas últimas séries do antigo curso ginásial (RANZONI, 2014). A educação não era mais voltada para a elite, mas para formar a partir do método científico cidadãos capazes de pensar de forma crítica e lógica a fim de atender às necessidades do desenvolvimento do país, o cenário ainda era dominado pelo ensino tradicional (MELLO, 2000).

Ainda na década de 60 com o início da ditadura militar em 1964 e com o novo padrão econômico surgem mudanças na educação. O papel da escola deixa de enfatizar a cidadania e passa a formar o trabalhador (KRASILCHIK, 2000). Ocorreu uma expansão significativa do Ensino Fundamental, porém como não teve o devido investimento financeiro o sistema educacional entrou em crise o que acabou por servir de justificativa para realização de acordos entre o Brasil e EUA, como a conhecida parceria MEC- USAID (United States Agency for International Development) que forneceu assistência técnica e cooperação financeira. Era um contexto fortemente marcado pelo tecnicismo educacional da teoria do capital humano, preconizava que o governo brasileiro atuasse sobre escolas na escolha de conteúdos e métodos de ensino, no sentido de oferecer aos estudantes uma formação científica mais eficaz, tendo em vista o desenvolvimento do país segundo as necessidades do governo estadunidense. Essa parceria foi decisiva na reforma do ensino de 1º e 2º graus com a criação da nova edição da Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 5.692, promulgada em 1971, norteou claramente as modificações na educação, que tinha como principal característica oferecer uma formação educacional mais voltada para o mercado profissional, deixando de enfatizar a cidadania, devido a imposição da ditadura militar (ROMANELLI, 1991; KRASILCHIK, 2000). Nesse sentido apresentam-se dois objetivos: a) conter a crescente demanda sobre o ensino superior e b) promover a profissionalização de

nível médio, formando mão de obra para o trabalho, em detrimento de uma educação integral (FRACALANZA, 1982; VIEIRA & FARIAS, 2003).

Na primeira metade dos anos 1970, sob forte influência dos Estado Unidos os projetos eram liderados por cientistas de renome com preocupação na elaboração de materiais, como kits para realização de experimentos e adequação das escolas quanto a estrutura, inclusive com instalação de laboratórios a fim de formar jovens para ingressarem na universidade e tornarem-se cientistas. Estas escolas tornaram-se cópias de laboratórios, as atividades de ensino e a manipulação dos experimentos não eram realizadas pelo professor, mas por um expert devidamente preparado para esse fim (KRASILCHIK, 2000). Propunham métodos ativos através da utilização do laboratório, mas ainda era baseado em definições, deduções, equações e em experimentos com resultados previamente conhecidos, método da redescoberta (KRASILCHIK, 1987). Neste período as propostas de melhoria do Ensino de Ciências eram fundamentadas nas teorias comportamentalistas de ensino-aprendizagem (NASCIMENTO, FERNANDES & MENDONÇA, 2012). De acordo com Santos & Mendes Sobrinho (2008) tinha forte influência tecnicista, pois se baseava na racionalidade, eficiência e produtividade.

Com o agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, que incluem a química da produção industrial, a adoção de toxinas ambientais e a precipitação nuclear, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a tomada de consciência de muitos intelectuais com relação às questões éticas, a crise econômica mundial e problemas relacionados ao desenvolvimento tecnológico surgiu uma inovação nos currículos de ciências no Brasil, começaram a incorporar uma visão de ciência como produto do contexto social, político e econômico (LONGHINI, 2012; KRASILCHIK, 1987). Buscou-se elaborar um currículo com o intuito de integrar Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), sendo assim o indivíduo seria preparado para discutir e refletir a respeito das implicações sociais do desenvolvimento científico. Despertava-se para a democratização da educação, destinando o ensino ao homem comum que tinha que conviver com o produto da ciência e da tecnologia, não mais como especialista, mas como ser político, profissional e cidadão, capaz de transformar a realidade (DELIZOICOV & ANGOTTI, 1992). Essa tendência educacional é importante até os dias de hoje para a formação integral do cidadão, dando maior ênfase a conteúdos socialmente relevantes e discussão de temas e problemas com importância real.

Na primeira versão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio alterou-se a nomenclatura, de Ciências e Matemática para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Tal alteração teve como pressuposto a indicação e a promoção de competências e habilidades para o entendimento de equipamentos e procedimentos técnicos, bem como a obtenção e análise de dados, a avaliação de benefícios e riscos, para o exercício amplo da vida profissional e para a cidadania, um aprendizado crítico (BRASIL, 2000).

Na década 80 passaram a influenciar o ensino de ciências as teorias cognitivistas, as quais consideram a aprendizagem como um processo envolvendo o sujeito e sua interação com o mundo externo. A organização das novas informações se conecta a pontos de ancoragem para construção de novos saberes, promovendo uma aprendizagem significativa (BECKER, 2014). As ideias construtivistas são pautadas em três aspectos: a) valorização das concepções prévias, b) a importância das interações entre o indivíduo e objeto de conhecimento, e a c) necessidade das interações sociais na construção do conhecimento (NOVAK, 1988).

Diferentes correntes construtivistas como de Bruner (1983) e Piaget (1959, 1967, 1972, 1973, 2004) passaram a inspirar os educadores dando mais ênfase à construção do conhecimento pelo aluno. Nesse sentido passou-se a dar ênfase na aprendizagem por descoberta. Fato este, que promoveu uma renovação do ensino de ciências que passou a se orientar pelo objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico, ao processo de construção do conhecimento científico pelo aluno (KRASILCHIK, 1987).

De acordo com essa concepção de educação os educandos passam a vivenciar situações e atividades interativas, realizar experiências nas quais o estudante, enquanto sujeito da educação, produz seu próprio conhecimento. Promovendo desta forma, uma mudança no papel do professor que passou a ser compreendido como mediador, orientador da aprendizagem, enquanto que o educando passou a ser o protagonista, no que se refere a busca pelo conhecimento.

Com a Lei n. 7.044/82 a disciplina de Ciências nas séries iniciais do 1º grau era trabalhada como iniciação por meio de atividades práticas, nas séries finais o termo seria Ciências Físicas e Biológicas e no 2º grau Física, Química e Biologia

como disciplinas distintas. Passaram a reconhecer que as explicações científicas não são isentas de ideologias, valores e crenças (LONGHINI, 2012).

Ainda na década de 1980, verificou-se também parte significativa das propostas de Ensino de Ciência pela Metodologia da Resolução de Problema. Tal proposta visava possibilitar aos estudantes a vivência de processos de investigação científica e a formação de habilidades cognitivas e sociais. Embora a referida proposta foi uma tendência que ocorreu na Europa e em toda a América, inclusive na América Latina, poucos estudos foram realizados no Brasil. Aqui, no Brasil, a abordagem de conceitos, ideias e métodos sob a perspectiva de resolução de problemas ainda é bastante desconhecida da grande maioria dos educadores e, quando foi incorporada à prática escolar apresentou maior concentração de trabalhos na disciplina de Matemática, onde a Resolução de Problemas possui algumas características diferentes do que nas Ciências Naturais (SIERRA, 2017).

Em meados dos anos de 1980 e na da década de 1990, no que se refere ao Ensino das Ciências, voltou-se a priorizar o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e as demais questões sociais e ambientais. Passou-se também a debater as metodologias ativas e a incorporar o discurso da formação do cidadão crítico, consciente e participativo (LONGHINI, 2012). Tendo como marco a “Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia”, realizada em Brasília, em 1990 cuja temática central foi a educação científica dos cidadãos (SANTOS & MORTIMER, 2002).

Já na década de 90 os pesquisadores passam a realizar trabalhos que incorporam a dimensão sócio-interacionista à análise do processo de ensino aprendizagem, incluindo interações discursivas, entre professor e aluno, entre aluno e aluno, e negociação social de significados para a construção do conhecimento (PIMENTA, 2005). Adotando a realização de atividades com implicações sociais, jogos e utilizando os computadores (KRASILCHIK, 2000). Nesse período houve a necessidade de possibilitar a formação do professor reflexivo e pesquisador de sua própria prática educativa. Formação está centrada na epistemologia da prática, com uso da reflexão, análise e da problematização, para que houvesse a construção do conhecimento, partindo do conhecimento tácito, pautado nas ações (PIMENTA, 2005).

Ao assumir a Presidência da República em 1995 o sociólogo Fernando Henrique Cardoso impulsiona a globalização e promove mudanças na educação. Essa mudança foi delineada conforme as exigências do sistema de produção, visando formar Cidadão-trabalhador-estudante. Novas políticas são definidas tendo como critério de promoção do sucesso três linhas reguladoras, a saber: “democratização do acesso e da permanência ao ensino, qualidade do ensino, gestão democrática”. No entanto, a gestão educacional perde sua prioridade democrática, por não atingir a totalidade, aqueles que não tinham acesso a educação continuaram sem tê-lo (ARELARO, 2000). Nesse período estava sendo elaborado pelo Ministério da Educação (MEC) a primeira versão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), do qual participaram docentes de universidades públicas e particulares, técnicos de secretarias municipais e estaduais de educação, especialistas e educadores (BRASIL, 1997).

Com a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), lei n. 9.394, em 1996 a educação passa a ser dividida em Educação Básica e Ensino Superior. A Educação Básica inclui a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio. A LDB em seu artigo 36º observa algumas diretrizes para o currículo do Ensino Médio, destaca a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania (BRASIL, 1996).

Em 1998 foram anunciadas às Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), organiza o currículo em três áreas de conhecimento: Linguagens e Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

As Diretrizes Curriculares Nacionais são normas obrigatórias, têm como objetivo orientar o Projeto Político Pedagógico (PPP), o planejamento curricular das escolas e dos sistemas de ensino, norteando seus currículos e conteúdos mínimos. Assim asseguram a formação básica com fundamentação na LDB (SIÉCOLA, 2016).

Visando suprir as lacunas deixadas pelo PCN no que se refere aos procedimentos metodológicos, em 1999, surge o PCN para o Ensino Médio (PCNEM). Esses detalham os conhecimentos de cada uma das Ciências abordadas,

quanto à Biologia preconiza que seu aprendizado: deve permitir a compreensão da natureza viva e dos limites dos diferentes sistemas explicativos a contraposição entre os mesmos e a compreensão de que a ciência não tem respostas definitivas para tudo, nada na área das Ciências Biológicas é definitivo, pois o conhecimento científico tem caráter provisório, uma de suas características é a possibilidade de ser questionada e de se transformar, o que se evidencia pela evolução histórica das Ciências Biológicas (BRASIL, 1999).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), em 2000 trazem uma relação de competências e habilidades a serem desenvolvidas, focando três aspectos: representação e comunicação; investigação e compreensão e contextualização sociocultural. Advertem as escolas quanto a necessidade de evitarem o excesso de conteúdo, com suas classificações desnecessárias e que fazem os alunos não serem capazes de estabelecer uma relação entre a ciência com suas vidas e com a sociedade. Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim, compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia (BRASIL, 1999; BRASIL, 2000).

Os propósitos definidos pelos PCNs estão de acordo com o Relatório elaborado por Jacques Delors para UNESCO, pautados nos quatro pilares da educação para o século XXI como pode ser observado a seguir:

● **Aprender a conhecer:** este pilar se refere à aquisição dos “instrumentos do conhecimento”. Seu fundamento é tornar prazeroso o ato de compreender, descobrir, construir e reconstruir o conhecimento para que ele não seja efêmero, é preciso valorizar a curiosidade, a autonomia e a atenção permanentemente. Motivar a pensar o novo, reconstruir o velho e reinventar o pensar. Despertar no estudante a vontade de querer saber mais e melhor sempre (DELOR, 2012).

● **Aprender a Fazer:** mostra a coragem de executar, de correr riscos, de errar mesmo na busca de acertar. Assim poder agir sobre o meio envolvente, objetivando adquirir não somente uma qualificação profissional, mas, de uma maneira mais ampla, competências que tornem a pessoa apta a enfrentar numerosas situações e a trabalhar em equipe, desenvolvendo espírito cooperativo e de humildade na

reelaboração conceitual e nas trocas de valores com o coletivo. Ter iniciativa no âmbito das diversas experiências sociais ou de trabalho, saber se comunicar e resolver conflitos, ser flexível (DELOR, 2012).

●**Aprender a Conviver:** traz o desafio da convivência que apresenta o respeito a todos e o exercício de fraternidade como caminho do entendimento, desenvolver a percepção de interdependência e a administrar conflitos. Esse aprendizado é importantíssimo no mundo atual (DELOR, 2012).

●**Aprender a Ser:** é muito importante por explicitar o papel do cidadão e o objetivo de viver, a desenvolver sensibilidade, sentido ético e estético, responsabilidade pessoal, pensamento autônomo e crítico. A aprendizagem precisa ser integral, valorizando todas as potencialidades de cada indivíduo (DELOR, 2012).

Atualmente a Unesco atualiza essa perspectiva de Educação Integral para um desenvolvimento humano por meio do conceito de cidadania global e solicita princípios curriculares que são as expectativas de aprendizagem (BACICH & MORAN, 2018).

Em 2002, o Ministério da Educação lança o PCN+ com orientações educacionais complementares ao PCN, para apoiar o professor no desenvolvimento de um currículo por competências. Afirma que o Ensino de Biologia deve se pautar pela “alfabetização científica” (AC) e ressalta que esse conceito implica três dimensões: a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e a percepção sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade (BRASIL, 2002).

Atualmente, já encontra-se aprovada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio, esta foi homologada pelo ministro da Educação Rossieli Soares em 15 de dezembro de 2018, com previsão para entrar em vigor no início do ano letivo de 2020. É um documento normativo que busca estabelecer aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas durante a Educação Básica no Brasil. Busca unificar a construção dos currículos escolares, alinhando as propostas no âmbito Federal, Estadual e Municipal (BRASIL, 2017).

A BNCC ressalta a importância da construção de aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e interesses dos estudantes, bem como aos

desafios da sociedade contemporânea. Associa o fracasso da Educação Básica atual ao desempenho insuficiente dos estudantes nos anos finais do Ensino Fundamental e a organização do ensino médio com excesso de componentes curriculares e abordagem pedagógica distante das culturas juvenis e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018).

Segundo a BNCC são competências específicas de Ciências da Natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio (BRASIL, 2018):

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
3. Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

### **3.2 Alfabetização Científica**

A expressão Alfabetização Científica abrange um espectro muito amplo de significados, de acordo com Chassot (2000) o termo representa “o conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”. Esse autor defende que a ciência seja uma linguagem, sendo assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza, ser capaz de fazer uma leitura do universo (CHASSOT, 2003).

Compreender que a ciência contribui para controlar e prever as transformações que ocorrem na natureza. Dessa forma haverá condições de fazer com que essas transformações sejam propostas para conduzir a uma melhor qualidade de vida (CHASSOT, 2003).

De acordo com outros autores são as “possibilidades de que a grande maioria da população disponha de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para se desenvolver na vida diária, ajudar a resolver os problemas e as



necessidades de saúde e sobrevivência básica, tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade” (FURIÓ et al, 2010).

As pessoas alfabetizadas cientificamente aprendem a questionar e o processo de ensino-aprendizagem é promovido por meio de questionamentos e da investigação. Nos últimos anos há uma grande preocupação em colocar a Alfabetização Científica com objetivo central do ensino de Ciências em toda a formação básica. Na educação básica, é importante que o ensino parta de atividades problematizadoras e que os alunos consigam relacionar os temas com a realidade deles. Tornando evidente que a ciência é um elemento presente no dia-a-dia e que os conhecimentos adquiridos em sala de aula possam estar relacionados com a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente, formando alunos para atuação na sociedade atual, largamente cercada por artefatos científicos e tecnológicos (SASSERON & CARVALHO, 2011).

De acordo com Cunha (2017) a produção acadêmica no Brasil sobre divulgação científica abrange um amplo espectro, envolvendo, além das aulas de ciências, os livros didáticos, os museus de ciência, o jornalismo, a literatura e o cinema. Muito se apoia em referências bibliográficas em língua inglesa. Nos trabalhos que tratam da noção de *scientific literacy*, predomina a escolha por traduzi-la como "alfabetização científica", e uma parcela bem menor dos estudos adotam "letramento científico". Mas em que o termo "letramento" se distingue de "alfabetização"? Segundo Soares (2012, p. 36):

a pessoa que aprende a ler e a escrever - que se torna alfabetizada - e que passa a fazer uso da leitura e da escrita, a envolver-se nas práticas sociais de leitura e escrita - que se torna letrada - é diferente de uma pessoa que não sabe ler e escrever - é analfabeta - ou, sabendo ler e escrever, não faz uso da leitura e da escrita - é alfabetizada mas não é letrada.

O termo *scientific literacy*, é geralmente interpretado como a capacidade de ler e escrever, isso explica porque no Brasil optou-se por traduzir como “alfabetização”. Porém quando se acrescenta extensões ao termo como “letramento digital, letramento cultural, letramento político, e, claro, letramento científico, sugerem que seus aspectos semânticos são muito importantes em tais extensões” (LAUGKSCH, 2000).

Com base na revisão realizada por Sasseron & Carvalho (2011), sobre Alfabetização Científica, é possível perceber essa variação no uso desse termo. Os autores de língua espanhola, utilizam a expressão “Alfabetización Científica” no qual o ensino tem objetivo de promover as capacidades e competências entre os estudantes para permitir-lhes a participação nos processos de decisões do dia-a-dia (MEMBIELA, 2007, DÍAZ, ALONSO & MAS, 2003, CAJAS, 2001, GIL-PÉREZ & VILCHES-PEÑA, 2001); na língua inglesa o mesmo objetivo aparece sob a expressão “Scientific Literacy” (NORRIS & PHILLIPS, 2003, LAUGKSCH, 2000, HURD, 1998, BYBEE, 1995, BINGLE & GASKELL, 1994, BYBEE & DEBOER, 1994); e, nas publicações de língua francesa o uso da expressão “Alphabétisation Scientifique” (FOUREZ, 2000, 1994, ASTOLFI, 1995).

Sasseron & Carvalho (2011) agruparam as habilidades dos diferentes autores estudados nesta revisão bibliográfica em Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica para a elaboração e planejamento das aulas:

O primeiro diz respeito à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais e procurando trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplicá-los em situações do cotidiano. O segundo eixo refere-se a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. Parte da ideia de ciência como área do conhecimento em constante construção, através de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes. Contribui para constantes reflexões por parte dos alunos e do professor sempre que defrontados com novas informações.

O terceiro eixo estruturante propõe a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Pertinente ao desejo de um futuro sustentável para a sociedade e o planeta. É de extrema importância perceber o ser humano como parte do ambiente e que suas ações influenciam de forma positiva e/ou negativa e sofrem influências do meio também (SASSERON & CARVALHO, 2011).

Esses três eixos devem ser capazes de promover o início da Alfabetização Científica, estando idealizado na argumentação, na colocação de problemas envolvendo a sociedade e o ambiente, nas discussões dos fenômenos do mundo natural associados e no trabalho do aluno como ser ativo no seu processo de

aprendizagem. Sendo assim o ensino de ciências proporcionará a formação cidadã, com benefícios práticos para a sociedade e o ambiente, de tal forma que se reconheçam as implicações científicas no cotidiano (SASSERON & CARVALHO, 2011).

Adotou-se o uso do termo “Alfabetização Científica” neste trabalho por ser utilizado nos documentos que orientam a educação no Brasil, nos apoiando na definição desse termo elaborado pelas pesquisadora Sasseron & Carvalho (2011), com um sentido mais amplo do que ler e escrever sobre ciências, mas sim de enculturação científica, muito mais próximo do letramento científico quanto a semântica.

### **3.3 Interdisciplinaridade e Contextualização**

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) a interdisciplinaridade e a contextualização são princípios organizadores do currículo (BRASIL, 1998). Relacionar os conteúdos a realidade do educando atribui sentido e contribui para a aprendizagem significativa.

Assim como a BNCC fala sobre a promoção da interdisciplinaridade e na organização interdisciplinar dos componentes curriculares. Caberá às equipes escolares adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2018).

Neste documento encontramos também orientação para contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar (BRASIL, 2018).

No entanto, o ensino tradicional ainda está fortemente presente nas práticas escolares, apresenta os conteúdos de forma fragmentada e isolada, muito distantes da realidade social do estudante e do contexto da produção científica. Uma tendência didática de levar ao aluno o produto final da atividade científica, como algo pronto, como verdade absoluta (FRACALANZA, AMARAL & GOUVEIA, 1986).

Num país como o Brasil não há razão para utilizar problemas hipotéticos, pois muitos são os problemas reais nas comunidades para serem abordados. Ao atacar estas problemáticas que emergem de nossas condições sociais, econômicas e culturais, temos uma condição singular de colaborar significativamente para o letramento científico e tecnológico e ao integrar a escola à comunidade será possível mudar a realidade local e por consequência mudar o Brasil (MONTIMER, 2002).

Para se promover a educação contextualizada é preciso tomar consciência da realidade dos sujeitos, da sua inter-relação com o meio para incentivar a valorização da cultura e da transformação social (ARAÚJO & KLEIN, 2006). As mediações didáticas precisam ser capazes de integrar os conceitos científicos e de valorizar o pluralismo metodológico (KRASILCHIK, 1987) os conteúdos selecionados devem conciliar, entre outros, a realidade local, a percepção crítica aos materiais didáticos e os avanços das produções científicas. Pozo & Crespo (2009) apontam para a necessidade de se abrir discussões e focar no ensino de Ciências envolvendo temáticas que estão em ascensão no meio social.

### **3.4 Ensino Investigativo**

O ensino tradicional com enfoque meramente conceitual e memorístico abordado no ensino de ciências e biologia, com aulas basicamente expositivas, com pouca experimentação e pautada na mera reprodução, desconsideração dos aspectos sociais e culturais dos educandos, o distanciamento dos fenômenos naturais tem levado a desmotivação e desvalorização desta área do conhecimento sem a compreensão de sua verdadeira finalidade (SILVA et al, 2015).

Tendo como propósito superar as dificuldades e deficiências no ensino das Ciências Naturais novas proposta tem sido apresentadas a fim de significar conteúdos e facilitar o processo de ensino-aprendizagem, porém para que tenham êxito é necessário que ocorra uma reflexão em conjunto como os professores que de fato estão em sala de aula e assim superar a tendência de implantar práticas educativas baseadas em orientações externas ao espaço escolar (CLEMENT & TERRAZZAN, 2011).

Diversas estratégias de ensino têm sido pesquisadas para promover motivação/contextualização com o uso de metodologias ativas que se propõe a tornar a aprendizagem mais significativa. Essa educação inovadora deve oferecer

condições de aprendizagens em contextos de incerteza, desenvolvimento de múltiplos letramentos, questionamento das informações, autonomia para a resolução de problemas reais, convivência com a diversidade e realização de trabalhos em equipe (BACICH & MORAN, 2018).

Metodologias Ativas se caracterizam pela interrelação da educação com a cultura, a sociedade, a política e a escola, desenvolvida por métodos criativos e centrados na atividade dos alunos como: Sala de Aula Invertida, Sala de Aula Compartilhada, Aprendizagem Baseada em Problemas (do inglês Problem-Based Learning -PBL), Design Thinking, Ensino pela Pesquisa, com destaque para o Ensino por Investigação (BACICH & MORAN, 2018).

O ensino por investigação (inquiry) teve sua origem em 1981 como o professor de química H.R. Armstrong que buscava ressaltar a importância da experimentação nas construções científicas. Seu propósito inicial era oferecer uma forma de ensino que pudesse se opor ao modelo tradicional, do professor para o estudante (FURIÓ et al, 2010).

No Brasil a perspectiva do ensino por investigação como estratégia metodológica para uma educação científica surgiu com as teorias da educação progressista do norte americano, filósofo e pedagogo John Dewey. A pedagogia de Dewey criticou a educação tradicional voltada à memorização, trazia a necessidade de a educação propiciar aos estudantes condições para resolver problemas, deveria ser adequada a uma democracia moderna e levar o cidadão agir livremente de forma consciente. A problematização no processo de ensino-aprendizagem é de fundamental importância para que ocorra a construção do conhecimento. Para Dewey as atividades manuais apresentam situações problemas concretas, desenvolvem o espírito de trabalho em equipe, através da divisão de tarefas, estimulando a cooperação, a iniciativa e a independência, que levam a autonomia. Sendo assim, a educação tem função social democratizadora com o intuito de igualar as oportunidades aos diferentes indivíduos e voltada aos interesses dos estudantes (VIEIRA, 2012b).

Ensino por investigação têm como principal objetivo o desenvolvimento da autonomia, do senso crítico e da capacidade de avaliar e resolver problemas reais e

culturalmente relevantes, é realização de um movimento de aproximar os conhecimentos científicos dos conhecimentos escolares, mobilizando o aprendiz, sendo assim eles exploram, interagem e experimentam o mundo natural (CARVALHO, 2003). É o ensino capaz de buscar a informação pretendida através das discussões entre os alunos, com a mediação do professor, deixando um pouco de lado o processo curricular exaustivo e estruturado (VIEIRA, 2012b).

Em suas análises sobre as diferentes abordagens para o ensino investigativo Zômpero & Laburú (2011), evidenciaram a existência de pontos em comum para uma proposta investigativa com base nos autores: Del Carmen (1988), Olvera (1992), Zabala (1992), Gil (1993), Garcia (1993); estas são: deve haver um problema a ser analisado, emissão de hipóteses, planejamento para a realização do processo investigativo para obter novas informações, interpretação das novas informações, comunicação das mesmas.

Segundo Zabala (1998) o processo investigativo tem os seguintes momentos: Escolha do objeto de estudo e do problema (Explicitação de perguntas), Expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses (Hipóteses, respostas intuitivas); Planejamento da investigação (Fontes de informações, tomada de dados); Nova tomada de dados; Interpretação dos Resultados e Conclusões (Seleção, classificação de dados e conclusão); Expressão e comunicação dos resultados; Aplicação a novas situações (Generalização).

### **3.5 Sequências de Ensino Investigativas**

O Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) é baseado no diálogo e na discussão de problemas, perpassando por processos investigativos de elaboração de hipóteses, verificação, socialização de resultados e argumentação (ZÔMPERO & LABURÚ, 2011).

