

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

ZENILDA RIBEIRO DA SILVA

**O ENSINO DE ECOLOGIA MEDIADO PELO CONCEITO UNIFICADOR
ENERGIA: O BIODIGESTOR ENQUANTO MODELO DIDÁTICO PARA
UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA-PR

2015

ZENILDA RIBEIRO DA SILVA

**O ENSINO DE ECOLOGIA MEDIADO PELO CONCEITO UNIFICADOR
ENERGIA: O BIODIGESTOR ENQUANTO MODELO DIDÁTICO PARA
UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências ao programa de pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak

Co-orientador: Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr

CURITIBA-PR

2015

TERMO DE LICENCIAMENTO

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



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S586e Silva, Zenilda Ribeiro da
2015 O ensino de ecologia mediado pelo conceito unificador energia : o biodigestor enquanto modelo didático para uma abordagem interdisciplinar / Zenilda Ribeiro da Silva.-- 2015.
159 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2015.
Bibliografia: f. 87-90.

1. Ciência - Estudo e ensino (Ensino médio) - Araucária (PR). 2. Biologia - Estudo e ensino. 3. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. 4. Energia - Fontes alternativas. 5. Biodigestores - Projetos e construção. 6. Aprendizagem. 7. Prática de ensino. 8. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Florczak, Marcos Antonio, orient. II. Bezerra Junior, Arandi Ginane, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. IV. Título.

CDD 22 -- 507.2



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica

**TERMO DE APROVAÇÃO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 03/2015**

O ensino de ecologia mediado pelo conceito unificador energia: o biodigestor enquanto modelo didático para uma abordagem interdisciplinar
por
Zenilda Ribeiro da Silva

Esta dissertação foi apresentada às 9h00 do dia 7 de maio de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ensino de Ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa *Formação de Professores de Ciências* do Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcos Antonio Floczak
(UTFPR - Orientador)

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra
(UTFPR – co-orientador)

Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves
(UTFPR)

Prof. Dr. Leonir Lorenzetti
(UFPR)

Dedico esta pesquisa aos estudantes.
Motivo deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me dá esperança e força nos momentos difíceis...

Ao meu marido e meus filhos, que são minha motivação pessoal para seguir nessa caminhada. Sem eles, com toda a certeza, não teria chegado até aqui.

Ao Professor Marcos Antonio Florczak, orientador da dissertação, pela constante disponibilidade, auxílio, dedicação e orientação que se revelou ao longo de toda a realização deste trabalho mais que um professor, um amigo. Um grande ser humano e uma pessoa com grande sabedoria. Sempre tendo uma palavra geradora de um novo ânimo para continuar o trabalho, para enfrentar os obstáculos, paciente e compreensivo.

Aos alunos que permitiram a realização do estudo.

Aos professores do curso pelo acolhimento, paciência, profissionalismo, disponibilidade de conversar, dividir seus conhecimentos, pela dedicação aos alunos, esforço que revelaram ao longo de todo o curso, e que incrementaram meu percurso acadêmico.

Em especial aos professores João Amadeus e Arandi pelos seus ensinamentos.

À minha amiga Ligia que dividimos orientações e incertezas.

Aos colegas de Mestrado pelo companheirismo e pela partilha de saberes.

“Sua aula é assim um desafio e não uma ‘cantiga de ninar’. Seus alunos cansam, não dormem. Cansam porque acompanham as idas e vindas de seu pensamento, surpreendem suas pautas, suas dúvidas, suas incertezas” (FREIRE, 2001, p. 84).

RESUMO

SILVA, Zenilda Ribeiro. **O ENSINO DE ECOLOGIA MEDIADO PELO CONCEITO UNIFICADOR ENERGIA: O BIODIGESTOR ENQUANTO MODELO DIDÁTICO PARA UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR.** 2015. 160f. Dissertação. Formação Científica, Educacional e Tecnológica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Este trabalho realizado por meio de uma pesquisa de observação participante, busca uma instrumentalização para o ensino das Ciências Naturais (CN) envolveu jovens do Ensino Médio regular de uma escola estadual em Araucária – PR. O objetivo foi estabelecer estratégias para utilização de conceitos comuns nas CN, tais como o assunto energia, que, por possuírem uma característica altamente interdisciplinar, podem ser trabalhados em sala de aula em diversas disciplinas. Desta forma, demonstra-se a possibilidade de aprofundar e ampliar as discussões sobre este conceito na disciplina de Biologia, contudo, dando ênfase também à linguagem destes conteúdos nas outras CN. Para alcançar esta meta foi proposta a construção de um modelo didático pedagógico de biodigestor que deu suporte ao conteúdo teórico trabalhado de modo expositivo em sala de aula. O trabalho aqui apresentado foi concebido de forma a contemplar os dois eixos fundamentais recomendados pelos PCN para o ensino de CN: a contextualização e a interdisciplinaridade. A contextualização ocorreu de duas formas: por meio da discussão, em sala de aula, a respeito de uma indústria local, relacionada ao tema abordado, e pela realização de experimentos que permitiram a visualização da formação do gás devido à decomposição da matéria orgânica utilizada no biodigestor. A interdisciplinaridade, por sua vez, foi explorada no contexto de uma abordagem em que os fenômenos naturais, para serem vislumbrados de forma plena, carecem da visão integrada de várias disciplinas. Ênfase foi dada às conexões entre os processos de decomposição da matéria orgânica e consequente produção de gás, o qual pode ser utilizado, por exemplo, na produção de energia elétrica.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Interdisciplinaridade. Energia. Biodigestor.

ABSTRACT

SILVA, Zenilda Ribeiro. **TEACHING ECOLOGY MEDIATED BY UNIFYING CONCEPT ENERGY: THE DIGESTER WHILE TEACHING MODEL FOR INTERDISCIPLINARY APPROACH**; 2015. 160f. Dissertação. Formação Científica, Educacional e Tecnológica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This work held through a participant observation research, seeks to instrument for the teaching of Natural Sciences (CN) involved young people from regular high school to a public school in Araucaria -PR. The objective was to establish strategies for use of common concepts in the CN, such as the matter energy, which, because they have a highly interdisciplinary feature, can be worked in the classroom in various disciplines. Thus demonstrates the possibility to deepen and widen the discussions on this concept in biology courses, however, emphasizing also the language of these contents in other CN. To achieve this goal it was proposed to build a pedagogical didactic model of biodigester that supported the theoretical content expository mode of working in the classroom. The work presented here was designed to contemplate the two fundamental axes recommended by NCP to the CN teaching: contextualization and interdisciplinarity. The contextualization occurred in two ways: through discussion in the classroom about a local industry, related to the topic discussed, and for conducting experiments that allowed the visualization of the formation of gas due to the decomposition of organic matter used in biodigester. The interdisciplinarity, in turn, was explored in the context of an approach in which natural phenomena, to be glimpsed fully, lack the integrated view of various disciplines. Emphasis is given to the connections between processes of the decomposition of organic matter and consequent production of gas which can be used, for example, in the production of electricity.

Keywords: Teaching. Energy. Interdisciplinary. Biodigestor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Conteúdos Estruturantes das Ciências Naturais segundo as DCES-PR (2008).....	36
Quadro 2–Inter-relação da energia com os demais conteúdos da Ecologia.	69
Quadro 3 – Unidades de análise e categorias.....	74
Quadro 4 - Objetivos gerais e específicos.....	96
Quadro 5 - Observações semanais dos alunos durante processos de biodigestão.	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Entrada dos fótons, e excitação das clorofilas.	54
Figura 2 - Fotossíntese e energia potencial química.....	55
Figura 3 - Fluxo de energia nos ecossistemas.	60
Figura 4 - Produção de energia de biomassa.....	61
Figura 5–Inter-relação da energia com os demais conteúdos da Ecologia.	67
Figura 6- Mapa conceitual elaborado como exemplo dos conteúdos que a pesquisadora esperava atingir.	77
Figura 7- Mapa conceitual 1	78
Figura 8 - Mapa conceitual 2.....	79
Figura 9 - Mapa conceitual 3.....	80
Figura 10 - Mapa conceitual 4.....	81
Figura 11 - Mapa conceitual 5.....	82
Figura 12 - Mapa conceitual 6.....	83
Figura 13 - Mapa conceitual 7.....	84
Figura 14 - Mapa conceitual 8.....	85
Figura 15 - Mapa conceitual 9.....	86
Figura 16 - Mapa conceitual 10.....	87
Figura 17- Mapa conceitual 11.....	87
Figura 18 - Mapa conceitual 12.....	88
Figura 19 - Mapa conceitual 13.....	88
Figura 20- Mapa conceitual 14.....	89
Figura 21 - Mapa conceitual 15.....	90
Figura 22 - Mapa conceitual 16.....	90
Figura 23 - Mapa conceitual 17.....	91
Figura 24 - Mapa conceitual 18.....	91

LISTA DE FOTOGRAFIA

Fotografia 1 - Biodigestor concluído com sucesso.....	75
Fotografia 2 - Decomposição da matéria orgânica.....	100
Fotografia 3- Biodigestor concluído com sucesso.....	101
Fotografia 4 - Formação de gases.	102
Fotografia 5 - Verificação da formação de fases durante a biodigestão.....	102
Fotografia 6 - Aferição de massa.	103

LISTA DE ABREVIATURAS

CN	Ciências Naturais
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
CEB/CNE	Câmara de Educação Básica/Conselho Nacional de Educação
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
OCEM	Orientações Complementares do Ensino Médio
EM	Ensino Médio
PROEM	Projeto Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio no Paraná.
DCE	Diretrizes Curriculares
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros
CTS	Curriculares Nacionais Ciência, Tecnologia e Sociedade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE O ENSINO MÉDIO NO BRASIL E NO PARANÁ A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS OFICIAIS	22
2.1 OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS E O SEU TRATAMENTO PARA AS CIÊNCIAS DA NATUREZA - BIOLOGIA	24
2.2 OS PCN+ E O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA- BIOLOGIA	28
2.3 AS DIRETRIZES CURRICULARES NO ESTADO DO PARANÁ E SEU TRATAMENTO PARA AS CIÊNCIAS DA NATUREZA	29
2.4 ORIENTAÇÕES PARA DISCIPLINA DE BIOLOGIA NO PARANÁ.....	31
2.4.1 Os conteúdos estruturantes	34
3. A INTERDISCIPLINARIDADE E SUAS RAZÕES	37
3.1 A CRIAÇÃO DAS CIÊNCIAS DISCIPLINARES E A FRAGMENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	38
3.2 A VISÃO DE INTERDISCIPLINARIDADE NA PRÁTICA ESCOLAR	42
3.3 UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DAS CIÊNCIAS NATURAIS.....	44
3.3.1 Conceitos Unificadores.....	47
4. O CONCEITO ENERGIA	52
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	62
5.1 A PESQUISA.....	62
5.2. CONTEXTO DA PESQUISA	63
5.3 ETAPAS DA PESQUISA	65
5.4 ANÁLISES DOS DADOS	70
6 RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO EM TORNO DO BIODIGESTOR E ANÁLISE DOS DADOS	75
6.1 RESULTADOS DA AUTOAVALIAÇÃO.....	92
6.1 .1 Resultados dos relatórios	93
6.2 SENTIDOS ATRIBUIDOS AOS MAPAS CONCEITUAIS AOS RELATÓRIOS .	105
6.2.1 Percepção interdisciplinaridade entre ciências.....	105
6.2.2 Ensino Interdisciplinar, e conexões com o cotidiano	108
6.2.3 Energia, percepção da transformação e conservação.	110
6.2.4 Energia e necessidade social da mesma	112
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS	118
APÊNDICES	126
APÊNDICE A - MODELO DE RELATÓRIO DE OBSERVAÇÕES PROPOSTO PARA OS ALUNOS	127
APÊNDICE B – CONTEÚDOS TRABALHADOS DURANTE A EXECUÇÃO DO PROJETO	129
APÊNDICE C – MANUAL DO BIODIGESTOR	131

ANEXO A – RECORTE DAS CONCLUSÕES DOS RELATÓRIOS PRODUZIDO PELOS ALUNOS.....	153
------------------------------------------------------------------------------------	------------

1 INTRODUÇÃO

A sala de aula sempre foi um lugar que eu que gostei de estar... Iniciei a trajetória acadêmica cursando Matemática na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Cursei dois anos e desisti, o curso não era o que esperava. Fui fazer uma graduação que valorizava o tempo que passei na matemática e iniciei o curso de Zootecnia nesta mesma instituição e aí tive contato com disciplinas avançadas de Biologia, Química, Física e Matemática.

Desde o primeiro ano de Zootecnia, iniciei meu caminho como docente, com o ensino de matemática, para o Ensino Fundamental e Médio na modalidade Ensino de Jovens e Adultos (EJA), e depois, nos anos seguintes, com disciplinas das Ciências da Natureza (CN) como professora de processo seletivo simplificado. Agora na escola, não mais como aluna, e sim como a professora, com um novo olhar para a escola, oportunizou-me perceber dificuldades dos alunos que nunca antes havia notado.

Na EJA as disciplinas são concentradas e, muitas vezes, o mesmo professor trabalha em sequência as disciplinas das Ciências da Natureza. Intrigava-me que muitos conteúdos presentes na disciplina anterior, que já haviam sido desenvolvidos, em uma linguagem própria daquela disciplina, tinham que novamente ser explanados para depois o aluno estabelecer conexões. Parecia que eles não conseguiam perceber que estas ciências se permeavam e possuíam conteúdos próximos ou similares, contudo, com outro olhar. Ficavam lacunas no ensino-aprendizagem, que eu gostaria de solucionar. Como poderia explorar esses conteúdos de forma que o aluno tivesse um conhecimento verdadeiro e integrador das Ciências? Será que os problemas que eu percebia poderiam ser solucionados? Como resolver a lacuna de o aluno não perceber conteúdo das Ciências como próximos? Seria pela experimentação? Na explicação e no diálogo? Com novas propostas?

Posteriormente, comecei a com trabalhar Biologia e Química no ensino regular. O que foi relatado para EJA também ocorria no regular. Sentia-me muito realizada na sala de aula como docente e, após concluir o bacharelado em Zootecnia, não queria mais parar de lecionar. Cursei, então, mais dois anos de

complementação pedagógica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e obtive licenciatura plena em Biologia, o que me possibilitou participar de concurso público e hoje sou professora do Quadro Próprio do Magistério do Paraná.

Em 2013, motivada pelo interesse de melhorar minha prática docente e para promoção pessoal, buscando novas propostas para o ensino de CN, participei do processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET), da UTFPR e nele ingressei como aluna regular direcionando meu olhar para a escola a partir da posição de uma educadora que buscava e ainda busco compreender formas para integrar processos de ensino-aprendizagem em CN. Assim, procuro uma educação na qual os alunos sejam capazes de refletir, contextualizar e criticar os conteúdos das CN no seu dia a dia. Desejo propor mudanças no modelo em que os conteúdos escolares de Ciências (Física, Química e Biologia), têm sido ensinados de forma disciplinar, fragmentada e descontextualizada em relação à vida e às necessidades dos estudantes.

Busca-se aqui uma estratégia didática de ensino e aprendizagem que ofereça aos estudantes a oportunidade de observar os fenômenos naturais e, a partir desta observação, propor hipóteses, discutir seus pareceres em grupo, buscar resultados, formular relações entre a teoria e a prática. Assim, esta pesquisa procura estabelecer estratégias para utilização, em aulas de Ciências da Natureza, de conceitos comuns e que apresentam característica altamente interdisciplinar como, por exemplo, o tema energia. Busca-se, assim, aprofundar e ampliar discussões, a partir de uma perspectiva interdisciplinar, com foco em atividades em sala de aula.

Um dos grandes desafios do Ensino de Ciências atualmente consiste em relacionar os seus conteúdos com as grandes transformações científicas e tecnológicas que ocorrem na sociedade. Vivemos em um mundo globalizado caracterizado pelo acesso quase imediato a informações e no quais avanços nas CN são anunciados a todo o momento. Muitas vezes, o currículo traz a possibilidade de integrar estes avanços associados à pesquisa científica, mas a forma de abordar os conteúdos apresenta limitações e está defasada. O professor precisa estar atento às novas demandas do ensino e, como afirma Carvalho (2006, p. VII) “entre a pesquisa científica e a prática escolar, não deveria haver senão aliança, acordo, cumplicidade, coordenação, nunca um vazio e muito menos oposição”. Ainda esta autora, ao falar sobre o ensino de Ciências, relata:

Não podemos mais continuar ingênuos sobre como se ensina, pensando que basta um pouco de conteúdo e ter jogo de cintura para mantermos os alunos nos olhando e supondo que enquanto presta atenção eles estejam aprendendo (CARVALHO, 2006, p.1).

O ensino de Ciências nesta proposta não busca uma mera transmissão de conceitos, mas sim uma formação mais holística do sujeito: “Exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceitual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural” (CARVALHO, 2006 p. 3).

O conteúdo não pode estar desvinculado das questões e discussões presentes na sociedade, pois mesmo a formação dos conceitos científicos sofre influência da mesma. Atualmente, “[...] não se pode conceber o ensino de Ciências sem que esteja vinculado às discussões sobre os aspectos tecnológicos e sociais que essa ciência traz na modificação de nossas sociedades” (CARVALHO, 2006, p. 3). Carvalho ainda afirma que:

Um ensino que leve à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual partindo do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências. (CARVALHO, 2006, p.1).

Desta forma, para atingir os objetivos de ampliação conceitual, de atitude e de metodologia, a fim de que o ensino não seja mera lembrança de uma época em que se frequentava a escola, Carvalho (2006) propõe que se deve: 1- problematizar a influência, no ensino, das concepções de Ciências, de Educação e de Ensino de Ciências que os professores levam para a sala de aula; 2- favorecer a vivência de propostas inovadoras e a reflexão crítica das atividades de sala de aula e 3- introduzir os professores na investigação dos problemas de ensino e aprendizagem das Ciências, tendo em vista superar o distanciamento entre contribuições da pesquisa educacional e a sua adoção. Assim, se estas metas não forem alcançadas, os alunos continuarão tendo dificuldades em perceber as disciplinas e os conteúdos como parte do seu dia a dia.

Além do mais, é comum ouvir a crítica de que, muitas vezes, se ensina de modo mecânico e desestimulante, de forma totalmente tradicional, em que se vê o

aluno como um depósito dos conteúdos transmitidos. Logo, um dos grandes desafios da pesquisa em Ensino de Ciências é refletir sobre esta crítica e propor alternativas viáveis em sala de aula de modo a mudar este panorama.

O estudante do Ensino Médio (EM) possui uma grande quantidade de disciplinas diferentes que dialogam muito pouco entre si, mesmo quando tratam de conteúdos semelhantes. Neste contexto, o ensino de CN é visto a partir de enfoques diferentes, por meio das disciplinas de Física, Química e Biologia. Uma das propostas para tornar o ensino de CN mais interessante seria um ensino em que alguns temas semelhantes pudessem ser abordados de forma mais integrada. Daí a inspiração deste trabalho de pesquisa, que foi desenvolvido no âmbito de uma disciplina de Biologia, mas com foco na busca de formas de integrar os conteúdos de CN.

Destacamos que não é preciso descartar desta metodologia as aulas mais tradicionais com quadro, giz e questionários, tendo em vista criar condições para os estudantes melhor organizarem os conceitos e o conhecimento. Mas podemos buscar propostas para desenvolver os conteúdos de CN de forma mais dinâmica, de modo que o aluno se veja como parte do processo de ensino-aprendizagem e que os conteúdos tenham significados no seu dia a dia.

Esta necessidade de mudança no atual modelo de Ensino de Ciências também está registrada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). No documento, a crítica a um modelo de simples memorização é reforçada ao se afirmar que o Ensino de Ciências centrado na memorização dos conteúdos, fora de contexto social, cultural ou ambiental, resulta em uma aprendizagem momentânea, que não se sustenta a médio ou longo prazo (BRASIL, 1998).

Delizoicov e Angotti (2009), por sua vez, propõem que o Ensino de Ciências deve estar pautado, inicialmente, no conhecimento do dia a dia para, posteriormente, tornar-se uma construção do conhecimento científico para o educando:

O ensino de Ciências deve partir do conhecimento cotidiano. E vivenciando este cotidiano o aluno se sente motivado a aprender o conteúdo científico, porque faz parte de sua cultura, do desenvolvimento tecnológico e no modo de pensar de todos (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1994, p.127).

Desse modo, a presente pesquisa tem como objetivo geral desenvolver estratégias de utilização de conceitos comuns nas Ciências da Natureza, em especial o tema **energia**. Parte-se do pressuposto de que o assunto **energia** possui característica altamente interdisciplinar e, por isso, pode ser usado como ponte integradora entre conceitos das CN. Assim, esta metodologia busca contribuir para o desenvolvimento de propostas de ensino interdisciplinares, tendo em vista a formação de sujeitos aptos a compreender as Ciências e sua importância na sociedade.