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) vem sendo propostas com o intuito de construção de um conhecimento sólido e produtivo. Segundo Carvalho (2007), propostas inovadoras no ensino devem ser reflexivas e permitir aos educandos conciliar o conhecimento científico à habilidade de tirar conclusões baseadas em evidências que promovam a maior compreensão da sociedade atual e gerar autonomia. De acordo com a autora, deve-se seguir as etapas para resolução

de problemas, quais seriam: a) buscar evidências para sustentar as ideias, b) levantar hipóteses para explicar o fenômeno, c) elaborar conclusões e relatar os resultados. Para que essa metodologia logre êxito o professor tem papel de fundamental importância relevância, propiciando condições para que os educandos argumentem, discutam e falem ciências. O professor deixa de ocupar o lugar de detentor de todo saber e passa a estabelecer uma relação de mediador, assim como o estudante torna-se ativo no processo de construção do conhecimento. Por ser uma metodologia ativa que facilita e potencializa o aprendizado, conduz o estudante a pensar, discutir, justificar e aplicar seus conhecimentos.

O ponto central é preparar os alunos para serem pensadores ativos, em busca de respostas e não apenas disciplinar o raciocínio indutivo. Prioriza-se o desenvolvimento da capacidade de argumentação (ZOMPERO & LABURÚ, 2011).

### **3.6 Abordagem Problematizadora**

Dentre as abordagens de ensino centralizadas no problema temos a Abordagem Temática Freireana (ATF), baseada em temas que representam problemas da realidade do educando e/ou da comunidade em que está inserido (SOLINO, 2013). Essa abordagem aliada ao o Ensino de Ciências por Investigação são propostas de ensino que cada vez mais são utilizadas nas pesquisas em educação, por contemplar o diálogo e a problematização no contexto da prática educativa. Dá ênfase ao aspecto humanizador dos problemas e da contextualização histórico-cultural, o real valor da educação na vida dos sujeitos (SOLINO, 2014).

A concepção educacional de Paulo Freire foi fruto de suas reflexões para a alfabetização de adultos na educação informal, no entanto suas ideias tiveram reflexos na educação formal. Pesquisadores como Angotti (1982); Dal Pian et al., (1985); Delizoicov (1982, 1983, 1991); Delizoicov & Castilho (1980); Pernambuco (1983); Pontuschka (1993); Pierson (1997); Torres, O'Cadiz & Wong (2002); Saul & Silva (2009), entre outros, vêm estudando há décadas e propondo a organização curricular a partir das ideias e da concepção freireana de educação (BERNARDI, STUANI & DELIZOICOV, 2015).

Desde a década de 70, do século passado, têm sido feitos esforços que buscam balizar a Educação em Ciências em pressupostos do educador Paulo Freire (DELIZOICOV, 1982; DELIZOICOV, ANGOTTI & PERNAMBUCO, 2002). A Abordagem temática Freireana segundo os autores Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2011, p. 273), representa uma:

“[...] perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas, com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema”.

Delizoicov (2008, p. 39), visando a aproximação entre as ideias de Freire e o ensino de ciências propõe quatro questões que ajudam a pensar uma abordagem temática a partir do tema gerador:

1. Como se obtém temas geradores para uma determinada escola?
2. Que fatores e variáveis devem ser considerados para estruturar um programa de ensino de ciências que tenha os temas geradores como referência central?
3. Qual a metodologia de ensino adequada para a sala de aula que contemple as dimensões dialógica e problematizadora (Freire, 1975, 1977) no processo educativo proposto por Freire?
4. Quais são as mudanças estruturais na prática docente e no cotidiano das escolas que ocorrem pela implementação de uma perspectiva educativa baseada na concepção freireana?

De acordo com Freire (1987) as contradições sociais, são representadas no Tema Gerador que é selecionado mediante o processo de Investigação Temática que consiste nas seguintes etapas (DELIZOICOV, ANGOTTI & PERNAMBUCO, 2002): 1) **“Levantamento Preliminar da Realidade Local”** - em que ocorre o reconhecimento do ambiente em que vive o aluno, seu meio, seu contexto; 2) **“Análise das situações e escolha das codificações”** - análise e escolha de contradições sociais vivenciadas pelos envolvidos; 3) **“Diálogos descodificadores”** - a partir desses diálogos se obtêm os Temas Geradores. Codificação-problematização-descodificação para a validação de Temas; 4) **“Redução temática”** - consiste em um trabalho de equipe interdisciplinar, com o objetivo de elaborar o programa e identificar quais conhecimentos disciplinares são necessários para o entendimento dos temas; 5) Desenvolvimento em **“Sala Aula”** - implementação das atividades didático pedagógicas em sala de aula.



Fundamentados no livro *Pedagogia do Oprimido* (1987), os autores Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), Muenchen & Delizoicov (2014), desenvolveram os Três Momentos Pedagógicos, embasados no tripé da codificação-problematização-descodificação (FREIRE, 1987) que foram estruturados nas seguintes etapas:

1. **Problematização Inicial:** o professor apresenta questões ou situações reais que os estudantes conhecem e que estão contidas no tema. Momento em que os alunos são desafiados a pensar sobre a situação problema e o professor possa fazer o devido reconhecimento das concepções prévias;
2. **Organização do Conhecimento:** com a orientação do professor, os conhecimentos são sistematizados, momento da construção dos conhecimentos científicos necessários para a compreensão dos temas e da problematização;
3. **Aplicação do Conhecimento:** aborda sistematicamente o conhecimento incorporado pelo educando, para analisar e interpretar as questões trabalhadas durante a problematização inicial e apresentação de novas situações.

### 3.7 Ensino de Microbiologia

Diariamente são noticiados casos de mortes provocadas por vírus, bactérias, fungos ou protozoários, como: meningite, tuberculose, hepatites, sífilis, gripe, bactérias multirresistentes, etc. Com destaque devido ao número expressivo de casos as doenças como: dengue, febre amarela, zika vírus, febre chikungunya. Cabe ressaltar que quase sempre dando ênfase ao mosquito transmissor *Aedes aegypti* e não aos vírus causadores da patologia (SANTOS DE SOUZA & LUCENA, 2018).

Devido a forma como as informações são divulgadas nos veículos de comunicação a maioria das pessoas associam imediatamente à Microbiologia os microrganismos causadores de doenças infecciosas (JACOBUCCI & JACOBUCCI,

2009). Fortalecendo no imaginário da população a relação dos microrganismos com as doenças (KIMURA et al., 2013).

É importante que as pessoas tenham informações acerca dos microrganismos que causam doenças e como se prevenirem. Mas é preciso que tenham ciência que a maioria deles é essencial para o ser humano, compondo a microbiota normal que estabelece relações benéficas com nosso organismo, inclusive nos protegendo de microrganismos patogênicos. Além da manutenção da vida no planeta Terra uma vez que participam ativamente nos ciclos naturais promovendo o equilíbrio ecológico, seja pela decomposição da matéria orgânica, ou na produção de alimentos, cosméticos e medicamentos, na recuperação de áreas contaminadas, além de participarem da cura de doenças quando utilizados na terapia gênica (JACOBUCCI & JACOBUCCI, 2009).

Quanto ao ensino de microbiologia tradicionalmente se restringe a uma abordagem médico patológica, circulando a ideia que os microrganismos levam sempre a doenças graves. É preciso romper com esse paradigma e salientar que nenhuma forma de vida é tão fundamental para a manutenção da vida no planeta quanto os microrganismos (TORTORA et al., 2005).

Cassanti et al. (2008) e Kimura (2013) ressaltam a importância da microbiologia no que se refere ao papel dos microrganismos e sua relação como o corpo humano, a saúde, a alimentação e o ambiente. Apontam também a falta de conexão entre a microbiologia e a vida do educando. Além da necessidade de o professor buscar estratégias que possam facilitar a compreensão acerca do tema e que promovam a aprendizagem dos mesmos para o conhecimento dos microrganismos.

Encontrar uma conexão entre a microbiologia e a vida diária não é uma tarefa fácil, portanto, é necessária a busca por metodologias que contemplem esse objetivo, para estimular e instigar os alunos na busca do conhecimento, promovendo relações e aplicabilidades dessa ciência (CASSANTI et al., 2008).

De acordo com o levantamento feito pelos pesquisadores Santos de Souza & Lucena (2018) durante o período de 2009 a 2018 em bases de dados e de divulgação científica como: Plataforma Lattes do CNPq, (Currículos e Diretório dos Grupos de Pesquisa), Banco de Teses da CAPES, Rede SciELO, Anais do Congresso Brasileiro de Microbiologia e Google Acadêmico, o número de grupos

de pesquisa no campo do ensino e divulgação científica em Microbiologia no Brasil, ocorreu um aumento de 103% no que se refere a quantidade de grupos de pesquisas que se alinham à temática Ensino de Microbiologia. Porém isso não se refletiu de forma proporcional no que se refere ao número de defesas que observou-se duas de teses e três de dissertações. E apenas um artigo científico dedicado à esta temática. Demonstrando que há uma grande carência na área de microbiologia voltada ao ensino na educação básica.

Tanto no ensino-aprendizagem de Ciências quanto de Biologia, a Microbiologia pode servir como fonte de informações contextualizadas na realidade da comunidade escolar, ampliando o interesse dos estudantes. Ao explorar as situações do cotidiano a escola promove a articulação dos conhecimentos científicos e tecnológicos com as questões sociais, integrando-se a comunidade (SANTOS & NUNES, 2016).

No processo de ensino-aprendizagem visando a formação de um cidadão crítico capaz de interpretar e intervir em situações do seu cotidiano, o estudante é o protagonista. O professor é o mediador/orientador/facilitador das investigações que permitirão a construção do conhecimento (SODRÉ-NETO, COSTA & COSTA, 2018).

Para os pesquisadores Sodré-Neto, Costa & Costa (2018), espera-se, que o ensino seja cada vez mais pautado no aprender a aprender para que os estudantes tornem-se efetivamente atores na própria forma o cidadã crítica por influência de uma prática docente de qualidade.

Uma forma de contextualizar o ensino de microbiologia   associar a biotecnologia. Ressaltando a importância dos microrganismos para o desenvolvimento de produtos biotecnológicos como: antibióticos, alimentos (iogurtes, queijos, vinhos, cervejas, vinagre, etc), uso de microrganismos na agricultura e controle biológico, na biorremedia o, dentre outros (CANHOS & MANFIO, 2004).

Outra forma   apresentar a diversidade de microrganismos que compõem a microbiota humana. Microbiota humana   o conjunto de microrganismos que habitam nosso corpo, o que traz benefícios mútuos (ANTUNES, 2014).

No corpo humano encontra-se grande quantidade de microrganismos, que colonizam diferentes órgãos e tecidos, podendo-se encontrar dez vezes mais células microbianas que células humanas. Podem estar presentes na boca, no estômago, no intestino, trato respiratório, urinário e genital, nos olhos e na pele (GONÇALVES, 2014).

Os microrganismos que compõem a microbiota têm papel importante na saúde humana, seja na produção de vitamina K e do complexo B, na captação de nutrientes, na proteção contra invasores patogênicos e colaboram com o sistema imunológico (ANTUNES, 2014).

Ao relacionar acontecimentos do dia-a-dia dos estudantes promove-se estímulos e curiosidade sobre os microrganismos e por consequência interesse pelo conhecimento científico. O conhecimento sobre microbiologia auxiliará o educando a descobrir a influência dos microrganismos em sua vida, suas funções fundamentais para o equilíbrio do ambiente e manutenção da vida no planeta (CASSANTI et al., 2008).

### **3.8 Ponderações sobre a Prática Avaliativa**

É inegável que a avaliação é um instrumento indispensável no processo de ensino-aprendizagem. Porém deve-se ter clareza de que avaliar vai muito além de atribuir ao educando notas ou classificar seu desempenho. É preciso identificar seus avanços e encorajá-lo à um crescimento contínuo ao invés de ter um caráter seletivo ou excludente que é característico da concepção da avaliação ainda vigente que é a classificatória, dentro de uma visão de educação mecanicista, onde há uma valorização do acerto e não uma reflexão sobre a aprendizagem. Onde busca-se o erro nas correções dos instrumentos avaliativos (LUCKESI, 1996).

Sempre que pensamos em tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz e eficiente pensamos em diferentes abordagens e metodologias a serem utilizadas, porém continuamos a avaliar de forma tradicional, autoritária, julgadora e fragmentada. Percebe-se na fala de muitos educadores que há uma cobrança interna (da coordenação escolar) e externa (da sociedade), principalmente por conta de exames seletivos institucionais (ENEM, vestibulares, entre outros), que exigem a

realização de exames e provas de forma tradicional como instrumentos indispensáveis, porém não é o que nos orienta a legislação a este respeito.

A lei nº 9394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação), em seu Art. 24, inciso V, ao se referir a verificação do rendimento escolar chama atenção para os seguintes critérios:

- a) avaliação contínua cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais;
- b) possibilidade de aceleração de estudos para com atraso escolar;
- c) possibilidade de avanço nos cursos e nas séries mediante verificação do aprendizado;
- d) aproveitamento de estudos concluídos com êxito;
- e) obrigatoriedade de estudos de recuperação, de preferência paralelos ao período letivo, para os casos de baixo rendimento escolar, a serem disciplinados pelas instituições de ensino em seus regimentos.

Esse avanço da legislação caracterizando a avaliação como um processo contínuo, promove uma concepção pedagógica sócio construtivista de avaliação, onde o erro é um sinalizador que permite a reorganização da prática pedagógica. A Avaliação deve ser mediadora, diagnóstica, formativa, emancipatória, dialógica e prevalecem os aspectos qualitativos.

Porém o que se verifica na maior parte do tempo nas escolas são exames e provas onde prevalecem os aspectos quantitativos. Portanto a avaliação é realizada para classificar os alunos e decidir sobre sua aprovação ou reprovação (LUCKESI, 2000).

O professor pela sua própria formação ainda tradicional e deficitária quanto a avaliação, traz consigo a cultura da prova, considerando que, em sua vida escolar, repetiu inúmeras vezes o ritual da prova até mesmo no ensino superior, sendo assim segue a tendência de utilização deste instrumento avaliativo. (LUCKESI, 1996).

Outro aspecto relevante é que os resultados das avaliações não são devidamente analisados para dar um feedback aos educandos e direcionar o trabalho dos professores. Sendo assim deixa de dar subsídio/suporte ao aperfeiçoamento do processo ensino-aprendizagem. Então como a prática pedagógica irá melhorar? Certamente terá que passar por uma mudança na forma de avaliar (HOFFMANN, 2003).

Avaliar é acompanhar o processo ensino-aprendizagem em todo o seu desenvolvimento, para possibilitar uma aprendizagem significativa. Pode ser considerada uma investigação para revelar a qualidade do processo, e fornecer subsídios para a ação pedagógica, um instrumento que ajudará a consolidar o conhecimento. Um auxílio para verificar e estabelecer metas educacionais, um processo para determinar o grau que os alunos atingiram (BLOOM, HASTINGS & MADAUS, 1975).

Segundo Bloom, Hastings & Madaus (1993) a avaliação pode ser classificada em três categorias ou etapas de acordo com sua função:

**Diagnóstica (analítica):** permite conhecer a realidade do aluno, seu conhecimento prévio, além de identificar as causas da dificuldade de aprendizagem. Sendo assim conduz a reflexão e tomada de decisão do professor.

**Formativa (controladora):** realizada durante todo o processo, visa verificar se os educandos estão atingindo os objetivos propostos de cada etapa de forma gradativa. Permite ao educando tomar conhecimento de seus erros e acertos, sugere interpretações para reformular a ação pedagógica. É um instrumento de controle da qualidade.

**Somativa (classificatória):** realizada no final de uma unidade de ensino, classifica os educandos de acordo com os níveis de aprendizagem. Permite um feedback para informar o nível alcançado pelo estudante além da atribuição de notas.

Para garantir que o processo ensino-aprendizagem ocorra com a devida qualidade estas três funções da avaliação devem acontecer, com instrumentos adequados a cada objetivo. De acordo com Gronlund (1974) os princípios da avaliação são: definir e esclarecer o que vai ser avaliado; as técnicas de avaliação devem ser relacionadas aos objetivos; necessita de uma variedade de técnicas; a avaliação é um meio para alcançar fins e não um fim em si.

Os instrumentos de avaliação possibilitam o acompanhamento da aprendizagem do educando e de acordo com Luckesi (2000) estes precisam ser adequados para coletar o que o professor necessita, isso implica que sejam apropriados ao tipo de conduta e habilidade que está sendo avaliada (informação, compreensão, análise, síntese, aplicação...); assim como coerente com os conteúdos; utilizar linguagem clara e precisa; serem adequados ao processo de aprendizagem do educando

(jamais deve dificultar a aprendizagem do educando, mas, ao contrário, servir-lhe de reforço do que já aprendeu). Bons instrumentos de avaliação da aprendizagem são fundamentais para uma prática satisfatória da avaliação escolar.

A reflexão crítica dos instrumentos proporciona ao professor alguns questionamentos em relação a forma como são preparados os instrumentos, como são corrigidos e analisados, e o que se faz com os resultados obtidos. Para elaborar um instrumento avaliativo o professor precisa considerar se são essenciais, reflexivos, abrangentes, contextualizados, claros e compatíveis com o trabalho realizado em sala de aula (VASCONCELLOS, 2003).

É preciso um novo paradigma para a avaliação, em que seja uma coleta de dados para o professor e o estudante, um processo mediador da construção do currículo e está intimamente ligado à gestão da aprendizagem (PERRENOUD, 1999). Mudar a avaliação significa mudar a escola (PERRENOUD, 1993).

Cabe destacar que a avaliação educacional no contexto do Ensino Médio deve estar contida no projeto político pedagógico da escola, deve ser entendida como uma atividade crítica, para promover a aprendizagem tanto do educando quanto do professor, considerando-os como sujeitos históricos e participantes ativos do processo (BRASIL, 2012).

## 4 MÉTODOS

O presente trabalho é parte das atividades do ProfBio - Mestrado profissional em Ensino de Biologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Quanto ao direcionamento metodológico esta pesquisa caracteriza-se como uma investigação quanti-qualitativa. Quantitativo do ponto de vista do levantamento epidemiológico e qualitativo do ponto de vista da análise das variáveis envolvidas no processo de ensino aprendizagem e proposição de uma SEI, sem avaliação desta.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, uma vez que a escolha da teoria pedagógica, da abordagem investigativa e dos métodos para a elaboração SEI foi a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e dissertações (GIL, 2008). A pesquisa bibliográfica é um conjunto ordenado de procedimentos atentos na busca por soluções ao objeto de estudo, com base em material já elaborado (LIMA & MIOTO, 2007).

Foi desenvolvida em duas etapas, a primeira constituiu-se da coleta de dados sobre doenças infecciosas no Município de Penha- SC para verificar as mais prevalentes, para traçar um perfil das necessidades de abordagem nas escolas, o levantamento foi através de pesquisas em sites oficiais como do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e Diretoria de Vigilância Epidemiológica do Estado de Santa Catarina (DIVE) e junto à Secretaria Municipal de Saúde de Penha/SC. Estes levantamentos supracitados consistiram na preparação para pesquisa e especificação dos pontos críticos a fim de explicitar as necessidades da comunidade em questão.

E no segundo momento com base nas doenças mais prevalentes foi elaborada uma sequência de ensino com caráter investigativo dentro da Temática Microbiologia com ênfase nas doenças infecciosas. Dirige-se a propor aos estudantes da 2ª série do Ensino Médio uma abordagem investigativa e problematizadora (ATF) com o propósito de motivar e possibilitar a colaboração do educando no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando que seja significativo e eficiente.



Quanto a análise dos dados, os quantitativos foram analisados pela estatística descritiva (frequência relativa e absoluta). E os dados qualitativos foram analisados fenomenologicamente.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1 Doenças infecciosas mais prevalentes no município de Penha/SC**

Foram coletadas informações na base de dados, Sistema de Informação sobre Agravos de Notificação (SINAN). A fim de verificar o perfil de ocorrência das doenças infecciosas no município de Penha/SC.

Cabe ressaltar a importância da qualidade dos dados para evitar conclusões equivocadas. Durante esta pesquisa pode-se observar que há divergências nas informações contidas na base de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e da Diretoria de Vigilância Epidemiológica do Estado de Santa Catarina (DIVE), referentes às doenças infecciosas que acometem a população de Penha/SC. Buscando minimizar os erros, realizou-se levantamento de dados na base do município, junto a Secretaria de Saúde Municipal (SINAN NET, Penha/SC).

Verificou-se que as doenças infecciosas com maior prevalência nos últimos dez anos foram: Tuberculose (230 casos), HIV (142 casos), Hepatites virais (81 casos) e Sífilis (63 casos).

As tabelas 1 e 2 a seguir contêm os números de casos confirmados (Frequência Absoluta) e coeficiente de incidência (Frequência Relativa) por doença no município em questão, no período de 2009 a 2018.

Agravado	2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.
Caxumba [Parotidite Epidêmica] sem complicações	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7.61	0	0
Criança exposta HIV	0	0	1	4.49	0	0	0	0	5	19.03	2	7.16
Condiloma Acuminado (Verrugas Anogenitais)	4	18.30	0	0	1	3.98	4	15.56	3	11.42	0	0
Coqueluche	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.81	0	0
Dengue	1	4.58	0	0	2	7.96	1	3.89	0	0	1	3.58
Doença Aguda pelo vírus Zika	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febre Chikungunya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febre Maculosa / Rickettsioses	0	0	0	0	0	0	1	3.89	0	0	0	0
Gestante HIV	2	9.15	2	8.99	0	0	0	0	4	15.23	0	0
Hepatites Virais	7	32.03	10	44.93	10	39.78	4	15.56	5	19.03	6	21.48
Herpes Genital (Apenas o primeiro episódio)	4	18.30	0	0	0	0	5	19.44	1	3.81	0	0
Leptospirose	3	13.73	1	4.49	0	0	0	0	3	11.42	0	0
Meningite Doença Meningocócicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meningite- Outras	6	27.46	0	0	2	7.96	0	0	3	11.42	7	25.06
Sífilis em Adulto (Excluída forma primária)	1	4.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sífilis em Gestantes	1	4.58	0	0	2	7.96	0	0	0	0	2	7.16
Sífilis não especificada	0	0	0	0	0	0	1	3.89	0	0	1	3.58
Síndrome da úlcera Genital (Excluindo Herpes Genital)	0	0	1	4.49	1	3.98	1	3.89	0	0	0	0
Síndrome do corrimento cervical em mulheres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.58
Síndrome do corrimento uretral em Homem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Varicela	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Varicela sem complicações	1	4.58	2	8.99	3	11.93	1	3.89	0	0	1	3.58

Legenda: N.C.= número de casos; C.I.= Coeficiente de Incidência.

Tabela 1: Número de Casos Confirmados e coeficiente de incidência por agravo - Município de Penha/SC, período de 2008 a 2013.

Agravos	2014		2015		2016		2017		2018
	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.	C.I.	N.C.
Caxumba [Parotidite Epidêmica] sem complicações	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criança exposta HIV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condiloma Acuminado (Verrugas Anogenitais)	5	17.41	0	0	0	0	0	0	0
Coqueluche	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dengue	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doença Aguda pelo vírus Zika	1	3.48	0	0	1	3.30	0	0	0
Febre Chikungunya	0	0	0	0	1	3.30	0	0	0
Febre Maculosa / Rickettsioses	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gestante HIV	0	0	2	6.78	6	19.83	5	16.12	7
Hepatites Virais	5	17.41	3	10.17	9	29.74	18	58.02	4
Herpes Genital (Apenas o primeiro episódio)	3	10.45	0	0	0	0	0	0	0
Leptospirose	0	0	0	0	0	0	1	3.22	2
Meningite Doença Meningocócicas	0	0	0	0	2	6.61	2	6.45	0
Meningite- Outras	1	3.48	0	0	2	6.61	7	22.56	0
Sífilis em Adulto (Excluída forma primária)	4	13.93	2	6.78	3	9.91	7	22.56	0
Sífilis em Gestantes	7	24.37	1	3.39	4	13.22	3	9.67	3
Sífilis não especificada	1	3.48	2	6.78	7	23.13	8	25.79	22
Síndrome da úlcera Genital (Excluindo Herpes Genital)	1	3.48	0	0	0	0	0	0	0
Síndrome do corrimento cervical em mulheres	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Síndrome do corrimento uretral em Homem	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Varicela	0	0	0	0	0	0	1	3.22	5
Varicela sem complicações	0	0	0	0	1	3.30	1	3.22	0

Legenda: N.C.= número de casos; C.I.= Coeficiente de Incidência. Observação: Não foi fornecido a população estimada (IBGE) de 2018 para o cálculo de incidência.

Tabela 2: Número de Casos Confirmados e coeficiente de incidência por agravo - Município de Penha/SC, período de 2014 a 2018.

Dentre as quatro doenças com maior incidência no município pesquisado obtivemos o número de casos por faixa etária apenas para Tuberculose e HIV, conforme tabelas 3 e 4.

	<1 ano	1-4 anos	5-14 anos	15-24 anos	25-34 anos	35-44 anos	45-54 anos	55-64 anos	65 e +
<b>2008</b>	0	0	0	5	5	8	6	3	0
<b>2009</b>	1	0	1	1	7	3	6	0	0
<b>2010</b>	0	0	1	3	5	8	5	3	2
<b>2011</b>	0	0	1	0	11	5	3	4	0
<b>2012</b>	0	0	0	0	5	3	3	4	0
<b>2013</b>	0	0	1	2	8	6	5	0	2
<b>2014</b>	0	0	0	2	5	6	6	2	3
<b>2015</b>	0	0	0	0	6	7	2	3	1
<b>2016</b>	0	0	0	1	5	2	2	3	0
<b>2017</b>	0	1	0	5	12	2	2	1	0
<b>2018</b>	0	0	0	3	7	1	3	0	1

Tabela 3: Frequência de Tuberculose por Faixa Etária

	15-24 anos	25-34 anos	35-44 anos	45-54 anos	55-64 anos	65 e +
<b>2008</b>	1	0	5	2	0	0
<b>2009</b>	0	2	1	1	0	1
<b>2010</b>	0	2	1	1	0	0
<b>2011</b>	2	1	2	0	1	0
<b>2012</b>	2	1	0	3	0	0
<b>2013</b>	1	3	1	3	0	0
<b>2014</b>	2	9	5	0	1	0
<b>2015</b>	2	7	2	2	2	1
<b>2016</b>	2	7	3	2	0	0
<b>2017</b>	9	18	10	0	3	0
<b>2018</b>	3	5	4	3	3	0

Tabela 4: Frequência de Aids por Faixa Etária

No que refere a tuberculose, de acordo com o boletim epidemiológico publicado em 2018 pelo DIVE. A região da Foz do Rio Itajaí, região de saúde na qual o município de Penha pertence apresentou o maior coeficiente de incidência do estado, 49,2 em 2015. No período de 2001 a 2015 Santa Catarina registrou um

percentual de 70,5% de cura para a doença, ficando abaixo da meta estabelecida nacionalmente de 85%, relacionado principalmente ao abandono do tratamento (SANTA CATARINA, 2017).