À luz do objetivo geral, são os seguintes os objetivos específicos deste trabalho:

1- identificar conteúdos, assuntos, temas e metodologias para que o processo ensino e a aprendizagem de Ciências sejam desenvolvidos de modo mais integrado e com viés interdisciplinar;

2- investigar maneiras de despertar o interesse e a participação dos estudantes em aulas de CN, visando a um processo de aprendizagem mais significativa e que promova processos de estímulos à sua autonomia frente às questões que envolvem as Ciências;

3- criar um modelo didático de biodigestor e explorar seu uso no desenvolvimento de aulas de biologia pautadas em uma abordagem interdisciplinar.

Note-se que não se pretende aqui defender uma ou outra teoria educacional ou de avanço conceitual e sim elaborar uma metodologia de trabalho e desenvolvê-la em sala de aula. Portanto, trata-se de uma proposta metodológica que busca desenvolver práticas de ensino-aprendizagem pautadas em um pensamento interdisciplinar e no estímulo à autonomia dos estudantes na construção do conhecimento, tendo em vista os avanços e dilemas associados às CN na sociedade atual.

Este parecer fez surgir o questionamento: Existem formas de desenvolver o conceito unificador energia através de metodologias diferenciadas nas CN de forma a possibilitar a compreensão de fenômenos naturais de forma mais plena?

Assim, durante a exposição do conteúdo **Ecologia**, foi proposta a construção de um modelo didático experimental de biodigestor. Nesta proposta metodológica, além de construir o biodigestor, os alunos fizeram observações sobre as transformações da matéria orgânica e produção de gás metano ocorridas durante o

processo de biodigestão. Estes processos foram associados ao tema **energia**, o conceito comum às CN escolhido como ponte integradora deste trabalho.

Portanto, este estudo estruturou-se, primeiramente, a partir de uma pesquisa bibliográfica (capítulo 2), situando como é a proposta atual do Ensino Médio Brasileiro, no contexto de ensino das CN. Essa retomada teve o objetivo de apresentar ao leitor alguns documentos oficiais, referentes ao EM norteadores do trabalho pedagógico no Brasil e no estado do Paraná e a respeito de algumas políticas públicas neste estado quanto à oferta daquele nível educacional. A partir daí, procuramos conhecer os elementos que determinam a possibilidade da introdução de certas práticas interdisciplinares no Ensino de Ciências, que são propostas por documentos oficiais, como Parâmetros Curriculares Nacionais e Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), como categoria de ensino que se propõe à formação cidadã.

Na sequência (capítulo 3), procurou-se contextualizar o desenvolvimento de propostas interdisciplinares, em especial no Brasil, com seus fundamentos sociais, políticos e pedagógicos, com destaque para algumas mudanças que se propõe para o ensino das CN. Aqui, é apresentada a ideia dos conceitos unificadores das CN, segundo elaboração de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, (2009), tendo como nó de significações o conceito unificador energia.

Em seguida (capítulo 4) buscou-se introduzir o conceito de energia nas diferentes disciplinas das CN, com o objetivo de demonstrar que, apesar de trabalhado com enfoques diferentes, o princípio das transformações e conservação da energia é válido para todas as disciplinas das CN.

Dando sequência ao trabalho, diante do conhecimento dos documentos norteadores do Ensino Médio no Brasil e no Estado do Paraná, da concepção de interdisciplinaridade e do conceito de energia, nos encaminhamos para a metodologia do trabalho em sala de aula (capítulo 5). Esta é baseada em três etapas, a saber: aulas dialogadas; construção de biodigestores; e observação e análise das transformações ocorridas durante o processo de biodigestão. Durante o processo, os estudantes elaboraram relatórios técnico-científicos das SUAS observações e, ao final, realizaram mapas conceituais.

A análise dos relatórios e mapas conceituais foi realizada como propõe Bardin (2006), com enfoque na análise de conteúdo.

A escolha da instituição em que o projeto foi desenvolvido deu-se pelos seguintes critérios: primeiramente, ser uma escola da rede pública estadual de ensino; e ser ambiente de trabalho da autora desta pesquisa.

O trabalho com os alunos foi direcionado levando-se em conta fundamentos teóricos e metodológicos da proposta curricular do Ensino Médio no Brasil e no Paraná.

O último capítulo, intitulado “Considerações Finais”, apresenta a síntese do trabalho. Nele, ofereço ainda algumas reflexões e discussões que salientam pontos positivos e negativos do trabalho. Acrescento ainda, como contribuição, algumas sugestões para estudos futuros.

O trabalho foi desenvolvido e motivado pelo desafio cotidiano da sala de aula. A experiência como professora de disciplinas das CN proporcionou um contato direto com os estudantes, seus anseios e suas dificuldades. Estes demonstram insatisfação frente às aulas expositivas e eu, como professora com a obrigação de avaliá-los, percebo esta insatisfação tendo em vista as avaliações produzidas pelos mesmos. Essa aproximação também permitiu conhecer suas expectativas em relação às disciplinas, discutir suas insatisfações cotidianas e em relação ao processo de ensino e aprendizagem das CN.

Esta proposta é resultado destes questionamentos e insatisfações, que começaram a tomar corpo no dia a dia de sala de aula, em escolas da rede pública no estado do Paraná, surgiram durante doze anos de experiência no ensino de CN, e leva em conta contribuições oriunda de discussões com meu orientador. Essas inquietações deram início à caminhada que esse documento registra.

2 ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE O ENSINO MÉDIO NO BRASIL E NO PARANÁ A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS OFICIAIS

Na década de 1980, a legislação brasileira sofria intensos debates, pois o país acabava de sair de um regime de governo autoritário, ditatorial. Em relação à educação, se passava por uma busca, um repensar do processo educativo e de tentar novas bases para a reconstrução de uma cidadania, que estava apagada no contexto da ditadura. A Constituição Federal de 1988 considerou as finalidades do Ensino Médio com uma nova visão que reitera a dimensão de desenvolvimento da pessoa, do preparo para o exercício da cidadania e da qualificação para o trabalho (BRASIL, 1998).

Após a promulgação da Constituição de 1988, intensos debates foram realizados no país a respeito de uma lei para a educação, atingindo seu ápice em meados dos anos 1990. Assim, em dezembro de 1996 foi promulgada a nova lei com relação à educação: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), nº 9.394/96.

Esta lei estabelece, entre outros, que a escola pública, dado a organização política do país em regime federativo, será composta por uma divisão: União, Estados, Distrito Federal e Municípios, de acordo com os respectivos sistemas administrativos de ensino. Esta organização permite algum controle sobre as demais legislações em relação à educação vigentes no país (DAVANÇO, 2008).

A LDB apresentou uma nova concepção de Ensino Médio, fazendo parte da Educação Básica não de forma propedêutica, ou seja, com a característica principal de uma preparação geral básica capaz de permitir o desdobramento posterior de uma área de conhecimento ou estudo, mas sim com caráter de término em relação a este nível. Dessa forma, deveriam ser pensados o currículo e os programas para essa etapa de estudos e formação cidadã. A LDB prevê ainda, em seu Art. 9º, inciso IV, entre as incumbências da União:

[...] estabelecer, em colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, competências e diretrizes para a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio, que nortearão os currículos e seus

conteúdos mínimos, de modo a assegurar formação básica comum. (BRASIL, 1999, p.41).

O texto da LDB apontou para o estabelecimento de competências e diretrizes para todas as etapas da Educação Básica, para nortear a posterior elaboração de currículos e conteúdos mínimos nas unidades federativas e nos municípios. Em junho de 1998 foram aprovadas, pela Câmara de Educação Básica e Conselho Nacional de Educação, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), que:

[...] se constituem num conjunto de definições doutrinárias sobre princípios, fundamentos e procedimentos a serem observados na organização pedagógica e curricular de cada unidade integrante dos diversos sistemas de ensino, em atendimento ao que manda a lei, tendo em vista vincular a educação com o mundo do trabalho e a prática social, consolidando a preparação para o exercício da cidadania e propiciando preparação básica para o trabalho (BRASIL, 1998, p.1).

As DCNEM estabeleceram também as competências e habilidades que serviram de referenciais para as propostas pedagógicas e parâmetros curriculares, bem como recomendaram como princípios condutores da organização curricular a interdisciplinaridade e a contextualização. As DCNEM, no Art. 10, passaram a articular as disciplinas do Ensino Médio em três áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias (BRASIL, 1998, p 4-6).

Apesar dos avanços nas propostas, não se tinha um documento que apresentasse como realizar o que se propunha no cotidiano de sala de aula, pois faltavam indicações e propostas mais específicas do que e de como fazer em sala de aula em resposta a essa demanda. Em 1999 foram lançados os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), em complementação às DCNEM, fazendo “referência explícita às disciplinas, vinculadas às três áreas do conhecimento, propondo, entretanto, uma visão **integradora** das disciplinas de modo a se reconhecer a relação entre aquelas de uma mesma área e entre as de áreas diversas.” (BRASIL, 2006, p.17 Grifo meu).

Para preencher essa lacuna, o Ministério da Educação lançou documentos complementares, como citado anteriormente: em 2002, as Orientações Educacionais

Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, mais conhecidas como PCN+ Ensino Médio, e, em 2006, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM). Ambas oferecem cadernos específicos para cada área de conhecimento, da forma estabelecida pelas DCNEM, nos quais é apresentado grande número de sugestões didáticas e metodológicas. Os mesmos documentos tratam das propostas do Ensino Médio atual, dos conteúdos e das metodologias da área de Ciências da Natureza, o que ressaltarei na sessão posterior.

2.1 OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS E O SEU TRATAMENTO PARA AS CIÊNCIAS DA NATUREZA - BIOLOGIA

Falar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências implica também conhecer as mudanças nos modelos educacionais ao longo de décadas. Passamos por diferentes formas de pensar o currículo, incluindo o ensino tecnicista, já superado, no qual os conteúdos tinham a intenção de preparar mão de obra especializada para a indústria em franca expansão, e convergindo para a formação cidadã do sujeito. A LDB, no seu Art. 35, se refere às finalidades do Ensino Médio:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupações ou aperfeiçoamentos posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, p.13,14).

Assim o Ensino Médio deveria objetivar a preparação básica para o trabalho, a cidadania, além de propiciar para que o sujeito continuasse aprendendo e desenvolvendo a capacidade de se adaptar às novas alterações da sociedade: a formação humana em sua totalidade. Para que isto ocorra, esta formação deverá integrar ciência, cultura, humanismo e tecnologia. De acordo com os PCN, na sociedade atual o crescimento constante do volume de informações produzido pelas

novas tecnologias coloca novos parâmetros para a formação do cidadão, concluindo que “não se trata mais de acumular conhecimentos” (BRASIL, 1998, p. 3).

Sem dúvida, as mudanças ocorridas nesta etapa estavam vinculadas a um novo modelo de sociedade que se instaurava naquele contexto. O desenvolvimento científico e tecnológico das últimas décadas transformou a vida social e causou profundas alterações no processo produtivo. A sociedade contemporânea aponta para a exigência de uma educação diferenciada, uma vez que a tecnologia está impregnada nas diferentes esferas da vida social (Domingues, Toschi, Oliveira, 2000).

Assim, os documentos oficiais definem os novos rumos e objetivos a serem trabalhados no cotidiano escolar: o que ensinar, para quem ensinar, como ensinar, quais metodologias, quais conteúdos, como avaliar, entre outros. E a nova proposta de EM, segundo os PCN, coloca os conteúdos como meios de se desenvolverem competências e habilidades que garantam ao estudante condições para exercerem seu potencial no mundo do trabalho e como cidadãos (BRASIL, 1998). Assim:

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico (BRASIL, 1998, p. 6).

Estas mudanças estão em consonância com a complexidade do mundo atual, que exige do estudante mais do que o conhecimento dos conteúdos. É preciso saber operacionalizá-los, relacioná-los, mobilizá-los em situações do dia a dia. A construção das competências básicas - aprender a ser, a fazer, a conviver e a conhecer se dá em cada área e disciplina, segundo as especificidades de cada uma. Os PCN referem que esta proposta não deve delimitar os conhecimentos, contudo ela precisa “dar significado ao aprendizado, desde seu início, garantindo um diálogo efetivo” (BRASIL, 1998, p.7). Frente a isto, é necessário e possível transcender a prática imediata e desenvolver conhecimentos de alcance mais “Universal”.

Quanto ao aprendizado disciplinar da Biologia, cujo cenário é a Biosfera, o documento relata que o mesmo é inseparável das demais ciências. “O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente [...]” (BRASIL, 1998, p.10). Este mesmo documento menciona que:

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, 1998, p.19).

Esta forma de visualizar o ensino da Biologia exige alterações no modo de praticar o currículo. O estudante precisa perceber as relações do conhecimento historicamente acumulado com seu cotidiano e as alterações que provoca em seu meio “...muitas vezes tendo que abandonar práticas e visões de mundo ultrapassadas e valorizar práticas e conceitos que integram as ciências; formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais...” (BRASIL, 1998, p. 12). Visando a uma abordagem interdisciplinar, as competências e habilidades propostas por esse documento são: **representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural.**

Na **representação e comunicação**, o estudante deverá, durante o EM, apreender entre outros a ler, interpretar e produzir textos de interesse científico e tecnológico, incluindo: tabelas, gráficos, expressões matemáticas e outros. Também deverá estar capacitado para: manifestar oralmente clareza, formular dúvidas ou apresentar conclusões e utilizar as tecnologias básicas de redação e informação, como computadores. Deste modo, ao final do EM, na disciplina de Biologia, deverá estar apto a:

- Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
- Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
- Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc.

- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.
- Expressar dúvidas, ideias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos (BRASIL, 1998, p. 21).

Na **investigação e compreensão**, o estudante deverá, ao longo do EM, desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Deverá também desenvolver, entre outros, o raciocínio, a capacidade de aprender, formular questões, modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais, bem como formular hipóteses, prever resultados, interpretar e criticar resultados. A proposta em relação à investigação e compreensão é que o estudante, ao sair do EM, consiga:

- Relacionar fenômenos, fatos, processos e ideias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
- Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
- Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.
- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa) (BRASIL, 1998, p. 21).

Na **contextualização sociocultural**, o estudante deverá, durante o EM, adquirir conhecimentos como: diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais, reconhecer o sentido histórico da Ciência e da tecnologia, perceber seu papel na vida humana e na transformação o meio, compreender as Ciências como construções humanas, entendendo a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o social, entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais no seu cotidiano, nos processos de produção e na vida em sociedade. Busca-se a que o estudante, durante o EM, na disciplina de Biologia, consiga:

- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento Sustentável (BRASIL, 1998, p.13).

2.2 OS PCN+ E O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA- BIOLOGIA

Os PCN +, em consonância com os PCN, continuam a abordar a definição da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias como uma área do conhecimento. Este documento, além de apresentar os objetivos da disciplina neste nível, apresenta objetivos educacionais que organizam o aprendizado nas escolas do Ensino Médio em termos de conjuntos de competências. Também reforçam a ideia de que as competências a serem atingidas devam ser: “representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural, (BRASIL, 2002, p. 20).

Neste contexto, para que os objetivos possam ser atingidos, o documento se norteia pela contextualização, interdisciplinaridade, flexibilidade no ensino e na autonomia.

Os objetivos da nova educação pretendida são certamente mais amplos do que os do velho projeto pedagógico. Antes se desejava transmitir conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos estanques; agora se deseja promover competências gerais, que articulem conhecimentos disciplinares ou não. Essas competências dependem da compreensão de processos e do desenvolvimento de linguagens, a cargo das disciplinas, e estas devem, por sua vez, ser tratadas como campos dinâmicos de conhecimento e de interesses, e não como listas de saberes oficiais (BRASIL, 2002, p. 12).

A construção de competências dependente do desenvolvimento de conteúdos nas salas de aula. Os conteúdos, tratados de modo a integrar vários saberes, que possuem uma ligação intrínseca, podem se comunicar e produzir um conhecimento mais profundo. Para que isto ocorra, é necessário um diálogo entre os saberes que

vem sendo expostos de forma fragmentada na escola. Nessa perspectiva, a interdisciplinaridade propõe um contato entre os saberes de diversas disciplinas em favor de uma compreensão mais integrada.

Na proposta dos PCN não se quer desfazer das disciplinas. “É preciso reconhecer o caráter disciplinar do conhecimento e, ao mesmo tempo, orientar e organizar o aprendizado, de forma que cada disciplina, na especificidade de seu ensino, possa desenvolver competências gerais” (BRASIL, 2002, p.12). O mesmo documento afirma que a interdisciplinaridade como processo de ensino possui mais facilidades quando ocorre em áreas do conhecimento que são próximas “Aparentemente, seria bem mais fácil estabelecer uma articulação entre as disciplinas de uma mesma área do que entre as de áreas diferentes, pois há elementos de identidade e proximidade no interior de cada área” (BRASIL, 2002, p. 18).

Para que a interdisciplinaridade seja efetiva é necessário encontrar temas ou assuntos que estejam em consonância com as disciplinas a serem trabalhadas. “Em seguida, a partir desses pontos, é preciso estabelecer as pontes e o trânsito entre as disciplinas, que nem sempre interligarão todas elas da mesma forma [...]” (BRASIL 2002, p. 19).

2.3 AS DIRETRIZES CURRICULARES NO ESTADO DO PARANÁ E SEU TRATAMENTO PARA AS CIÊNCIAS DA NATUREZA

Segundo Davanço (2008), em 1995, a Secretaria de Estado da Educação do Paraná iniciou os trabalhos que culminaram no PROEM – Programa de Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio do Paraná. Este programa é anterior à Lei de Diretrizes e Bases da Educação, que ainda estava em trâmite no Congresso Nacional. O PROEM estabeleceu que na elaboração dos conteúdos devesse ser contemplada uma “concepção de ensino onde a interdisciplinaridade será privilegiada, o que pressupõe novas formas de organização do conhecimento, adequada às exigências requeridas atualmente para a formação do cidadão” (PARANÁ, 1996, p. 26).

A LDB foi promulgada defendendo que “a Estética da Sensibilidade; a Política da Igualdade; a Ética da Identidade” deveriam ser os princípios e valores a orientar as propostas pedagógicas das instituições. A Secretaria de Estado da Educação do Paraná, por sua vez, defendia pela Instrução nº. 01/98, que a organização do currículo do Ensino Médio teria como linha norteadora “os princípios pedagógicos da Identidade, Diversidade, Autonomia, Interdisciplinaridade e Contextualização” (PARANÁ, 1998). Ainda neste documento argumentava-se que os princípios de “Identidade, Diversidade e Autonomia” referem-se à organização da escola, considerando a comunidade onde está inserida. Enquanto os princípios da “Interdisciplinaridade e Contextualização” deveriam, por sua vez, incidir sobre o currículo, convertendo-se em eixos a serem seguidos para sua elaboração, sendo que as disciplinas, neste novo currículo, passariam a ser organizadas segundo as três grandes áreas do conhecimento, esboçadas pelo PROEM¹ e depois prescritas pela Instrução nº. 01/98, quais sejam: Linguagens e Códigos e Suas Tecnologias; Ciências da Natureza e Matemática e Suas Tecnologias; e Ciências Humanas e Suas Tecnologias (PARANÁ, 1998).

Davanço (2008) ainda afirma que este documento defendia que o estudante deveria atingir competências e habilidades próprias para atuação social. O currículo deveria ser organizado tendo como foco não mais os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, mas sim as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos, o que sugere que nem todos os conteúdos precisariam ser contemplados. O termo competências, originado no interior dos processos de trabalho, ao invadir os processos pedagógicos escolares, tem como compromisso adequar o sistema educacional às exigências de produtividade, competitividade e inovação tecnológica do sistema produtivo. Segundo Kuenzer (2002), esse processo pedagógico cumpre a função de impor a ideologia dominante e sua concepção de mundo. O conceito de competências, ao ser levado para a escola, impacta imediatamente no currículo, pois este deve ser reformulado para cumprir esta meta. Assim, Davanço (2008) elabora uma crítica à proposta que, de certa forma, negligência as disciplinas e os conteúdos, promovendo um esvaziamento de conteúdos formais e limitando o acesso da cultura formal através da escola.

¹ O PROEM teve sua vigência durante os anos de 1996 a 2002.

Na gestão do governador Roberto Requião (2002-2006), houve uma contraposição àquela forma de pensar a educação. A pedagogia das competências foi suprimida formalmente da Secretaria de Educação (SEED-PR), de forma que um novo currículo básico passou a ser construído. Segundo documentos da SEED-PR, a reforma curricular foi organizada em fases (PARANÁ, 2008):

A 1ª fase, ocorrida em 2003, foi à discussão e levantamento da situação concreta das diretrizes curriculares da Rede Estadual de Ensino do Paraná, a partir de seminários promovidos pela SUED/SEED, acrescida da produção de documentos referenciais [...]. Na 2ª fase, ocorrida em 2003 e 2004, discutiram-se propostas pedagógicas das áreas de ensino, por meio de diversos cursos, eventos e reuniões técnicas que passaram a analisar com o coletivo dos professores os desafios curriculares para as áreas de ensino de todos os níveis e modalidades de ensino e dos cursos específicos da Educação Profissional [...]. Concomitantemente, vem a 3ª fase, ainda em 2004 e na continuidade de 2005, com um processo coletivo de reformulação curricular, a partir das bases escolares, em que o protagonista das reflexões e encaminhamentos é o próprio professor da rede estadual [...]. A 4ª fase, que se iniciou em 2004, constituiu-se na sistematização das propostas curriculares por disciplina, níveis e modalidades de ensino [...]. Em paralelo à discussão curricular, elaboração, efetivação e avaliação do Projeto Político Pedagógico das Escolas da Rede Pública de Ensino do Paraná [...]. Por fim, a 6ª fase, permanente e contínua, é a de avaliação e acompanhamento das propostas (PARANÁ, 2005, p. 5-7).

Durante os anos de 2004, 2005 e 2006, a Secretaria de Estado da Educação do Paraná promoveu vários encontros, simpósios e semanas de estudos pedagógicos para a elaboração dos textos das futuras Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE-PR), tanto dos níveis e modalidades de ensino, quanto das disciplinas da educação Básica. Em 2007 e 2008 as DCE passaram por leituras críticas de especialistas nas diversas disciplinas e em história da educação. As DCE foram estruturadas na seguinte ordem: sobre a educação básica; histórico sobre a disciplina; e fundamentos históricos metodológicos e os conteúdos estruturantes por disciplinas. Segue um apanhado das DCE-PR de Biologia, refletindo sobre os itens listados acima.

2.4 ORIENTAÇÕES PARA DISCIPLINA DE BIOLOGIA NO PARANÁ

As práticas em relação à educação pública, em vigor no estado do Paraná, segundo as DCE (2008) compreende que o estudante é um sujeito fruto de seu tempo histórico, das relações sociais em que está inserido e que sua atuação no

mundo é intrínseca à educação formal que recebe. Assim, o conhecimento proposto em sala de aula deve contribuir para a formação holística do ser humano.

Nesta concepção de mundo e de currículo, o conhecimento produzido pela humanidade deverá ser estudado por meio das disciplinas escolares. Este parecer assume que a melhor forma de atingir a formação pretendida é pela via de um currículo disciplinar, pois, para muitos, a escola será a única forma de acesso ao mundo letrado, ao conhecimento científico, à reflexão filosófica e do contato com a arte (PARANÁ, 2008). Neste modelo, os conteúdos das disciplinas devem ser tratados pelos educadores de modo contextualizado e estabelecendo relações interdisciplinares entre eles.

Neste documento, existe uma crítica a currículos que sejam vinculados ao academicismo e ao cientificismo, e somente vinculados às subjetividades e experiências vividas pelo aluno.

No currículo vinculado ao academicismo e ao cientificismo, a disciplina escolar é vista como decorrente da ciência e da aplicabilidade do método científico como método de ensino. As disciplinas escolares são vista como ramificação do saber especializado, o que a torna refém da fragmentação do conhecimento. Em consequência disso, as matérias não dialogam entre si e, por isso mesmo são fechadas em seus redutos e perdem a dimensão da totalidade, enfraquecendo-se e distanciando a possibilidade de se constituir uma perspectiva crítica de educação, uma vez que passam a considerar os conteúdos escolares tão somente como resumo do saber culto e elaborado sob a formalização das diferentes cadeiras (PARANÁ, 2008).

Com respeito à ideia de currículo vinculado às subjetividades e experiências vividas pelo aluno, sob inspiração dos Parâmetros Curriculares Nacionais, “as críticas a esse tipo de currículo referem-se a uma concepção curricular que se fundamenta nas necessidades de desenvolvimento pessoal do indivíduo, em prejuízo da aprendizagem dos conhecimentos histórica e socialmente construídos pela humanidade” (PARANÁ, 2008, p. 18). Além destas críticas, pressupõe-se que este tipo de currículo reduz a escola a uma instituição socializadora, destacando os processos psicológicos dos alunos e colocando os interesses sociais e os conhecimentos específicos das disciplinas em segundo plano.

Os documentos vigentes à secretaria de Educação do estado do Paraná defende, portanto, o currículo “como configurador da prática, produto de ampla discussão entre os sujeitos da educação, fundamentado nas teorias críticas e com organização disciplinar” (PARANÁ, 2008, p.19). Nesta perspectiva, compreende-se a especificidade das disciplinas, indispensáveis no processo de socialização e sistematização dos conhecimentos. No entanto, é ressaltada a importância de práticas interdisciplinares na valorização e no aprofundamento dos conhecimentos nas diferentes disciplinas. Assim, afirma-se que as relações interdisciplinares acontecem quando:

[...] conceitos, teorias ou práticas de uma disciplina são chamados à discussão e auxiliam a compreensão de um recorte de conteúdo qualquer de outra disciplina; ao tratar do objeto de estudo de uma disciplina, buscam-se nos quadros conceituais de outras disciplinas referenciais teóricos que possibilitem uma abordagem mais abrangente desse objeto (PARANÁ, 2008, p. 27).

No ensino dos conteúdos de certa disciplina, muitas vezes, aparecem insuficiências para a compreensão de um conceito ou mesmo de um fenômeno, logo, uma abordagem estritamente disciplinar pode limitar um real aprofundamento sobre os mesmos. Assim, a interdisciplinaridade “é uma questão epistemológica e está na abordagem teórica e conceitual dada ao conteúdo em estudo, concretizando-se na articulação das disciplinas cujos conceitos, teorias e práticas enriquecem a compreensão desse conteúdo” (PARANÁ, 2008, p. 27).

A contextualização está intimamente relacionada com a interdisciplinaridade, como é afirmado nas DCE- PR:

A interdisciplinaridade está relacionada ao conceito de contextualização sócio histórica como princípio integrador do currículo. Isto porque ambas propõem uma articulação que vá além dos limites cognitivos próprios das disciplinas escolares, sem, no entanto, recair no relativismo epistemológico (PARANÁ. 208, p. 28).

O conceito de contextualização, nesta concepção que se fundamenta em uma teoria crítica do conhecimento, busca a formação de sujeitos históricos que, ao se apropriarem do conhecimento historicamente produzido, compreendem que as

estruturas sociais são históricas, contraditórias e abertas. Neste processo, possibilita-se apreender que as inconsistências e as contradições presentes nas estruturas sociais são um processo de luta política em que estes sujeitos constroem sentidos múltiplos em relação a um objeto, a um acontecimento, a um significado ou a um fenômeno: “contexto não é apenas o entorno contemporâneo e espacial de um objeto ou fato, mas é um elemento fundamental das estruturas sócio históricas” (PARANÁ, 2008, p. 30).

Na proposta das DCE-PR busca-se evitar o esvaziamento dos conteúdos formais nas disciplinas - problema que acometeria os PCN. Assim, são propostos temas geradores, ou a criação de subsistemas onde possa ser identificados marcos conceituais da construção do pensamento científico. Estes marcos foram adotados como critérios para escolha dos **conteúdos estruturantes** e dos encaminhamentos metodológicos.

2.4.1 Os conteúdos estruturantes

Segundo Andery (1988 apud PARANÁ, 2008, p.50) “a construção científica da Biologia deve ser entendida como processo de produção do próprio desenvolvimento humano. ”A busca por entender e explicar os fenômenos naturais levou à construção de hipóteses e propostas de explicações dos mesmos. As explicações elaboradas cientificamente, por sua vez, são influenciadas pela produção histórica da humanidade.

Ao se tomar como referência a concepção de natureza do conhecimento científico proposta por Kuhn (2005), foram identificadas crises e rupturas no processo de construção do conhecimento biológico, ocorridos nos diferentes momentos históricos e seus respectivos contextos sociais, políticos, econômicos e culturais (KNELLER, 1980 *apud* PARANÁ, 2008, p. 55).

Os padrões do pensamento biológico identificados compõem os chamados conteúdos estruturantes para a disciplina de Biologia, a partir dos quais abordam-se os conteúdos básicos e específicos.

Conteúdos estruturantes são os saberes, conhecimentos de grande amplitude, que identificam e organizam os campos de estudo de uma disciplina escolar, considerados fundamentais para as abordagens pedagógicas dos conteúdos específicos e consequente compreensão de seu objeto de estudo e ensino. (PARANÁ, 2008, p. 55).

A metodologia de ensino da Biologia, nessa concepção, envolve um conjunto de processos organizados e integrados, dentre os quais, destacam-se: as aulas experimentais e momentos de reflexão teórica com base na exposição dialogada.

As aulas, desta forma, não são apenas experimentais ou apenas teóricas, mas pensadas de modo a assegurar a relação interativa entre o professor e o aluno, ambos tendo espaço para expor suas explicações, refletir a respeito das implicações de seus pressupostos e revê-los à luz das evidências científicas. (PARANÁ, 2008, p. 53, 54).

Os conteúdos estruturantes estão assim definidos: Organização dos Seres Vivos; Mecanismos Biológicos; Biodiversidade; Manipulação Genética. A proposta dos mesmos não é neutra, pois está explícita a prerrogativa de que se perceba sua historicidade e seu caráter transitório.

A disciplina de Biologia deve ser capaz de relacionar diversos conhecimentos próprios de seu estudo com outras áreas do conhecimento, priorizando a formação de conceitos científicos, incluindo a possibilidade da mudança nos mesmos. Os conteúdos estruturantes, por sua vez, devem ser interdependentes, não devem ser seriados, nem hierarquizados.

Os conteúdos estruturantes das Ciências da Natureza, segundo (PARANÁ, 2008) de Biologia, Química e Física foram definidos em diretrizes próprias para cada disciplina e são mencionados no Quadro 1, face ao trabalho interdisciplinar que motiva o presente trabalho.

BIOLOGIA	FÍSICA	QUÍMICA
Organização dos Seres Vivos	Movimento	Matéria e sua natureza
Mecanismos Biológicos	Termodinâmica	Biogeoquímica
Biodiversidade	Eletromagnetismo	Química sintética
Manipulação Genética		

Quadro 1 - Conteúdos Estruturantes das Ciências Naturais segundo as DCES-PR (2008)
Fonte: Paraná (2008)

É interessante notar que todos estes conteúdos estruturantes apresentam, em maior ou menor grau, inter-relações com o conceito de energia. Na Biologia, a Organização dos Seres Vivos, por exemplo, pode ser compreendida em função da disponibilidade de energia nos ecossistemas. A Biodiversidade, por sua vez, relaciona-se diretamente com a energia disponível para a manutenção e a reprodução. A biogeoquímica, conteúdo estruturante de Química, também corresponde a conteúdo específico da Biologia que se relaciona ao assunto energia. No caso da Termodinâmica, conteúdo estruturante da Física também existe ligações com o conceito de energia e implicações nos sistemas biológicos. Assim, percebe-se a interação dos conteúdos das Ciências da Natureza e, além disso, abre-se a perspectiva de que os fenômenos naturais, para serem compreendidos de forma plena, necessitam um olhar que permeie as várias abordagens disciplinares, por meio da interdisciplinaridade. Neste contexto, o conceito de energia permite favorecer este olhar, tendo em vista diferentes enfoques. No próximo capítulo, busca-se mostrar a necessidade de uma abordagem menos fragmentada dos conteúdos, o que se encontra no escopo da interdisciplinaridade.

3. A INTERDISCIPLINARIDADE E SUAS RAZÕES

Uma das funções da escola é habilitar o indivíduo para a vida em sociedade, por meio das disciplinas ministradas em sua grade curricular. As Ciências da Natureza, Biologia, Química e Física, são de importância vital para uma compressão do mundo que se transforma muito rápido do ponto de vista científico e tecnológico.

No cotidiano escolar, presenciamos a necessidade de uma mudança na forma tradicional do Ensino de Ciências. O conhecimento está excessivamente fragmentado e os saberes historicamente adquiridos se compartimentaram em disciplinas que já não dão conta de formar um cidadão crítico, atuante e, ao mesmo tempo, apto para o mundo do trabalho.

O saber dividido em disciplinas trata os conhecimentos de forma específica e em partes, com foco restrito naquela área de conhecimento. A aprendizagem, neste contexto, é linear, não permitindo reflexões amplas que articulam as temáticas da sala de aula e a realidade vivida pelos estudantes. Este modelo contribui para fomentar a alienação e a desmotivação dos alunos, que não se percebem, por exemplo, como parte dos fenômenos naturais. Portanto, eles não são estimulados a criticar as informações e/ou o conhecimento que chega a eles. Esta forma habitual de educação também sufoca a criatividade e a conexão entre as disciplinas. Esta crítica é corroborada por Freire (1987), que buscava uma educação voltada à transformação do sujeito, o qual deveria compreender a realidade de forma crítica. Para isto, a educação deveria estar ligada ao conhecimento crítico da totalidade e do contexto.

[...] faltando aos homens uma compreensão crítica da totalidade em que estão, captando-a em pedaços nos quais não reconhecem a interação constituinte da mesma totalidade, não podem conhecê-la. E não o podem porque, para conhecê-la, seria necessário partir do ponto inverso. Isto é, lhes seria indispensável ter antes a visão totalizada do contexto para, em seguida, separarem ou isolarem os elementos ou as parcialidades do contexto, através de cuja cisão voltaria com mais clareza à totalidade analisada (FREIRE, 1987, p. 55).

Portanto, numa perspectiva freiriana busca-se caminhos que nos permitam uma educação crítica, formadora e emancipadora. Assim, este projeto procura propor um modelo de ação didático-metodológica efetivamente integradora entre

disciplinas na sala de aula. Na nossa interpretação de interdisciplinaridade, buscou-se divergências e convergências de estudos sobre o tema. Em síntese, abordamos três pontos de vista, a saber: a criação das ciências disciplinares e a fragmentação do conhecimento; a visão de interdisciplinaridade na prática escolar; e uma proposta de integração das ciências naturais.

3.1 A CRIAÇÃO DAS CIÊNCIAS DISCIPLINARES E A FRAGMENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

As Ciências Naturais surgiram como ciência única na antiguidade. Na Grécia Antiga, ocorreram os primeiros estudos "científicos" sobre os fenômenos da natureza. Passaram a existir os "filósofos naturais", interessados em explicar a natureza e os fenômenos sem recorrer à interferência de seres divinos. Desde os primórdios da história, o homem vem acumulando conhecimentos sobre as manifestações da natureza que hoje são domínios das ciências físicas, químicas e biológicas.

Esses conhecimentos foram aumentando e diversificando, desvelando os percursos da construção dos saberes em suas lógicas internas, sendo que as divergências surgem no que tange ao objeto de estudo, ao método e aos instrumentos utilizados para explicação dos saberes. Assim, a necessidade de criação de disciplinas foi inerente a este processo, pois, como afirma Gerard Fourez na base de cada disciplina científica existe: “um certo número de regras, princípios, estruturas mentais, instrumentos, normas culturais e/ou práticas, que organizamos muito antes de seu estudo mais aprofundado” (FOUREZ, 1995, p.105). Fazendo-se necessária a criação de disciplinas pela especificidade de cada conhecimento “a divisão do trabalho epistemológico acelera-se no decurso do século XIX; e torna-se uma regra absoluta, imposta pela força das coisas.” (GUSDORF, 2006, p. 44).

Por outro lado, a necessidade de separação das ciências se justifica porque o conhecimento historicamente acumulado não podia mais ser explicado dentro da filosofia de uma ciência única. [...] “uma disciplina científica nasce como uma nova maneira de considerar o mundo e essa nova maneira se estrutura em ressonância com as condições culturais, econômicas e sociais de uma época” (FOUREZ, 1995, p.105).

Este modelo trouxe inegáveis avanços para o conhecimento em geral. As disciplinas especializadas propiciaram um caminho fundamental para este avanço, desdobrando-se cada vez mais e dividindo o conhecimento mais dentro de áreas e subáreas, provocando, muitas vezes, uma perda da noção do todo. “Desde meados do século XIX até nossos dias a divisão torna-se fragmentação e conduz a uma verdadeira dispersão” (GUSDORF, 2006. p.45.).

Essa especialização como norma da criação científica, por sua vez, faz emergir um novo modelo, como crítica à especialização. Surgem, então, movimentos de aproximação, de colaboração e troca entre os saberes científicos. Edgar Morin afirma:

É necessário reconhecer a história oficial da ciência como marcada pela criação e desenvolvimento de disciplinas, mas também que uma outra história se estruturou como inseparável: a constituição dos movimentos interdisciplinares (MORIN, 1994, p. 35).

Uma disciplina se fundamenta, assim, em linguagens e metodologias próprias e, muitas vezes, este modelo dificulta o diálogo entre as disciplinas. John Dewey alerta que: “em grande medida, aqueles que se dedicam aos vários ramos da ciência falam linguagens diferentes e não se percebem uns aos outros” (DEWEY, 2006. p. 74). As linguagens especializadas dificultam a comunicação porque cada um, só enxerga os problemas e soluções em seu próprio domínio. Há uma preocupação em examinar os pormenores de cada área, sem uma preocupação correspondente com o significado em outros domínios, sobre o que Edgar Morin (1994) aponta que esta forma de isolamento tende a gerar, no interior de uma área, uma rigidez que produz ideais estáticos e egoístas. Gusdorf (2006) também faz uma crítica a este tipo de conhecimento fragmentado do saber: “Ciência e sabedoria, outrora unidas, dissociam-se a ponto de a especialização aparecer como uma das formas mais eficazes de alienação mental e moral” (GUSDORF, 2006. p.146).

Esta crítica à especialização é vasta e sempre faz alusão a um conhecimento vago e sem valoração humana e social:

Dantes os homens podiam facilmente dividir-se em ignorantes e sábios, em mais ou menos sábios ou mais ou menos ignorantes. Mas o especialista

não pode ser subsumido por nenhuma destas duas categorias. Não é um sábio porque ignora formalmente tudo quanto não entra na sua especialidade; mas também não é um ignorante porque é um homem de ciência e conhece muito bem a pequeníssima parcela do universo em que trabalha. Teremos de dizer que é um sábio-ignorante – coisa extremamente grave - pois significa que é um senhor que se comportará em todas as questões que ignora, não como um ignorante, mas com toda a petulância de quem, na sua especialidade, é um sábio.(ORTEGA Y GASSET *apud* POMBO, 2008, p. 10-11).

Na busca de responder às preocupações anteriormente citadas, a interdisciplinaridade surge como uma proposta de compreensão que abrange diversos aspectos de natureza educativa, científica, tecnológica, política, social, ambiental e econômica. Não se trata de uma proposta nova dado que, na década de 1960, Georges Gusdor (1961) já a defendia, apresentando projeto à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). No Brasil, despontavam autores como Hilton Japiassu (1976) e Ivani Fazenda (1979), na década de 1970. Estes autores têm posições que não são idênticas, no entanto, corroboram em vários pontos. Hilton Japiassu relata que a interdisciplinaridade vem “contra um saber fragmentado, de migalhas, pulverizado numa multiplicidade crescente de especialidades, em que cada um se fecha como que para fugir ao verdadeiro conhecimento” (JAPIASSU, 1976, p. 43). Ivani Fazenda (1995) afirma “uma relação de reciprocidade, de mutualidade, ou melhor dizendo, um regime de co propriedade que iria possibilitar o diálogo entre os interessados. Não é categoria de conhecimento, mas de ação” (FAZENDA, 1995, p. 89).

Apesar de haver uma multiplicidade de enfoques, a palavra interdisciplinaridade possui um significado que pode ser assim sintetizado:

No termo Interdisciplinaridade, do inglês ou do francês, ou interdisciplinaridade do espanhol, tem: inter = prefixo latino que significa posição ou ação intermediária, reciprocidade, interação; disciplina = núcleo do termo; epistem é = funcionamento duma organização, e, dade= idade, sufixo latino com sentido de ação, resultado de ação ou qualidade (FRANCISCHETT, 2005, p. 4).

Considerando a descrição acima, há ainda algumas dificuldades para elucidar o termo. Olga Pombo (2008) relata que a primeira dificuldade seria determinar o que é disciplina, pois “esse comum radical, ao invés de funcionar como elemento de aproximação, constitui um novo procedimento de dispersão de sentido”. A autora

relata que “disciplina” pode ter no mínimo três significados a saber: a) disciplina como ramo do saber: a Matemática, a Física, a Biologia, a Sociologia ou a Psicologia; b) disciplina como componente curricular: Ciências da Natureza, Cristalografia, Química Inorgânica, etc.; c) disciplina como conjunto de normas ou leis que regulam uma determinada atividade ou o comportamento de um determinado grupo: a disciplina militar, a disciplina automobilística ou a disciplina escolar etc. Existindo, portanto, uma gama de usos do conceito, o que dificulta ainda mais seu entendimento. Constatada esta dificuldade etimológica, “contudo, para lá de todas as diferenças e disparidades, a interdisciplinaridade é uma palavra que persiste, resiste, reaparece” (POMBO, 2008, p. 15). É a atividade interdisciplinar surge em decorrência da própria especialização - construída para o avanço científico e para o bem da humanidade - que, no entanto, na atualidade, devasta o conhecimento plural.