Em Penha/SC houve uma redução de casos notificados em 2015 de 20%, em 2016 de 31,6%. Porém um aumento expressivo de 72,9% em 2017. Podendo estar relacionado ao aumento da taxa de imigração nos últimos anos. Com a vinda de população bastante carente que vive em áreas de invasão.

Quanto ao HIV, em Penha foram notificados 142 casos, no período de 2008 a 2018, e em Santa Catarina foram 11.234 casos, no período de 2007 a 2018. Sendo que 13% destes casos do estado foram na região da Foz do rio Itajaí (BRASIL, 2018).

No município de Penha observou-se um aumento no número de casos de 2013 para 2014 de 112,5%. Enquanto que no estado nesse mesmo período foi de 32,4%. Em 2017 Penha teve um decréscimo no número de notificações de 55% em relação à 2017.

No que se refere as gestantes com HIV apresentou elevação durante o período observado, no qual o coeficiente de incidência em 2009 era de 8,99 passando para 22,56 em 2018. Este aumento pode estar relacionado a ampliação do diagnóstico de pré-natal.

No estado no período de 2007 a 2017 a taxa de detecção de HIV em gestantes vem apresentando uma tendência a estabilização com 5,5 casos para cada mil nascidos vivos. Bem superior à taxa nacional que é de 2,8 casos a cada mil nascido vivos (BRASIL, 2018).

No que se refere as Hepatites virais, no período observado de 2008 a 2018, Santa Catarina teve uma redução de hepatite B de 33%. Mas elevação de 75% de hepatite C. Essa elevação pode estar associada as novas diretrizes nacionais de diagnóstico, que foram ampliadas devido a oferta um novo tratamento (SANTA CATARINA, 2018b).

Em Penha/SC a notificação fornecida a pesquisadora para hepatites foi geral, sem distinção entre os diferentes tipos. No período observado o ano com maior número de casos foi 2017, com 18 casos, 50% superior ao ano anterior. Porém no ano seguinte 2018 houve uma queda significativa, sendo registrados apenas 4 casos.

Com relação a Sífilis o aumento do número de casos notificados foi expressivo se observarmos o período de dez anos. Em 2009 não havia nenhum caso notificado, em 2010 foram 2 casos, 2011 apenas 1 caso, 2012 nenhum caso, 2013 três casos, de repente 2018 registrou-se 25 casos, que incluem gestantes portadoras de sífilis. Em 2018 o coeficiente de incidência em gestantes foi de 80,57. Preocupante assim como a realidade do estado onde em 2017 foram registrados 10,6 mil novos casos de sífilis, 25,9 % maior que em 2016 (SANTA CATARINA, 2018a).

## **5.2 Sequência de Ensino Investigativa com Abordagem Temática Freireana**

Diversos fatores levaram a escolha do tema Microbiologia para a elaboração desta sequência de ensino. A vivência como educadora, que permite observar que tanto no ensino de Ciências como de Biologia, o tema é abordado de forma tradicional, fragmentada, descontextualizada, quando há experimentação estas são apenas demonstrativas e confirmatórias. Estes aspectos dificultam ainda mais o aprendizado, uma vez que o conteúdo por si só já é de difícil compreensão, por ser bastante abstrato. O conhecimento básico sobre microbiologia permite que o educando possa reconhecer a importância dos microrganismos para o equilíbrio do ambiente e para a promoção de saúde.

Esta sequência de ensino está fundamentada na teoria educacional libertadora de Paulo Freire a ser desenvolvida com estudantes da 2ª série do Ensino Médio, abordando o Eixo temático Biodiversidade com ênfase nos microrganismos. Coerente com essa abordagem o processo de ensino-aprendizagem deve partir da própria realidade, propor desafios, dialogar com o Projeto Político Pedagógico da Escola, ter uma progressão do conhecimento, ser interdisciplinar e contextualizada, promover situações didáticas variadas, dialógica, com foco no ensino, pensada no Real e Possível para a Escola Pública a fim de ser replicada. Apresenta etapas estabelecidas por Carvalho; et al (1998) e Carvalho (2013) caracterizando-se desta forma como investigativa.

**Tema:** Microbiologia – Doenças Infecciosas

**Público-alvo:** 2 série do Ensino Médio

**Número de Aulas para a Biologia:** 12 aulas

### **Objetivo Geral da Sequência**

Propiciar ao educando a construção de conhecimentos sólidos sobre microbiologia para analisar eventos do cotidiano, resolver problemas relacionados à saúde à higiene, ao ambiente, a produção de alimentos, a opinar criticamente à luz da ciência, e assim tornar-se um ser social transformador.



## Objetivos Específicos da Sequência

- Compreender/Reconhecer os microrganismos como seres vivos que influenciam a vida de outras espécies e do planeta como um todo;
- Proporcionar momentos de interação para o desenvolvimento de trabalhos em grupo para obtenção de conhecimentos sobre microbiologia;
- Desenvolver habilidades investigativas;
- Desenvolver habilidades para resolução de problemas;
- Estimular hábitos de pensamento crítico e científico;
- Promover o ensino de forma contextualizada e interdisciplinar entre as áreas: I- Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; II- Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e III- Ciências Humanas e suas tecnologias (envolvendo as disciplinas de Artes, Biologia, Educação Física, Geografia, Língua Portuguesa, Matemática, Química e Sociologia).

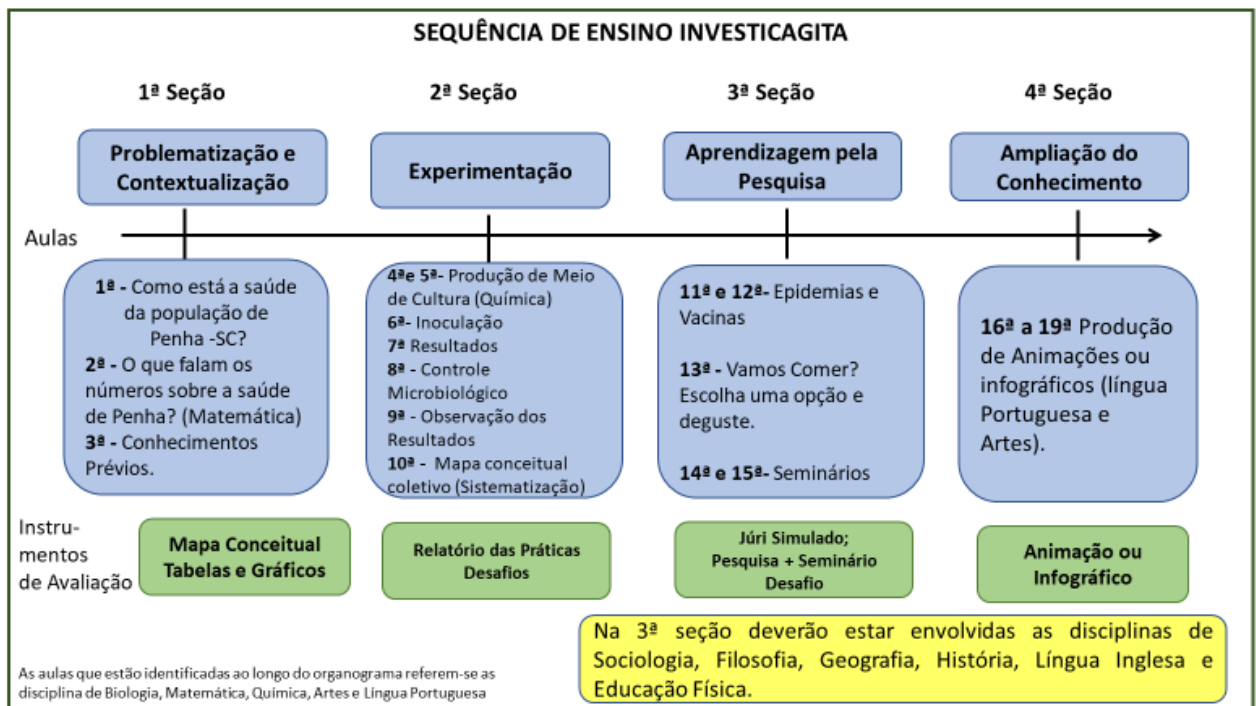


Figura 1: Organograma da Sequência Proposta.

### 5.2.1 Primeira Seção - Problematização Inicial e Contextualização

**Número de Aulas:** 3 com duração de 45 minutos (2 para Biologia e 1 para Matemática).

**Objetivo Geral:** Identificar as possíveis *situações-limites* relacionadas a saúde para obter o Tema Gerador.

1ª Aula - Como está a saúde da população de Penha/SC?	
<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Situação-problema</b>	Como está a saúde da população de Penha/SC?
<b>Objetivo</b>	Levantar as concepções dos educandos sobre a saúde da comunidade local.
<b>Conceito</b>	Saúde.
<b>Materiais e Recursos</b>	Aplicativo para elaboração de nuvens de palavras. Projetor de slides.
<b>Dinâmica da Aula</b>	Solicitar que cada educando cite uma palavra relacionada ao tema Saúde. O professor deverá ir digitando ao longo das falas e em seguida projetar no quadro a nuvem de palavras. Esta representação gráfica deverá ser impressa e exposta em sala de aula. Promover uma Roda de Conversa para explorar as ideias, crenças e conhecimentos que os educandos têm sobre a saúde da comunidade, buscando minimizar a rejeição a microbiologia. Neste momento terão a oportunidade de expor suas opiniões e observações acerca da saúde do meio em que vivem, compartilhar suas experiências relacionadas à Temática. Esta etapa consiste em um diálogo que auxiliará o levantamento da realidade dos atores.

## 2ª Aula - O que falam os números sobre a saúde de Penha?

<b>Disciplina</b>	Matemática
<b>Situação-problema</b>	Como interpretar e apresentar a leigos a situação das doenças infecciosas de nosso município?
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar os cálculos para construir gráficos e tabelas;</li> <li>• Utilizar linguagem matemática para apresentar os resultados das observações e assim identificar as doenças infecciosas mais prevalentes através da interpretação e análise dos dados estatísticos.</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Frequência absoluta, frequência relativa simples (coeficiente de incidência).
<b>Materiais e Recursos</b>	Planilhas como os números de casos notificados das doenças infecciosas no município, calculadoras, cartolinas, papel milimetrado.
<b>Dinâmica da Aula</b>	Fornecer os dados brutos de 2009 a 2018, levantados nesta pesquisa junto aos sites oficiais de saúde (DATASUS, DIVE e SINAN Net - Penha) referente às doenças infecciosas no município em questão para a realizarem uma análise preliminar e assim verificar as doenças mais prevalentes, criando um cenário que permita explorar a temática. Os resultados deverão ser apresentados através de tabelas e gráficos em cartazes.
<b>Instrumento de Avaliação</b>	Tabelas e gráficos construídos em pequenos grupos.

### 3ª Aula - Organização do conhecimento através de uma Avaliação Diagnóstica

**Disciplina** Biologia

**Objetivos**

- Identificar os conceitos e as concepções que os alunos apresentaram sobre microbiologia.
- Instigar a curiosidade sobre o mundo microscópico;
- Levantar dificuldades, distorções e erros sobre a temática, com o intuito de entender, corrigir e gerar um arcabouço teórico que fomenta as discussões posteriores sobre microbiologia;
- Delimitar o Conteúdo Programático a ser abordado via Tema Gerador.

**Conceitos** Microrganismos sua importância ecológica e econômica

**Materiais** e Questionários

**Recursos**

**Dinâmica da Aula**

Iniciar esta etapa fazendo a ligação com os dados trabalhados na disciplina de matemática e com a discussão da aula de biologia anterior. Diante dos dados e relatos verificamos que nosso município é acometido por algumas doenças infecciosas. Para melhor compreensão a respeito iremos estudar uma área da Biologia denominada Microbiologia. O que já sabemos a respeito?

Mediante o uso de questionários verificar os conhecimentos prévios sobre Microbiologia. Durante as reflexões o professor deverá elencar no quadro as palavras/conceitos chaves que serão utilizados na questão desafio (construção do Mapa Conceitual).

**Perguntas norteadoras**

- É do conhecimento de todos que há organismos microscópicos que coexistem conosco e com toda a diversidade visível, você os conhece a ponto de os descrever?
- Diante desta descrição você percebe a importância destes para o funcionamento dos ecossistemas e da utilização nas indústrias?
- “Você já parou para pensar na quantidade de micro-

organismos que ingerimos todos os dias? No ar que respiramos, na água que bebemos e no iogurte que tomamos, têm bactérias, fungos, vírus e até protozoários. Normalmente, nada ao nosso redor está totalmente livre desses pequenos organismos, inclusive nós mesmos. Dentro do nosso intestino, há muitas bactérias muito importantes para a digestão dos alimentos e diversas outras funções. Na verdade, se retirássemos toda a água das fezes, 90% de seu peso seriam bactérias! (ZANETTI; HADDAD, 2017). Estima-se que para cada célula humana em nosso corpo haja uma célula bacteriana.

- Se somos constituídos por bactérias, por que temos que tomar cuidado com elas?
- “Mas como é possível que os micro-organismos que matamos sejam os vilões da história, enquanto os que convivem conosco são aceitáveis?” (ZANETTI; HADDAD, 2017).

Obs.: Levantar a **percepção e representação** dos educandos acerca dos microrganismos, se os concebem como vilões - apenas como causadores de doenças. Em caso afirmativo solicitar se conhecem as formas de contágio (Vias de transmissão de doenças: água e alimentos contaminados, picadas de insetos, materiais perfurocortantes com sangue, relações sexuais sem preservativos, fômites). Verificar se diferenciam agente causador de agente etiológico.

**Ampliando o Conhecimento (DESAFIO):** Montar um mapa conceitual com os conceitos destacados neste primeiro ciclo. Este não deve ultrapassar uma lauda. No verso da mesma folha, como autoavaliação, exponha os conceitos de acordo com os critérios na coluna dificuldades e/ou facilidades conforme o modelo da tabela abaixo.

<b>Cr�terios</b>	<b>Dificuldades</b>	<b>Facilidades</b>
<b>Dificuldades para inserir no conceito no mapa</b>		
<b>Organizar o conceito no tempo/espaço</b>		
<b>Significado do Conceito</b>		
<b>Aplicação/Função do Conceito</b>		
<b>Interligação entre os conceitos</b>		
<b>Esclarecimentos/D�vidas</b>		

Tabela 5: Orienta es para elabora o da Autoavalia o.

### 5.2.2 Segunda Se o: Experimenta o - Microrganismos da Minha Vida

**Disciplinas envolvidas:** Biologia, Química.

**Número de Aulas:** 6

**Objetivo:** Conhecer a microbiologia a partir da realidade social na qual estão inseridos.

<b>4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> Aulas - Produ�o de meio de Cultivo (Experimento 1)</b>	
<b>Disciplina</b>	Qu�mica
<b>Situa�o</b>	Quais s�o os elementos necess�rios � vida? E para o desenvolvimento de microrganismos?
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenciar solu�o, soluto e solvente;</li> <li>• Realizar c�culos de concentra�o comum e dilui�es de solu�es.</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Solu�o, solvente, soluto, concentra�o comum, dilui�o, macronutrientes e micronutrientes, meio l�quido e s�lido, temperatura de crescimento dos microrganismos, exposi�o ou n�o a luz, esteriliza�o e sua import�ncia na ind�stria de alimentos e na �rea da sa�de.
<b>Materiais</b>	e Fontes de Pesquisa (livros, internet), placas de Petri (ou

**Recursos** potinhos de acrílico para lembrancinhas de aniversário, encontradas em casas de festas), os reagentes definidos para a composição do meio de cultura.

**Dinâmica da Aula** Inicialmente em pequenos grupos, os educandos, deverão sugerir o que deve conter no meio de cultura que propicie o crescimento de microrganismos (levantamento de hipóteses). Deverão registrar no caderno.

Em seguida solicitar uma pesquisa em pequenos grupos sobre a composição dos meios de cultivo (Quais são os elementos essenciais para o desenvolvimento de microrganismos?). Atividade a ser realizada em casa.

Na aula seguinte com base nas pesquisas os grupos irão discutir para validar ou refutar as hipóteses levantadas no primeiro momento.

Posteriormente a **socialização dos resultados e sistematização pelo professor**. Momento de discutir no grande grupo os protocolos pesquisados e definir um roteiro com ingredientes acessíveis a escola e produzi-lo. A partir do protocolo estabelecido pelo grupo novas hipóteses podem ser levantadas e a verificação concreta das mesmas, uma vez que o meio será produzido e nele serão inoculadas amostras do local desejado.

Será disponibilizada uma aula para a socialização da pesquisa, discussão e definição do meio de cultura e uma aula para produção do mesmo.

**Instrumento de Avaliação** Relatório do experimento.

**6ª e 7ª Aulas – Experimento 2 - Inoculação em Meio de Cultura  
e observação dos resultados**

<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar os fatores/condições necessárias à vida;</li> <li>• Compreender o que são microrganismos.</li> <li>• Demonstrar a existência de microrganismos no ambiente a partir da observação de culturas;</li> <li>• Observar o processo de contaminação e sua relação com as doenças e a decomposição de alimentos.</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Condições necessárias a vida, ubiquidade dos microrganismos, reprodução dos microrganismos, contágio, mutação, doenças infecciosas, vacinação, coevolução entre parasitas e hospedeiros.
<b>Apresentação do Problema</b>	Quais são as formas de contágio das doenças? Existem formas diferentes de contágio para uma mesma doença? E modos iguais de contágio para doenças diferentes?
<b>Materiais e Recursos</b>	Hastes flexíveis, estufa alternativa, data show.
<b>Dinâmica da Aula</b>	Coletar amostras de superfícies com hastes flexíveis (cotonetes ou zaragatoas) estéreis e inocular nos meios de cultura produzidos pelos educandos (na aula de QUÍMICA). Não direcionar o local da coleta, este será de livre escolha do educando, em objetos (como: celular, caneta, livro, dinheiro), na superfície do corpo (como: na pele da mão, do pé, vestibulo bucal), no ambiente (como: mesas do refeitório, bancadas do banheiro, corrimão, teclados dos computadores, etc). As placas serão armazenadas em estufa alternativa confeccionada em papelão e com utilização de lâmpada para manutenção da temperatura.

Para definir os intervalos de tempo para observação dos resultados nas placas deve ser levado em consideração o



período do ano por conta da temperatura, pois a estufa não tem um controle preciso da mesma.

Solicitar que anotem no caderno as hipóteses, para responder as seguintes questões: Onde podemos encontrar microrganismos? O que vamos encontrar nos ambientes que escolhemos?

Na 7ª aula, momento para verificar os resultados. Portanto irão analisar os resultados para validar ou refutar suas hipóteses, em pequenos grupos.

Em seguida será o momento de **Socialização dos resultados e Sistematização pelo professor**: Discutir brevemente os resultados dando um direcionamento do que deverá ser abordado no relatório sobre os experimentos através de **perguntas norteadoras**: Os locais escolhidos para a coleta apresentaram microrganismos, quais foram os de maior diversidade microbiológica? Quem são os microrganismos encontrados nas placas? Quais conseguimos visualizar e por quê? O que subsidiou o crescimento dos microrganismos? Qual a importância da estufa? Qual seria o efeito sobre o crescimento dos microrganismos se mantivéssemos duas placas igualmente semeadas uma em estufa e outra fora da estufa? Qual a importância da metodologia científica para a sociedade?

Discutir brevemente os conceitos elencados para esta aula.

<b>8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> Aulas - Controle Microbiológico (Experimento 3)</b>	
<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer a estrutura geral dos vírus, relacionando a sua relativa simplicidade estrutural e bioquímica à sua estratégia de parasita intracelular obrigatório;</li> <li>• Informar-se sobre as principais formas de transmissão dos vírus, para atuar com mais consciência na prevenção e combate as doenças;</li> <li>• Informar-se sobre bactérias causadoras de doenças humanas e conhecer formas de prevenção e tratamento;</li> <li>• Reconhecer a diversidade de fungos e informar-se sobre os causadores de doenças;</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Vírus, virose, Epidemia, Endemia, Pandemia, Bactérias, bacterioses, Fungos, micoses.
<b>Materiais e recursos</b>	Placas plásticas com meio de cultura, álcool, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, desinfetante, enxaguante bucal, sabonete antisséptico (diluído em água), etc.
<b>Dinâmica da Aula</b>	<p>8<sup>a</sup> Aula: Iniciar aula fazendo o seguinte questionamento: Como eliminamos os microrganismos das superfícies e do nosso organismo? Já ouviu falar em superbactérias?</p> <p>Espera-se que citem os produtos de limpeza doméstica como álcool, água sanitária (hipoclorito de sódio), desinfetante; de higiene pessoal como o antisséptico bucal (enxaguante bucal), sabonete antisséptico; medicamentos como antibióticos.</p> <p>Com base no que for citado pelo grupo ampliar a discussão para que possam levantar e registrar no caderno as hipóteses (pequenos grupos). Devem ser levantadas pelos educandos, sempre com a mediação do professor, direcionando através das perguntas norteadoras: Qual a eficiência dos agentes antimicrobianos no controle do crescimento de microrganismos presentes no ambiente em que nos encontramos? Os produtos ou reagentes citados são</p>

realmente eficientes? Podem oferecer algum perigo? O que irá acontecer nas diferentes Placas? Onde haverá crescimento? Por que deixamos as placas abertas?

Realizar a montagem do experimento, em pequenos grupos, no qual cada equipe irá testar um reagente.

### Montagem do Experimento: **VAMOS TESTAR!**

- Placa 1 - escolher uma placa com crescimento de microrganismos (do experimento 1) para deixar ABERTA na estufa com o intuito de ser a fonte de contaminação.
  - Placa 2 - controle (contendo apenas o meio) a ÚNICA FECHADA.
  - Placa 3 - controle (contendo apenas o meio).
  - Placa 4 - Meio de cultivo + papel filtro embebido em hipoclorito de sódio (concentração comercial 2 a 2,5%).
  - Placa 5 - Meio de cultivo + papel filtro embebido em desinfetante utilizado na limpeza da escola.
  - Permitir que proponham outros testes (detergentes...). Pode ser um momento de desconstruir mitos.
- Armazenar na estufa e verificar os resultados.

**Dinâmica da Aula** 9ª Aula: Analisar os resultados e validar ou refutar as hipóteses, nos pequenos grupos).

Discutir brevemente, no grande grupo, dando um direcionamento do que deverá ser abordado no relatório sobre os experimentos através de **perguntas norteadoras**: Houve contaminação da placa controle? Por quê? Que tipo de microrganismo foi o contaminante (fungo ou bactéria)? Qual a fonte (placa aberta ou o próprio ambiente) de contaminação? A contaminação ocorreu da mesma forma no controle fechado e no exposto? Ocorreu contaminação no meio contendo

desinfetante, água sanitária, álcool e demais produtos testados? Transpondo para a realidade farmacêutica, qual a importância deste tipo de experimentos? Você já parou para pensar o que é um antibiótico?

10ª Aula: Entrega do relatório e Sistematização pelo professor - Discussão dos relatórios e organização de Mapa Conceitual de forma coletiva para promover a ampliação dos conceitos científicos (fatores limitantes ao crescimento, habitat, competição entre microrganismos, contágio, vias de contágio, ação dos agentes antimicrobianos, ação de antibióticos, uso de sabonetes antissépticos, resistência bacteriana, Hipótese da Higiene, vacinas, etc).

Para finalizar a aula, como tarefa, resolver a questão desafio a fim de ampliar o conhecimento.

#### **DESAFIO:**

##### **Doenças e contaminações em Vinhos**

Louis Pasteur, cientista francês, disse a célebre frase: "*O vinho é o mais saudável e o mais higiênico das bebidas*", é correto afirmar desde que não esteja contaminado com microrganismos patogênicos. De acordo com Peynaud, "*durante a sua preparação e conservação, [ele] não está ao abrigo de acidentes microbianos que podem depreciá-lo ou mesmo, em casos extremamente graves, torná-lo impróprio para consumo*" (GOMES, 2013).

**Perguntas norteadoras:** O que pode promover alterações no vinho? Que tipo de contaminações? Quais microrganismos presentes poderiam tornar o vinho patogênico? Quando vinho se torna vinagre podemos considerar uma contaminação? Condições ambientais (temperatura, luz, oxigênio) podem contribuir para os processos de contaminação?

Tanto para a produção de vinho quanto de vinagre precisamos de condições especiais e microrganismos específicos com diferentes ações.

**Instrumento de Avaliação** Produção do Relatório dos experimentos 2 e 3. Com destaque para justificar a validação ou refutação das hipóteses.  
Questão Desafio.

É importante aproveitar a discussão e alertar os educandos para que tomem antibióticos apenas sob orientação médica e de forma correta. Uma vez que esse medicamento é eficiente quando usado por certo intervalo de tempo e na dosagem correta. O uso indevido pode ocasionar problemas ao organismo e também levar à seleção de bactérias resistentes (LINHARES, GEWANDSZAJDER & PACCA; 2017).

### 5.2.3 Terceira Seção – Aprendizagem pela Pesquisa

11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> Aula - EPIDEMIAS E VACINAS	
<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Conhecer os microrganismos causadores das doenças mais prevalentes no município (Hepatites virais, HIV, Sífilis e Tuberculose): as principais características do grupo que pertencem (Vírus ou Procariontes), Nome científico</li> <li>● Conhecer formas de transmissão, os principais sintomas, formas de diagnóstico, tratamento e profilaxia das doenças em questão de modo a atuar positivamente na melhoria da qualidade de vida;</li> <li>● Analisar as formas de profilaxia (higiene, saneamento básico, vacinação) para ampliá-las;</li> <li>● Reconhecer a importância da vacinação como forma de prevenção às doenças;</li> <li>● Discutir as epidemias recentes como dengue, febre amarela, sarampo, etc.</li> </ul>
<b>Conteúdos</b>	Vírus, virose, Epidemia, Endemia, Pandemia, Bactérias, bacterioses.
<b>Situação Problema</b>	As doenças identificadas como mais prevalentes em nosso município (Hepatites virais, HIV, Tuberculose e Sífilis) podem ser evitadas com o uso das VACINAS? Como as vacinas nos protegem das doenças? As vacinas podem evitar Epidemias?
<b>Materiais e Recursos</b>	Fontes de pesquisa (Livro didático, acervo da biblioteca, internet)
<b>Dinâmica da Aula</b>	<p>11<sup>a</sup> Aula: Em pequenos grupos responder a situação problema. Em seguida, como atividade para casa realizar uma <b>pesquisa bibliográfica</b> sobre as doenças (Hepatites virais, HIV, Tuberculose e Sífilis). Contendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Principais características dos Vírus e Bactérias</li> <li>● Agente causador (nome científico e se são classificados como vírus ou bactérias)</li> </ul>

- Transmissão, Sintomas, Diagnóstico, Tratamento;
- VACINAS: Como funcionam, Como são produzidas, Classificação das Vacinas, Eficácia, Importância.