A ciência, como sabemos, começou por ser uma tarefa democrática, nascida na cidade grega, na praça pública, num lugar de diálogo e discussão, onde era possível a argumentação. Ora, a ciência que nasceu nessa situação democrática, visando à racionalidade dos seus resultados e, o mesmo é dizer, a universalidade daqueles que a podiam construir e entender parece encontrar-se absolutamente liquidada nesse objetivo (POMBO, 2008, p. 9).

Na busca de formas de um ensino mais sábio em sua essência, a inteligência interdisciplinar seria, pois, uma epistemologia da complementaridade, recusando todas as epistemologias da dissociação. Neste contexto, o que se procura também são ações e diálogos entre as especialidades, pois o conhecimento não surge da especialização e, sim, as especializações do conhecimento holístico. “A interdisciplinaridade corresponde a uma das estruturas mestras do espaço mental; ela patrocina a função de síntese reguladora da unidade do pensamento” (GUSDORF, 2006, p.14). Se quisermos estabelecer métodos para um conhecimento verdadeiro que permita entendimento do mundo que nos rodeia, a especialização não dará conta do mesmo, “Cada vez mais se admite que, para estudar uma determinada questão do cotidiano, é preciso uma multiplicidade de enfoques. É a isto que se refere o conceito de interdisciplinaridade” (FOUREZ, 1995, p.135). Isto aponta para a importância de propostas que busquem uma maior integração entre

conteúdos, para que o estudante tenha uma visão do todo e posteriormente possa seguir em ramos específicos.

Segundo Piaget (2006, p. 68) “No domínio da construção das estruturas, é essencialmente através de um processo de abstração reflexiva que construímos novas estruturas, retirando os elementos de estrutura mais pobres e inferiores para combiná-los em estruturas alargadas e mais ricas.” Neste contexto, a aprendizagem é um fenómeno complexo e variado, suficientemente importante para gerar todo um esforço para compreendê-lo e agir sobre ele. Segundo Jean Piaget (2006), a aprendizagem é um processo de mudança de comportamento obtido através da experiência cotidiana. Aprender é o resultado da interação entre estruturas mentais e ambiente. Assim, aprendizagem é um processo que envolve mudança de ações e comportamentos frente às experiências do dia a dia, o que fica comprometido frente a uma metodologia constantemente disciplinar. O conhecimento é construído e reconstruído continuamente pelo aluno e faz-se necessário uma abordagem mais integradora, portanto, interdisciplinar.

Portanto, busca-se uma interdisciplinaridade de modo que “Á convergência das epistemologias não será um fruto do acaso; ela só poderá ser realizada com a emergência de uma epistemologia da convergência.” (GUSDORF, 2006. p. 55). Nela, o resultado de experiências ruins das especializações inspira a busca de um conhecimento integrador.

3.2 A VISÃO DE INTERDISCIPLINARIDADE NA PRÁTICA ESCOLAR

Na escola, a interdisciplinaridade surge como intercâmbios entre disciplinas do currículo. O tratamento interdisciplinar não exclui as disciplinas, pois “[...] convém não esquecer que para que haja interdisciplinaridade, é preciso que haja disciplinas” (SANTOMÉ, 1998, p.61). A interdisciplinaridade surge como proposta de nó de significados ao conteúdo escolar, trabalhado de forma disciplinar. Ela procura servir de instrumento para romper a incomunicabilidade das disciplinas:

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenómeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade

tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos (BRASIL, 1999, p. 23).

Autores como Japiassu (1976), Fazenda (1993), Lenoir (1997) e Bochniak (1998) abordam o assunto a partir de enfoques diferentes, contudo, concordam que a interdisciplinaridade busca garantir a construção de um saber globalizante, rompendo com os limites das disciplinas.

A interdisciplinaridade no Brasil é abordada a partir da Lei de Diretrizes e Bases, Nº 5.692/71, da LDB, Nº 9.394/96, e dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Assim, mesmo tendo se tornado cada vez mais presente nas produções científicas, existem muitas dificuldades na prática dos professores, pois os conteúdos são distribuídos de forma fechada e não interdisciplinar, havendo.

[...] a segmentação entre os diferentes campos do conhecimento produzida por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles, questiona a visão compartimentada (disciplinar) da realidade sobre a qual a escola, tal como é conhecida, historicamente se constitui (BRASIL, 1998, p. 30).

O conceito de interdisciplinaridade sugere, portanto, habilidade de dialogar com diversas áreas, consiste em criar conexões para ligar as fronteiras das disciplinas, fazendo entender o conhecimento como um só. Pode-se dizer que a interdisciplinaridade é um meio para que o educando construa seu próprio conhecimento. Para Fazenda (1994), a interdisciplinaridade tem como função integrar os saberes disciplinares e não eliminá-los. Não se trata de unir as disciplinas, mas é diminuir os efeitos negativos da fragmentação do conhecimento. Os PCN+ corroboram com essa ideia:

Ainda que as disciplinas não sejam sacrários imutáveis do saber, não haveria nenhum interesse em redefini-las ou fundi-las para objetivos educacionais. É preciso reconhecer o caráter disciplinar do conhecimento e, ao mesmo tempo, orientar e organizar o aprendizado, de forma que cada disciplina, na especificidade de seu ensino, possa desenvolver competências gerais (BRASIL, 2002, p.16).

Assim, entendemos aqui a interdisciplinaridade como uma ferramenta que propicia as conexões e os diálogos entre os conteúdos de diversas disciplinas. Como alternativa articuladora do trabalho, uma opção possível se baseia na abordagem de **temas significativos**.

3.3 UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DAS CIÊNCIAS NATURAIS

Uma das formas segundo a qual procuramos entender a interdisciplinaridade surge das relações de interdependências e de conexões recíprocas entre as disciplinas. Isto sugere uma articulação, cooperação e intercâmbios de ações disciplinares que vislumbram interesses comuns para enriquecimentos mútuos, pois, “[...] a exigência interdisciplinar se manifesta desde as origens da ciência moderna, como a necessidade sentida de uma compreensão em face de fragmentação inexorável do horizonte do saber” (GUSDORF, 2006. p. 4). Portanto, ganha corpo a noção de que uma compreensão ampla dos fenômenos naturais necessita que se lance mão de uma abordagem pelo olhar de várias disciplinas do currículo.

Biologia, Química e Física apresentam aproximações e distanciamentos, pois seus domínios de estudo muitas vezes possuem pontos comuns, havendo conceitos e fenômenos que fazem a intersecção entre elas. “Por isso, o tipo de categorias a que pertencem os fenômenos observáveis dependentes do domínio de estudo determinará o nível categorial de integração teórica dos conceitos fundamentais e unificadores” (HECKBAUSEN, 2006, p. 81). Assim, os limites observados no interior de algumas disciplinas apontam para a necessidade de correlação, então, procurar noutras disciplinas próximas ideias ou métodos renovados, pode servir para o propósito desta unificação.

A interdisciplinaridade unificada, segundo Heinz Heckbausen (2006), verifica-se numa coerência estreita dos domínios de estudo das disciplinas. A coerência se deve à integração teórica e dos métodos das disciplinas. Japiassu (1976) afirma que:

[...] podemos retomar essa distinção ao fixarmos as exigências do conhecimento interdisciplinar para além do simples monólogo de especialistas ou do ‘diálogo paralelo’ entre dois dentre eles, pertencendo a disciplinas vizinhas. Ora, o espaço interdisciplinar, quer dizer, seu verdadeiro horizonte epistemológico, não pode ser outro senão o campo

unitário do conhecimento. Jamais esse espaço poderá ser constituído pela simples adição de todas as especialidades nem tampouco por uma síntese de ordem filosófica dos saberes especializados. O fundamento do espaço interdisciplinar deverá ser procurado na negação e na superação das fronteiras disciplinares (JAPIASSÚ, 1976, p. 74-75).

No Brasil, Delizoicov e Angotti, na década de 1990, influenciados por Paulo Freire e Thomas Kuhn, avançaram em propostas unificadoras dos conteúdos nas CN, tendo em vista o Ensino de Ciências. A este respeito, José Augusto de Carvalho Mendes Sobrinho relata que:

Kuhn apresenta-se como um dos formuladores da teoria que considera a Ciência como um produto coletivo, desenvolvendo-se de maneira não linear. Estes aspectos são utilizados por Angotti (1991) e Delizoicov (1991) para a formulação de alternativas para o ensino de Ciências Naturais em consonância com a concepção freiriana de educação (MENDES SOBRINHO, 199, p. 153).

Inspirado por uma educação com propósitos freirianos, Delizoicov (1991) propõe um modelo didático-pedagógico para o Ensino de Ciências. Suas preocupações eram relativas aos intercâmbios desejáveis entre disciplinas, e sua análise do processo continuidade-ruptura-continuidade apontou para metodologias com o objetivo de transcender o limitado senso comum para a formação do pensamento científico. Em sua tese de doutorado, Demétrio Delizoicov estabelece interlocuções entre Thomas Kuhn, Jean Piaget e Paulo Freire, argumentando sobre as possibilidades da integração das idéias destes pensadores no campo de pesquisa em Ensino de Ciências:

[...] A primeira, em relação ao conhecimento; todos os três têm como pressuposto que o conhecimento se dá na interação sujeito-objeto, que não são neutros. A Segunda tem como pressuposto a não linearidade na construção do conhecimento. [...] Essas duas características são as âncoras que possibilitam transcender os pressupostos de cada um dos modelos para um âmbito que nenhum deles tem como seu objeto, qual seja o do ensino-aprendizagem de Ciências na educação escolar. O uso e as transposições desses modelos são uma das tarefas específicas da pesquisa e dos pesquisadores do ensino de Ciências. O sujeito cognoscente freiriano, que é ontológico; um ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres, portanto, uma categoria, mais que psicológica filosófica. O recorte psicológico cognitivo desse ontológico foi dado pelo modelo piagetiano, que pressupõe a universalidade das estruturas mentais, enquanto possibilidades. O recorte para a análise da

formação da 'estrutura teórica do pensamento científico' do sujeito ontológico de Freire e epistêmico de Piaget foi dado pelo modelo kuhniano (DELIZOICOV, 1996, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998. p. 154).

Esta nova proposta de prática educativa deverá desenvolver-se a partir de interações que contemplem o conhecimento científico. Delizoicov (1996) propõe, então, a “dialogicidade tradutora” de conceitos. “Esta dialogicidade tradutora implica em um processo para acessar o conhecimento vulgar do educando, não apenas para saber que ele existe, mas para trabalhá-lo ao longo do processo educativo” (MENDES SOBRINHO, 1998, p. 155), tendo em vista que, nas CN, costuma-se dar múltiplas significações para uma mesma palavra e estas possuem implicações para o ensino de Ciências. Delizoicov (1996) também defende a socialização da cultura científica crítica, histórica e socialmente determinada, tendo em vista a:

[...] formação do educando durante a educação escolar, visando a sua atuação na sociedade, enquanto cidadão, independentemente da sua profissionalização, na perspectiva de suas transformações [...] Nesse sentido, da mesma forma que as outras áreas, o conhecimento científico que será abordado nas escolas de 1° e 2° graus deverá ter como uma de suas atribuições a de fornecer instrumentos ao educando para a compreensão e atuação na realidade, entendida tanto no contexto das relações sociais que também a determinam, quanto no contexto dos fenômenos naturais e da sociedade tecnológica em que vivemos (DELIZOICOV, 1996, *Apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p. 158).

Um reforço para uma educação crítica seria uma “problematização do próprio conhecimento em sua indiscutível relação com a realidade concreta na qual se gera e sobre a qual se incide, para melhor compreendê-la, explicá-la, transformá-la [...]” (DELIZOICOV, 1996, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998. p. 159). Assim, em seu trabalho sobre ensino-aprendizagem de Ciências há destaque para três pontos fundamentais: a) a formação do educando visando sua inserção crítica e plena na sociedade; b) a dialogicidade tradutora; c) a problematização.

Angotti (1993) apresenta uma abordagem do Ensino de Ciências que engloba aspectos epistemológicos, pedagógicos e com relações tecnológicas. Uma das referências deste autor é Paulo Freire, tendo em vista uma educação dialógica e problematizadora. “A educação problematizadora tem na dialogicidade e na problematização pano de fundo para a abordagem de temas significativos”

(MENDES SOBRINHO, 1998, p.142). Angotti (1993) busca valorizar o estudante no seu contexto, na sua cultura, como também a linguagem deste educando. Assim, propõe o ensino das CN dando ênfase em **conceitos unificadores** supradisciplinares, considerando que:

Neste contexto está muito forte o compromisso de trazermos para o universo cultural o conhecimento em C&T restrito a poucos. Ainda, para as grandes maiorias escolarizadas que não prosseguem estudos ligados a C&T, conceitos unificadores poderão permitir novas entradas e percepções, uma vez que muito mais abertos e relacionais conteúdos (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p. 159).

3.3.1 Conceitos Unificadores

Na busca de superar o caráter puramente disciplinar do entendimento de um fenômeno natural Angotti (1991), propõem que existem conceitos capazes de integrar as ciências, são eles: Transformações, Regularidades, Energia e Escalas.

Com os conceitos unificadores, Angotti (1991) fundamenta a possibilidade de articular e organizar conhecimentos aparentemente distintos em níveis intra e interdisciplinares. Para o autor, conceitos unificadores vinham ao encontro de:

[...] aproximar as várias ciências, mantidos os níveis de cognição preservados. Principalmente, queremos estabelecer vínculos e estreitamentos entre cientistas, professores e currículos; para que se estabeleçam diálogos com estudantes e crianças. Mais ainda, que os 'conteúdos' sejam definidos por TEMAS significativos de amplo alcance e que os conceitos unificadores sejam sistematicamente utilizados para que as transferências ocorram, as desejadas apreensões ocorram, e daí o conhecimento em CN possa a vir a ser instrumento real de exercício para qualquer profissão, atividade da cidadania. Sobretudo, para que o nível de cultura elaborada seja mais partilhado (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p. 163).

Angotti (1991), ao falar das bases teóricas que o levaram à construção dos conceitos unificadores, relata:

Pedagogicamente buscamos conteúdos renovados, a alegria, a passagem do primeiro nível para o segundo de cultura (Snyders, 1988) bem como o enfrentamento da reprodução e da resistência enquanto elementos da categoria da contradição. Os pressupostos da teoria crítica conforme apontado por Giroux (1986) fazem parte do conjunto de bases teóricas onde

se apoiam os conceitos unificadores (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p. 149-150).

Assim, Angotti (1991) propõe que existem quatro conceitos que são unificadores entre as disciplinas de ciências que são: **Transformações** (T), **Regularidades** (R), **Energia** (E) e **Escalas** (ES).

A identificação destes conceitos está norteada por parâmetros epistemológicos e pedagógicos. “Eles podem dirigir as totalidades, sem descaracterizaras necessárias fragmentações.” (ANGOTTI, 1993). Os conceitos unificadores buscam assim a construção de elos entre as CN na procura de um conhecimento crítico das ciências.

Segue uma breve explanação dos quatro conceitos unificadores, segundo José Peres Angotti:

1) Transformações da matéria viva e/ou não viva, no espaço e no tempo. O conceito de transformação é unificador/supradisciplinar porque permeia a atividade em Ciência e Tecnologia em todas as áreas e níveis de atuação em qualquer momento. As transformações de matérias vivas e não vivas podem reduzir distanciamentos ou isolamentos entre a natureza do conhecimento e a didática em sala de aula. Este conceito pode contribuir para a compreensão de diversos aspectos das CN, pois os fenômenos naturais passam por transformações evidentes, facilitando o uso do conceito no desenvolvimento de atividades educativas nos diversos níveis de escolaridade.

2) Regularidades categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e/ou conservações no espaço e no tempo. O autor ao falar deste conceito relata:

O conceito unificador de regularidade é fundamental para a educação científica cultural, pois auxilia a compreensão da semelhança entre as transformações, das repetições, ciclos abertos e fechados, das invariâncias. É preciso enxugar os estudos diversos, identificar o que é comum na aparente diversidade infinita (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p.165).

Este autor também expõe que as Regularidades:

[...] são detectadas pelas comunidades primitivas e iletradas, no movimento das estrelas e planetas, no ciclo das águas, com cheias e secas, nos relógios biológicos, flores e frutos. São inicialmente detectadas na infância, com a 'descoberta' das permanências dos sólidos ao redor. Entre as noções do saber comum e do científico [...] (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p.165).

3- Energia é uma categoria que incorpora as categorias transformações e as regularidades, o seu entendimento das transformações e conservação incorpora a compreensão das transformações e regularidades dando ainda a possibilidade de permear questões de Ciência, Tecnologia e Sociedade. Sem dúvida este é um tema corrente do ensino da Física, da Química e da Biologia a energia dá margem para inúmeras conotações do conteúdo e favorece uma educação crítica.

A utilização sistemática das transformações de energia nos eventos, associada à sua conservação total para sistemas isolados, pode facilitar no ensino de CN a apreensão de unidades de conhecimento. Permite totalizações entre fragmentos dos escopos da Física, Química e Biologia, e de outras ciências congêneres, como Geologia e Astronomia, além de totalizações a nível intradisciplinar (ANGOTTI, 1991, *apud* MENDES SOBRINHO, 1998, p.166).

A utilização de Energia como conceito unificador, conforme argumenta Angotti (1991), “poderá contribuir significativamente para a inserção cultural de C&T em nossa sociedade”. Pois como pensar a sociedade atual sem o conhecimento da transformação e conservação da energia, em uma sociedade tecnológica e na dependência da mesma. José André Peres Angotti (1991), ainda, ao falar do conceito, revela que o mesmo trará conhecimento não só destas questões, mas acerca do universo [...] “Melhor para os educandos, que terão chance de alcançar concepções sobre o universo em sua dinâmica” (ANGOTTI, 1991, p. 126-127).

4) Escalas é a categoria que contempla os eventos estudados em distintas dimensões: “sejam ergométricas, macro ou microscópicas, em nível espacial; sejam de durações normais, instantâneas ou remotas, em nível temporal” (ANGOTTI, 1991, p. 126-127). Sua utilização é bastante significativa, visto que: promove uma relação de inclusão e compromisso entre os quatro conceitos.

A utilização dos conceitos unificadores se manifesta, portanto, na busca de um Ensino de Ciências com característica interdisciplinar que procura uma formação

holística, emancipadora e crítica do aluno. É neste fundamento que se enquadra a presente dissertação, ao utilizara construção de um Biodigestor como instrumento de integração dos fenômenos das CN durante o ensino de Ecologia.

O biodigestor é um produto tecnológico que foi introduzido no Brasil na década de 1970 por causa da crise de petróleo que se instalava no país. No interior, do Biodigestor acontece a fermentação anaeróbia da biomassa, ou decomposição da matéria orgânica que dá origem ao biogás. O biogás pode ser utilizado, entre outras formas: para aquecimento de fogões, como combustível para motores de combustão interna, para a geração de energia elétrica, entre outros. É evidente, portanto, nos processos envolvendo o biodigestor, a presença dos conceitos unificadores Transformações e Energia.

Além disso, no município da implementação do projeto, existe uma usina que transforma o biogás em energia elétrica, elemento que permite estabelecer diálogos entre o conhecimento escolar e a realidade dos alunos, fornecendo instrumentos aos educandos “para a compreensão e atuação na realidade” (DELIZOICOV, 1996, apud MENDES SOBRINHO, 1998.). A construção e observação de todos os processos envolvidos na decomposição da matéria orgânica também promovem interações entre os conteúdos das disciplinas de Física, de Química e da Biologia.

De fato, no biodigestor ocorrem mudanças na matéria orgânica de modo que podem ser tratados os quatro conceitos unificadores, sendo perfeitamente possível estabelecer uma contextualização no sentido de desenvolver o pensamento crítico do estudante. Nesta dissertação aonde o período de aplicação e análise da mesma é pequeno não há a pretensão de dar conta de todos os aspectos relevantes listados acima, contudo, é dada ênfase às transformações e à energia, pois as transformações da matéria orgânica foram visualizadas no dia a dia do experimento e a energia foi contextualizada através da Usina Elétrica a Gás de Araucária. Assim a energia e suas transformações foi o foco do projeto e do produto deste mestrado.

Na prática da sala de aula, há dificuldades em se perceber todos os conteúdos unificadores em todas as disciplinas das CN. No entanto, a energia é um conceito que se destaca em todas essas disciplinas, por exemplo: calor (Química), a energia potencial dos corpos (Física), fluxo de matéria / energia nos ecossistemas (Biologia). Estes e muitos outros exemplos podem ser dados, evidenciando que o conceito não “pertence” a uma disciplina, mas pode ser tratado por todas elas.

Assim, neste trabalho busca-se elucidar o questionamento inicial: “Como desenvolver, nas aulas de Biologia, o conceito unificador de energia por meio de uma metodologia interdisciplinar?”.