Com base na pesquisa validar ou refutar as hipóteses levantadas para responder a situação problema, em pequenos grupos.

### **12ª Aula: Socialização dos resultados - Júri Simulado (Réu VACINAS)**

Dividir a turma em 2 equipes na qual uma será acusação e a outra defesa. É preciso situar os estudantes que pertencem a um grupo social, estudantes de biologia, sendo assim deverão usar um vocabulário adequado, próprio da linguagem social da biologia. Por tanto irão utilizar argumentos científicos e não opinião

Algumas perguntas norteadoras podem ser utilizadas para enriquecer ainda mais a pesquisa e as discussões, como: Quais são os verdadeiros interesses de tantas campanhas contra a vacinação? Quem divulga e dissemina essas informações? Ressaltar o perigo das FAKE NEWS.

#### **Sugestões de fontes de Pesquisa:**

- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - <http://fiocruz.br>
  - <https://radis.ensp.fiocruz.br/index.php/revista/reportagem/sifilis-e-epidemia>
  - <https://radis.ensp.fiocruz.br/index.php/revista/reportagem/linha-do-tempo-vacinacao-no-brasil>
  - <https://radis.ensp.fiocruz.br/index.php/revista/entrevista/prep-falta-espaco-para-prevencao>
    - <https://radis.ensp.fiocruz.br/index.php/revista/curtas/prep-nova-forma-de-prevencao-ao-hiv-ja-esta-disponivel-no-sus>

○ [https://radis.ensp.fiocruz.br/phocadownload/revista/Radis116\\_web.pdf](https://radis.ensp.fiocruz.br/phocadownload/revista/Radis116_web.pdf)

● **Ministério da Saúde**

○ [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas\\_infecciosas\\_parasitaria\\_guia\\_bolso.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_infecciosas_parasitaria_guia_bolso.pdf) (MINISTÉRIO DA SAÚDE. Guia digital: Doenças infecciosas e parasitárias. Brasília - DF. 2010).

○ <http://www.aids.gov.br/pt-br/publico-geral/o-que-sao-ist/sifilis>

○ <http://www.aids.gov.br/pt-br/publico-geral/o-que-e-hiv>

○ <http://www.aids.gov.br/pt-br/publico-geral/o-que-sao-hepatites-virais>

**13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> Aula - VAMOS COMER? Escolha uma opção e deguste!**

<b>Disciplina</b>	Biologia
<b>Objetivos</b>	Ressaltar a importância dos microrganismos para a humanidade, do ponto de vista econômico e ecológico.
<b>Conteúdos</b>	Biotecnologia, metabolismo bacteriano e fúngico.
<b>Materiais e Recursos</b>	Projeto de slide (data-show), caixas com etiquetas, pizza de Peperoni.
<b>Dinâmica da Aula</b>	<p>13<sup>a</sup> Aula: Ofertar quatro opções de alimentos para serem ingeridos naquele momento em sala de aula, devidamente ilustrados em um cartaz ou projeção em slide no quadro.</p> <p>Apresentar três recipientes fechados com a identificação das espécies de microrganismos e o quarto será a caixa de pizza. Espera-se que os educandos optem por ingerir a pizza, estimulados pelo aroma e por ser algo familiar, nesse momento devem degustar. Em seguida relatar que os três microrganismos <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Streptococcus thermophilus</i>, <i>Staphylococcus xylosus</i> estão presentes na PIZZA, na massa, na produção do queijo e na maturação do salame, respectivamente. Possivelmente despertará inicialmente enjoo, então deve-se citar os demais alimentos nos quais os microrganismos estão presentes e que são consumidos no dia a dia como em pães, queijos, iogurte, chucrute, vinagre, vinhos, cervejas, além do sabor agradável deste alimento que trará uma sensação de satisfação. Espera-se que essa atividade seja bem marcante por despertar o</p>





De acordo com Guimarães (2009), a apresentação de um seminário permite aos educandos desenvolver habilidades de planejamento, seleção e organização das informações, bem como aperfeiçoar a competência de falar em público. Ainda segundo a autora, seminário constitui-se de um tema, de uma forma de composição e de um estilo de apresentação - é um gênero de Divulgação Científica.

Cada grupo receberá uma temática: Microbiota Humana; Microrganismos e Biotecnologia (Introdutório a Biotecnologia e Bioética); Microrganismos e a Produção de Medicamentos; Microrganismos e Biorremediação; Controle de pragas por microrganismos; Microrganismos e a Fermentação; Microrganismos e a Decomposição.

Seguem em anexo algumas sugestões de artigos de Divulgação e Comunicação Científica para a realização desta etapa. Pensando que normalmente as turmas de ensino médio tem aproximadamente 40 alunos, são necessários ao menos 10 artigos diferentes que poderiam ser dentro das 7 temáticas.

Para que o seminário se efetive em aprendizagem os estudantes precisam receber algumas orientações: a partir da escolha do tema o professor deve indicar as fontes de pesquisa (previamente selecionadas), a necessidade de pesquisar e várias fontes, a divisão de tarefas entre os componentes do grupo, definir os objetivos do seminário para selecionar as informações pertinentes e organizá-las para a exposição oral (GUIMARÃES, 2009).

Nesta seção devem ser envolvidas as disciplinas de Sociologia, Filosofia, Geografia, História, Língua Inglesa e Educação Física.

Disciplina	Geografia
<b>Situação Problema</b>	O que leva nosso bairro a ser escolhido pelos imigrantes, intermunicipais, interestaduais e estrangeiros? Quais são as consequências da migração?
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender as consequências da migração para a cidade de chegada ou de acolhimento (aumento da população absoluta, densidade demográfica, taxa de natalidade, abundância de mão de obra que pode levar ao desemprego, conflitos sociais, aumento de pedintes, roubos, situações de pobreza, aumento da vulnerabilidade social);</li> <li>• Associar o ato de migrar às questões socioeconômicas/Visualizar fatores de atração para o processo migratório;</li> <li>• Diferenciar surto, epidemia, endemia e pandemia;</li> <li>• Compreender como a migração pode contribuir para disseminação de doenças, bem como as cidades acolhedoras manejam a saúde pública da nova realidade;</li> <li>• Relacionar a falta de planejamento urbano e saneamento básico ao retorno de doenças já erradicadas no Brasil (como Sarampo, poliomielite, rubéola, dengue, febre-amarela, entre outras);</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Migração, Planejamento Urbano, ocupação desordenada, globalização e o clima na disseminação de doenças.

<b>Disciplina</b>	<b>Sociologia</b>
<b>Situação</b>	Quais problemas socioeconômicos podem contribuir para falta de saúde?
<b>Problema</b>	
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender a relação entre a falta de Políticas Públicas na saúde e o panorama enfrentado pela sociedade brasileira e local;</li> <li>• Conhecer Direitos e Obrigações dos Cidadãos no Campo da Saúde;</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Políticas Públicas de Saúde; Legislação que garante a saúde, Investimentos na Saúde Pública, Direito Humanos, Cidadania, Poder X Política X Estado, Gestão Democrática.
<b>Sugestões para aprofundamento (Desafio)</b>	Desafios da saúde pública no Brasil. como lidar com epidemias no Brasil?

<b>Disciplina</b>	<b>Filosofia</b>
<b>Situação</b>	A influência da Mídia pode nos levar a alienação?
<b>Problema</b>	
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender a importância da Filosofia para entender criticamente a realidade.</li> <li>• Distinguir discursos e atitudes éticos e propagandísticos a respeito de políticas de saúde.</li> <li>• Estruturar diferentes alteridades como constituintes da prática social.</li> <li>• Encontrar na própria identidade elementos formados pela alteridade.</li> <li>• Identificar questões de bioética.</li> <li>• Compreender a política no cotidiano.</li> <li>• Compreender o exercício da liberdade como condição de</li> </ul>

cidadania.

- Perceber a inter-relação do ser humano com os demais elementos que compõem a natureza.

**Conceitos** A utilidade Filosófica; Autonomia e Liberdade; Kant, Hegel e Freud: direitos e deveres; Ciência e Bioética; Estado, Democracia e Sociedade; Relação homem-natureza.

<b>Disciplina</b>	<b>História</b>
<b>Situação</b>	Nossa região enfrentou ou enfrenta surtos, epidemias ou
<b>Problema</b>	endemias?
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecer as doenças infecciosas da região que provocaram surtos, epidemias ou endemias na região e marcaram a História do Brasil e do Estado;</li> <li>• Reconhecer os problemas de saúde do Brasil no Período Colonial (doenças trazidas pelos colonizadores);</li> <li>• Comparar problemáticas atuais e de outros momentos históricos quanto às doenças infecciosas.</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Colonização do Brasil; Direito e Cidadania; Memória ou História Local.
<b>Dinâmica da Aula</b>	Realização de pesquisa bibliográfica em grupo para elaboração de um pequeno roteiro e dramatização.

<b>Disciplina</b>	Educação Física
<b>Situação</b>	É possível aumentar a imunidade através da prática de
<b>Problema</b>	atividades físicas?
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer os benefícios das atividades físicas para manutenção da saúde;</li> <li>• Correlacionar o bom funcionamento do sistema imunológico com a prática regular de atividades físicas;</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Atividade Física, Saúde e Bem-Estar, Alimentação, Atividade Física como prevenção a saúde.
<b>Observação</b>	Nesta disciplina Saúde entra como tema Transversal.

<b>Disciplina</b>	Língua Inglesa
<b>Situação</b>	Valorizar o uso da língua inglesa e criar condições para
<b>Problema</b>	aproximar a realidade do estudante.
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover leitura e construção de pequenos textos em inglês;</li> <li>• Considerar o conhecimento da Língua Inglesa como meio de acesso a diversas informações.</li> </ul>
<b>Conceitos</b>	Leitura, tradução.
<b>Observação</b>	Muitos artigos científicos são em inglês, fazer a tradução irá auxiliar na elaboração dos seminários.

De acordo com Freire (1987), os conteúdos não devem ser escolhidos de forma isolada, ressalta a importância da participação de especialistas de cada área no processo de redução temática, para a escolha dos conceitos e conteúdo a serem trabalhados nas respectivas áreas.

Sendo assim se faz necessário ter um momento para essa reflexão coletiva, que precisa ser oportunizado pela equipe pedagógica da unidade de ensino. Para que estas sugestões sejam lapidadas de acordo com a realidade local e com o Projeto Político Pedagógico da Unidade Escolar em questão.

### 5.2.4 Quarta Seção: Aplicação do Conhecimento

**Número de aulas:** 4 com duração de 45 minutos (2 Língua Portuguesa e 2 Artes)

<b>16ª e 19ª Aulas - Elaboração de Material de divulgação científica</b>	
<b>Disciplinas</b>	Artes e Língua Portuguesa
<b>Objetivo</b>	Construir material de divulgação científica para promover maior qualidade de vida da população do município de Penha/SC.
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arte: pintura, desenho, grafitti, gravura, escultura, modelagem, colagem;</li> <li>• Língua Portuguesa: Gêneros: Reportagem, artigo de opinião, anúncio publicitário, cartum, charge e tira.</li> </ul>
<b>Materiais e Recursos</b>	e Computadores ou smartphones, papel, canetas coloridas, figuras, Fontes de pesquisa (livros, revistas, internet).
<b>Dinâmica da Aula</b>	Produzir infográficos e/ou animações que ultrapassem os muros da escola a fim de esclarecer a população sobre a importância dos Microrganismos (microbiota, vacinação...)

### **5.2.5 Avaliação**

A proposta deste trabalho é realizar uma avaliação global e continuada de forma considerar aspectos conceituais, procedimentais (manipulação de materiais e equipamentos, seguir um protocolo, observar e descrever as atividades, elaborar hipóteses) e atitudinais (iniciativa, liderança, interação com o grupo, saber ouvir os colegas, postura investigativa). É de fundamental importância que os educandos façam registros em cada atividade e sejam avaliados através de diferentes instrumentos.

#### **Instrumentos de Avaliação**

- Mapa Conceitual
- Questões Desafios
- Relatório dos Experimentos 1,2 e 3
- Júri Simulado (Pesquisa e argumentação no dia)
- Seminário (Pesquisa e Apresentação)
- Animação, História em quadrinhos e/ou Infográfico

Os resultados das avaliações para além de identificar o progresso individual e coletivo, deverá redirecionar os caminhos da aprendizagem.

Espera-se com a sequência promover a compreensão dos significados dos conceitos pertinentes a área da microbiologia fundamentais para o ensino básico, de modo que os educandos sejam capazes de resolver problemas sócio científicos.



## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para organizar a sequência dentro da Abordagem Temática Freireana observou-se uma situação dentro da realidade do município para que esta pudesse servir de ponto de partida para discussões iniciais e o devido reconhecimento por parte do educador do Tema Gerador que representa uma situação-limite. De acordo com Freire (1987), as contradições sociais, são representadas no Tema Gerador que é selecionado mediante o processo de Investigação Temática que consiste nas seguintes etapas (DELIZOICOV, ANGOTTI & PERNAMBUCO, 2002):

1) **“Levantamento Preliminar da Realidade Local”** - reconhecimento local da comunidade. Neste trabalho considera-se o levantamento de dados das doenças infecciosas nos sites oficiais (DATASUS, DIVE, SINAN NET - PENHA) uma vez que se propõe a ser aplicado em qualquer unidade escolar do município e até mesmo em outras realidades partindo do mesmo recorte, doenças infecciosas. O levantamento pode ser expandido com a elaboração e aplicação de questionários, realização de entrevistas e até mesmo observação direta;

2) **“Análise das situações e escolha das codificações”** - análise e escolha de contradições sociais vivenciadas pelos envolvidos. A partir da compilação dos dados oficiais (etapa 1) e falas dos atores envolvidos será possível analisar e delimitar a temática, de acordo com a realidade local;

3) **“Diálogos descodificadores”** - Codificação-problematização-descodificação para a validação de Temas. As escolhas dessas situações significativas podem ser confirmadas e sintetizadas em Temas Geradores. Envolve a apresentação de codificações aos alunos, intitulada neste trabalho como **2ª atividade - Avaliação Diagnóstica**, nesta etapa são identificadas através do diálogo professor-educando, as concepções a respeito (descodificação das situações) com a intenção de validá-las ou não como situações-limites a serem enfrentadas e superadas. Em seguida a elaboração da rede temática contendo temas e contra-temas;

4) **“Redução temática”** - escolhas dos conceitos para compreender o tema e planejamento de ensino. Redução dos temas geradores em conteúdos específicos

feitos pelos educadores-pesquisadores. Os conceitos e conteúdos escolhidos dentro da temática deverão estar em consonância com a Proposta Curricular de Santa Catarina e BNCC, documentos que norteiam o trabalho nas escolas estaduais.

Essa abordagem se propõe a ser interdisciplinar, sendo assim se faz necessário um momento coletivo de planejamento com os professores das diferentes áreas do conhecimento que devem estar envolvidos para a estruturação das práticas e estabelecerem uma sequência programática para assim garantir a efetivação da aprendizagem.

[...] caberá a cada especialista, dentro do seu campo, apresentar à equipe interdisciplinar o projeto de “redução” de seu tema. No processo de “redução” deste, o especialista busca os seus núcleos fundamentais que, constituindo-se em unidades de aprendizagem e estabelecendo uma sequência entre si, dão a visão geral do tema “reduzido” (FREIRE, 1987, p. 134).

Uma vez que a SEI proposta no presente trabalho não foi aplicada em sala de aula impossibilita construir a rede temática, a escolha de conceitos como núcleos fundamentais para a redução dos temas. E a elaboração da sequência de ensino teve como base os conceitos e conteúdos dos documentos oficiais, bem como a frequência que estes têm aparecido em questões de vestibular e ENEM. Esta etapa deverá ser trabalhada de forma efetiva no momento em que esta sequência for implementada pelos pesquisadores.

5) Desenvolvimento em “**Sala Aula**” - implementação das atividades didático pedagógicas em sala de aula. Após o estudo, definição dos conceitos, planejamento coletivo e individual, definição das práticas, seleção dos materiais didáticos-pedagógicos é hora de implementar. Cabe ressaltar que deve ser de acordo com as necessidades do grupo no qual se esteja trabalhando. Sendo assim, sofrerá alterações conforme as discussões irão ocorrendo. O professor deve ser reflexivo e aberto a modificações no que foi planejado inicialmente.

As atividades planejadas para serem implementadas em sala de aula, estão fundamentadas na Abordagem Temática Freireana e inserida na concepção de Educação Libertadora de Paulo Freire, descrita no livro *Pedagogia do Oprimido* (1987). Os autores Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), Muenchen & Delizoicov (2014), desenvolveram os Três Momentos Pedagógicos, embasados no tripé da codificação-problematização-descodificação (FREIRE, 1987) que foram estruturados nas seguintes etapas:

1. **Problematização Inicial** - o professor apresenta questões ou situações reais que os estudantes conhecem e que estão contidas no tema. Momento em que os alunos são desafiados a pensar sobre a situação problema e o professor possa fazer o devido reconhecimento das concepções prévias;
2. **Organização do Conhecimento** - com a orientação do professor, os conhecimentos são sistematizados, momento da construção dos conhecimentos científicos necessários para a compreensão dos temas e da problematização;
3. **Aplicação do Conhecimento** - aborda sistematicamente o conhecimento incorporado pelo educando, para analisar e interpretar as questões trabalhadas durante a problematização inicial e apresentação de novas situações.

Esta sequência de ensino está fundamentada nas etapas estabelecidas por Carvalho et al (1998) e Carvalho (2013), caracterizando-se desta forma como uma abordagem investigativa. O ciclo investigativo inicia-se com uma questão problema que a comunidade esteja enfrentando. Diante do problema os educandos realizam o levantamento de hipóteses, em seguida a manipulação dos objetos (experimentos, pesquisa, coleta de dados). Posteriormente deverão interpretar as informações coletadas para verificação das hipóteses. Segue-se então para a fase de comunicação dos resultados e a finalização é a sistematização realizada pelo professor. Espera-se que esse processo de ensino-aprendizagem forneça ferramentas para que os educandos possam mudar a realidade em que estão inseridos.



Figura 3: Etapas do Ciclo Investigativo.

Entende-se neste trabalho uma Situação Problema como aquela capaz de levar o aluno a ação, a interação com a realidade para alcançar os objetivos de aprendizagem. Portanto, os objetivos de aprendizagem devem guiar o educador na formulação da situação problema, de acordo com Meirieu (1998, p. 192) situação problema é:

Uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa.

Constituiu-se como principal característica de uma Situação Problema desafiar ao educando para transpor o obstáculo proposto na situação problemática construindo sua aprendizagem (LIMA & SILVA, 2016).

Para que a situação problema seja motivadora para o educando precisa estar contextualizada, em sua realidade. Próximo ao seu nível de competência, ou seja, ajustada ao nível de desenvolvimento do educando. Não deverá ser tão simples que seja desestimulante, nem tão difícil a ponto de fazê-lo desistir. Ressalta-se aqui a importância da avaliação diagnóstica que permite suscitar os conhecimentos prévios do aluno. De acordo com Vygotsky, constitui a Zona de Desenvolvimento Real (conceitos espontâneos, intuitivos, cotidianos). Segundo a perspectiva Ausubeliana, a aprendizagem significativa requer que os novos saberes se ancorarem a saberes

anteriores. Portanto, os conhecimentos prévios são cruciais para a efetivação do processo (AUSUBEL, 1980).

A fim de superar a fragmentação do conhecimento, para que os educandos tenham uma visão global da realidade, nos ancoramos na interdisciplinaridade. Buscando uma visão complexa para a resolução de problemas sociais, também complexos.

Os documentos oficiais, como a BNCC, procuram incentivar educadores a planejar ações interdisciplinares para ampliar e/ou reforçar os processos de ensino-aprendizagem. A abordagem interdisciplinar requer mais do que a preocupação com a integração das disciplinas, requer a integração do saber através de um trabalho conjunto entre os docentes envolvidos, à medida que o educando se aproprie deste olhar interdisciplinar e passe a enxergar as correlações existentes entre áreas distintas irá ver o mundo de outra forma (GONÇALVES, 2018).

A concepção de interdisciplinaridade, adotada neste trabalho, consiste essencialmente “num trabalho em comum tendo em vista a interação das disciplinas científicas, de seus conceitos e diretrizes, de suas metodologias, de seus procedimentos, de seus dados e da organização de seu ensino”, ou seja a partir das relações entre as disciplinas (FAZENDA, 2011 p.34).

Trabalhar de forma interdisciplinar integrando diferentes áreas de conhecimento possibilita avançar no processo de construção de uma prática contextualizada. Oferta diversas oportunidades de aprendizagem conceitual, atitudinal, procedimental permitindo nova compreensão da realidade.

Os conteúdos das diversas disciplinas devem ser trabalhados formando uma teia de conhecimentos, possibilitando a construção do conhecimento global, em detrimento do saber restrito aos limites disciplinares. A interdisciplinaridade vem sendo abordada nas pesquisas como fundamento imprescindível à formação integral de alunos que saibam resolver os problemas das mais diversas naturezas (GARRUTTI & SANTOS, 2004).

No que se refere às aulas experimentais, pesquisas na área da educação indicam estas atividades como uma metodologia capaz de promover uma aprendizagem mais significativa na área de Ciências Naturais (GUIMARÃES, 2009).

Segundo Santos (2008), tem efeito motivador nos estudantes, aumentando o interesse pela disciplina, e permitem o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. A realização das atividades experimentais, em laboratório didático ou não, contribuirá para a interação social entre os alunos, onde se tornará possível o desenvolvimento de trabalho colaborativo, proporcionando conhecimento que poderão levar os mesmos a sua interação com a sociedade na qual estão inseridos, sendo assim agentes ativos e participantes do desenvolvimento de sua comunidade (LEIRIA & MATARUCO, 2015). A experimentação adotada nestas atividades tem caráter investigativo.

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas (CARVALHO, 1998, p.25).

O ensino investigativo tem início já no planejamento, na construção de objetivos que se propõem a desenvolver o raciocínio científico (lógico, objetivo e criativo). O professor tem papel de mediador das discussões, de fomentar a análise de situações problema, na construção de hipóteses e testes, explicações e previsões na busca por soluções. Neste caminhar os novos saberes são construídos (SASSERON, 2008)

Práticas investigativas visam tornar o aluno ativo no processo de ensino-aprendizagem. Diversos teóricos como Dewey (1950), Freire (1986), Vygotsky (1984), Piaget (2004), expressam a importância de aprender de forma ativa, contextualizada, dialógica, problematizadora, sendo as metodologias inovadoras promotoras da emancipação do aprendiz. Porém, as escolas ainda utilizam métodos conservadores (transmissivos), em que o aluno é mero receptor de informações. É preciso romper com esse paradigma. Para tornar o educando agente de seu desenvolvimento.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste caminhar do mestrado, no árduo exercício da construção de novos saberes, ficou evidente as lacunas deixadas na minha formação inicial. A maioria dos cursos de graduação dá maior ênfase às disciplinas técnicas em detrimento as disciplinas de ensino. Esta carência se deu até mesmo no âmbito do mestrado. A atualização conceitual é importante, mas não há como transpor esses novos saberes desvinculados dos conhecimentos pedagógicos, sem sua adequada associação ao processo de ensino. Por essa razão se fez necessário revisitar algumas bibliografias e pesquisar novas fontes científicas. Para compreender a História da Educação Brasileira, seus desdobramentos e as diferentes vertentes do Ensino Investigativo. Pois, somente conhecendo a teoria é possível modificar a prática. Até mesmo porque não é possível emancipar o estudante sem antes emancipar-se como educador.

Muitas foram as reflexões que me trouxeram até a universidade novamente, mas sem dúvida a maior inquietação foi a busca por tornar-me uma professora pesquisadora. Nas diferentes experiências vivenciadas durante este período surgiram novos olhares que permitirão ressignificar a minha prática docente. Todas as discussões possibilitaram reconhecer as transformações que são necessárias ocorrer na educação para atender a demanda da sociedade atual. Buscando alternativas metodológicas nos ancoramos na abordagem pedagógica libertadora de Paulo Freire.

O ponto de partida para a construção do instrumento didático (SEI), foi a identificação das doenças infecciosas mais prevalente no município de Penha/SC. Por que Penha? Já dizia Leonardo Boff, “A cabeça pensa de onde os pés pisam”. Partindo dessa premissa, a escolha do citado município converge com o ambiente que resido e leciono Ciências e Biologia, a mais de quatorze anos.

O levantamento das doenças como forma de aproximação com a realidade da comunidade escolar pode ser realizado em qualquer unidade de ensino. Contudo, a identificação dos diferentes tipos de doenças, permitirá traçar um perfil das

necessidades de abordagem na escola em questão. Pensar em contextualização é pensar em atender as necessidades do aprendiz, condizentes com a realidade local.

Em seguida buscou-se construir um recurso pedagógico que possa servir de suporte para a pesquisadora, assim como permitir um novo olhar, para que outros educadores sintam-se encorajados a renovar suas prática docente. Esta pesquisa não se encerra em si, sendo necessários outros estudos como sua aplicação para devida validação. Bem como adequação e utilização em outras realidades. É preciso fomentar a pesquisa na área de ensino de Microbiologia e até mesmo do ensino por investigação, que no Brasil ainda apresenta-se de forma incipiente. Porém, trabalhos já publicados têm demonstrado bons resultados no envolvimento e no desenvolvimento dos educandos.

Acredita-se que atividades motivadoras, que coloquem o educando como centro do processo de ensino-aprendizagem podem ser transformadoras. Uma proposta de ensino pela problematização, com caráter investigativo e ligados a realidade facilitam a compreensão dos conceitos até mesmo, os abstratos, como no caso da Microbiologia.

Tanto professores quanto educandos reconhecem a necessidade de inovar as metodologias no ensino de Biologia, porém não é tarefa fácil. Por exemplo, a etapa de formulação de perguntas que se apresentem de fato como questões problemas. Ou ainda, questões desafiadoras e que resultem em momentos mais reflexivos, que permitam aos educandos reconhecerem a relevância dos conceitos e assim auxiliar no processo de aprendizagem significativa.

O ensino por investigação apresenta como vantagem a utilização de atividades diversificadas, que permitem maior criatividade, interação e reflexão que leva a tomada de decisões. Trabalha processos cognitivos diversos e superiores (como a elaboração dos infográficos e animações, formulações de hipóteses). Possibilitando ao estudante a construção do conhecimento, a autonomia e senso crítico.

No entanto, também tem algumas desvantagens, como levar um tempo maior do que da forma tradicional transmissiva. Porém, por abordar não só os conhecimentos conceituais, mas também os procedimentais e atitudinais torna-se vantajoso. Tem alguns fatores que dificultam como o número excessivo de alunos



em sala de aula, a carga horária do professor, e a necessidade de tempo para planejar e executar as atividades.

Esta Sequência de Ensino propõe um trabalho interdisciplinar, podendo até mesmo extrapolar a sala de aula e tornar-se intersetorial. As atividades estão em consonância ao Programa de Saúde da Família (PSF) e ao Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS), logo uma parceria com os profissionais da área da saúde, poderia contribuir para a melhora da qualidade de vida da população.

De acordo com a Declaração de Alma-Ata a conquista do alto grau de saúde exige a intervenção de muitos setores: sociais e políticos, além do setor da saúde (BRASIL, 2002).

Segundo a Carta de Ottawa (1986), a Promoção da Saúde, contempla 5 campos de ação: a) implementação de políticas saudáveis, b) criação de ambientes saudáveis, c) capacitação da comunidade, d) desenvolvimento de competências individuais, e) reorientação de serviços de saúde.

A educação para a saúde é um assunto complexo, e que precisa ser abordado em suas múltiplas dimensões, individual e coletiva, sociais, econômicas e aspectos ambientais. Para envolver essas diferentes dimensões o processo de ensino-aprendizagem deve envolver o olhar de diferentes áreas do conhecimento. Através da prática interdisciplinar e contextualizada é possível a construção do conhecimento de forma global. Além de permitir a adequada compreensão da realidade, para que os educandos possam atuar na promoção da qualidade de vida. O ensino investigativo pode contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico, capacidade de observação, reflexão, comunicação para a resolução de problemas. Estes elementos podem promover para a autonomia dos educandos e torná-los capazes de atuar na realidade complexa.

## 7 REFERÊNCIAS

ANTUNES, L.C.M. **A Microbiota Humana**. Revista on line: Ciência Hoje. Matéria Publicada em 15/07/2014. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/artigo/a-microbiota-humana/>>. Acesso em: 30/Maio/2019.

ARAÚJO, U.; KLEIN, A. M. **Escola e comunidade, juntas, para uma cidadania integral**. In: CENPEC. Educação integral. São Paulo, 2006. p. 119-125. (Cadernos Cenpec, n. 2).

ARELARO, L. R. G. Resistência e Submissão. A reforma educacional na década de 1990. In: Nora Krawczyk, Maria Malta Campos, Sergio Haddad, (organizadores). **O cenário educacional latino-americano no limiar do século XXI: reformas em debate** – Campinas, SP: Autores Associados, 2000.

BACHELARD, G. A. **Formação do Espírito Científico**: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Estela dos Santos Abreu. RJ: Contraponto. 5ª reimpressão, 2015.

BACICH, L. MORAN, J. **Metodologias ativas para abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BECKER, F. **Abstração pseudo-empírica e reflexionante**. Schème Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas, 6(Número Especial), 104-128. (2014). Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/126295/000970474.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26/Agosto/2018.

BERNARDI, I. S.; STUANI, G. M.; DELIZOICOV, N. C. **Um projeto interdisciplinar: abordagem temática freireana no estágio de docência do curso de licenciatura intercultural indígena**. Revista Pedagógica, Chapecó, v. 17, n. 34, p. 192-207, 15/abril/ 2015.

BLOOM, B. S.; HASTINGS, T, MADAUS, G. **Manual de avaliação formativa e somativa do aprendizado escolar**. São Paulo: Pioneira; 1993.

BLOOM, B.S.; HASTINGS, J.T., MADAUS, G.F. **Evaluación del aprendizaje**. Buenos Aires: Troquel, 1975.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category\\_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192)>. Acesso em: 18/Janeiro/2019.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/CNE, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**: Portaria nº 1.570. Parecer Homologado CNE CP 152017. Brasília: D.O.U., 15 ago. 2017. Disponível em: <[http://www.deg.unb.br/images/dtg/cil/legislacoes/Parecer\\_CNE\\_CP\\_152017\\_aprovado\\_em\\_15\\_de\\_agosto\\_de\\_2017-\\_Base\\_Nacional\\_Comum\\_Curricular.pdf](http://www.deg.unb.br/images/dtg/cil/legislacoes/Parecer_CNE_CP_152017_aprovado_em_15_de_agosto_de_2017-_Base_Nacional_Comum_Curricular.pdf)>. Acesso em: 01/Agosto/2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. Diretoria de Avaliação da Educação Básica. **SAEB/Prova Brasil 2011 - primeiros resultados**. 2012. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/prova\\_brasil\\_saeb/resultados/2012/Saeb\\_2011\\_primeiros\\_resultados\\_site\\_Inep.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/resultados/2012/Saeb_2011_primeiros_resultados_site_Inep.pdf)>. Acesso em: 12/Dezembro/2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico** - HIV Aids Julho de 2017 a junho de 2018. Disponível em: < <http://www.aids.gov.br/pt-br/pub/2018/boletim-epidemiologico-hivaid-2018>>. Acesso em: 05/Fevereiro/2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Política Nacional de Promoção da Saúde**: Portaria nº 687 MS/GM, de 30/3/2006. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 60 p. (Série B. Textos Básicos em Saúde).

BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: **Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Vol 2. Brasília: MEC/SEB, 2006a.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9394/1996: estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília, 1996.

BRUNER, J. **In Search of Mind**. Nova York: Harper&Row, 1983.

CANHOS, V. P.; MANFIO, G. P. **Recursos Microbiológicos para Biotecnologia**. Em: SILVEIRA, J. F. J.; POZ, M. E. D.; ASSAD, A. L. (Org.). Biotecnologia e

Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil. Campinas, SP. Instituto de Economia Unicamp e FINEP, 2004, p.233-252.

CARVALHO, A. M. P. (org.) **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. 1ª ed. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. **Habilidades de Professores para promover a enculturação científica**. Revista Contexto & Educação, N.77, Janeiro/Junho 2007. p. 25-49. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/viewFile/1084/839>>. Acesso em: 08/Fevereiro/2017.

CARVALHO, A. M. P. de (Org). **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CASSANTI, A. C. et al. **Microbiologia democrática: estratégias de ensino-aprendizagem e formação de professores**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, Instituto Construir e Conhecer, v. 4, n. 5, p. 1-27 (on-line), 2008.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: editora Unijuí, 2000.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Rev. Bras. Educ., Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, Apr. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-24782003000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782003000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20/Março/2019.

CLEMENT, L. ; TERRAZZAN, E. A. **Resolução de Problemas de Lápis e Papel numa abordagem Investigativa**. Experiências em Ensino de Ciências V.7, No. 2. 2012. Disponível em: <[http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID185/v7\\_n2\\_a2012.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID185/v7_n2_a2012.pdf)>. Acesso em: 15/Junho/2018.

COPETTI, J; FOLMER, V. **Educação e saúde no contexto escolar** [livro eletrônico]. Uruguiana: Universidade Federal do Pampa, 2015. Disponível em: <<http://porteiros.r.unipampa.edu.br/portais/sisbi/files/2015/08/Livro-Educa%C3%A7%C3%A3o-e-Sa%C3%BAde-no-Contexto-Escolar.pdf>>. Acesso em: 08/Janeiro/2018.

CUNHA, R. B. **Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de *scientific literacy***. Rev. Bras. Educ. vol.22 no.68 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2017.

DELIZOICOV, D. **La educación en ciencias y la perspectiva de Paulo Freire**. In: Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 1, n. 2, p. 37-62, jul. 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

DELORS, J. (org.). **Educação um tesouro a descobrir** – Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. Editora Cortez, 7ª edição, 2012.

DEMARZO, M. M. P.; AQUILANTE, A. G. **Saúde Escolar e Escolas Promotoras de Saúde**. In: Programa de Atualização em Medicina de Família e Comunidade. Porto Alegre, RS: Artmed: Pan-Americana, 2008. v. 3, p. 49-76.

FAGUNDES, T. B. **Os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo: perspectivas do trabalho docente**. Rev. Bras. Educ. [online]. 2016, vol.21, n.65, pp.281-298. ISSN 1413-2478. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782016216516>>. Acesso em: 26/Fevereiro/2018.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011.

FERRAZ, A. T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Doi: 10.11606/D.81.2015.tde-25112015-151619. Acesso em: 02/Fevereiro/2018.

FERREIRA, R. S.; LORENCINI JR, A. **A construção do conhecimento biológico nas séries iniciais: O papel das interações discursivas em sala de aula**. In V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, Abrapec, 2006.p 01- 12. Disponível em; <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/3/pdf/p115.pdf> Acesso em: 06/Fevereiro/2018.

FERREIRA, W.F.C.; SOUSA, J.C.F ; LIMA, N. **Microbiologia**. Lisboa: Lidel. 2010.

FONFOCA, E. et al. **Metodologias pedagógicas inovadoras: contextos da educação básica e da educação superior**. Curitiba: Editora IFPR, 2018. 183 p. v. 2. Disponível em: <[http://reitoria.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/08/E-book-Metodologias-Pedagogicas-Inovadoras-V.2\\_Editora-IFPR-2018.pdf](http://reitoria.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/08/E-book-Metodologias-Pedagogicas-Inovadoras-V.2_Editora-IFPR-2018.pdf)>. Acesso em: 01/Fevereiro/2019.

FRACALANZA, H. **O conceito de ciência veiculado por atuais livros didáticos de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação. Unicamp, Campinas, São Paulo, 1982, 201p.

FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. **O ensino de ciências no primeiro grau**. São Paulo: Atual, 1986.

FREIRE, P. **Educação como Prática da Liberdade**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

FREIRE, P. **Educação e mudança**. 28ª ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2005.

FURIÓ, C.; VILVHES, A.; GUIASOLA, J.; ROMO, V. **Finalidades de La Enseñanza de Lãs Ciências em La Secundaria Obligatoria**. Enseñanza de lãs ciencias, v. 19, n°3, p. 365-376, 2010.

GARRUTTI, E. A; SANTOS, S. R. **A Interdisciplinaridade como forma de superar s fragmentação do conhecimento**. Revista de Iniciação Científica da FFC, v. 4, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/ric/article/view/92/93>>. Acesso em: 1/Maio/2019.

GOMES, M.C.S.R. **Doenças e contaminações microbianas dos vinhos**. 55º Curso Intensivo de Conservação, Estabilização e Engarrafamento de Vinhos. Ministério de Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. 2013.

GONÇALVES, F.A.M.F. **Estatística no Ensino Médio: Uma Proposta Interdisciplinar Envolvendo Matemática e Educação Física**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de PósGraduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3315/1/PG\\_PPGET\\_M\\_Gon%C3%A7alves%20Felipe%20Antonio%20Machado%20Fagundes\\_2018.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3315/1/PG_PPGET_M_Gon%C3%A7alves%20Felipe%20Antonio%20Machado%20Fagundes_2018.pdf)>. Acesso em: 05/Maio/2019.

GONÇALVES, M. A. P. **Microbiota** – implicações na imunidade e no metabolismo. 2014. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2014. Disponível em: <[https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4516/1/PPG\\_21951.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4516/1/PPG_21951.pdf)> . Acesso em: 17/Janeiro/2019.

GRONLUND, N. E. **A elaboração de testes de aproveitamento escolar**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1974.

HOFFMANN, J. **Avaliação Mediadora, uma prática em construção da pré-escola à universidade**. 21º edição. Porto alegre: Mediação, 2003.

JACOBUCCI, D. F. C.; JACOBUCCI, G. B. **Abrindo o Tubo de Ensaio: o que sabemos sobre as pesquisas em Divulgação Científica e Ensino de Microbiologia no Brasil?**. Journal of Science Communication, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2009.

KIMURA, A. H.; OLIVEIRA, G. S.; SCANDORIEIRO, S.; SOUZA, P. C.; SCHURUFF, P. A.; MEDEIROS, L. P. et al. **Microbiologia para o ensino médio e**

**técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência.** Revista Conexão UEPG, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 254-267, 2013

KIMURA, A.H. **Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência.** *Revista Conexão UEPG*, v.9, n.2, p.254-267, 2013.

KRASILCHIK, M. **REFORMAS E REALIDADE** o caso do ensino das ciências. SÃO PAULO EM PERSPECTIVA, 14(1) 2000.

KRASILCHIK, M e MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e cidadania**, 1ª ed., 3ª impressão. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2004.

KRASILCHIK, M. **Pesquisa e ensino de Biologia**, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, São Paulo. [Anais]. São Paulo: USP, Faculdade de Educação, 1991.

LAUGKSCH, R. C. **Scientific literacy: a conceptual overview.** *Science Education*, Hoboken (Estados Unidos): John Wiley & Sons, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000. Disponível em: <[http://www.kcvs.ca/martin/EdCI/literature/literacy/Laugksch\\_Scientific\\_Literacy.pdf](http://www.kcvs.ca/martin/EdCI/literature/literacy/Laugksch_Scientific_Literacy.pdf)>. Acesso em: 04/Maio/2019.

LEIRIA, T.F.; MATARUCO, S.M.C. **O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de física.** Educere. XII Congresso Nacional de Educação. PUC-PR 26 a 29/10/2015. Disponível em: <[https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234\\_8366.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234_8366.pdf)>. Acesso em: 11/Março/2019.

LIMA, T. C. S. de; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica.** Rev. Katál. Florianópolis v. 10 n. esp. p. 37-45 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rk/v10nspe/a0410spe>>. Acesso em: 02/Dezembro/17.

LINHARES, S.; GEWANDSZAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática. 2017

LONGHINI, I. M. **Diferentes contextos do ensino de biologia no Brasil de 1970 a 2010.** *Educação e Fronteiras*, Dourados, v. 2, n. 6, p. p.56-72, dez. 2012. ISSN 2237-258X. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/1801>>. Acesso em: 25/Fevereiro/2019.

LUCKESI, C. C. **O que é mesmo o ato de Avaliar a Aprendizagem?** Porto Alegre: ARTMED. Ano 3, n. 12 fev./abr. 2000.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar.** São Paulo: Cortez, 1996.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MELO, M. do R. de. **Ensino de Ciências: uma participação ativa e cotidiana**, 2000. Disponível em: < <http://www.rosamelo.hpg.com.br> >. Acesso em: 15/Agosto/2018.

MORAN, J. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2017.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira

MORTIMER, E. F. **Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, São Paulo, v. 2, n. 1, p.36-59, 2002.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. **O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais**. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, SP, v. 10, n. 39, p. 225-249, ago. 2012. ISSN 1676-2584. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728>>. Acesso em: 20/Março/ 2019.

OSTERMANN, F. ; CAVALCANTI, C. J. de H. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf, UFRGS, 2011. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias\\_de\\_Aprendizagem.pdf](http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias_de_Aprendizagem.pdf)>. Acesso em: 15/Agosto/2018.

PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação da aprendizagem – entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

PERRENOUD, P. **Não mexam na minha avaliação! Para uma abordagem sistêmica da mudança pedagógica**. In: NÓVOA, A. Avaliação em educação: novas perspectivas. Porto, Portugal: Porto Editora, 1993.

PIAGET, J. **A linguagem e o pensamento da criança**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1959.

PIAGET, J. **Biologia e Conhecimento**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1973.

PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1972.

PIAGET, J. **O raciocínio na criança**. 2.ed. Rio de Janeiro: Record, 1967.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. 24.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.



PIMENTA, S. G. **Professor reflexivo: construindo uma crítica**. In: PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.). *Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo: Cortez, 2005. p. 17-52.

PORTUGAL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Saúde Escolar**. Despacho nº 12.045 de 7 de junho de 2006. Diário da República, [S.I.], n. 110, 7 jun. 2006.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artimed, 2009. 296 p.

RANZONI, R.O. **Novos desafios para o ensino de Ciências**. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

ROMANELLI, O. de O. **História da educação no Brasil**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

SANTA CATARINA. Diretoria de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. **Informativo Epidemiológico**. Ano XIV – Edição Especial: Março de 2017. 2017. Disponível em: <[http://dive.sc.gov.br/conteudos/publicacoes/Informativo\\_Tuberculose-2017.pdf](http://dive.sc.gov.br/conteudos/publicacoes/Informativo_Tuberculose-2017.pdf)>. Acesso em: 05/Fevereiro/2019.

SANTA CATARINA. Diretoria de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. **Informativo Epidemiológico**. Ano XV – Edição Especial: Novembro de 2018. 2018a. Disponível em: <[http://www.dive.sc.gov.br/barrigaverde/pdf/BV\\_S%C3%ADfilis.pdf](http://www.dive.sc.gov.br/barrigaverde/pdf/BV_S%C3%ADfilis.pdf)>. Acesso em: 05/Fevereiro/2019.

SANTA CATARINA. Diretoria de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. **Informativo Epidemiológico**. Ano XV – Edição Especial: Dezembro de 2018. 2018b. Disponível em: <[http://dive.sc.gov.br/barrigaverde/pdf/BVHepatites\(DEZ-2018\).pdf](http://dive.sc.gov.br/barrigaverde/pdf/BVHepatites(DEZ-2018).pdf)>. Acesso em: 05/Fevereiro/2019.

SANTOS, A.B. **Aulas Práticas e a Motivação dos Estudantes de Ensino Médio**. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2008, Curitiba. Anais...Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008. P.1-10.

SANTO DE SOUZA, A.; LUCENA, J. **Um Breve Panorama do Ensino e Divulgação Científica em Microbiologia no Brasil**. VI SINECT - Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, At Ponta Grossa, Paraná, Brasil. 2018.

SANTOS, J.; CATÃO, R. K.; SERBENA, A. L.; JOUCOSKI, E.; REIS, R. A; SERRATO, R. V. **Estruturação e consolidação de clubes de ciências em escolas públicas do litoral do Paraná.** In: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, Paraná, 2010. Anais. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EC/173.pdf>> . Acesso em: 04/Abril/2018.

SANTOS, K. F.; NUNES, A. O. **Desafios para a adoção do enfoque CTS em práticas pedagógicas da educação básica:** as percepções dos professores. Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica, v. 6, n. 1, p. 169 - 190, 2016.

SANTOS, W L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S no contexto da educação brasileira.** Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v.2, n. 2, 2002.

SASERRON, L.H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental:** Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. 2008, 265p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2008.

SCHMITZ, E. F. **Fundamentos da didática.** São Leopoldo, RS: UNISINOS, 1993.

SENNA, L. A.G. **Orientações para elaboração de projetos acadêmicos de pesquisa-ação em Educação.** Rio de Janeiro: Papel Virtual. 2003.

SIERRA, C. L. C. **O ensino de ciências por resolução de problemas:** uma proposta aplicada a estudantes do ensino fundamental da cidade de Araucária. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SILVA, M.A. et al. **Proposta de experimentação didática investigativa no ensino de ciências e a formação inicial de professores.** Revista Didática Sistêmica, v.17, n.1, p. 3- 14, 2015.

SOARES, M. **Letramento:** um tema em três gêneros. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

SODRÉ-NETO, L.; COSTA, A.S.; COSTA, M.V.M. **Biotecnologia e Microbiologia no Ensino Médio:** de que maneira estudantes associam estes temas numa Abordagem CTS? Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI. Vol. 14, N.26: p.86-96, Maio/2018. Disponível em: <[http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero\\_026/artigos/pdf/Artigo\\_07.pdf](http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_026/artigos/pdf/Artigo_07.pdf)>. Acesso em: 30/Maio/2019.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem significativa e o ensino de ciências.** Ciências & Cognição, [S.l.], v. 13, n. 1, Mar. 2008. ISSN 1806-5821. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/687/464>>. Acesso em: 15/ Maio/ 2019.

TEIXEIRA, P. M. M. **A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências.** Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p.177-190, 2003.

TOLEDO, A. G. et al. **Estudo da Microbiologia e sua relação no cotidiano do aluno a partir da temática saúde.** Revista Ensino, Saúde e Ambiente – V8 (2), pp. 76-92, Agosto, 2015.

TORTORA, G. J. ; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia.** 10 ed., Porto Alegre: Artmed, 2012.

VASCONCELLOS, C.S. **Avaliação da aprendizagem:** práticas de mudança – por uma práxis transformadora. São Paulo: Libertad, 2003.

VIECHENESKI, J.P.; CARLETTO, M. **Por que e para quê ensinar ciências para crianças.** Revista Bras. de Ensino de C&T. vol. 6, núm. 2, mai-ago. 2013. Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/viewFile/1638/1046>>. Acesso em: 06/Janeiro/2018.

VIEIRA, D. A. P. **Microbiologia Geral.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012b.

VIEIRA, F. A. da C. **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica:** análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino. 2012. 144f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Faculdade de Ciências. 2012a.

VIEIRA, S. L. e FARIAS, I. M. S. **Política educacional no Brasil: introdução histórica.** Brasília: Plano Editora, 2003.

VINTURI, E.F. et al. **Sequências Didáticas para a Promoção da Alfabetização Científica: Relato de Experiência com alunos do Ensino Médio.** Revista Experiências em Ensino de Ciências V. 9 , No. 3. 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo:** Uma proposta para o currículo escolar. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZANETTI, C. R.; HADDAD, M. F. Nós não somos só humanos. Somos uma colônia. In: FREITAS, R.H.A; HOFMANN, P.R.P; PARISE, A.G.; WINTWR, B.B.; GEISLER, E.F.; MARCONI, P.B. Sporum: **Dispersando curiosidades biológicas.** Florianópolis: UFSC, 2017.

ZANON, D. M. A. V.; FREITAS, D. **A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental:** ações que favorecem a sua aprendizagem. Ciências e cognição: revista interdisciplinar dos estudos da cognição, v.10, 2007. Disponível

em: < <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/622/404>>. Acesso em: 06/Fevereiro/2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências**: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Rev. Ensaio*, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.67-80. 2011. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>>. Acesso em: 06/Fevereiro/ 2018.

## **ANEXO A – Sugestões de Artigos**

Artigos de divulgação e comunicação científica, como sugestão para serem utilizados na realização do seminário (12ª Aula).

### **MICROBIOTA HUMANA**

#### **Microbiota intestinal e sua relação direta com a qualidade de vida (9 de junho de 2018)**

Renan Oliveira Corrêa e José Luís Fachi

Para manter uma boa saúde e qualidade de vida, devemos ter com a microbiota o mesmo cuidado que temos com o restante do corpo, pois ela faz parte do que nos define. Estudos mostram que determinados perfis bacterianos no intestino se relacionam, inclusive, com desordens psíquicas e psiquiátricas. Nossa relação com esse mundo microscópico que habita o corpo é tão intrínseca que recentemente passamos a enxergá-la com um “órgão esquecido”.

Na última década, a ciência vem redescobrendo a importância da nossa microbiota, elucidando a cada dia novas relações entre essa população de milhões de bactérias, vírus, protozoários, fungos e arqueas, com o nosso organismo hospedeiro. De fato, nossa microbiota é parte essencial do que somos. Ela nos acompanha ao longo de toda a vida, sendo moldada, com o passar dos anos, por diversos fatores como carga genética, idade, estilo de vida, dieta, exercícios, hábitos de higiene, estresse, poluição, tabagismo, uso de antibióticos, e outros.

Uma ferramenta bastante utilizada na ciência para estudar a importância de algum objeto de interesse é simplesmente retirá-lo de cena. Isso é feito para

diversas moléculas, genes, proteínas, receptores, células, e até com a microbiota. Os camundongos denominados de germ-free são animais mantidos em condições estéreis, que passam a vida toda sem entrar em contato com microrganismos, literalmente vivendo em uma bolha, onde tudo que entra e sai é estritamente controlado e esterilizado.

Analisando a fisiologia desses animais, estudos nos mostram que a ausência da microbiota altera significativamente o trato gastrointestinal, com redução da taxa de proliferação celular no intestino, da composição do muco, da atividade de enzimas digestivas, da espessura da musculatura intestinal, da vascularização, além de enfraquecer a barreira epitelial, encolher as placas de Peyer (locais onde o sistema imune se organiza no intestino) e reduzir a quantidade de anticorpos no sangue.

Na tentativa de entender como o intestino imaturo de recém-nascidos se adapta à colonização por microrganismos após o nascimento, um grupo americano da Universidade de Michigan infectou organóides intestinais com *Escherichia coli*, uma bactéria comumente encontrada na microbiota de bebês saudáveis. Organóides intestinais nada mais são que mini-intestinos mantidos estéreis em cultura celular. Essas estruturas contêm todos os principais tipos de células encontrados no órgão original, mimetizando também sua arquitetura e funcionamento. Com isso, este estudo mostrou que a atividade metabólica das bactérias no intestino reduz os níveis de oxigênio no tecido (estado de hipóxia), o que estimula uma rápida proliferação celular e a produção de muco e moléculas antimicrobianas (por alterar a expressão de diversos genes).

Isso significa que toda a estruturação intestinal necessária para seu bom funcionamento é, em parte, desencadeada pela presença da microbiota, pois esta vai estimular o órgão a criar mecanismos de defesa para evitar possíveis danos que possam ser causados pelas bactérias ali encontradas.

No entanto, apenas a presença de microrganismos muitas vezes não garante resultados, por si só, satisfatórios. Um fator bastante importante para o nosso bem-estar é a composição da microbiota. Sabemos que a população de bactérias no nosso corpo é bastante heterogênea: são mais de 2 mil espécies pertencentes a 12

filos diferentes, sendo *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* e *Actinobacteria* os mais abundantes. Alterações no balanço entre esses filos podem acarretar em uma menor produção de compostos importantes para o nosso organismo.