Assim, buscou-se trazer este conhecimento interdisciplinar para o cotidiano escolar. Nesta proposta de construção de um modelo interdisciplinar para as Ciências, dá-se destaque a fenômenos que não podem ser completamente esclarecidos a partir de uma abordagem (uni) disciplinar. O projeto foi desenvolvido em uma disciplina de Biologia sempre tentando aproximar o conceito de energia da Física e da Química

A proposta desenvolvida baseia-se na visão geral de que a energia é o que possibilita toda a vida na Terra.

4. O CONCEITO ENERGIA

A etimologia da palavra energia tem origem no idioma grego, onde εργος (ergos) significa "trabalho".

Ações como, por exemplo, movimento, variação de temperatura ou a propagação de ondas, implicam na presença da energia. Assim, a palavra energia vem sendo usada em vários contextos diferentes. Esta definição, ao invés de esclarecer, determina a abertura para incertezas. Na verdade, é difícil definir a energia sem anunciar de que ponto de vista se está a fazer essa definição. O físico, o engenheiro, o cidadão, tem sobre o assunto óticas diferentes (RAMAGE, 1997).

O conceito energia e a explicação dos fenômenos envolvidos na sua conservação e transformação pertencem a um conjunto complexo de elaborações, envolvendo conceitos que transitam por diferentes disciplinas das ciências naturais. Segundo os PCNEM +:

A energia é um exemplo importante de um conceito comum às distintas ciências, instrumento essencial para descrever regularidades da natureza e para aplicações tecnológicas. Na Física, pode ser apresentada em termos do trabalho mecânico necessário para impelir ou para erguer objetos, quando se calcula a energia cinética do movimento de um projétil ou veículo, ou a energia potencial da água numa barragem. Ainda na Física, ao se estudar processos térmicos, a energia é apresentada como propriedade interna de sistemas, como a energia do vapor d'água que, em uma caldeira, recebeu calor do queimador e se expandiu para realizar trabalho. Trabalho ou calor, estado de movimento ou energia interna, tudo se pode medir nas mesmas unidades, joules ou calorias, conversíveis umas em outras. É preciso, contudo, traduzir e relacionar as diferentes energias de movimento, de radiação, de posição, até mesmo para mostrar que se convertem umas nas outras, se degradam, mas se conservam em sua soma. A falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma "colcha de retalhos energética", a ser memorizada, das energias mecânica e térmica, luminosa, sonora, química, nuclear e tantos outros adjetivos, alguns pertinentes, outros não. Na Biologia e na Química, as energias não são menos importantes e nem menos variadas em suas designações e, no fundo, se trata da mesma energia da Física. Nas reações químicas em geral e na fotossíntese em particular, a energia tem o mesmo sentido utilizado na Física, mas raramente se dá um tratamento unificado que permita ao aluno compor para si mesmo um aprendizado coerente (BRASIL, 2002, p.29).

No Ensino Médio, o termo energia é utilizado em inúmeras disciplinas, mas o rigor com a mesma, na maioria das vezes cabe à Física. Por exemplo, ao mencionar energia potencial, o aluno que a reconhece irá se referir a conceitos e utilização do

termo na Física, sem reconhecer a mesma nos processos químicos e biológicos; o mesmo ocorre com a energia cinética.

Os alunos, em geral, não reconhecem que o conceito de energia que o professor ou professora de Química, Física e Biologia ensinou possui as mesmas características, que são conservação e transformação, independentemente da disciplina que a está abordando nas Ciências Naturais.

Existe, a rigor, a necessidade do aluno/a entender a conservação da energia, e que a mesma pode ser transferida ou convertida de uma forma para outra, mas nunca criada ou destruída. Isto é parte integrante no avanço da compreensão do conceito.

Neste contexto, é importante situar o Sol enquanto corpo mais prominente do sistema solar. A energia solar é gerada no núcleo do Sol porque a atração gravitacional é tão intensa que ocorrem reações nucleares. Estas reações transformam prótons ou núcleos de átomos de hidrogênio em partículas alfa, que correspondem a núcleo de átomos de hélio. A diferença em massa neste processo é convertida em energia e liberada em forma de luz e calor. A energia gerada no interior do Sol leva aproximadamente um milhão de anos para chegar à sua superfície. Parte desta energia chega a Terra na forma de ondas eletromagnéticas (SUCHODOLAK et al, 2011).

Araújo e Boff (2011) ressaltam a importância do Sol para a vida na Terra, o que parece constituir-se numa questão muito simples, mas que podem ser enfocada no Ensino Fundamental na perspectiva de interrelacionar os conceitos de Biologia, Física e Química. Um estudo realizado por Araujo (2011) demonstra que alunos do Ensino Fundamental já reconhecem a importância do sol para a manutenção da vida na Terra. Os alunos, ao serem questionados sobre a importância da existência ou não do Sol para a vida na Terra e suas consequências respondem: “a vida não existiria.” Esta noção, seja ela intuitiva ou do senso comum, carrega noções científicas que merecem ser exploradas.

Conforme mencionado, a energia solar chega ao nosso planeta por meio de ondas eletromagnéticas. Aproximadamente 30% da radiação que adentra é refletida. Cerca de 47% é absorvida pela atmosfera e pela superfície terrestre, provocando um aumento de temperatura e, em seguida, irradia-se novamente para o espaço. Apenas os 23% restantes penetram no sistema terrestre e passam a ser a força

motriz de ventos, correntes e ondas, modelando nosso clima e proporcionando o ciclo da água. Somente 0,02% do total, ou seja, 40×10^{12} W penetra nos sistemas biológicos, por fotossíntese, nas plantas e em outros organismos "produtores" (SUCHODOLAK et al, 2011). Sobre o Sol, Martin et al (2004), afirmam que "a radiação solar constitui a principal força motriz para processos térmicos, dinâmicos e químicos em nosso planeta. A energia proveniente do Sol chega até a superfície propagando-se como energia radiante ou, simplesmente radiação". A energia capturada pelos seres fotossintetizantes chega a eles como fótons, os quais excitam os cloroplastos (Figura 1). A energia potencial dos cloroplastos, ao serem excitados pelos fótons, converte-se em cinética. Esta energia cinética é utilizada em um processo denominado fotólise da água, que é essencial para a vida na Terra, pois é deste processo que ocorre a liberação da molécula de oxigênio, que permite a liberação de íons H^+ para a formação no Ciclo de Calvin dos glicídios, moléculas com alta energia potencial química. Bittencourt (2005) argumenta que a vida em nosso planeta só é possível por meio de processos de transformação de energia porque os seres vivos têm como atributos básicos: crescimento, metabolismo, movimento e reprodução. Estes processos têm início com a energia do Sol.

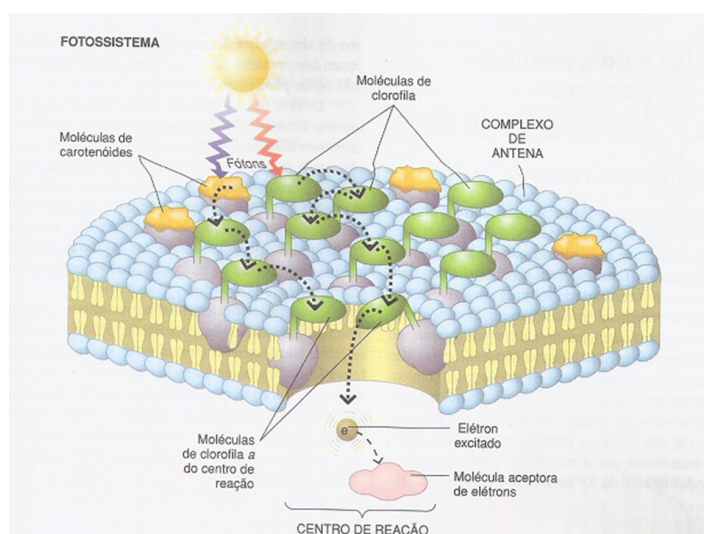


Figura 1 - Entrada dos fótons, e excitação das clorofilas.
Fonte: <http://www.lookfordiagnosis.com/>

Esta energia potencial química armazenada pelos seres fotossintetizantes será utilizada, por sua vez, ao longo das cadeias alimentares, para manutenção destes seres, para a realização de “trabalho” no interior das células a fim de realizar tarefas do metabolismo, e para o trabalho mecânico destes seres, permitindo sua mobilidade (Figura 2). Parte desta energia também é dissipada na forma de calor. Neste momento, vale a pena relembrar sobre o que é o calor, pois este é um termo amplamente utilizado nas Ciências Naturais. O conceito de calor e os fenômenos térmicos que ocorrem em virtude deste pertencem a um conjunto de teorias complexas, que envolvem outras que transitam por diferentes disciplinas.

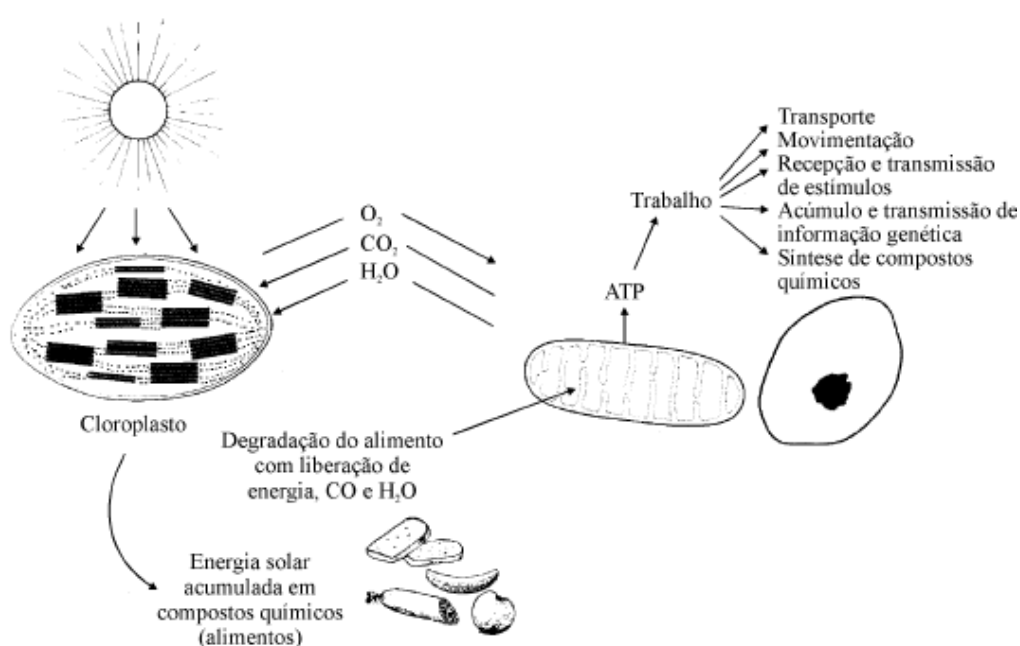


Figura 2 - Fotossíntese e energia potencial química
Fonte: Brasil Escola (2013)

Desde a antiguidade, na Grécia antiga, os filósofos teorizavam sobre explicações para os fenômenos da natureza. Leucipo (530-430 a.C.) e Demócrito (460-370 a.C.) acreditavam que a matéria era composta por diminutos átomos e o calor era atribuído aos átomos muito móveis que escapavam incessantemente dos corpos muito quentes (GUAYDIER, 1984). Platão (427-347 a.C.) escreveu no *Timeu* que o fogo seria um elemento que, ao penetrar um corpo, colocaria as partículas deste em movimento, o que, por sua vez, faria com que estas se separassem. Ao ser resfriado, o ar expulsaria o fogo, comprimindo novamente as partículas (HOPPE, 1928, *apud*, SILVA, 1995).

Assim, ele distinguiu a causa (o fogo que penetra na matéria) do efeito (o calor que seria o movimento das pequenas partes da matéria) (SCHURMANN, 1946, *apud* SOUZA, 2007). Uma concepção realmente nova, desde os escritos de Platão, foi apresentada por Francis Bacon (1561-1626), no seu livro *De Interpretatione Natura*. Para ele, o calor não era um movimento de expansão, mas sim um movimento vibratório das partículas de um corpo (BASSALO, 1992; HOPPE, 192 *Apud*. SILVA, 1995; SCHURMANN, 1946).

Muito se teorizou sobre o assunto desde então. Um dos trabalhos de destaque foi o de Clausius (1822-1888), que dá suporte à Segunda Lei da Termodinâmica e ao conceito de Entropia (a propósito, entropia vem do grego e significa Transformações). No seu trabalho de 1850, Clausius diz: “O equivalente de trabalho atribuído ao calor é devido a um processo de transferência de calor de um corpo quente para um corpo frio, no qual a quantidade de calor não é diminuída.” (CLAUSIUS, *apud* MAGIE, 1935, p. 232).

A argumentação defendida por ele ficou conhecida como Primeiro e Segundo Princípios da Termodinâmica, suas considerações faziam ligações diretas como conceito de energia:

[...] nós podemos expressar as leis fundamentais do universo, às quais correspondem as duas leis fundamentais da teoria mecânica do calor, de uma forma simples: 1. A energia do universo é constante. 2. A entropia do universo tende a ser máxima. (CLAUSIUS s/d, *apud* MAGIE, 1935, p. 236).

No estabelecimento dos princípios da Termodinâmica, o calor passou a ser interpretado como movimento molecular, estando associado à energia cinética. O calor não era mais considerado uma forma de energia (energia cinética), mas como o processo de transferência de energia que ocorre quando a causa da transferência de energia interna de um corpo a outro dá origem à diferença de temperatura entre o sistema e a vizinhança (SOUZA, 2007). As moléculas apresentam diversos tipos de movimentos, conforme o estado do corpo. Em todos os estados, quando se tem moléculas constituídas por mais de um átomo, há também movimentos internos de vibração entre os átomos, estes vibram uns em relação aos outros, como uma corda de violão. Todos esses tipos de movimento têm sua energia própria e o calor vem a ser uma transferência dessa energia molecular de um corpo a outro (SOUZA, 2007).

Assim, o calor passou a ser visto como um efeito causado pelos movimentos das moléculas constituintes dos corpos. Nem sempre essa transferência de energia se dá na forma de calor; pode ser também na forma de luz e outras radiações. Pode-se dizer que a temperatura é uma medida da energia desses movimentos (CHAGAS, 2006).

A energia interna de qualquer sistema químico pode ser imaginada como a soma das energias potencial e cinética associadas ao sistema. A energia potencial é associada às forças atrativas e repulsivas entre todos os núcleos e elétrons do sistema. Ela é a energia associada às ligações nas moléculas, às forças entre os íons e também às forças entre moléculas no estado líquido e sólido. A energia cinética é a energia do movimento dos átomos, íons e moléculas no sistema; é a soma das energias associadas aos movimentos de translação, vibração e de rotação (SOUZA, 2007).

O uso do termo energia também aparece nos escritos de Johannes Kepler, que estudava o calor (1571-1630), e foi necessário mais de um século para se associar o referido conceito ao de trabalho, o que apareceu em 1755, em publicação de Leonhard Euler (1707-1783). O mesmo uso foi adotado por William John Rankine (1820-1872), o qual definiu os conceitos de energia cinética e energia potencial. Com a descoberta da pilha de Alessandro Volta (1745-1827), com as experiências de Michael Faraday (1791-1862) e com os estudos sobre a produção de calor pela corrente elétrica de Joule (1818-1889), foram propostas várias analogias entre fenômenos até então desconhecidos ou considerados independentes. Isto deve, possivelmente, ter orientado Julius Mayer (1814-1878) e Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) em seus estudos sobre o calor (GILBER, 1982). Também estudando o calor produzido por atrito, Humphry Davy (1778-1829) deu início ao uso do termo energia associado a diferentes fenômenos, buscando correlações entre eles (SOUZA, 2007).

Após termos ressaltado como se chegou à definição do termo calor e sua ação direta na compreensão mais ampla do tema energia, possibilitando progressivas e diversas utilizações do mesmo, é importante ressaltarmos que o entendimento de como se processam as transformações de energia nas reações químicas é fundamental para a apreensão de inúmeros processos vitais, como o metabolismo dos seres vivos.

Assim sendo, a transferência de energia em uma cadeia alimentar se faz de uma forma unidirecional tendo sempre como início a captação de energia radiante provinda do Sol, e fixada pelos organismos fotossintetizantes. De forma geral, esta energia é transportada nos níveis tróficos chegando à última instância, aos decompositores. Após a decomposição, a energia neles armazenada é absorvida pelo ambiente na forma de calor (OKUNO, 1982).

Em uma cadeia alimentar, a quantidade de energia presente em um nível trófico é sempre maior que a quantidade que pode ser transferida ao nível seguinte. Parte da energia potencial química contida no alimento é usada em suas reações anabólicas, ficando armazenada nos tecidos corporais, e catabólicas para sua manutenção, outra parte é dissipada como calor durante as atividades metabólicas, e parte da energia é eliminada nas fezes. Apenas a diferença entre a energia recebida e a consumida é transferida para outros níveis tróficos.

Nas células heterotróficas, as moléculas orgânicas são desfeitas durante a respiração, sendo a energia química liberada e utilizada na formação da adenosina trifosfato, uma molécula constituída por uma adenina (purina), uma ribose e três grupos fosfatos (ATP). Esta molécula é a forma biológica de armazenamento de energia (figura 2) que será utilizada na biossíntese, na realização de trabalho mecânico e no transporte de substâncias através da membrana celular (OKUNO, 1982).

O ATP funciona como transportador de energia para as atividades celulares básicas que a requerem. Esta molécula armazena energia potencial química graças à sua estrutura, à forma como os seus átomos estão arrançados e ligados. Os grupos fosfato têm cargas negativas e então se repelem bem como é por isso que o ATP tem um alto potencial de transferência de grupos fosfato.

Ao transferir grupos fosfato o ATP transfere energia. É por isso que essas moléculas desempenham um papel importante no processo de transferência de energia química em sistemas biológicos, denominada energia biológica.

Quando uma molécula de ATP perde um grupo fosfato, transformando-se em uma molécula de adenosina difosfato (ADP), uma grande quantidade de energia é fornecida ao organismo (OKUNO,1982).O ATP é utilizado e gerado durante os processos de respiração celular, tanto na presença de oxigênio (respiração aeróbia) quanto na ausência de oxigênio (respiração anaeróbia e fermentação).

A respiração divide-se em duas fases: a anaeróbia, que compreende a etapa da glicólise, que ocorre na ausência do oxigênio, no citoplasma das células eucariótica e procariótica, e aeróbia, que ocorre na presença do oxigênio.

Nos animais e na maioria dos microrganismos, a produção de ATP se deve principalmente à respiração. Na respiração aeróbia ocorre a produção de 38 ATP e na anaeróbia apenas 2 (OKUNO, 1982, p. 109).

Okuno (1982) afirma que as transformações de um tipo de energia em outro e a eficiência de conversão de energia em trabalho e vice versa são questões de fundamental importância por ocorrerem em qualquer processo físico, químico e biológico.

Esta energia potencial química é transferida ao longo das cadeias ou teias alimentares. Em cada etapa da cadeia alimentar, a energia é utilizada para realizar trabalho biológico, como a síntese de compostos celulares, trabalho de contração celular, transporte, contra gradientes de concentração, de nutrientes e outros processos biológicos. Em todos os processos, ocorrem perdas de energia, pois a conversão de energia de uma forma à outra nunca é completa. Essa energia perdida é absorvida pelo meio externo na forma de calor (Figura 3). Quando os indivíduos consumidores morrem, passam por processo de decomposição, e a energia neles contida é dissipada para os decompositores e para o ambiente em forma de calor. Dessa forma, o fluxo de energia, que se inicia com a absorção da luz, que é fixada pela fotossíntese, é totalmente transferido ao ambiente na forma de calor.

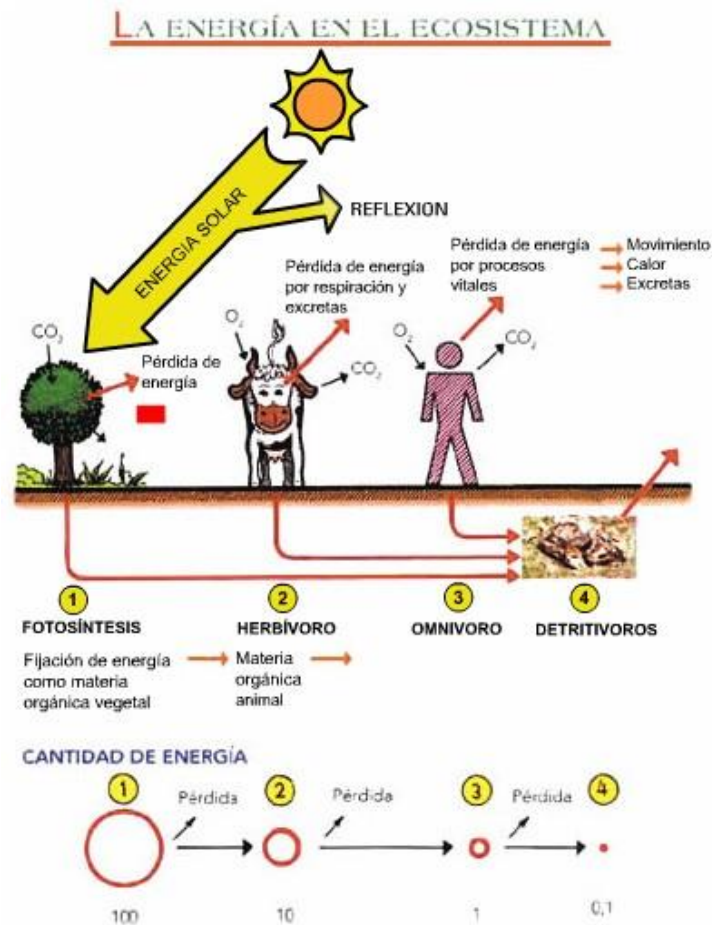


Figura 3 - Fluxo de energia nos ecossistemas.