Um exemplo desses metabólitos liberados pela microbiota são os chamados ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), produzidos durante a fermentação bacteriana das fibras alimentares que o corpo não consegue digerir sozinho. Esses pequenos compostos são captados pelas nossas células e possuem inúmeras ações dentro do organismo. Nosso metabolismo é ainda favorecido pela microbiota intestinal pela liberação de vitamina K, vitamina B7 e B9, cálcio, ferro, magnésio, dentre muitas outras moléculas.

A literatura científica já nos mostra que, ao atuar como fonte energética para as células epiteliais intestinais, o butirato modula o metabolismo destas células, fazendo com que elas consumam mais oxigênio – sobrando menos para as outras células. Assim, com menor disponibilidade de oxigênio local, genes são ativados para que a célula se adapte a essa nova condição (hipóxia). Dentre eles, genes que aumentam as junções célula-célula, fortalecendo o epitélio intestinal.

Todo esse processo acaba sendo revertido, por exemplo, com o uso excessivo de antibióticos, que diminui o número de bactérias produtoras de butirato na microbiota, como as da classe Clostridia. Com menos butirato, menor o metabolismo celular, mais oxigênio fica disponível, não há ativação dos genes mencionados acima, e mais fracas ficam as junções celulares e o epitélio como um todo. Isso sem contar que esse aumento de oxigênio no intestino pode ainda favorecer a proliferação de bactérias aeróbias, como a *Salmonella*, que irão proliferar nesse ambiente já debilitado, podendo causar infecções graves.

A alimentação pode ser considerada como um dos fatores comportamentais que mais influencia a qualidade de vida das pessoas, a composição da microbiota e o ambiente intestinal. Já é sabido que indivíduos obesos possuem a microbiota intestinal diferente da de indivíduos magros. Esses possuem prevalência de bactérias do filo Bacteroidetes, enquanto aqueles apresentam aumento de bactérias dos filos Firmicutes e Actinobacteria.

Estudos ainda nos mostram que uma dieta rica em gorduras aumenta a taxa de proliferação das células-tronco intestinais e concede características destas células às células não-tronco, favorecendo, assim, a formação de tumores. Além

disso, já foi comprovado que níveis elevados de glicose no sangue (quadro de hiperglicemia) observados em pacientes obesos, diabéticos ou portadores de outras síndromes metabólicas modificam o metabolismo e a expressão gênica das células epiteliais intestinais, enfraquecendo a barreira epitelial e facilitando a entrada e dispersão de agentes patogênicos.

Além da nutrição, o trato gastrointestinal também precisa defender-se da invasão de uma gama de microrganismos hostis, prontamente preparados para atacar o nosso organismo. Em condições fisiológicas, a colonização por diversos microrganismos patogênicos e oportunistas no intestino é restringida pela presença da microbiota intestinal, uma vez que as bactérias benéficas competem por espaço e nutrientes com os patógenos ali presentes, diminuindo a sua proliferação e impedindo a sua instalação. Este controle biológico descreve um poderoso mecanismo ecológico que, em associação com os mecanismos de defesa mecânicos, químicos e imunológicos, nos protege contra à invasão por agentes infecciosos.

Todavia, diversos são os fatores que desencadeiam um desequilíbrio na relação entre os microrganismos benéficos e patogênicos. Denominamos esse processo de “disbiose”. Esta, por sua vez, pode acarretar na síndrome de hiperpermeabilidade intestinal, permitindo a passagem, para dentro do nosso corpo, de diversas partículas e/ou microrganismos não desejados. Isso dispara uma reação imunológica intensa, com um quadro inflamatório na mucosa intestinal. Com o passar do tempo, leva à desnutrição crônica e ao desenvolvimento de infecções, bem como afecções autoimunes ou alérgicas.

Com o uso abusivo de antibióticos, há um desequilíbrio drástico da população de bactérias presentes na mucosa intestinal, podendo haver o crescimento exponencial de outros microrganismos resistentes, os quais proliferam e provocam doenças inflamatórias diversas, como na infecção por *Clostridium difficile*. Esta bactéria, especificamente, é encontrada como componente da microbiota intestinal de adultos saudáveis (0-17% dos indivíduos). Após o início da disbiose, ela se prolifera e passa a produzir toxinas. O epitélio do cólon é o principal alvo dessas

toxinas, levando à ruptura da barreira epitelial, abrindo as junções entre as células epiteliais e gerando quadros de diarreia aquosa.

Esta condição é caracterizada por uma inflamação intensa, com formação de múltiplas placas amareladas aderentes à superfície da mucosa do cólon. Cada placa compreende uma pseudomembrana composta de fibrina, muco, células epiteliais necrosadas e células imunes, cobrindo boa parte da mucosa e dificultando a absorção de nutrientes – aumentando a agressividade da doença pela desnutrição do paciente. Os sinais e sintomas mais comuns incluem diarreia, febre e dor abdominal. Complicações graves como desidratação, hipotensão e redução do volume de sangue circulante, bem como insuficiência renal, perfuração intestinal, síndrome da resposta inflamatória sistêmica (sepse) e morte também podem ocorrer, de acordo com a idade e estado imunológico do paciente. Recorrências da doença podem ocorrer em até 50% dos casos, sendo mais evidente se o indivíduo continuar hospitalizado.

O tratamento dos pacientes com infecção por *C. difficile* não é simples, e se direciona principalmente à resolução dos sinais e sintomas clínicos, incluindo a reposição adequada de líquidos e eletrólitos perdidos durante os quadros diarreicos. Como a doença está associada ao uso de antibióticos, quase sempre se inicia durante o tratamento de alguma outra moléstia. Nesse caso, sempre que possível, o antibiótico deve ser interrompido com início da colite.

Evidenciando a importância da proteção do organismo por bactérias da microbiota e seu papel na infecção causada por *C. difficile*, um estudo inglês liderado por Van Nood (2013) demonstrou que a administração de fezes de doadores saudáveis a pacientes com infecção recorrente por *C. difficile* foi significativamente mais eficaz no tratamento da doença do que o uso de antibióticos e lavagens intestinais, procedimentos frequentemente empregados nos hospitais. Este transplante garante a recolonização da microbiota intestinal com uma mais saudável.

Atualmente, existem muitas informações sobre o papel da dieta e dos pré- ou probióticos na qualidade de vida e da microbiota intestinal. É fato que uma boa dieta é a melhor forma de se contornar a disbiose e restabelecer a composição saudável da microbiota intestinal. Os prebióticos são fibras que possuem a capacidade de reequilibrar a flora microbiana do intestino, pois são substratos da fermentação de microrganismos benéficos. Atualmente são encontrados diversos alimentos



enriquecidos com essas fibras, sendo mais conhecidas a inulina e o FOS (frutooligosacarídeos). Já os probióticos, por sua vez, são preparações alimentícias ou farmacêuticas com microrganismos vivos, capazes de resistir à acidez estomacal e chegar intactos ao intestino, permitindo uma recolonização intestinal benéfica, restabelecendo o equilíbrio da flora intestinal, a integridade da mucosa e, conseqüentemente, o equilíbrio funcional do organismo.

As bactérias não são inimigas que devem ser combatidas a todo custo. Precisamos desconstruir essa ideia do século passado, ainda muito presente nos dias atuais. De fato, menos de 1% de todos os microrganismos já descritos possui potencial de nos causar algum dano. Embora seja inegável que o uso de antibióticos é fundamental para salvar milhares de vidas, seu uso indiscriminado pode afetar negativa e profundamente a nossa saúde. O que todos esses produtos de limpeza e de higiene, que prometem eliminar 99,9% dos microrganismos – para livrar você e sua família dos temidos germes – não te contam é que o grande problema está naquele 0,1% que é resistente e que consegue sobreviver, se estabelecer e proliferar no nosso corpo. Para nos prevenir e manter uma boa saúde e qualidade de vida, devemos ter com a microbiota o mesmo cuidado que temos com o restante do corpo, pois ela faz parte do que nos define. Estudos mostram que determinados perfis bacterianos no intestino se relacionam, inclusive, com desordens psíquicas e psiquiátricas. Nossa relação com esse mundo microscópico que habita em nosso corpo é tão intrínseca que recentemente passamos a enxergá-la com um “órgão esquecido”.

**Renan Oliveira Corrêa** é doutorando do Laboratório de Imunoinflamação do Instituto de Biologia da Unicamp; **José Luís Fachi** é doutorando do Laboratório de Imunoinflamação do Instituto de Biologia da Unicamp

**Fonte:**<http://www.comciencia.br/microbiota-intestinal-e-sua-relacao-direta-com-qualidade-de-vida/>

## **Influência da Microbiota Intestinal no Metabolismo**

Há muito que se sabe que os microrganismos presentes no intestino humano desempenham um importante papel na saúde digestiva. Contudo, investigações mais recentes indicam que as bactérias intestinais podem igualmente estar relacionadas com outros aspectos de saúde, incluindo obesidade e saúde metabólica.

Os microrganismos habitam variados locais do organismo humano, incluindo a pele, o nariz, a boca e o intestino. Este último, em particular, constitui a “casa” de uma enorme variedade de microrganismos - aproximadamente 100 trilhões de células bacterianas, número este dez vezes superior ao número de células humanas. Os microrganismos presentes no intestino humano são, sobretudo, bactérias que pertencem a mais de 1000 espécies, 90% das quais pertencem ao grande grupo dos Firmicutes e Bacteroidetes. Cada indivíduo apresenta uma composição distinta e altamente variável de microrganismos intestinais, muito embora um conjunto deles seja comum a todos nós. A composição dos microrganismos intestinais designa-se por microbiota, enquanto que a totalidade dos genes do microbiota se designa por microbioma. Os genes do microbioma intestinal são 150 vezes mais elevados do que os genes do organismo humano.

O microbiota humano estabelece-se no início da vida – o feto no útero é estéril e a exposição aos microrganismos inicia-se no parto durante a passagem pelo canal vaginal e/ou exposição aos microrganismos presentes no ambiente. Os bebês nascidos por cesariana apresentam um microbiota com composição diferente dos bebês nascidos por parto natural, situação que se julga menos favorável e que, de acordo com alguns autores, pode eventualmente estar associada ao aumento do risco de doenças e excesso de peso e obesidade na vida futura. Apesar do

microbiota se estabelecer na altura do parto, pode sofrer alterações ao longo da vida, sendo influenciado por determinados fatores, como idade, alimentação, localização geográfica, consumo de suplementos alimentares, consumo de alimentos alergênicos, fármacos ou outros fatores ambientais. O excesso de gordura corporal ou situações de doença estão igualmente associados à alteração do microbiota intestinal.

#### O QUE INTERFERE NO EQUILÍBRIO DA MICROBIOTA?



Sabe-se que a alimentação, incluindo a dieta da criança logo desde o nascimento (aleitamento materno versus fórmulas infantis), modula a composição da microbiota intestinal humana e pensa-se que os hábitos alimentares ao longo da vida exercem um efeito considerável, o que pode explicar algumas das diferenças geográficas. Alguns componentes da dieta como, por exemplo, a fibra alimentar, é degradada pela fermentação das bactérias, que os utilizam como combustível. O consumo aumentado de certos componentes alimentares pode contribuir para o aumento do número de bactérias que utilizam estes componentes específicos como combustível, significando que alterações na composição da dieta podem conduzir a alterações na composição da microbiota intestinal. A composição em macronutrientes da dieta (isto é, a proporção de proteína, gordura e hidratos de carbono) parece exercer influência e alterações na alimentação podem conduzir a modificações no microbiota. A forma como a dieta interage com o microbiota continua a ser alvo de intensa investigação. A maioria da investigação acerca da microbiota humana foca os microrganismos presentes no intestino, uma vez que se

pensa que eles influenciam a saúde em vários aspectos. Existem evidências de que os indivíduos que sofrem de determinadas doenças (por exemplo, doença intestinal inflamatória ou alergias) apresentam um microbiota diferente daquela apresentada por indivíduos saudáveis, apesar de, em grande parte dos casos, não ser possível afirmar se a microbiota alterada é causa ou consequência da doença. Os padrões da microbiota intestinal associados à saúde são, contudo, mais difíceis de definir.

### **Microbiota X Sistema Imunológico**

Os microrganismos presentes no intestino desempenham um papel crucial na saúde digestiva, mas influenciam igualmente o sistema imunológico. Os tecidos imunes presentes no trato gastrointestinal constituem a maior e mais complexa fração do sistema imunológico humano. A mucosa intestinal é uma grande superfície que delimita o intestino e que está exposta a antígenos ambientais (substâncias que despoletam a produção de anticorpos pelo sistema imunológico) patogênicos (que causam doenças) e não patogênicos. No lúmen intestinal, os microrganismos desempenham um papel crítico no desenvolvimento de um sistema imunológico equilibrado e robusto. Alterações que possam ocorrer na microbiota intestinal dos indivíduos, por exemplo, quando toma determinados antibióticos, aumentam o risco de infecção por microrganismos patogênicos oportunistas, nomeadamente por *Clostridium difficile*.

### **Microbiota X Obesidade**



Nos últimos anos, os investigadores estabeleceram uma associação entre o microbiota intestinal e o peso corporal. Muito embora a investigação nesta área se

encontre a dar os primeiros passos, os estudos revelaram que os indivíduos obesos tendem a apresentar uma composição em bactérias intestinais algo diferente daquela apresentada por pessoas com índice de massa corporal normal. Não se sabe ainda se a composição do microbiota alterado é uma causa ou uma consequência da obesidade. Os estudos mostram que a composição da microbiota intestinal se altera com a perda de peso e/ou com o ganho de peso; no entanto. Alguns investigadores sugeriram que a microbiota de indivíduos obesos pode contribuir para o aumento da quantidade de energia que é retirada dos alimentos, sugerindo que determinadas estruturas da microbiota intestinal possam aumentar a probabilidade de se desenvolver obesidade. Contudo, esta teoria está a ser debatida sendo necessários mais estudos que permitam investigar se esta hipótese tem efetivamente fundamento.

### **Microbiota X Função Neurológica**

Pode parecer estranho, mas o intestino é considerado na medicina o segundo cérebro, abrigando o segundo maior sistema nervoso do corpo, com mais de 100 milhões de neurônios. Cerca de 80% da serotonina, o hormônio que regula a sensação de bem-estar do organismo, tem origem nesse órgão. Por essa razão, ele tem relação direta com o bem-estar emocional e a própria qualidade de vida de cada um de nós. O intestino tem ainda função neurológica, endócrina e imunológica. Ele é chamado de segundo cérebro, pois tem uma complexa rede nervosa e neuronal em permanente comunicação com o cérebro. Recentemente, foi descoberto que o intestino contém células capazes de identificar o sabor dos alimentos. Existe uma comunicação constante do intestino com o cérebro e vice-versa. Um exemplo da influência do cérebro no intestino é que, em situações de estresse e ansiedade, as pessoas sofrem as alterações intestinais, aumentando a necessidade de ir várias vezes ao toalete ou apresentando reações opostas, como a paralisação do seu funcionamento.

### **Dicas para cuidar do seu intestino**

- Eliminar excesso de alimentos gordurosos, processados, refinados, ricos em sódio e açúcares;
- Aumentar o consumo de frutas frescas, verduras e legumes;
- Aumentar o consumo de fibras (farelos, cereais e tubérculos, como batata doce, mandioca, inhame);
- Evitar ficar muitas horas em jejum, pois o jejum prolongado também pode provocar os “buracos” no intestino;
- Ingestão adequada de água (pelo menos 2 litros de água por dia);
- Aumento do consumo de alimentos funcionais como quinua, linhaça, oleaginosas, frutas vermelhas arroxeadas, vegetais folhosos escuros;
- Uso de pré e probióticos;
- Retirar alimentos que você apresenta intolerância e alergia (diagnosticado pela avaliação clínica do nutricionista ou através do Teste de Intolerância alimentar).

Essas orientações são essenciais e devem ser mantidas durante toda vida, não só para estabelecer a saúde intestinal, como também, para melhorar todos os mecanismos de defesas, energia, vitalidade, equilíbrio e o bom funcionamento de todo o organismo.

Texto elaborado por: Dra. Roseli Lomele Rossi - CRN 2084.

Nutricionista formada pelas Faculdades Integradas São Camilo (CRN 2084 /1983), com título de Especialista em Nutrição Clínica concedido pela ASBRAN - Associação Brasileira de Nutrição.

Pós Graduada nos cursos de especialização de Planejamento, Organização e Administração de Serviços de Alimentação; Fitoterapia Aplicada à Nutrição Funcional e Nutrição Ortomolecular com Extensão em Nutrigenômica.

É Diretora da Clínica Equilíbrio Nutricional e autora dos Livros: "Saúde & Sabor com Equilíbrio" - Receitas Infantis, "Saúde & Sabor com Equilíbrio" – Receitas Diet e Light Volumes I e II, Colaboradora do livro Nutrição Esportiva – Aspectos relacionados à suplementação nutricional e autora do Livro “As Melhores Receitas Light da Clínica Personal Diet”.

Dra. Juliana Rossi Di Croce - CRN 40228.

Nutricionista formada pela Universidade Cruzeiro do Sul (CRN 40228).

Pós Graduada em Nutrição Ortomolecular com Extensão em Nutrigenômica – FAPES.

É Sócia Diretora da Clínica Equilíbrio Nutricional e Co- autora dos Livros: "Saúde & Sabor com Equilíbrio" - Receitas Infantis, "Saúde & Sabor com Equilíbrio" – Receitas Diet e Light Volumes I e II.

**Fonte:** <http://benvenutri.blogspot.com/2016/09/influencia-da-microbiota-intestinal-no.html>

## MICROORGANISMOS E BIORREMEDIAÇÃO

### Microrganismos eliminam resíduos de Agrotóxico

Fungos e bactérias que podem diminuir em 50% ou mais o volume de resíduos de agrotóxicos usados para combater pragas em plantações de citros e tomate foram descobertos por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna (SP). Eles constataram que o metalaxil, usado para combater a praga de fungos do gênero *Phytophthora*, pode ser degradado por um outro gênero de fungos (o *Trichoderma*) e por bactérias do gênero *Pseudomonas*.

Fungos do gênero *Trichoderma* são comuns no solo, no esterco e em matéria orgânica vegetal em decomposição (imagem: reprodução / Universidade de Toronto)

Agrotóxicos podem ser um estorvo para produtores, consumidores e meio-ambiente: se adotados de forma irresponsável, aumentam a resistência das pragas que deveriam exterminar (como acontece com antibióticos em animais). Além disso, representam grande risco para a saúde, pois podem se infiltrar em lençóis freáticos e contaminar a água. Como se acumulam no organismo, atravessam a cadeia alimentar e chegam ao homem. Eles causam intoxicação e aumentam o risco de desenvolvimento de vários tipos de câncer.

O engenheiro agrônomo Itamar Soares de Melo, coordenador de pesquisas de biodegradação da Embrapa, conseguiu diminuir a presença de agrotóxicos nas plantações. Sua equipe isolou fungos do gênero *Trichoderma*, presentes naturalmente no solo, e descobriu que, em contato com o fungicida metalaxil, eles degradam em grande quantidade os resíduos do agrotóxico.

Os fungos foram inseridos em recipientes com 30 miligramas de metalaxil por grama de solo (quantidade três vezes superior à usada normalmente na plantação). Em 28 dias, a redução chegou a 50%, mas segundo Itamar, o número pode ser ainda maior: “O prazo de 28 dias é o padrão para a pesquisa, mas nada impede que, em contato por mais tempo, a degradação aumente”, afirma. Resultados semelhantes foram observados para as bactérias do gênero *Pseudomonas*, capazes de degradar entre 30 e 60% dos resíduos do metalaxil.



Os bons resultados, porém, vão além da diminuição dos resíduos do fungicida. Os pesquisadores constataram também que, além de degradar o agrotóxico, os *Trichoderma* combatem a praga que infesta as plantações — fungos do gênero *Phytophthora*, que causam a gomose em laranjais e a podridão seca em plantações de tomate. Segundo o pesquisador, os *Trichoderma* se alimentam da celulose, que forma 90% da parede celular dos *Phytophthora*.

Para Itamar Soares, a descoberta beneficia produtores e o meio-ambiente. O custo do cultivo diminui sensivelmente ao se optar pelo plantio sem agrotóxicos, e o uso de métodos naturais de controle de pragas aumenta a qualidade do solo. Segundo o pesquisador, estudos estão sendo desenvolvidos para avaliar o impacto ambiental da técnica. “Não há em tese qualquer dano, pois os microrganismos são naturais do ecossistema em que são introduzidos.” Não há previsão de aplicação da técnica em grande escala nas lavouras do país. “Empresas que quiserem comercializar a tecnologia devem procurar a Embrapa, que a desenvolveu”, explica Itamar.

Tiago Lethbridge

Ciência Hoje on-line (11/06/01)

**Fonte:** <http://cienciahoje.org.br/microrganismos-eliminam-residuos-de-agrotoxico/>

## Fungo da Amazônia se “alimenta” de plástico

Publicado em 10 de maio de 2016 por Cientistas descobriram que

*“Por Elisandro Ricardo Drechsler- Santos*

Depto. de Botânica e PPGFAP – UFSC



Fonte: <http://surfinsantos.com.br/primeiro-mapa-global-lixo-plastico-oceanos/>

O plástico é um dos principais poluentes no nosso planeta. Embora haja muitos programas para conscientização do uso e da sua reutilização, a produção de diferentes tipos plásticos (polietilenos e poliuretanos) para atender o consumo da população mundial tem aumentando muito na última década (aproximadamente 300 milhões de toneladas desde 2006) e possivelmente continue aumentando nas próximas. O resultado de produzir algo tão difícil de ser reciclado é a grande quantidade que vem sendo depositada não só nos lixões ou aterros sanitários, mas nos rios, lagos, mares e florestas. Esses depósitos de plástico impactam negativamente o meio ambiente, contribuindo para a redução acelerada da biodiversidade mundial. Uma saída para este tipo de poluição é a biorremediação, processo tecnológico que utiliza organismos vivos para remover ou reduzir resíduos poluentes/tóxicos no ambiente.

Os fungos, juntamente com bactérias e outros microrganismos, são ótimos modelos para estudos sobre biorremediação, pois produzem um grande número de enzimas capazes de decompor quase tudo ao seu redor. Apenas uma pequena parte daquilo que foi decomposto é absorvida pelos fungos para sua nutrição e o restante fica disponível no solo. Esse tipo de alimentação, por absorção, é uma

característica particular dos fungos, já que de modo geral os animais ingerem o alimento para digeri-lo internamente e as plantas obtêm energia por meio da fotossíntese. Por isso que, ao longo do tempo, podemos acompanhar um tronco de uma árvore se transformar em liteira (camada que cobre o solo das florestas). Assim, os fungos da madeira são responsáveis pela reciclagem natural de compostos orgânicos, ou seja, devolvem o carbono para ser reutilizado por outros organismos. Alguns desses fungos da madeira vivem de modo “adormecido” por um tempo dentro das árvores vivas, são os endófitos (endo: dentro + phyto: planta) que em algum momento “despertam” e passam a decompor a planta doente ou já morta. Esses fungos vivem dentro do substrato com a capacidade de degradação tanto na presença (aeróbicos), quanto na ausência (anaeróbicos) do oxigênio. Somente no caso específico dos macrofungos, é que podemos vê-los, quando produzem as “orelhas de pau” ou cogumelos nos troncos, galhos ou folhas em decomposição.

Diante deste conhecimento, a equipe de alunos/pesquisadores do Prof. Scott A. Strobel, da Universidade de Yale dos EUA, vem testando diferentes espécies de fungos e bactérias com potencial de decomposição de diferentes tipos de plástico. Dentre as espécies testadas, *Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres sobreviveu se alimentando exclusivamente do plástico em condições anaeróbicas e aeróbicas. Esses resultados foram apresentados no artigo científico (Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi) publicado na conceituada revista *Applied and Environmental Microbiology*, em 2011. Essa espécie de fungo, que ocorre como endofítica em árvores da Amazônia Equatoriana, produz uma enzima, chamada serine hydrolase, capaz de degradar o poliuretano, tipo de plástico até então considerado não biodegradável. Essa foi a única espécie testada nos experimentos que de fato conseguiu sobreviver se alimentado do poliuretano. O mais interessante é que o fungo consegue fazer isso também em condições anaeróbicas, o que lhe confere potencial uso na aceleração da degradação dos resíduos poluentes, principalmente de aterros, onde pode haver dezenas de metros de materiais plásticos acumulados.

O resultado é incrível, na medida em que nos dá esperanças reais de biorremediação desse tipo de poluição. Além dessa, pode haver muitas outras

espécies de microrganismos capazes de nos ajudar com outras tarefas tão difíceis quanto a da decomposição do plástico. Conhecer a diversidade e usá-la com o propósito de atenuar os efeitos negativos causados no meio ambiente, advindos dos nossos excessos, também é nossa obrigação, já que prevenir os impactos parece não ser uma característica da espécie humana.

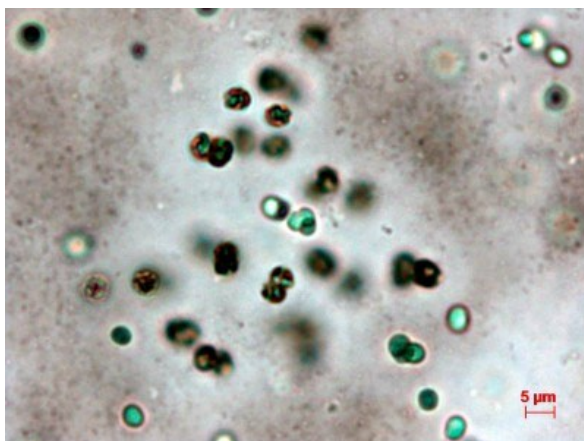
**Fonte:** <https://cientistasdescobriramque.com/2016/05/10/fungo-da-amazonia-se-alimenta-de-plastico/>

### **Aliadas contra o Arsênio**

Capazes de absorver arsênio em ambiente aquático, duas espécies de cianobactérias podem se tornar aliadas do homem e ajudar a limpar rios e lagos contaminados com a substância tóxica. O potencial de *Microcystis novacekii* e *Synechococcus nidulans* foi descoberto em testes feitos por pesquisadores do Laboratório de Limnologia, Ecotoxicologia e Ecologia Aquática (Limnea), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Nos experimentos, soluções com diferentes concentrações de arsênio foram adicionadas a culturas de cianobactérias. As misturas foram então expostas a luz e agitação constante para permitir o crescimento dos microrganismos.

Após nove dias, *M. novacekii* removeu da água 21% de arsenito (forma de apresentação mais tóxica da substância), em uma solução de 15mg/L do metaloide. Já *S. nidulans* absorveu 21% de arseniato (forma da substância mais comum no ambiente, encontrada sobretudo em áreas de mineração), em uma concentração de 0,05 mg/L, quatro dias depois da exposição.



'*Microcystis novacekii*' em imagem de microscopia óptica com aumento de 1.000 vezes. (foto: Fernanda Aires Guedes/ Limnea)

O arsênio é considerado elemento não essencial, ou seja, não tem função fisiológica conhecida em organismos vivos. Devido à semelhança química com o fósforo, pode substituí-lo em determinadas moléculas, modificando sua estrutura e função. Com base em estudos epidemiológicos, a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer o classifica como agente carcinogênico para humanos.

Em ecossistemas aquáticos, o arsênio pode contaminar peixes e moluscos, provocando a morte das espécies mais sensíveis. Devido à bioacumulação, a substância torna-se disponível ainda nas diferentes rotas da cadeia alimentar, passando para níveis tróficos superiores.

A principal fonte de exposição humana ao arsênio, considerado agente carcinogênico, é a ingestão de água contaminada

Análises feitas no fim do ano passado pela Proteste Associação de Consumidores revelaram a presença de arsênio em níveis alarmantes em peixes frescos vendidos em São Paulo. De acordo com a instituição, 72,5% das amostras testadas apresentavam a substância em taxa superior à estabelecida por lei.

A principal fonte de exposição humana à substância, no entanto, ainda é a ingestão de água contaminada. Estudos toxicológicos mostram que há risco à saúde quando a concentração de arsênio é superior a 10 µg (microgramas) por litro de água.

Cianobactérias são organismos encontrados em solos úmidos, águas marinhas e continentais e em associação com outros organismos, como líquens e plantas aquáticas. Para os testes, os pesquisadores da UFMG – que participam do programa Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Recursos Minerais, Água e Biodiversidade – coletaram bactérias da espécie *S. nidulans* em área de mineração do município de Nova Lima (MG). *M. novacekii* foi retirada do lago Dom Helvécio, no Parque Estadual do Rio Doce (MG).

Cada espécie foi escolhida por um motivo, segundo o ecólogo Francisco Barbosa, coordenador do Limnea. Enquanto *S. nidulans* é mais fácil de estudar em

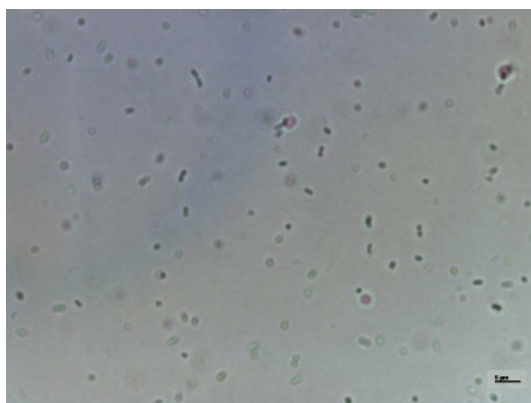
laboratório, por crescer e se adaptar a diferentes condições de cultivo rapidamente, *M. novacekii* raramente é citada na literatura em trabalhos de ficologia. “Isso nos instigou a escolhê-lo como organismo-modelo de novas pesquisas”, diz Barbosa.

Os resultados confirmaram a hipótese de que as cianobactérias podem ser cultivadas em laboratório com o propósito de descontaminar corpos d’água

Os resultados confirmaram a hipótese de que as cianobactérias podem ser cultivadas em laboratório com o propósito de descontaminar corpos d’água. Mas, além disso, os microrganismos podem, segundo o ecólogo da UFMG, servir como bioindicadores.

“Verificamos em nossos estudos que o estado de oxidação trivalente do arsênio é duas ordens de grandeza mais tóxico que o pentavalente”, afirma. “Portanto, avaliar a contaminação ambiental por arsênio total, como é previsto pela legislação sanitária brasileira, pode não ser suficiente para estimar as concentrações seguras do metaloide para a saúde humana e para o meio ambiente.”

“Por causa da capacidade de reconhecer essas formas químicas diferentes e de reagir a elas, pretendemos testar futuramente as cianobactérias como organismo modelo de bioindicação.” No momento são feitos estudos para desvendar o comportamento do arsênio assimilado pela cianobactéria. “Nossa hipótese é que durante o processo de bioacumulação do metaloide pelo microrganismo ocorrem mudanças na substância e possivelmente formas mais tóxicas se transformam em menos tóxicas”, diz Barbosa.



‘*Synechococcus nidulans*’ em imagem de microscopia óptica com aumento de 1.000 vezes. (foto: Maione W. Franco/ Limnea)

Há cinco anos o Limnea desenvolve testes com o uso de cianobactérias para remoção de poluentes. Grande parte das pesquisas foi feita com *M. novacekii*, que já se mostrou viável como agente para biorremoção de metais (chumbo e cádmio) e semimetais (arsênio), e como agente de biodegradação de pesticidas, herbicidas e até de hormônios. Estes últimos vão parar em corpos d'água por estarem presentes em produtos como anticoncepcionais.

Célio Yano

Ciência Hoje On-line/ PR; Matéria publicada em 10.06.2013

**Fonte: <http://cienciahoje.org.br/aliadas-contr-o-arsenio/>**

**MICROORGANISMOS E A PRODUÇÃO DE MEDICAMENTOS**

### **Embrapa utiliza bactérias, vírus e fungos para desenvolver medicamentos e cosméticos**

Criado em 25/07/13 12h41 e atualizado em 25/07/13 12h56

Por Heloisa Cristaldo

Edição: Marcos Chagas

Jaguariúna (SP) – As armas biológicas, com seus efeitos devastadores e desconhecidos pela maioria dos pesquisadores e cientistas, podem ser consideradas as mais temidas existentes. Ao serem transformados geneticamente

em laboratórios, vírus e bactérias tornam-se mais resistentes aos tratamentos médicos. Ao mesmo tempo, esses microrganismos podem matar ou incapacitar pessoas, animais e plantas.

A história mostra que o uso desse tipo de arma não é recente. Na Antiguidade, exércitos usavam cadáveres em estado de putrefação para contaminar o abastecimento de água de uma cidade ou jogavam por cima das muralhas inimigas cadáveres de vítimas de varíola ou de peste bubônica.

O aspecto mais sombrio e negativo de microrganismos foi mostrado no filme *Anthrax – A Arma Terrorista*. A bactéria antrax é roubada de um laboratório de pesquisas agrícolas deixando uma comunidade aterrorizada, já que uma pequena dose do *Bacillus anthracis* – nome científico - é suficiente para devastar a população de uma cidade inteira.

Em Jaguariúna (SP), ao contrário do roteiro do filme, vírus e bactérias têm a capacidade de tornar-se produtos benéficos para o ser humano. Corantes, cosméticos para clarear a pele, herbicidas, antibióticos para combater bactérias resistentes e remédios para tratamento de câncer são alguns dos produtos que podem ser desenvolvidos a partir de fungos, bactérias, vírus e leveduras, itens da primeira coleção de micro-organismos implementada pela Embrapa Meio Ambiente.

“É um tesouro, matéria-prima para descoberta de novos materiais bioativos, fármacos, produtos para a agricultura, para a medicina, para os cosméticos. Esses micro-organismos têm demonstrado seu potencial e são avaliados aqui no laboratório”, explica o curador da coleção, o pesquisador Itamar Melo.

O banco de recursos genéticos reúne micro-organismos de ecossistemas como Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e a Antártida. Os materiais são preservados em refrigeradores e cilindros com nitrogênio líquido em temperaturas de até 180 graus negativos. Nessas condições, a coleção pode ser mantida por até 100 anos.

Segundo o pesquisador, os micro-organismos são retirados de plantas, algas e pedaços do solo e aproveitados para estudos em diversas áreas. A coleção também preserva o material genético de plantas em extinção e identifica fungos e bactérias desconhecidos.

A pesquisa com bactérias e fungos retirados de áreas da Antártida mostrou que esses materiais são resistentes aos raios ultravioleta e podem produzir filtros



solares mais resistentes. As áreas são escolhidas a partir de seu potencial, como a resistência à falta de água nos solos da Caatinga.

“Nós temos trabalhado há mais de dez anos com a Mata Atlântica, atualmente [trabalhamos] com a Caatinga, onde temos interesse em buscar micro-organismos tolerantes à seca. Pesquisamos as cactáceas que sobreviveram a esta última seca, uma das mais intensas dos últimos 50 anos”, diz Melo.

O próximo passo da pesquisa é identificar micro-organismos de outros biomas brasileiros, como o Cerrado e o Pantanal. Para que os produtos cheguem ao consumidor, indústrias devem manifestar interesse em desenvolver a tecnologia pesquisada. Atualmente, um herbicida com ação menos tóxica ao meio ambiente já é produzido a partir de bactérias da coleção de micro-organismos preservados pela Embrapa.

Edição: Marcos Chagas

**Fonte:** <http://www.ebc.com.br/tecnologia/2013/07/embrapa-utiliza-bacterias-virus-e-fungos-para-desenvolver-medicamentos-e>

## **Fiocruz busca potencial farmacológico de fungos e bactérias**

04/02/2016/ Agência Fapeam

Com apoio do governo do Estado via Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), a pesquisadora do Instituto Leônidas e Maria Deane (ILMD/Fiocruz Amazonas), Ormezinda Fernandes, está desenvolvendo um estudo para buscar em fungos e bactérias da região Amazônica potencial farmacológico para tratamento de doenças cardiovasculares. Para a pesquisa, Ormezinda realizou uma seleção de fungos e bactérias isolados de substratos amazônicos, como solo, água e ar. Esses micro-organismos são promissores produtores de proteases (enzimas que separaram aminoácidos de proteínas) que possuem ação fibrinolítica (processo de desfazimento de coágulos sanguíneos que ocorre em doenças cardiovasculares).



*Estudo de pesquisadora da Fiocruz Amazonas pode oferecer uma nova opção na produção de medicamento direcionado para doenças cardiovasculares (foto: Érico Xavier/Fapeam)*

Para a pesquisa foi realizada a seleção de aproximadamente 150 microrganismos produtores de proteases. Cerca de 30% desses produtores são de ação fibrinolítica. Todos os testes foram feitos em laboratório em placas de fibrina que simulam a cascata de coagulação no organismo humano. “Esse é o primeiro passo para chegarmos ao medicamento. Temos que ter o microrganismo produtor

do material e as condições prévias para essa produção. Isso já estamos fazendo. O próximo passo serão os ensaios clínicos, testar em pequenos animais, ou seja, estimular um coágulo sanguíneo e testar a enzima para saber de que forma ela está agindo”, disse a pesquisadora.

O projeto de pesquisa está sendo desenvolvido com aporte financeiro da Fapeam no âmbito do Programa de Pesquisa para o Sistema Único de Saúde (PPSUS), desenvolvido em parceria com o Ministério da Saúde e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O programa apoia, com recursos financeiros, projetos de pesquisa que visem à promoção do desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação na área de saúde no Amazonas.

O estudo pode oferecer uma nova opção na produção de medicamento direcionado para doenças cardiovasculares. Para a pesquisadora, com o surgimento de novos remédios, a tendência é que os produtos fiquem com o preço cada vez menor, devido à concorrência no mercado, beneficiando a população. “O que queremos mostrar é que a biodiversidade amazônica tem esse potencial de investimento biotecnológico, tanto que estamos encontrando esses microrganismos produtores dessas enzimas e, quando vamos relacionar com o que é encontrado na literatura com outros microrganismos de outras regiões, e de países, em alguns casos, nossa produção é bem melhor que a deles”, afirmou Ormezinda.

**Fonte: <https://agencia.fiocruz.br/fiocruz-busca-potencial-farmacologico-de-fungos-e-bacterias>**



## MICROORGANISMOS E BIOTECNOLOGIA

### MICROORGANISMOS DE USO BIOTECNOLÓGICO

Rosemary Neves dos Santos<sup>1</sup>, Aldenir de Oliveira Alves<sup>2</sup> e Elineide Barbosa da Silveira<sup>3</sup>

#### Introdução

A biotecnologia é a aplicação de organismos e de sistemas biológicos na produção de bens e serviços [1]. Tradicionalmente, a aplicação da biotecnologia na indústria de alimentos se restringia à produção de pães, queijos, álcool, vinagre e iogurte. Mais recentemente, houve um aumento do interesse pelo uso dessa tecnologia na extração e produção de ingredientes não nutritivos, biologicamente ativos. Existem muitos progressos nas técnicas de produção de alimentos e bioingredientes por fermentação, por processos enzimáticos e por engenharia genética a partir de sistemas biológicos derivados do DNA recombinante (rDNA) [2].

Segundo Tortora et al. [3], a produção em larga escala de microrganismos, células ou componentes celulares e seus produtos são o resultado da biotecnologia. Há centenas de anos, as pessoas têm consumido alimentos que são produzidos pela ação de microrganismos. Mas, só a pouco mais de cem anos, os cientistas demonstraram que os microrganismos são responsáveis pela produção de muitos produtos, podendo ser usado como matéria-prima barata e abundante, a temperaturas e pressões normais, evitando a necessidade de sistemas pressurizados, caros e perigosos e, de modo geral, não produzem resíduos tóxicos.

Esse desenvolvimento rápido levou a uma melhor compreensão das relações entre microrganismos específicos e seus produtos e atividades. Indústrias específicas tornaram-se ativas em pesquisas microbiológicas e os selecionaram pelas suas qualidades especiais [3].

1. Rosemary Neves dos Santos é aluna do curso de Especialização em Microbiologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE. CEP: 52171-900.

2. Aldenir O. Alves é aluna do Doutorado em Fitopatologia, UFRPE. E-mail: aldeoli@hotmail.com

3. Elineide B. Silveira é Bolsista de Produtividade do CNPq, Professor Adjunto Orientador, Departamento de Biologia, Área de Microbiologia, UFRPE. E-mail: elineidebs@yahoo.com.br

Diante do progresso que a biotecnologia vem desenvolvendo na fabricação de produtos e serviços com impacto na vida do produtor e consumidor, o presente estudo teve como objetivo conhecer a biotecnologia dos alimentos, substâncias químicas e farmacêuticas, delimitando parâmetros físicos, químicos e biológicos, para futuros trabalhos comparativos, visando a importância da biotecnologia.

**Material e métodos:** O trabalho monográfico foi realizado através de levantamentos de informações atualizadas sobre o tema sob a forma de revisão de literatura, utilizando-se artigos da base de livros, artigos científicos, revistas especializadas e informações online de várias homepages entre 2006 e 2007. Nas informações obtidas, foram abordadas a utilização dos microrganismos em processos biotecnológicos e seus benefícios para o homem e o meio ambiente.

**Resultados e Discussão:** A fermentação por microrganismos é a tecnologia de bioprocessamento mais antiga e também a mais conhecida. Os produtos da fermentação eram originalmente derivados de uma série de reações catalisadas pelas enzimas que eles utilizavam no metabolismo da glicose. Neste processo para obtenção de energia, os microrganismos sintetizam produtos secundários que são amplamente utilizados, a citar: dióxido de carbono, para a fermentação de pães; etanol, na fabricação de vinhos e cerveja; ácido láctico, na de iogurtes; ácido acético (vinagre), para conservação de alimentos; entre outros [4].

Estes microrganismos são utilizados na produção de antibióticos, aminoácidos, hormônios, vitaminas, solventes industriais, pesticidas, agentes processadores de alimentos, pigmentos, enzimas, inibidores e fármacos [5] (Tabela 1).

As bactérias lácticas (BL), Gram-positivas e anaeróbias facultativas, são capazes de converter açúcar em ácido láctico, estando associadas ao preparo de iogurtes, queijos, leites, pães, manteiga, vinhos, carnes, embutidos, picles e silagem [6]. Uma atividade probiótica exercida pelas BL's é higienizar o tubo digestivo, que hospeda uma microbiota abundante, defendendo o hospedeiro de infecções digestivas causadas por bactérias patogênicas [7]. As vitaminas também podem ser sintetizadas por microrganismos, como por exemplo a riboflavina, cobalamina, ácido ascórbico,  $\beta$ -caroteno e ergosterol [8]. Uma outra forma de utilização é na produção de vacinas de DNA, que consiste em um vetor de expressão, no qual se insere uma construção genética com o gene codificador do antígeno, um promotor eucariote, sequências acentuadoras e um gene seletivo (marcador) [4]. Oferece vantagens por não possuir riscos de causar infecção, seus plasmídeos podem ser desenhados para carrear vários genes e a imunidade adquirida persiste por um longo período [9].

Tortora et al. [3] relata que todos os antibióticos eram originalmente produtos do metabolismo microbiano. Hoje são selecionados os mais produtivos por manipulação genética e nutricionais. A extração do antibiótico é dificultada pela baixa concentração do produto (1 a 2%) de caldo fermentado, sensibilidade dos antibióticos ao pH, temperatura e a presença de vários outros materiais dissolvidos ou em suspensão no caldo fermentado. As três fases básicas do processo de extração de antibióticos são: retirada de sólidos, extração ou fracionamento, concentração e purificação do antibiótico.

A diversidade de enzimas microbianas úteis é quase sem limite e pode trazer um futuro bastante promissor. O desenvolvimento dos métodos de fermentação para produção de enzimas por microrganismos não tem assegurado um suprimento potencialmente ilimitado, mas tornou possível a gênese de novos sistemas enzimáticos que não puderam ser obtidos das fontes animais e vegetais [10]. As enzimas são amplamente utilizadas na indústria, como por exemplo, as amilases na produção de xaropes a partir do amido de milho, na produção de papéis (um

revestimento para lisura) e na produção de glicoses de amido. Os fungos eram utilizados como processo básico para um preparado enzimático conhecido como koji (fluorescência do mofo) usado na fermentação de produtos a base de soja. A amilase no koji transforma o amido em açúcares e enzimas proteolíticas que convertem a proteína nos grãos de soja para uma forma mais digerível e saborosa [3].

Na agricultura orgânica o uso de biofertilizantes líquidos, na forma de fermentados enriquecidos tem sido um dos processos mais empregados no manejo trofobiótico de pragas e doenças. Os biofertilizantes funcionam como promotores de crescimento e como elicitores na indução de resistência sistêmica na planta, ajudando na proteção da planta contra o ataque de doenças e pragas, por ação repelente, fagodetergente (inibidores de alimentação) o afetando o seu desenvolvimento e reprodução. A potência biológica de um biofertilizante é expressa pela grande quantidade de microrganismos ali existentes, responsáveis pela liberação de metabólitos e antimetabólitos, entre eles vários antibióticos e hormônios vegetais [11].

No cultivo de plantas transgênicas, técnica que pode contribuir de forma significativa para o melhoramento genético de plantas, os microrganismos são utilizados na transformação genética destas plantas, inserindo genes de interesse agrônomo, visando o aumento da produção de alimentos, fibras e óleos, como também na fabricação de fármacos e outros produtos industriais [13].

Outra utilização de microrganismos é participação significativa da eliminação ou redução acentuada dos níveis de defensivos agrícolas empregados na agricultura convencional. Apresentam capacidades metabólicas distintas que traduzem em habilidade de degradar compostos orgânicos os mais diversos [12].

Na biorremediação, os organismos vivos são utilizados tecnologicamente para remover e reduzir poluentes ambientais. É uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação, metais pesados, denominados recalcitrantes, que podem ser de origem natural, sintetizadas pelo metabolismo biológico ou sintéticas, produzidas por tecnologias industriais modernas e estranhas ao meio ambiente natural, denominadas xenobióticas. A biorremediação é uma tecnologia complexa e sua implementação ocorre em etapas que compreendem um estudo do ambiente, do



tipo de contaminante, dos riscos e da legislação pertinente. É necessária uma caracterização do tipo, da quantidade do poluente, bem como avaliações de natureza biológica, geológica, geofísica e hidrológica do sítio contaminado [14].

Sendo assim, os microrganismos têm sido amplamente úteis para a humanidade, mesmo quando era desconhecida sua existência, hoje representam uma tecnologia promissora em diversos ramos da biotecnologia. São necessários mecanismos legais para proteger a riqueza biológica do Brasil, assegurando dividendos, promovendo a conservação da biodiversidade e permitindo o treinamento de pesquisadores comprometidos com o país.

#### Referências

- [1] BORÉM, A.A. 2005. Biotecnologia e meio ambiente. Viçosa: MG, s.n., p. 25-118.
- [2] BELÉM, M.A.F. 2000. Application of biotechnology in the product development of nutraceuticals in Canada. *Trends in Food Science and Technology*, 10:1-6.
- [3] TORTORA, G.J. et al. 2005. *Microbiologia*.: Porto Alegre: Ed. Artmed, 8 ed., v. 28, p. 792-812.
- [4] MALACINSKI, G.M. 2005. *Fundamentos da biologia molecular*. Rio de Janeiro: Ed.Guanabara, 4 ed. 439 p.
- [5] KREUZER, H. & MASSEY, A. 2002. *Engenharia genética e biotecnologia*. Porto Alegre:Ed. Artmed, 2 ed. 434 p.
- [6] TAILLIEZ, P. 2001. Mini-revue: les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y près de 3 milliards d'années. *Lait*, 81:1-11.
- [7] ISOLAURI, E.; JOENSUU, J.; SUOMALAINEN, H.; LUOMALA, M. & VESIKARI, T. 1995. Improved immunogenicity of oral DxRRV reassortant rotavirus vaccine by *Lactobacillus casei* GG. *Vaccine*, 13:310-312.
- [8] AQUAROSE, E. & STONIS, A. 1986. *Produção de vitaminas – biotecnologia: tecnologia das fermentações*. São Paulo: Edgard Blüncher, 3 ed., v. 1, p. 157-173.
- [9] OLIVEIRA, S.C. 1999. Immunological properties of gene vaccines deleivery by different routes. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 32:207-214.
- [10]PARK, Y.K. 1986. *Produção de enzimas – biotecnologia: tecnologia das fermentações* São Paulo: Edgard Blüncher, 3 ed., v. 1, p. 182-209.
- [11]BETTIOL, W.; TRATCH, R. & GALVÃO, J.A.H. 1998. *Controle de doenças de plantas com biofertilizantes*. Jaguariúna:EMBRAPA-CNPMA. 22p. (Circular Técnica, 02).
- [12]LEVANON, D. 1993. Roles of fungi and bacteria in the mineralization of pesticides atrazine, alachlor, malathion and carbofuran in soil. *Soil Biology Biochemistry*, 25(8):1097-1105.

- [13]NODARI, R.O. & GUERRA, M.P. 2000. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar. In: Simpósio sul-brasileiro de alimentação e nutrição: história, ciência e arte. Florianópolis. Anais.
- [14]GAYLARDE, C.C. et al. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 920 p.
- [15]OSTROWSKI, A.P. et al. 2006. Obtenção de álcool etílico a partir de amido de mandioca. Mostra de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (I MICTI), UFSC, 1-21.
- [16]BRINGHENTI L. et al. 2007. Fermentação alcoólica de substrato amiláceo hidrolisado enriquecido com melão de cana. *Ciência Agrotécnicas*, 31(2): 429-432.
- [17]RIBEIRO FILHO, N.M. et al. 2008. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 10(1): 9-16.
- [18]SOUZA, M.A.C. & MUTTON, M.J.R. 2004. Floculação de leveduras por *Lactobacillus fermentum* em processos industriais de fermentação alcoólica avaliada por técnica fotométrica. *Ciência Agrotécnica*, 28(4): 893-898.
- [19]SACHS, L.G. 2001. Vinagre. Fundação Faculdade Luiz Meneghel. 23 p.
- [20]PAZ, M.F. et al. 2007. Produção e caracterização do fermentado alcoólico de *Actinidia deliciosa* variedade bruno produzido em Santa Catarina. XVI Simpósio Nacional de Bioprocessos, SINAFERM 2007 – Anais, CD Room.
- [21]GUTIERREZ, L.E. 1991. Produção de glicerol por linhagens de *Saccharomyces* durante fermentação alcoólica. *Anais ESALQ*, 48:55-59.
- [22]OUWEHAND, A.C. et al. 2002. In vitro adhesion of propionic acid bacteria to human intestinal mucus. *Lait*, 82:123-130.
- [23]CHABOUSSOU, F. 1995. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose. Porto Alegre: L&PM, 256 p.
- [24]EDEIROS, M.B. et al. 2000. Efeito residual de biofertilizante líquido e *Beauveria bassiana* sobre o ácaro *Tetranychus urticae*. *Arquivo do Instituto Biológico*, 67: 106.
- [25]BEHKI, R.M. & KHAN, S.U. 1986. Degradation of atrazine by *Pseudomonas*: N-dealkylation and dehalogenation of atrazine and its metabolites. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 34:746-749.
- [26]BEHKI, R.M. et al. 1993 Metabolism of the herbicide atrazine by *Rhodococcus* strains. *Applied Environmental Microbiology*,

Tabela 1. Processos envolvendo microrganismos nos diversos setores da biotecnologia

PROCESSO	BACTÉRIA	REFERÊNCIA
Fermentação alcoólica na fabricação de álcool	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>S. cerevisiae</i> , <i>S. cerevisiae ellipsoideus</i> , <i>S. uvarum</i> , <i>Acetobacter aceti orleamensis</i> , <i>A. aceti silinum</i> , <i>A. aceti liquefaciens</i> , <i>A.</i> <i>xylinoides</i> , <i>A. orleamensis</i> , <i>A. acetigenum</i> , <i>A. schuetzenbachii</i> , <i>A. curvum</i> , <i>A. rances</i> , <i>A. pasteurianus levanensis</i> , <i>A.</i> <i>pasteurianus stamenis</i> , <i>A. peroxydans</i> <i>S. cerevisiae</i>	Ostrowski <i>et al.</i> [15]; Brighenti <i>et al.</i> , [16]; Rubeiro Filho [17] Souza, Mutton [18]
Fermentação alcoólica na fabricação de vinho e vinagre	<i>S. cerevisiae</i> , <i>S. uvarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L.</i> <i>plantarum</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. reuteri</i> <i>Dunaliella bardawil</i>	Sachs [19]
Produção de glicerol	<i>S. cerevisiae</i> , <i>S. uvarum</i>	Paz <i>et al.</i> [20] Gutierrez [21]
Produção de iogurtes	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L.</i> <i>plantarum</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. reuteri</i>	Omvehand <i>et al.</i> [22]
Síntese do $\beta$ -caroteno	<i>Dunaliella bardawil</i>	Malacinski [4]
$\alpha$ -amilase, como detergente	<i>Aspergillus</i> spp.	Tortora <i>et al.</i> [3]
$\beta$ -amilase, na produção de cerveja	<i>Bacillus subtilis</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Celulose	<i>Trichoderma viride</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Invertase	<i>S. cerevisiae</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Lactase	<i>S. fragilis</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Lipases, como detergente, na curtimento de couro e produção de queijo	<i>Aspergillus niger</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Oxidases, no branqueamento de papel e tecido, papéis para teste de glicose	<i>A. niger</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Pectinases, em suco de frutas	<i>A. niger</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Proteases, como amaciante de carne, no auxílio digestivo e curtimento de couro	<i>A. oryzae</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Renina, na produção de queijo	<i>Mucor</i> , <i>Escherichia coli</i>	Tortora <i>et al.</i> [3]
Estreptoquinase, utilizado na lise de coágulos sanguíneos	<i>Streptococcus</i> $\beta$ -hemolítico do grupo C	Tortora <i>et al.</i> [3]
Fungo entomopatogênico	<i>Beauveria bassiana</i>	Chaboussou [23]
Biofertilizantes	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Medeiros <i>et al.</i> [24]
Degradação de moléculas químicas contidas em defensivos agrícolas	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Rhodococcus</i> sp., <i>Nocardia</i> sp., <i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp.	Behki & Khan [25]; Behki <i>et al.</i> [26]; Levanon [12]

Fonte: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0122->

3.pdf

### Plantas transgênicas na prevenção da Aids

Um novo método permitirá a produção em larga escala de uma substância que poderá ser usada no desenvolvimento de um gel barato e eficaz para evitar a transmissão da Aids pelo contato sexual. Pesquisadores dos Estados Unidos e da Inglaterra usaram uma planta contaminada por um vírus geneticamente modificado para sintetizar uma proteína que impede a infecção das células pelo HIV.