Fonte: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap04/04_04_01.htm

O conceito de energia se constitui com um sentido diferente, dependendo do sistema a partir do qual é observado. Assim, a energia ganha sentido considerando o ponto de vista, seja ele químico, físico, biológico ou mesmo da sua utilização em indústrias ou outros (JAMMER, 1999).

Pelo exposto acima, podemos verificar que a energia sofre transformações e passa pelos sistemas biológicos na natureza, sem nunca ser criada, mas apenas transferida.

Neste trabalho, utilizarmos um modelo didático experimental de biodigestor para que os alunos compreendessem as transformações e a conservação da energia em processos biológicos. A produção de um tipo de energia é obtida pela decomposição da biomassa (figura 4). A biomassa é uma forma indireta de aproveitamento da energia solar absorvida pelas plantas, pois surge a partir da conversão da luz do Sol em energia potencial química.

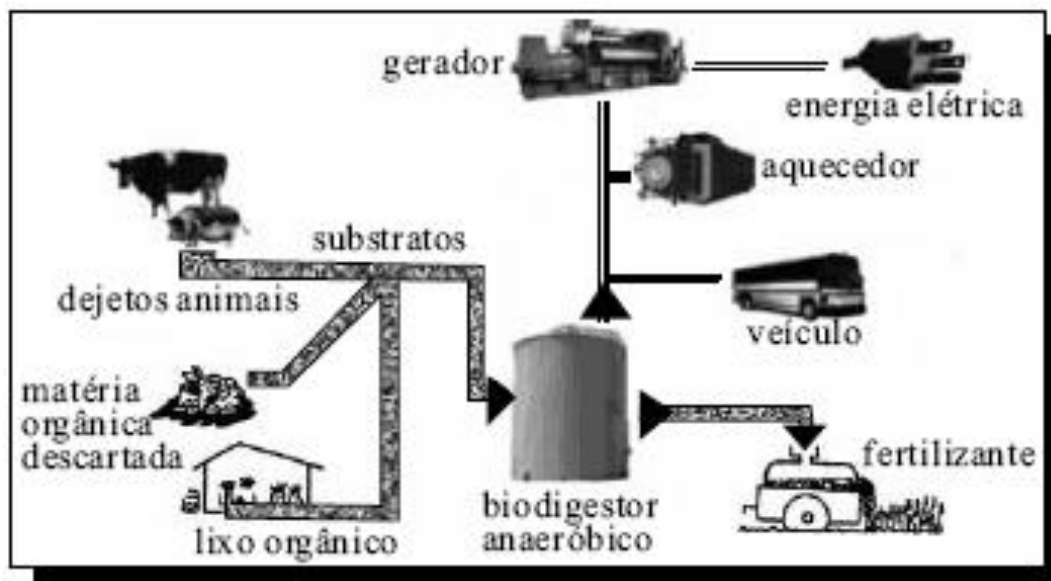


Figura 4 - Produção de energia de biomassa

Fonte: <http://vestibular.brasilecola.com/enem/prova-amarelaquestao-29.htm>

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho foi desenvolvido e motivado pelo desafio cotidiano da sala de aula. Buscou-se desenvolver uma instrumentação que favorecesse uma melhor compreensão sobre o conceito de energia. A metodologia baseou-se no conceito de interdisciplinaridade e foi orientada pela ideia de conceitos unificadores, tendo em vista a melhoria da dinâmica em sala de aula.

5.1 A PESQUISA

O principal objetivo desta proposta de ensino foi desenvolver estratégias de utilização de conceitos comuns nas Ciências da Natureza, em especial o tema **energia**. Parte-se do pressuposto de que o assunto **energia** possui característica altamente interdisciplinar e, por isso, pode ser usado como ponte integradora entre conceitos das CN. Assim, esta metodologia busca contribuir para o desenvolvimento de propostas de ensino interdisciplinares, tendo em vista a formação de sujeitos aptos a compreender as Ciências e sua importância na sociedade. Busca-se a compreensão que para ensinar e aprender alguns fenômenos naturais de forma plena se faz necessário um olhar que permeia conceitos de Física, Química e Biologia.

A compreensão de vários aspectos relativos ao processo de transformação e conservação da energia é difícil de ser alcançada apenas pelo olhar de uma disciplina, ou apenas por aulas expositivas disciplinares. Assim, buscou-se fazer com que esses aspectos pudessem ser vislumbrados durante o processo de biodigestão de matéria orgânica.

Ao propor tal metodologia para o estudo da energia, esperávamos que ela pudesse contribuir também para a discussão e compreensão desse conceito e, posteriormente, das diversas manifestações e do seu uso pela sociedade.

Nessa perspectiva, este trabalho desenvolveu-se a partir da elaboração de um modelo didático experimental de um biodigestor, do desenvolvimento de aulas

dialogadas problematizadoras e da proposta de ensino fundamentada no tema específico **energia**, abordado a partir da perspectiva de conceitos unificadores.

O presente trabalho pode ser tido como uma pesquisa de natureza qualitativa participante, pois busca envolver os estudantes e o pesquisador, no desenvolvimento de metodologias para a superação de disciplinas que pouco dialogam entre si, construindo coletivamente as possíveis instrumentos para o processo ensino-aprendizagem dos conceitos das Ciências Naturais. Para Brandão (2006), a pesquisa participante é uma modalidade de conhecimento coletivo do mundo e das condições de vida das pessoas, grupos e classes populares.

O conceito de energia foi utilizado como norteador do trabalho. O conteúdo escolhido foi Ecologia, no contexto da disciplina de Biologia.

Durante o trabalho, foi seguido o conteúdo curricular proposto pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR) e pelo projeto político pedagógico da escola em que o projeto foi desenvolvido. Houve aulas expositivas nas quais os conteúdos foram abordados e, sempre que possível, dava-se ênfase a energia e suas transformações. O produto realizado refere-se à construção de um modelo didático pedagógico experimental de biodigestor, o qual norteou o desenvolvimento da dinâmica de sala de aula.

5.2. CONTEXTO DA PESQUISA

O presente trabalho foi realizado em uma escola estadual, no Município de Araucária, no Estado do Paraná. A mesma se encontra num bairro próximo da região central da cidade. A escola atende alunos oriundos de todas as regiões do município. É uma escola de médio porte, funcionando em três turnos. No local existem muitos problemas em relação à estrutura física. A escola funciona de forma precária, com duas sedes, uma na escola propriamente dita, e outra em um espaço alugado, em uma capela, a duas quadras da sede. Além disso, a escola enfrenta problemas como salas pequenas para o número de alunos, falta de laboratório de ciências e de informática, dificuldade de aquisição de materiais para pesquisas, dentre outros.

O público envolvido na pesquisa foram alunos do Ensino Médio regular, do turno noturno, em duas turmas de terceiros anos. As turmas possuíam 45 e 48 alunos, respectivamente, com idades variando de 16 a 23 anos. Muitos dos estudantes já estão inseridos no mundo de trabalho. O referido estudo foi realizado no período de fevereiro a junho de 2014, o que compreende um semestre letivo.

O município de Araucária é um dos 26 que compõe a Região Metropolitana de Curitiba (RMC). De acordo com dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 2001 e 2009 essa região metropolitana se caracterizou como o maior polo populacional e industrial do Estado do Paraná. Nesta cidade situa-se uma importante indústria, que será parte do trabalho.

Negrelli (2004) aborda um empreendimento que foi construído na cidade, uma termoelétrica inaugurada em setembro de 2002. A Usina Termoelétrica a Gás de Araucária (UEG) é a primeira desta natureza, produtora independente de energia elétrica no estado do Paraná. Utiliza-se do gás natural vindo da Bolívia com potência instalada para gerar 480 MW de energia. A termoelétrica tem potência instalada suficiente para atender a uma população equivalente a três vezes a do município de Londrina, o que comportaria a demanda de 2.500.000 domicílios. A existência dessa usina foi utilizada, nas atividades em sala de aula, como elemento de contextualização para a problemática relativa à produção de energia. Foram realizadas aulas expositivas com vídeos que mostravam a importância da mesma e como ocorre o aproveitamento do gás natural nesta unidade.

Nas aulas dialogadas foram relatados os seguintes fatos: sua localização, pois, a mesma situa-se apenas a seis quilômetros da escola, em que foi desenvolvida a atividade; O combustível que a alimenta, pois assim como o petróleo, é um combustível fóssil, composto por uma mistura de hidrocarbonetos e constituído, em sua maior parte, por metano o mesmo gás que estaria sendo produzido no processo de biodigestão (aqui foi enfatizado que o gás utilizado na usina era fóssil, mesmo sendo produzido de forma diferenciada era o mesmo gás, metano); A geração de energia elétrica, através da queima do gás; A utilização do gás como alternativa para produção de energia e impactos ambientais em relação à produção de energia fazendo comparação com as outras fontes como usinas atômicas e hidroelétricas.

Esta usina já fora utilizada em um estudo de Alves, Carvalho e Irion (2009), o qual propõe que os assuntos relacionados a ela apresentam cunho didático-pedagógico. Estes assuntos têm potencial para ser abordado no contexto de uma disciplina escolar, citando, como exemplo, o conteúdo de Termodinâmica.

5.3 ETAPAS DA PESQUISA

Esta pesquisa iniciou com revisão bibliográfica, para melhor entendimento do conceito de energia, do contexto atual sobre as diretrizes estaduais e nacionais, sobre o Ensino Médio e sobre a interdisciplinaridade. Também foi realizado levantamento sobre a melhor forma de construir o biodigestor e sobre aspectos de biossegurança envolvidos no processo. Além do mais, foram realizados estudos referentes ao desenvolvimento conceitual, à linguagem, à aprendizagem e à contribuição do material didático no processo de ensino-aprendizagem.

Em seguida, foi realizado um levantamento de qual seria a melhor série para o desenvolvimento do referido estudo. Percebe-se que o mesmo poderia ser realizado em qualquer série nas disciplinas de Ciências Naturais, mas a escolha do terceiro ano do Ensino Médio foi norteadada pela maturidade dos estudantes para a construção do modelo didático do biodigestor, que utilizaria materiais perfuro-cortantes e resinas, entre outros.

O conteúdo escolhido foi Ecologia, no entanto, foi também desenvolvido durante quatro horas aulas o conteúdo de metodologia científica, incluindo discussões sobre o rigor necessário para técnicas experimentais, confecção de relatórios técnico-científicos e relatórios de observação.

Houve um contato inicial com os alunos para expor alguns modelos de biodigestores e solicitar a participação no projeto. Ao mesmo tempo, o projeto serviu de avaliação parcial para atribuição de nota no semestre. Foi feita a proposta que os alunos se dividissem em grupos de até oito pessoas. A divisão ficou a critério dos estudantes, o que resultou em um total de quinze grupos nas duas salas. Por consequência, houve quinze biodigestores construídos. Mapas conceituais foram realizados, pelos estudantes, ao final do trabalho, após a observação do processo de biodigestão.

A construção do biodigestor ocorreu no ambiente de sala de aula. As etapas para a construção do mesmo seguem **no manual de elaboração do modelo didático experimental de biodigestor**, que é o produto, por se tratar de um Mestrado na modalidade Profissional, material complementar desta dissertação. A matéria orgânica colocada foi composta de restos da cozinha, carnes e fezes de cavalo. Ela foi escolhida pelos alunos que fizeram a escolha tendo em vista a motivação de “gerar mais energia”. Alguns estudantes acreditavam que matérias diferentes gerariam quantidades diferenciadas de energia. Foi colocado um quilo de matéria orgânica para um litro e meio de água (de abastecimento). A matéria orgânica foi pesada em balanças de precisão e a água medida com béquer, buscando rigor na mensuração dos volumes.

Durante todo o processo de biodigestão, foram feitas observações que está registrada em fotos e relatórios. As observações dos processos de biodigestão deveriam ocorrer duas vezes por semana, no horário de aula. Os dados eram anotados em um “planejador de eventos” (vide apêndice A), no qual eram relatados o dia de observação e as mudanças ocorridas, divididas em dois blocos: Biológicas e Físico/Químicas. Nas Mudanças Biológicas, deveriam ser observados: presença de fungos, cor e odor. Nas mudanças Físico/Químicas: aspecto do material, presença de gases (bolhas), temperatura ambiente e temperatura do sistema (biodigestor). Além disso, havia o relatório de observações aleatórias, no qual os estudantes deveriam descrever qualquer outro fato relevante observado.

A temperatura ambiente foi aferida de duas formas: utilização de celular para pesquisa na internet, que dava temperatura local, e termômetro de bulbo para ambiente. A temperatura do sistema biodigestor era aferida pela percepção através de toque ou de termômetro de bulbo encostado no biodigestor, na parte externa, por alguns minutos.

As aulas dialogadas ocorreram durante todo o processo em que foi trabalhado o conteúdo Ecologia (vide apêndice B) e a interação entre os conteúdos é mostrada na figura 5, que busca mostrar que a energia permeia os conteúdos estudados.

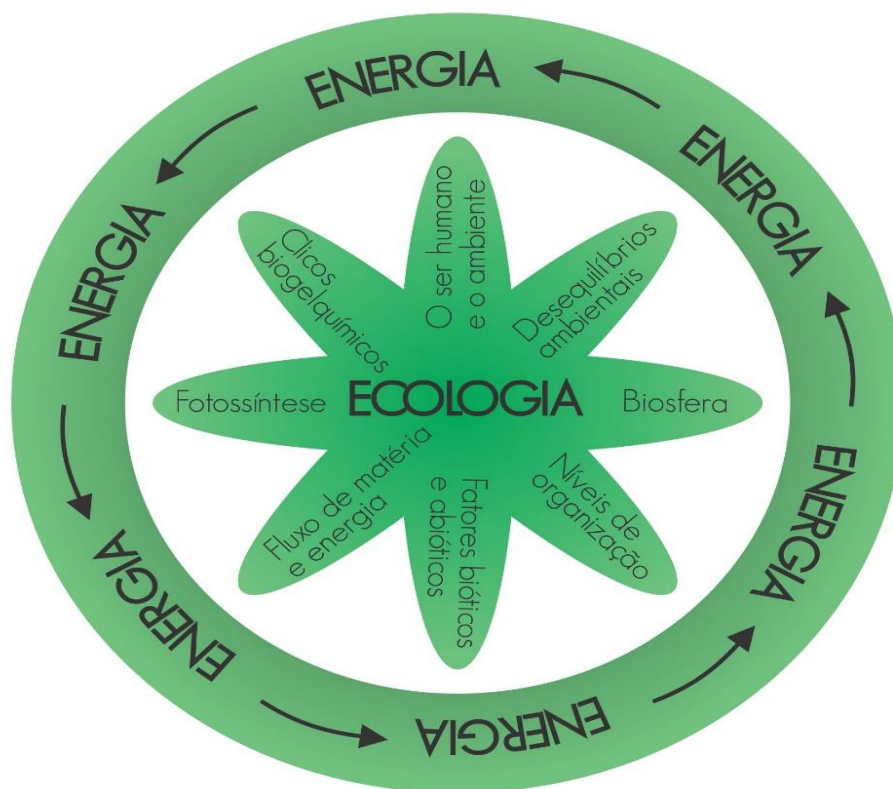


Figura 5–Inter-relação da energia com os demais conteúdos da Ecologia.
Fonte: Autora (2014).

Para maior compreensão das relações feitas com o biodigestor e o conteúdo da disciplina foi elaborado o Quadro 2, que mostra a inter-relação do conceito energia com os demais assuntos da ecologia e o biodigestor.

(Continua)

Conteúdos abordados	Inter-relação com Energia e o sistema de biodigestão
<p>Conceitos Básicos Ecologia:</p> <p>1- Biosfera.</p> <p>2- Ecossistema.</p> <p>3-Níveis de organização dos ecossistemas.</p> <p>4-Ambiente (fatores bióticos e abióticos).</p>	<p>1-A Biosfera é formada por três camadas: atmosfera, hidrosfera e litosfera. Neste momento é preciso lembrar aos estudantes a composição de cada uma e suscitar a importância da energia vinda do sol para a manutenção destes.</p> <p>2-No ecossistema e seus níveis de organização lembrar que as interações que ocorrem, entre os organismos e os fatores físicos são interdependentes com os fluxos de matéria e energia nestes ambientes.</p> <p>3-O ambiente, afeta diretamente os seres vivos, seja os fatores bióticos ou os abióticos. Entre os fatores bióticos destacar a atividade de outros seres vivos que estarão intrinsecamente envolvidas na busca de energia para manutenção.</p> <p>4- Os fatores abióticos como temperatura (medida do nível de agitação entre moléculas, relacionado com o deslocamento da energia cinética de um átomo ou molécula) importante nestes momentos voltar às definições dos termos para que os alunos percebam a energia de forma implícita em todos os sistemas, pois a temperatura afeta à velocidade dos processos biofísicos e bioquímicos dos organismos. Os gases dissolvidos na água são também dependentes da temperatura, pois esta pode causar o aumento ou diminuição dos gases dissolvidos afetando diretamente a vida. A Luz (energia radiante) energia primária da biosfera possibilita o processo de fotossíntese, envolvida nos processos de sono e vigília dos animais e entre outros nos processos de floração dos vegetais. A Umidade que se relaciona diretamente com a pluviosidade, temperatura ambiental e a transpiração nos seres vivos. Salinidade e fatores edáficos (características do solo) que estão relacionadas com as espécies que irão habilitar determinada região. E o nicho ecológico para perpetuar a espécie precisa obter energia e nutrientes relacionar-se com o meio através de competições entre a espécie e ainda evitar ser predado, ou seja, uma interação com o meio físico e biológico. De posse destes conhecimentos foi proposta a construção do biodigestor pra observação de alguns fenômenos que ocorrem na natureza.</p>

(conclusão)

Fotossíntese	Na fotossíntese é necessário novamente lembrar-se da importância da luz solar, que determina entre outros das condições climáticas e a direção dos ventos e que parte desta luz é captada pelos seres autótrofos para transformá-la em energia química e armazenada em certas ligações entre os átomos das moléculas de glicose. Neste momento podem-se associar as reações químicas sendo e exotérmicas, além do, mais é imprescindível aqui explicar aos alunos que a energia radiante não se perdeu, contudo se transformou. Esta matéria orgânica que possui uma energia acumulada que vai ser colocada sob biodigestão, está será reutilizada posteriormente para converter em energia térmica. Pode-se aqui fazer uma comparação que os organismos fotossintetizantes são naturalmente “usinas” de transformação de energia luminosa em energia química. O aluno ao observar a biodigestão perceberá o retorno desta energia através de transformações químico/físicas da matéria orgânica.
O fluxo de energia e de matéria no ecossistema	Neste aspecto é fundamental retomar que a energia radiante capturada pelos vegetais é acumulada em forma de matéria orgânica. É o tipo de energia que será utilizada em todos os níveis das cadeias alimentares e que este fluxo é unidirecional. Parte da energia é utilizada pelos seres vivos e sua manutenção e reprodução, outra parte é perdida em forma de calor (Energia térmica em trânsito). Já a matéria é constantemente reciclada. A matéria orgânica é transferida de um nível trófico a outro nas cadeias e teias alimentares e posteriormente decompostas, (processo que foi observado pela biodigestão).
Ciclos biogeoquímicos	Neste aspecto é importante ressaltar as regularidades dos fenômenos naturais às variações entre os fatores abióticos e os bióticos destacar os processos de transformação da matéria e a constância da presença da energia de forma inerente a todos os processos de transformações da matéria e dos fatores abióticos. No biodigestor o aluno verificará a formação dos gases e a decomposição da matéria orgânica. As bactérias decompõem os restos de animais e vegetais, produzindo gases que são liberados para a atmosfera e a hidrosfera. O gás metano produzido neste processo pode ser usado como combustível.
O ser humano e os ambientes	Destacar neste aspecto a dependência do ser humano em relação aos ambientes naturais. E que o mesmo ao queimar combustíveis fósseis em excesso, manda ao ambiente grandes quantidades de dióxido de carbono (a produção do mesmo é visualizada na biodigestão), interferindo nos ciclos biogeoquímicos do carbono e do oxigênio.
Desequilíbrios ambientais	Todo à ação de degradação interfere nos ecossistemas. O biodigestor possibilita o estudante formar uma visão integradora e sistemática de todos os fatores ambientais e relacioná-lo com sua vivência, o aluno vivência as transformações da matéria orgânica e a produção de energia térmica através da queima do gás.