A planta *Nicotiana benthamiana*, um parente próximo do tabaco, foi usada para a produção de uma proteína que impede a infecção das células pelo HIV (foto: Wikimedia Commons).

Existem muitas substâncias obtidas por meio de engenharia genética que inibem a entrada do HIV nas células. Um dos mais potentes inibidores é a proteína griffithsina, isolada da alga vermelha Griffithsia. Mas o uso dessa substância como microbicida esbarrava na dificuldade e no alto custo de sua produção em laboratório, feita por meio de microrganismos.

Agora uma equipe liderada por Kenneth Palmer, da Escola de Medicina da Universidade de Louisville (Estados Unidos), usou a planta *Nicotiana benthamiana*, um parente próximo do tabaco, para sintetizar uma proteína idêntica à griffithsina. O grupo modificou o vírus mosaico do tabaco com um gene da proteína e infectou 9.300 plantas cultivadas em uma estufa de 464,5 m<sup>2</sup>.

As plantas modificadas acumulam em um quilo de suas folhas mais de um grama de proteína recombinante, o que permitiu aos pesquisadores extrair mais de 60 gramas da substância. Essa taxa de expressão da proteína é significativamente mais alta do que a obtida por meio de microrganismos ou do que os níveis de outras proteínas anti-HIV produzidas a partir de plantas.

“Essa taxa é suficiente para a produção de microbicidas em larga escala e a baixo custo”, diz Palmer à CH On-line. E acrescenta: “Achamos que será possível produzir cada dose da proteína por centavos, talvez o mesmo custo de uma camisinha masculina.”

### Inibidor amplo e potente

Em testes feitos em coelhos e amostras de tecido cervical humano, os pesquisadores comprovaram a atividade da proteína produzida pela *N. benthamiana* contra vários subtipos do vírus HIV-1. “A molécula talvez seja o mais potente inibidor da entrada do HIV já descrito e é específica para esse patógeno”, destaca Palmer.

Para evitar a transmissão do HIV, a proteína se liga a moléculas de açúcar que o vírus usa para se disfarçar do sistema imune. Dessa forma, ela impede a interação do HIV com as moléculas CD4 (presentes na superfície de alguns linfócitos) e com receptores que permitem a entrada do vírus nas células humanas. A inativação do HIV ocorre quase imediatamente após seu contato com a proteína.

Segundo Palmer, a griffithsina produzida pela *N. benthamiana* tem atividade de amplo espectro contra os subtipos A, B e C do HIV. “Isso indica que ela deve funcionar contra vírus presentes nas principais áreas do mundo”, afirma.

Os resultados da pesquisa, publicados na revista PNAS desta semana, também mostraram que a proteína recombinante é estável em diversas condições físicas e não causa irritação ou inflamação. Além disso, diferentemente de outras proteínas extraídas de plantas, ela não induz a ativação e divisão de linfócitos humanos, o que poderia aumentar o risco de entrada do HIV – em vez de prevenir sua transmissão –, já que os linfócitos são os alvos do vírus.

A griffithsina tem ainda a vantagem de não ser usada atualmente como droga antirretroviral. Isso diminui a chance de que ela promova a resistência do vírus e permite seu uso contra infecções resistentes a múltiplas drogas.

O grupo agora vai identificar uma formulação adequada para o emprego da proteína como microbicida. “Estamos investigando formas de dosagem sólidas, pois acreditamos que serão mais populares entre as mulheres”, diz Palmer. Segundo o pesquisador, os testes clínicos devem começar nos próximos dois anos e, depois disso, ainda deve levar pelo menos cinco anos até que o microbicida esteja pronto para comercialização.

Thaís Fernandes

Ciência Hoje On-line (30/03/2009)

**Fonte:** <http://cienciahoje.org.br/plantas-transgenicas-na-prevencao-da-aids/>

## MICROORGANISMOS E A FERMENTAÇÃO

### O Etanol Combustível no Brasil

Rogério Cerqueira Leite<sup>1</sup>

Luís Augusto Barbosa Cortez<sup>2</sup>

1 Doutor em Física. Professor emérito do Instituto de Física e Diretor do Instituto de Artes da Unicamp. Vice-presidente da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). Presidente do Conselho de Administração do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.

2 Doutor em Engenharia Agrícola. Atua nas áreas de energia de biomassa e tecnologia de refrigeração. Coordenador de Relações Internacionais e Institucionais da Unicamp.

#### Antecedentes

O etanol produzido de cana-de-açúcar surgiu, no Brasil, basicamente por duas razões: a necessidade de amenizar as sucessivas crises do setor açucareiro e a tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado. Nesse sentido, no início do século XX, ocorreram as primeiras ações de introdução do etanol na matriz energética brasileira. Em 1925, surgiu a primeira experiência brasileira com etanol combustível. Em 1933, o governo de Getúlio Vargas criou o Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA e, pela Lei nº 737, tornou obrigatória a mistura de etanol na gasolina.

Em 1975, foi lançado o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), cujo objetivo maior era a redução da dependência nacional em relação ao petróleo importado. Naquele momento, o Brasil importava, aproximadamente, 80% do petróleo consumido, o que correspondia a cerca de 50% da balança comercial. Àquela época, ainda não havia a percepção da influência da emissão de CO<sub>2</sub> durante a queima de combustíveis fósseis no bem-estar da humanidade. Embora cientistas já viessem alertando o público e os governos quanto às consequências do aumento da densidade de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, nenhum país adotou qualquer medida restritiva.

Apesar dos aumentos sucessivos do preço internacional do petróleo, o etanol não era economicamente competitivo, exigindo subsídios para sua penetração no mercado nacional. Esses incentivos duraram, basicamente, até o fim do regime militar, em 1984. Durante a segunda metade da década de 80, iniciou-se novo período, sem subsídios, quando o Governo tentou diminuir seu papel no setor. Em 1990, durante o governo Collor, extinguiu-se o IAA e os subsídios à produção de açúcar foram retirados. O Brasil passou a ser um grande exportador de açúcar.

### **Antecedentes recentes e situação presente**

No início do século XXI, o Brasil possuía um setor sucroalcooleiro muito forte e competitivo. Isso foi possível graças a constante esforço de garantir o mercado interno do etanol e de ganhar novos mercados de açúcar. Todavia, foi a partir de 2003, com os veículos *flex-fuel*, que o setor ganhou novo impulso.

Com significativa contribuição do etanol, o Brasil logrou alcançar – embora talvez provisoriamente – autonomia quanto a combustíveis líquidos. Além do mais, devido, por um lado, à impressionante redução de custos de produção do etanol (cerca de 70%) e, por outro, ao aumento do preço internacional do petróleo, tornou-se este biocombustível altamente competitivo em relação à gasolina, tanto no mercado interno, quanto no externo.

Bastaria esse cenário para que se tornasse incontornável a expansão da produção do etanol. Aliás, são esses dois fatores, redução dos custos de produção e aumento dos preços internacionais do petróleo, que, por si sós, mobilizaram os inúmeros novos empreendimentos verificados nesses dois últimos anos. Às cerca de 360 usinas existentes deverão, em breve, ser adicionadas outras 120, sendo metade em ampliações e o restante em novas destilarias.

Todavia, já está em gestação uma transformação nas motivações da demanda de combustíveis em que o elemento decisivo será a sustentabilidade. Sob esse aspecto, o fator preponderante será a emissão de gases de efeito estufa. Outro fator importante é a crescente convicção de que o pico da produção de petróleo

deverá ocorrer dentro de 10 a 20 anos, quando a produção não seria mais capaz de atender à demanda.

O que veremos, portanto, é a demanda e a produção futuras serem mediadas, inicialmente, por imposições relativas à sustentabilidade. Em uma segunda etapa, contudo, determinada pelo início do declínio da produção de petróleo, serão tais exigências neutralizadas, pelo menos parcialmente, pela necessidade de outras formas de energia.

### **Aquecimento global**

Não obstante este período inicial de alerta ambiental esteja sendo gerado no exterior, em certa medida, por interesses protecionistas, encerra, também, preocupações legítimas com o porvir da humanidade e, por isso, deve ser aproveitado como uma oportunidade concreta para alcançar níveis adequados de qualidade de produção e de sustentabilidade. Se o combate ao aquecimento global deve ser a tônica dominante nos próximos anos, é fundamental a compreensão do potencial do etanol para esse propósito.

### **Redução das emissões**

Há três formas básicas de combate ao efeito estufa:

#### **a) Sequestro e contenção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de outros GEE**

Há dois roteiros tecnológicos distintos possíveis.

O primeiro consiste da captação dos GEEs, principalmente CO<sub>2</sub>, na atmosfera e subsequente armazenamento ou fixação como matéria densa. Não parece, até agora, economicamente viável.

O segundo esquema, captação do CO<sub>2</sub> no local de sua emissão, tem algum potencial, pelo menos para aplicação em usinas que apresentam emissão com



grande densidade. Vários esquemas de contenção estão sendo testados, como armazenamento em poços extintos de petróleo, em grutas e outras anomalias geológicas e dissolução em aquíferos salinos.

Para todos esses esquemas, entretanto, existem custos energéticos e financeiros imprevisíveis, pois dependem da distância entre usinas e locais de contenção e dos meios possíveis de transporte do gás. Certamente, algumas configurações se tornarão economicamente viáveis no médio e longo prazo. Todavia, a menos que ocorra alguma descoberta científica revolucionária, a captação de CO<sub>2</sub> em veículos não parece ser facilmente alcançável, mesmo no longo prazo, e essa é a fonte responsável pela maior parte do consumo de petróleo.

## **b) Conservação**

É, certamente, uma opção altamente conveniente. Melhor que captar CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa seria não os emitir. Essa solução não é viável em grande escala dentro das condições dinâmicas da sociedade atual, mas é possível, certamente, como medida parcial. Consideremos os meios de transporte disponíveis para o cidadão: a bicicleta, o coletivo (metrô, ônibus, trem etc), o carro pessoal, o veículo de tração nas quatro rodas robusto (Sport Utility Vehicle - SUV) etc. Essas opções estão em ordem crescente de dispêndio de energia. Assim, se o cidadão deixa o carro em casa e toma o metrô para ir ao trabalho ou, melhor ainda, a bicicleta, ele estará contribuindo decisivamente para o combate ao efeito estufa. E lembremos haver quase um bilhão de carros de passeio em todo o mundo. Se, por outro lado, o cidadão prefere um SUV, estará contribuindo culposamente para o aquecimento global. Há uma infinidade de esquemas simples e complexos, baratos e caros, para economizar energia que, embora sejam financeiramente atraentes, não são adotados em medida satisfatória. E a razão é de ordem cultural. Ainda não estamos convencidos de que “tostão a tostão, se faz um milhão”.

## **c) Substituição por combustível alternativo renovável a partir de biomassa**

Os únicos energéticos limpos capazes de substituir adequadamente os derivados de petróleo são aqueles obtidos a partir de biomassa. Isso ocorre porque a biomassa seca contém cerca de metade da quantidade de energia contida na mesma massa de petróleo. Vários são os possíveis combustíveis derivados de biomassa. De um ponto de vista estrito, temos três categorias fundamentais:

- plantas lignocelulósicas, que podem fornecer etanol, metanol e outros álcoois ou, alternativamente, um gás dito pobre, de poder calorífico intermediário, obtido por meio de um processo térmico;
- plantas oleoginosas, que, além de produzir materiais lignocelulósicos, também processam óleos;
- muitas plantas que produzem açúcar ou amido podem ser facilmente transformadas em etanol, ou outro combustível, por ação de microrganismos chamados fermentos. A fermentação é um processo natural frequente que ocorre de modo espontâneo. Desde tempos imemoriais, o homem vem usando a fermentação para produzir álcool de frutas e de cereais. Atualmente, em processos comerciais, o etanol é produzido da cana-de-açúcar, do milho, da beterraba e do sorgo e, experimentalmente, de muitas outras frutas, tubérculos, cernes etc. Após a fermentação, o álcool é obtido com uma concentração de 10 a 14%, sendo necessária uma destilação fracionada.

### **O etanol de 1ª geração**

Há duas razões principais por que o álcool de cana-de-açúcar é muito superior a qualquer outro biocombustível produzido em larga escala atualmente:

#### **a) A produtividade**

A quantidade de biomassa produzida por unidade de área é, para a cana, significativamente superior do que para qualquer outro vegetal, seja ele cultivado ou não como biomassa energética. Também a quantidade de biocombustível produzida por unidade de área, dentro dos limites das tecnologias atuais, é bastante superior à de qualquer outra cultura. Uma das consequências importantes dessa característica é a contribuição para o menor custo de produção devido à menor extensão de terra para a mesma produção;

#### **b) O ciclo de vida (ou balanço energético)**

A razão entre a energia obtida e a energia total utilizada para produzi-la é muito maior para o álcool de cana do que para qualquer outro biocombustível. Embora ainda frequentemente citada na literatura não especializada, o valor de 3,1 a 3,9 é absurdo. Resultou de trabalho em que, dentre outros erros, foram adotados gastos de combustível fóssil (Diesel) pelo menos dez vezes superior ao real. O valor internacionalmente reconhecido hoje está entre 8,2 e 10,5. Em contraste, está o álcool de milho, produzido nos EUA e responsável por mais de um terço do consumo mundial, que tem como ciclo de vida algo entre 1,0 e 1,4, de acordo com diferentes avaliações. A mais recente e, possivelmente, mais confiável estimativa (feita pelo American Institute of Biological Sciences) é 1,1 isto é, obtém-se apenas 10% a mais de energia na forma de álcool do que a que se consome como energia fóssil. Essa alternativa, portanto, contribui de maneira insignificante para o combate ao efeito estufa. Sua utilidade é apenas no que diz respeito à poluição em centros urbanos densos, uma vez que será o etanol e não o fóssil que será queimado nas grandes cidades. E, também nesse aspecto, é o álcool muito menos poluente que os fósseis. A beterraba, usada na Europa, sob tal perspectiva, também é pouco recomendável, pois seu ciclo de vida é de aproximadamente 2. Com a exceção do óleo de palma, que tem, para esse parâmetro, um valor próximo a 5, as demais opções, tanto para a produção de biodiesel como para a de etanol, não supera a marca de 3 para o ciclo de vida, dentro dos limites das tecnologias atualmente em uso. Esta é uma das razões por que os respectivos custos de produção ainda estão muito acima daqueles do etanol de cana.

Todavia, o desenvolvimento genético da matéria-prima e os processos de produção de muitas das opções para o biodiesel ainda não passaram por um “aprendizado”, período em que tecnologias são ajustadas de maneira a reduzir os custos de produção, como já ocorreu com o etanol, tanto de cana como de milho e de beterraba. Também é o caso do biodiesel de soja, que já teve sua curva de aprendizado percorrida e, muito provavelmente, não mais terão reduzidos, de modo apreciável, seus custos de produção, devido principalmente à produtividade e ao ciclo de vida, que são extremamente baixos.

## **O etanol de segunda geração**

A fermentação é o processo pelo qual microrganismos (fermentos) convertem açúcar ou amido em etanol.

Parte considerável de um vegetal, entretanto, não é nem açúcar, nem amido, mas fibras, que não podem ser digeridas pelos fermentos tradicionais. Para a cana, 2/3 de sua massa é fibra biomassa não fermentável, e muitas plantas quase não detêm açúcar ou amido. Ou seja, dois terços da biomassa, no caso da cana, não são aproveitados para a conversão para etanol.

Especialistas vêm, entretanto, nestas últimas duas ou três décadas, tentando desenvolver uma série de tecnologias denominadas “hidrólise”, que permitam converter a fibra (materiais lignocelulósicos) em etanol. Essas tecnologias permitiriam aumentar, em princípio, a produção de etanol de cana, com a mesma área plantada, em 200%, devido ao aproveitamento do bagaço e da palha. Também, em princípio, seria possível aproveitar qualquer cultura ou rejeito vegetal. Os EUA têm um projeto que pretende substituir 30% de seu consumo de gasolina por etanol derivado da hidrólise de refugo vegetal e florestal, que, atualmente, são dispostos como lixo.

Estas novas tecnologias, entretanto, muito provavelmente não estarão disponíveis para uso comercial antes de dez anos. E, embora possam vir a aumentar a competitividade de outras culturas, certamente não serão suficientes para alcançar o rendimento da cana, que também se beneficiará dessas inovações.

Além do mais, o Brasil dispõe de uma área adequada para o cultivo de cana que não é ocupada por floresta, cultura agrícola ou qualquer habitat protegido, cuja extensão equivale a 100 vezes (300 milhões de hectares) da que, atualmente, se usa para a produção de álcool (3 milhões de ha). Uma parcela foi ou é ocupada por pastagens extensivas. O Brasil pode, portanto, prover a humanidade com um combustível limpo e renovável para a substituição de fósseis contribuindo, assim, para o combate ao aquecimento global de maneira decisiva, tendo como benefício colateral, o próprio desenvolvimento econômico.

## **Uma oportunidade para o etanol brasileiro**

Há pouco mais de dois anos, iniciou-se, no Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), da Unicamp, um estudo visando à expansão da produção do álcool no Brasil de maneira a substituir 10% da gasolina no mundo em 2025, ou seja, uma produção anual de 200 bilhões de litros.

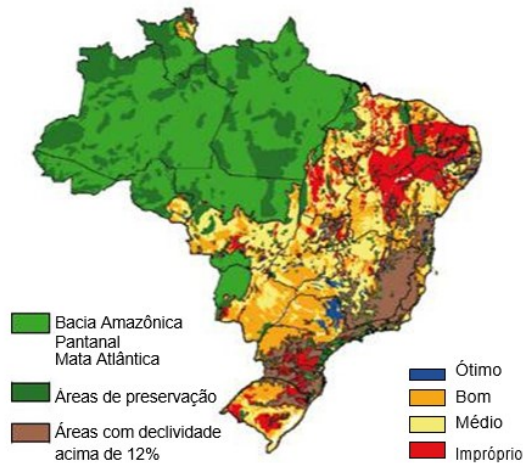
### **Mercado**

Normas e legislações da grande maioria dos países já preveem uma substituição em torno de 10% para datas anteriores a 2025. A convicção crescente de que anomalias climáticas deverão aumentar em intensidade e em frequência exercerá pressões incontornáveis para a substituição de combustíveis fósseis por renováveis. Ademais, há o fato inquestionável de que as produções de petróleo e de gás natural estarão, a primeira, em uma década e a segunda, em duas, ultrapassando seu momento de apogeu e iniciando o de declínio.

### **Capacidade de produção**

Excluindo todas as áreas, protegidas ou não, cobertas por mata ou que sejam consideradas ecologicamente frágeis; excluindo, não apenas as áreas com declive inadequado para agricultura mecanizada, mas também aquelas que estão sendo utilizadas para agricultura, seja ela para a produção de alimento ou não, foi avaliado todo território nacional quanto ao potencial de produtividade da cana-de-açúcar. Levando-se em consideração qualidade de solo, pluviometria e declividade, foram identificadas, quanto à produtividade (alta, boa, média), sem irrigação, aproximadamente 271 milhões de hectares e, com irrigação, 30 milhões de ha a mais, principalmente nas regiões do Centro-oeste (60%) e do Nordeste (40%). Para a expansão proposta, dentro dos limites da atual tecnologia, seriam necessários menos de 10% da área disponível.

### **Potencial para produção de cana-de-açúcar sem irrigação**



## Logística

Custos de escoamento da produção podem tornar-se proibitivos. Analisadas todas as possibilidades, foram selecionadas duas opções que aumentam a competitividade do etanol brasileiro expressivamente: a concentração da produção em clusters e o transporte por “alcooldutos”. O cluster (15 usinas, em média) permite a otimização da logística. Essas agregações de usinas são, por sua vez, combinadas em áreas que congregam uma população de 200 mil habitantes, o que torna viável uma série de aparelhos de interesse social, tais como hospitais, escolas e centros de lazer.

## Sustentabilidade

Todas as opções do programa visam à sustentabilidade. As tecnologias de cogeração, de aproveitamento integral do bagaço e da vinhaça, e de escoamento da produção por alcooldutos são todas conservadoras de energia.

Ainda que o objetivo central do uso de biocombustíveis no mundo seja a redução de emissões de GEE, é imperativo que, à montante do processo de produção, os impactos ambientais sejam os menores possíveis. Nesse sentido, o estudo realizado pelo NIPE visou a avaliar os impactos ambientais da substituição de 10% da gasolina a ser consumida no mundo em 2025.

### **Impactos socioeconômicos**

As consequências econômicas da expansão proposta foram estudadas com auxílio de uma técnica matemática, matriz insumo-produto, e avaliadas para 40 setores da economia nacional para cada região afetada.

### **Impactos das novas tecnologias**

Em uma segunda fase, foi analisada a inserção progressiva em destilarias existentes do Etanol de 2ª geração, o etanol produzido a partir de materiais lignocelulósicos, no caso o bagaço e a palha.

Esse projeto é complementado por outro estudo, sob a mesma coordenação, que versa sobre a tecnologia de hidrólise enzimática, o mais promissor dos processos de produção do etanol de segunda geração. Conta com 120 pesquisadores em 15 universidades brasileiras, 4 institutos de pesquisas e com o apoio de empresas brasileiras de grande porte e de várias universidades no exterior.

#### **Fonte:**

**[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3\\_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/etanol3_000g7gq2cz702wx5ok0wtedt3xdrmfk.pdf)**

## MICROORGANISMOS E A DECOMPOSIÇÃO

### ÁRVORE DO CONHECIMENTO: Sistema Plantio Direto

Microrganismos são animais de tamanho diminuto que só podem ser visualizados com o uso de microscópio. No solo esses organismos constituem populações com muitos bilhões de indivíduos e, muitas vezes, as colônias podem ser observadas a olho nu. Os microrganismos atuam na transformação e decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia no solo. Exemplos desses organismos: bactérias, leveduras, fungos, actinomicetos, protozoários e algas.

Os microrganismos são bastante dependentes da matéria orgânica do solo que, em resumo, é constituída pelos produtos da decomposição de resíduos de origem animal e vegetal e pelos próprios microrganismos vivos. Durante a decomposição cerca de 20% do carbono presente nos resíduos orgânicos é liberado para a atmosfera como gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o restante passa a compor a matéria orgânica do solo.

Os efeitos do teor e da qualidade da matéria orgânica do solo sobre os microrganismos são medidos pela biomassa microbiana (ou o total de organismos presentes numa amostra do solo) e a atividade microbiana (os microrganismos vivos). Essas medidas representam a integração dos efeitos da matéria orgânica sobre as condições biológicas do solo.

A atividade microbiana representa a fração viva da biomassa microbiana, ou seja, a parte ativa da matéria orgânica do solo. Por ser muito sensível às mudanças provocadas por sistemas de manejo, a biomassa e a atividade microbiana são consideradas bons indicadores da qualidade ou da degradação do solo.

Em solos tropicais, os organismos vivos do solo (de 2 a 5% do carbono orgânico) atuam como reservatório de nutrientes para as plantas. Imobilizam em seus corpos, temporariamente, C, N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes que após sua morte e decomposição são liberados no solo e absorvidos de forma direta pelas plantas.

As culturas que compõem os sistemas de manejo do solo influenciam diretamente na persistência dos resíduos, no tamanho da biomassa microbiana e,



consequentemente, na sustentabilidade dos agro ecossistemas. Práticas de manejo que aumentam o conteúdo total de matéria orgânica aumentam também a biomassa e a atividade dos microrganismos e, portanto, elevam a sustentabilidade ambiental.

A retirada da cobertura de árvores para iniciar atividade agrícola e o uso de preparo do solo com implementos de discos, de modo geral, implica na redução acentuada da matéria orgânica do solo. Quanto maior é a intensidade de revolvimento e menor a cobertura vegetal do solo maiores são as perdas de matéria orgânica.

Num sistema natural (floresta original), o balanço entre as adições e perdas de matéria orgânica encontra-se em equilíbrio dinâmico, o que, de maneira geral, não se verifica em áreas sob cultivo agrícola em termos convencionais.

O solo manejado em Sistema Plantio Direto (SPD) recebe grande aporte de matéria orgânica. Com isso, mudanças benéficas são proporcionadas, tais como, o aumento da biomassa e da atividade dos microrganismos e na dinâmica de nutrientes. Ressalta-se que a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais adicionados alteram a composição da população microbiana que influencia a taxa de decomposição desses resíduos e a qualidade ambiental como um todo.

Autor: Luis Carlos Hernani

Fonte: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema\\_plantio\\_direto/arvore/CONT000fwuzxobq02wyiv807fiqu9mw1rx0t.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fwuzxobq02wyiv807fiqu9mw1rx0t.html)