Quadro 2–Inter-relação da energia com os demais conteúdos da Ecologia.**Fonte: Autora (2014).**

A análise e discussão dos dados foram elaboradas a partir dos relatórios técnicos e dos mapas conceituais produzidos pelos estudantes.

5.4 ANÁLISES DOS DADOS

É importante, neste momento, ressaltar que o trabalho foi realizado durante primeiro semestre letivo regular do ano de 2014 e isto implica elaborar uma forma de atribuir notas aos estudantes, pois a escola exige, no mínimo, duas avaliações formais durante cada trimestre. Neste sentido, optou-se por um relatório técnico-científico e por mapas conceituais, enquanto elementos de avaliação compatíveis com a proposta de trabalho. Portanto, havia motivações distintas para a pesquisa, que estava sendo desenvolvida na disciplina de Biologia: atribuir notas para os aprendizes e, ao mesmo tempo, obter dados para a pesquisa. Isto fez com que os resultados fossem analisados sob dois parâmetros distintos, a saber: na condição/função de professora regente da disciplina - que devia atribuir notas aos alunos - e enquanto pesquisadora.

Para a análise dos dados, foram utilizadas as conclusões dos relatórios de observação produzidos pelos alunos e os mapas conceituais. Para atribuir notas, foram seguidos os critérios: finalização da montagem do biodigestor; produção dos relatórios de observação diária; qualidade do relatório final quanto à observação das regras de confecção de um relatório técnico-científico, em especial, objetivos e considerações finais; os mapas conceituais, dando-se ênfase às associações lógicas entre o conteúdo Ecologia e energia. Também foi solicitada uma auto avaliação dos estudantes, incluindo análises sobre sua participação e percepção de aprendizagem durante o semestre. Os estudantes atribuíram a si mesmos notas entre 0 e 100.

Para a análise da pesquisa, deu-se ênfase a dois momentos: os mapas conceituais e os relatórios (vide Apêndice C), em especial as partes dos objetivos gerais e específicos, resultados e considerações finais. Nos mapas conceituais, observou-se a articulação dos conhecimentos adquiridos com a temática energia e buscou-se determinar indícios de que a interdisciplinaridade possa melhorar as articulações relacionadas ao conteúdo.

Esta pesquisa se enquadra em uma pesquisa do tipo qualitativa participante. A perspectiva qualitativa de análise de conteúdos escolhida é um conjunto de

técnicas de análise de comunicações que tem como objetivo ultrapassar as incertezas e enriquecer a leitura dos dados coletados (BARDIN, 1977).

Foi utilizada a metodologia proposta por Bardin (1977), que alerta que apelar para instrumentos de investigação laboriosa de documentos seria situar-se ao lado daqueles que pretendem dizer não “à ilusão da transparência”, tentando afastar os perigos da compreensão espontânea BARDIN (1977).

Para Bardin, não existem normas prontas para utilizar a análise de conteúdo como método de investigações. O que existem são algumas regras básicas, que permitem ao investigador adaptar ao domínio e objetivos pretendidos, reinventando a cada momento uma maneira de analisar (BARDIN, 1977). Assim, a análise de conteúdo desdobra-se em três fases, a saber: 1) pré-análise; 2) exploração do material; e 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação (BARDIN, 1977). A pré-análise é a fase em que se organiza o material a ser analisado, com o objetivo de torná-lo operacional, sistematizando as ideias iniciais. Trata-se da organização propriamente dita por meio de quatro etapas: (a) leitura flutuante, atividade em que se estabelece o primeiro contato com os documentos a serem analisados; (b) escolha dos documentos, ou seja, demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) referenciação dos índices e elaboração de indicadores (recomenda-se a preparação do material no sentido de reuni-lo) (BARDIN, 2006).

A exploração do material constitui a segunda fase, longa, de dedicação, de operações de codificação, enumeração, classificação e agregação, em função de regras previamente formuladas. Ocorre exploração do material com a definição de categorias, a identificação das unidades de registro e das unidades de contexto nos documentos. Nesta fase, o material é codificado, ou seja, submetido a um "processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo" (BARDIN, 1977). Para organização da codificação, são necessárias três escolhas: o recorte (escolha das unidades); a enumeração (escolha das regras de contagem); e a classificação e a agregação (escolha das categorias). Após a codificação, segue-se para a categorização, a qual consiste na:

[...] classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (BARDIN, 2006, p. 117).

A terceira fase diz respeito ao tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Os resultados são submetidos a operações estatísticas simples (percentagens), ou mais complexas (análise fatorial), permitindo estabelecer quadros, diagramas, figuras e modelos referentes aos resultados. Esta etapa é destinada ao tratamento dos resultados no caso de análise de conteúdo qualitativo. Os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos e válidos. Ocorre nela a condensação e o destaque das informações para análise, culminando nas interpretações inferenciais. De posse destes dados significativos, o investigador poderá, então, propor inferências e interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas (BARDIN, 1977), ou seja, é o momento de uma análise crítica e reflexiva da pesquisa.

Bardin menciona que existe a necessidade de codificar os dados através de recortes, para que ocorra uma transformação. Assim:

[...] a codificação corresponde a uma transformação (por recorte, agregação e enumeração) que permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, suscetível de esclarecer ao analista acerca das características do texto (BARDIN, 1977, p. 103).

Busca-se assim expressão do sujeito no texto e, através palavras ou frases, inferir sua representação e/ou significado de do modo que se possa refletir a realidade vivenciada.

No que se refere aos mapas conceituais e seu uso, segundo Moreira (1993) "de um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos" (MOREIRA, 1993, p. 10). Trata-se de diagramas de significados, de relações significativas entre os conceitos. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los (MOREIRA, 1993).

Aparentemente simples e às vezes confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais, mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica. Utilizá-los em toda sua potencialidade implica atribuir novos significados aos conceitos de ensino, aprendizagem e avaliação (MOREIRA, 1993, p.19).

Moreira afirma que os mapas conceituais são um recurso capaz de evidenciar conhecimento, destacando que “o importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino” (MOREIRA, 1997, p. 2). Os mapas conceituais possibilitam ao professor/a interpretar a informação formulada pelo estudante no mapa, a fim de obter evidências de aprendizagem significativa (MOREIRA, 1993).

Para facilitar a análise utilizamos como chaves de enumeração das respostas analisadas o código **R**, para os relatórios, seguido do número dado ao mesmo de forma aleatória de 1 a 13. No quadro dos objetivos, por exemplo, o relatório 1 será representado como R1. Os mapas conceituais serão representados pelo código **M**, seguido do número dado ao mesmo (M1, M2, M3, conforme forem enumerados). Assim, para a análise de conteúdo adotou-se os mapas conceituais e os relatórios com instrumentos de análise. Foram elencadas 4 categorias de análise, que estão no Quadro 3.

INSTRUMENTOS DE ANÁLISE	CATEGORIA
MAPAS CONCEITUAIS E RELATÓRIOS	Percepção da interdisciplinaridade entre as CN.
	Ensino Interdisciplinar, e conexões com o cotidiano.
	Energia, percepção da transformação e conservação.
	Energia e necessidade social da mesma

Quadro 3 – Unidades de análise e categorias.
Fonte: Pesquisadora (2014).

Neste processo de categorização procurou-se a compreensão e interpretação dos dados presentes nos resultados analisados de modo a responder a questão inicial e os objetivos desta pesquisa.

6 RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO EM TORNO DO BIODIGESTOR E ANÁLISE DOS DADOS

Como já relatado a explanação dos resultados será feita em dois momentos como foi atribuída nota aos estudantes e posteriormente através de uma análise de conteúdo. Dentre os critérios adotados para confecção de notas:

- Finalização da montagem do biodigestor:

Todos os grupos finalizaram a montagem do biodigestor (**Fotografia1**) com sucesso. Havia sido propostos dois modelos distintos: um simples em uma garrafa pet sem reservatório para o gás e outro mais elaborado com duas garrafas, sendo uma para a biodigestão e outra garrafa como reservatório do gás. Todos os grupos optaram pelo modelo mais elaborado e finalizaram esta tarefa.



Fotografia 1 - Biodigestor concluído com sucesso.
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

- Produção dos relatórios de observação diária:

Dos quinze grupos, apenas dois não realizaram os relatórios finais de observação diária de forma satisfatória, colocando os eventos ocorridos conforme havia sido proposto na tabela de observação. Os demais grupos fizeram as anotações, se percebia durante as mesmas que existia um grande interesse por parte dos grupos em ir ver o biodigestor e os eventos que estavam ocorrendo no mesmo até a ponto de receber reclamações de outras disciplinas, pois os alunos queriam sair da sala para fazer as observações. Outro fator relevante é que os mesmos chegavam mais cedo para realizar as observações.

- Qualidade do relatório final quanto à observação das regras de confecção de um relatório técnico científico:

- Quatro grupos tiveram a nota máxima (10,0), pois efetuaram todas as etapas propostas com excelente qualidade, seis grupos tiveram pontuação boa (notas que variaram de nove a Sete), e três grupos tiveram pontuação seis, pois apesar de entregar dentro das normas, não apresentaram bom desenvolvimento do conteúdo.

- Objetivos:

Em todos os relatórios entregues se mostrou que os estudantes conseguiram entender a proposta inicial sugerida, e avançaram na redação de seus objetivos gerais e específicos como mostra o Quadro 4, foi dado exemplos de objetivos de pesquisas aos mesmos e dialogado grupo a grupo quais objetivos realmente poderiam ser contemplados.

- Considerações finais:

Nas considerações finais foi um momento de satisfação. Os alunos avançaram muito nas suas explanações e contextualização dos conteúdos abordados.

- Mapas conceituais;

Todos os alunos participaram na confecção dos mapas conceituais. No entanto, durante este processo pude perceber um grande interesse dos mesmos na discussão, a palavra chave foi biodigestor, na intenção de observar as inferências que os mesmos faziam em torno do assunto. Os estudantes produziram distintas interações e pediram mais uma aula para continuar suas discussões sobre o tema. Este fato foi bastante relevante, se percebia interesse pela atividade e o diálogo entre as partes. Cabe aqui destacar que não existe um mapa conceitual errado ele varia muito em relação à subjetividade empregada aos conceitos que o estudante desenvolveu durante a execução do projeto. Assim se pretendia que o aluno com essa metodologia chegasse a algumas relações como exemplificada no mapa criado pela pesquisadora para facilitar a análise posterior dos mapas. Este mapa (figura 5) não foi mostrado aos alunos.

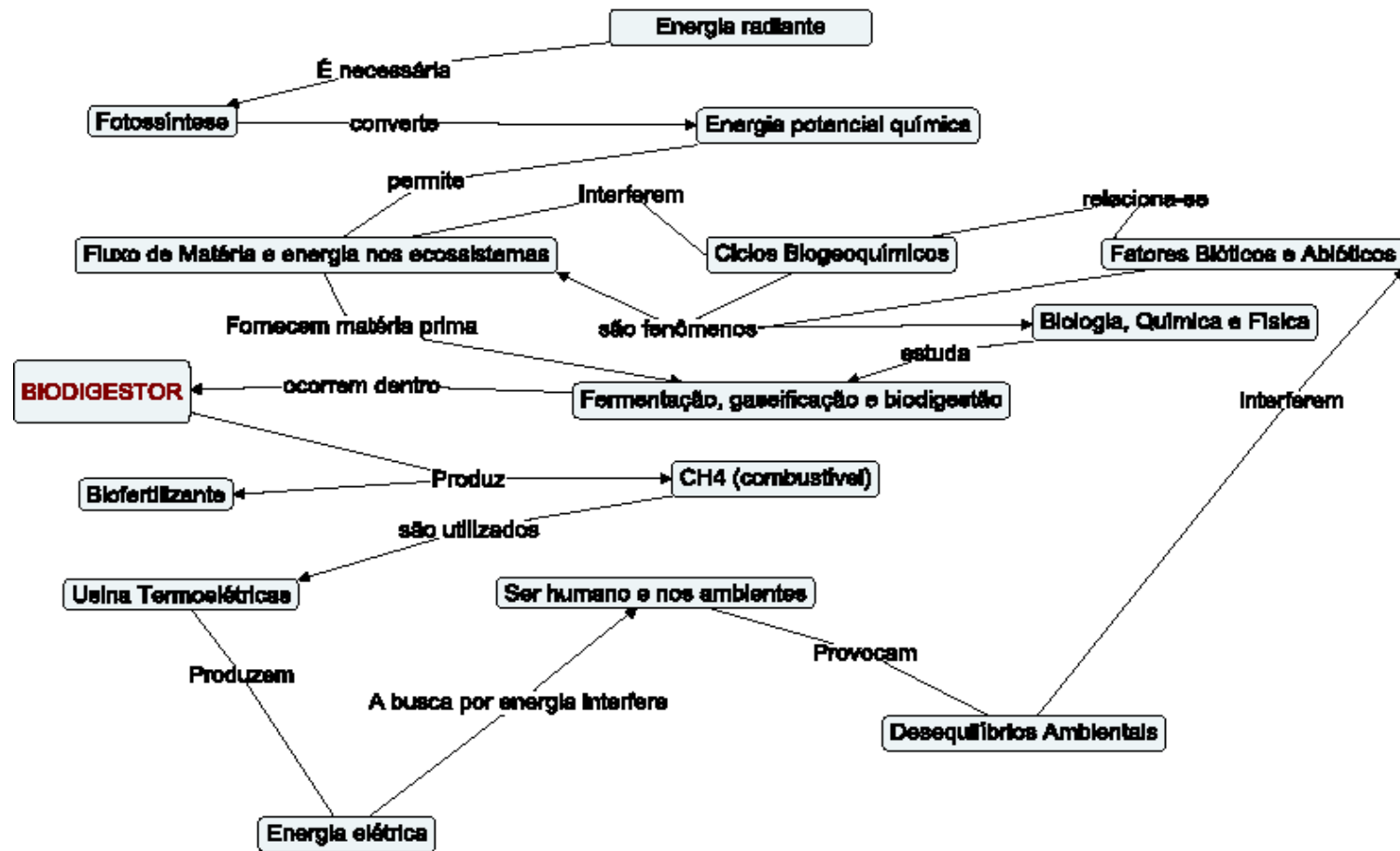


Figura 6- Mapa conceitual elaborado como exemplo dos conteúdos que a pesquisadora esperava atingir.
Fonte: Autora -2015.

A seguir estão disponíveis os mapas conceituais e uma breve análise, de seus conteúdos e sua construção:

Os mapas produzidos pelos alunos foram divididos para facilitar a análise em três grupos: Mapas muito bem elaborados e significativos, mapas elaborados e significativos e mapas pouco significativos.

Assim os mapas conceituais 1,2,3,4,5,6 e 7 foram classificados como a) muito bem elaborado e significativos, b) os mapas conceituais 8,9,10,11,12,13 e 14 foram classificados elaborados e c) mapas conceituais 15,16,17 e 18 foram classificados como pouco significativos.

a) Mapas bem elaborados e significativos:

Analisando o mapa 1 (figura 7), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com as CN, e uma associação do biogás → energia → utilização na indústria. Percebe-se que as relações feitas com o conteúdo são mais abrangentes, o aluno não só pensa na produção, mas na sua utilização pela indústria.

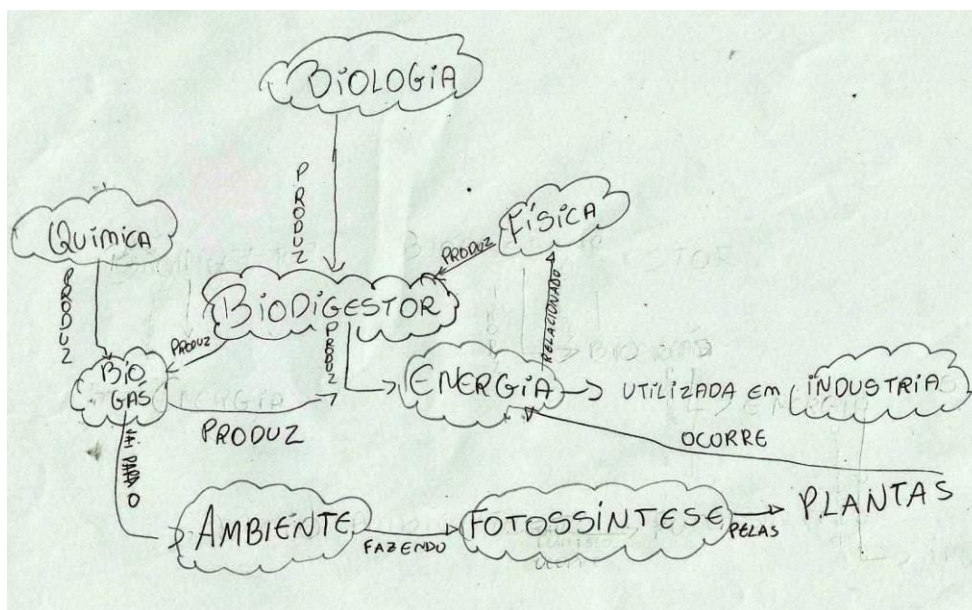


Figura 7- Mapa conceitual 1
Fonte: A autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Conforme podemos verificar M2 (figura 8) a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta com questões sócio ambientais. O que mostra que a abordagem interdisciplinar alcança níveis de compreensão mais abrangentes.

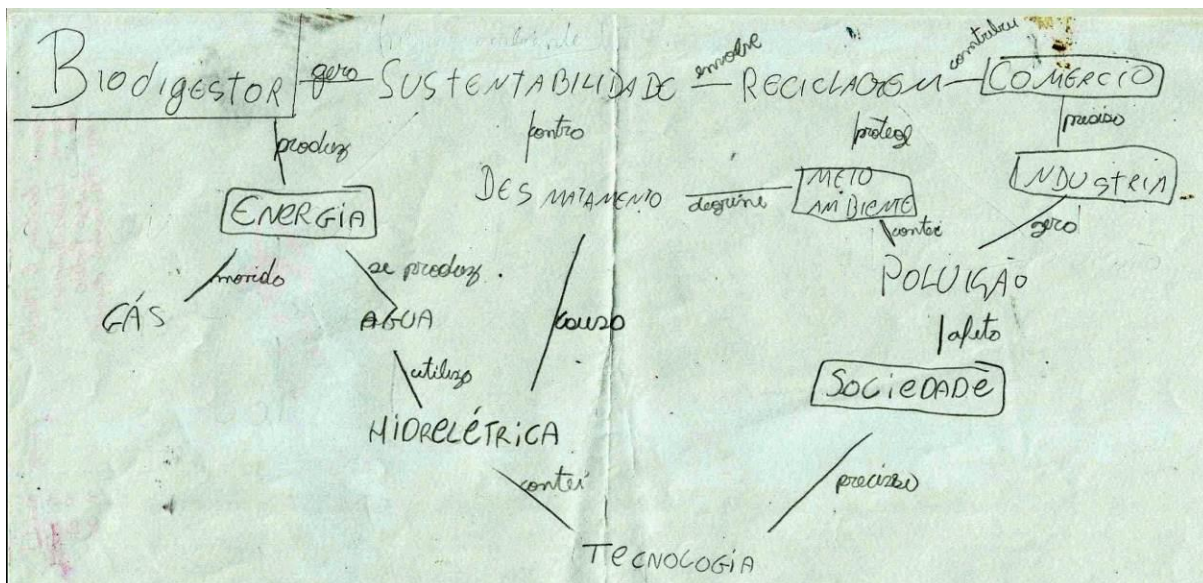


Figura 8 - Mapa conceitual 2
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Conforme podemos verificar M3 (figura 9) a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo saneamento básico, meio ambiente, energia elétrica, biogás e energia. Energia houve uma ligação direta com a Química, Física e Biologia. As ligações foram realizadas em todos os conceitos. . . O que mostra que os estudantes alcançaram um bom nível de aprendizagem dos conceitos.

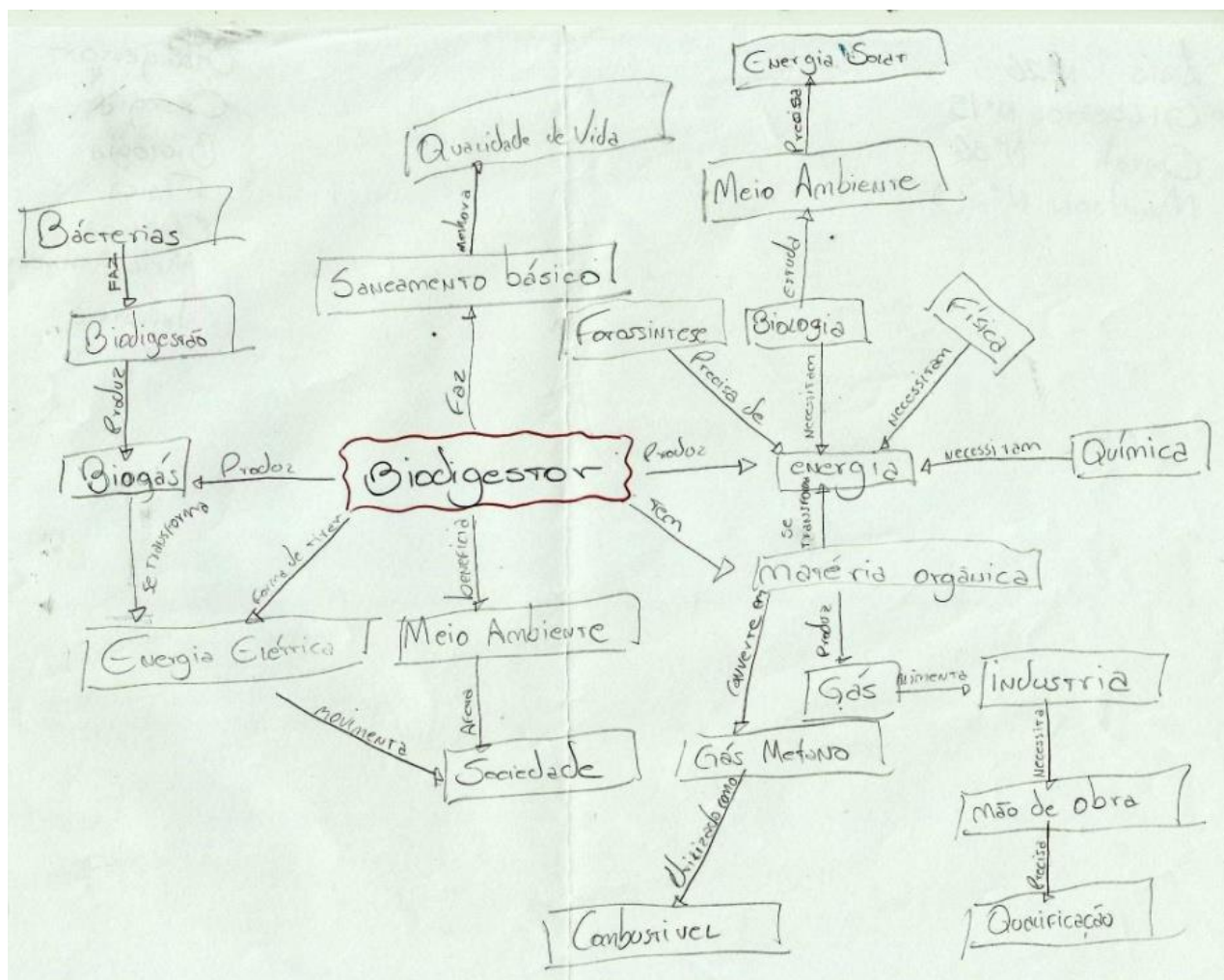


Figura 9 - Mapa conceitual 3
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M4 (figura 10), os alunos construíram mesmo com a hierarquização, e construção em um bloco. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos. A utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta com matéria orgânica.

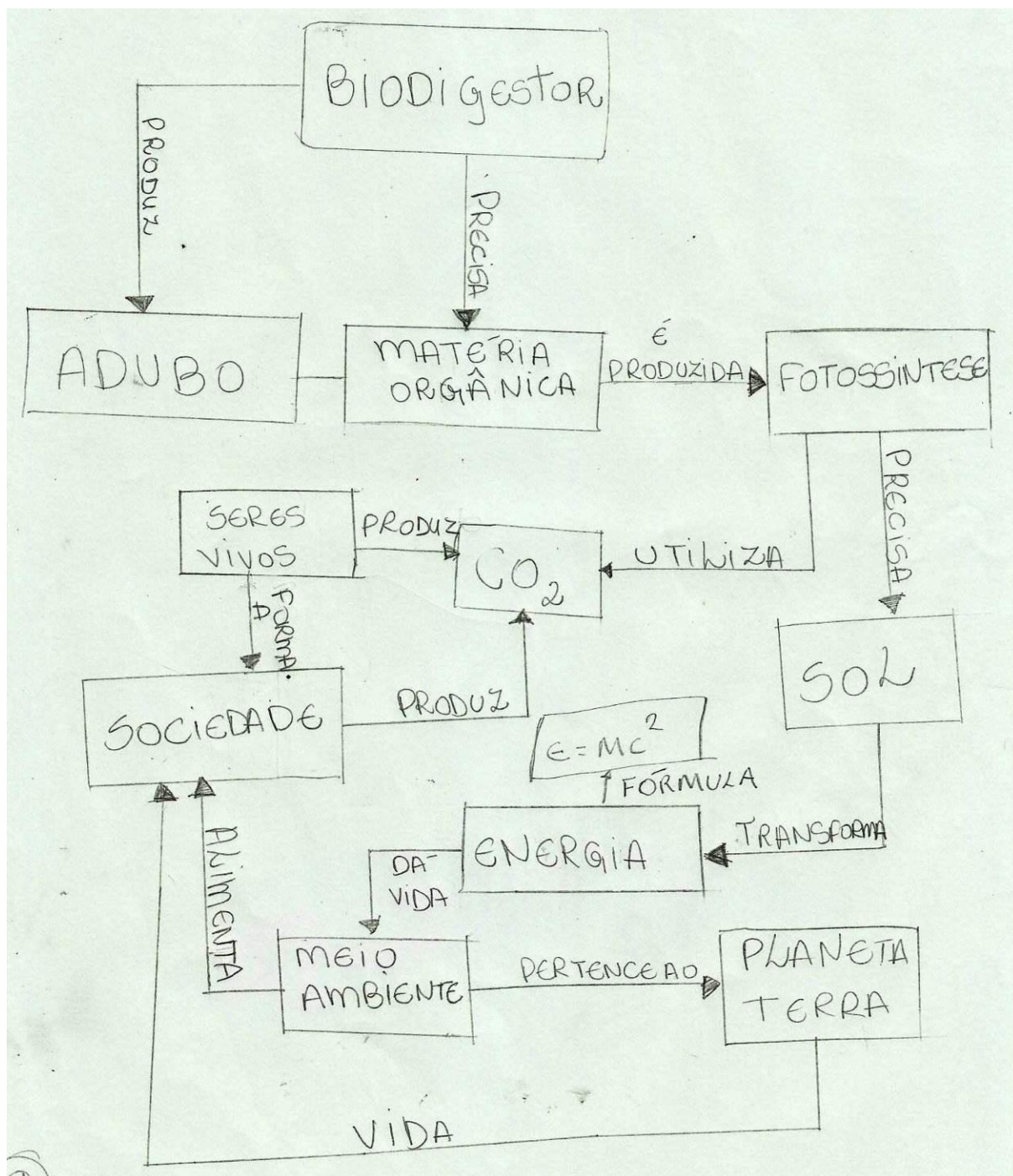


Figura 10 - Mapa conceitual 4
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M5 (figura 11), os alunos construíram mesmo sem hierarquização. Os conceitos formam um grande bloco, percebemos que fizeram ligações entre os conceitos. A utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta com energia, gás metano e matéria orgânica.

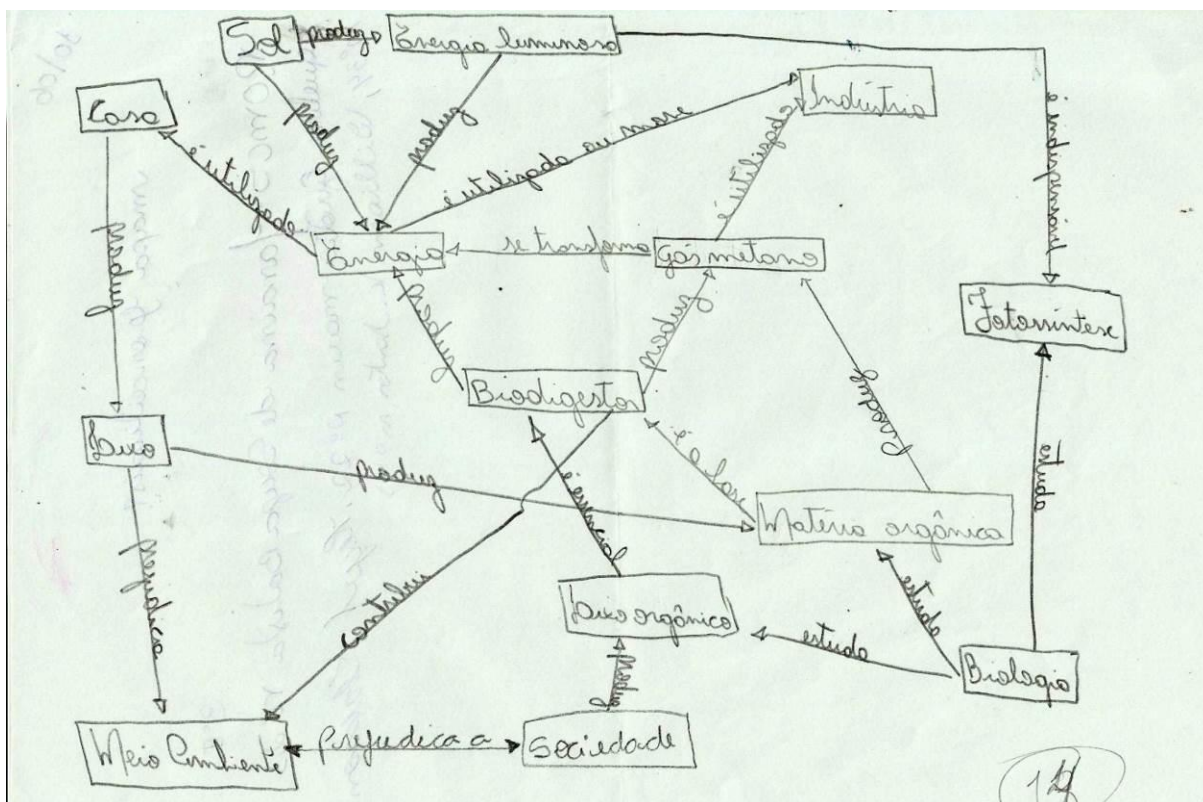


Figura 11 - Mapa conceitual 5
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Conforme podemos verificar M6 (figura 12), a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com a fotossíntese, e energia. Posteriormente um grande bloco com construções com palavras chaves de cunho biológico. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos chaves com relações pouco elaboradas.

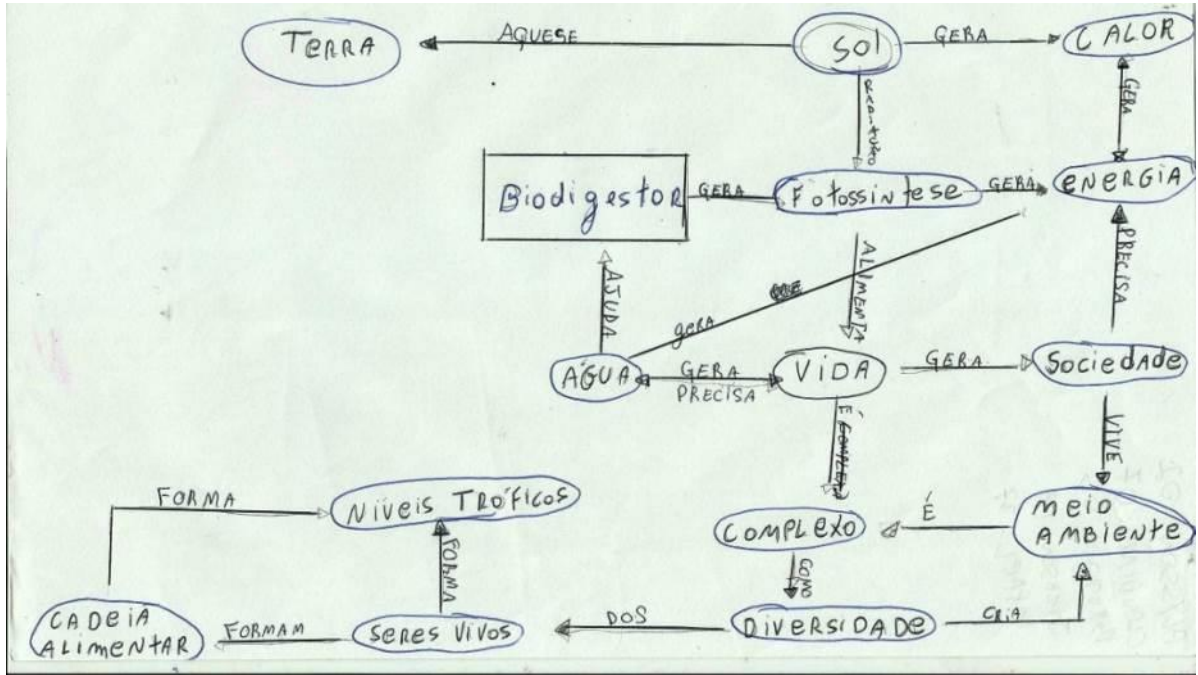


Figura 12 - Mapa conceitual 6
 Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Analisando o M7 (figura 13), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com matéria orgânica de um lado, e meio ambiente. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos chave. O mapa forma um grande bloco com hierarquizações posteriores.

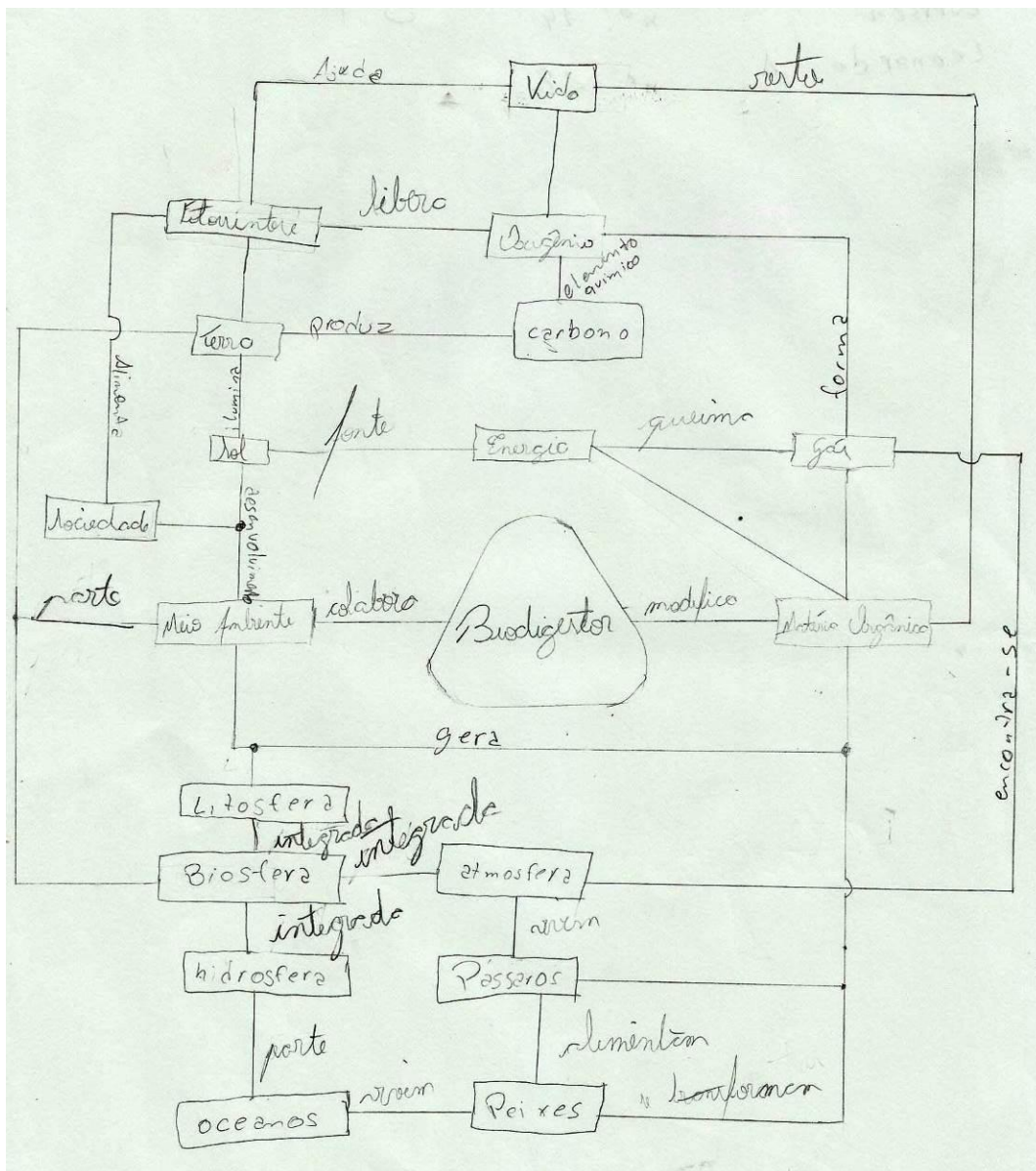


Figura 13 - Mapa conceitual 7
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

b) Mapas Elaborados:

Os alunos ao realizarem M8 (Figura 14), usaram os mesmos conceitos do grupo anterior, no momento da realização dos mesmos a turma estava muito agitada, o que resultou muitas vezes em consultas entre os grupos, aqui também houve relação direta do biodigestor com as CN, contudo as palavras de conexão são bem mais elaboradas e buscaram até explicar as mesmas.

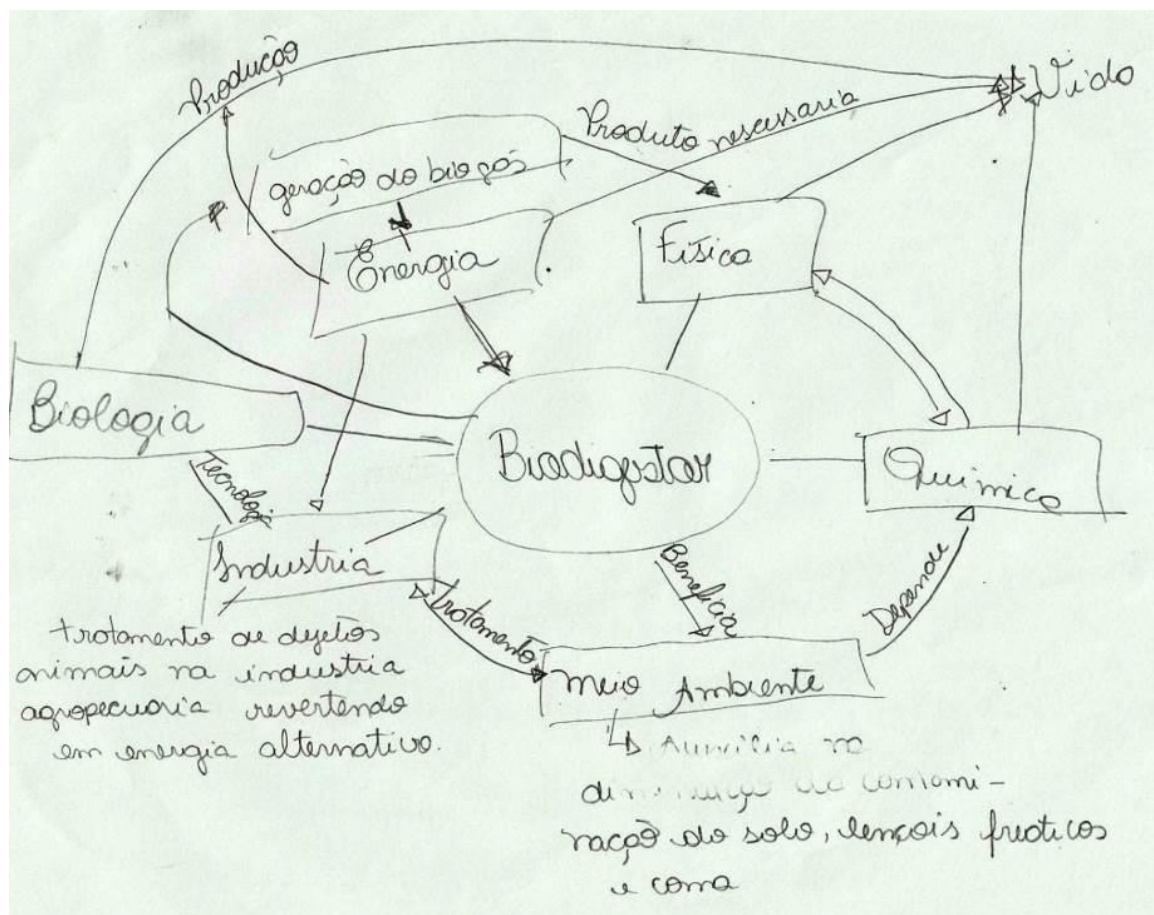


Figura 14 - Mapa conceitual 8
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Conforme podemos verificar M9 (figura 15) a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com Física → energia → matéria orgânica → indústria → gerar produção → mão de obra → trabalho → sociedade. O conceito de ENERGIA aparece num segundo nível hierárquico, ligado aos processos de transformação da matéria em energia. Contudo, em suas ligações conceituais de um modo geral, apresenta dificuldade na organização dos conceitos.

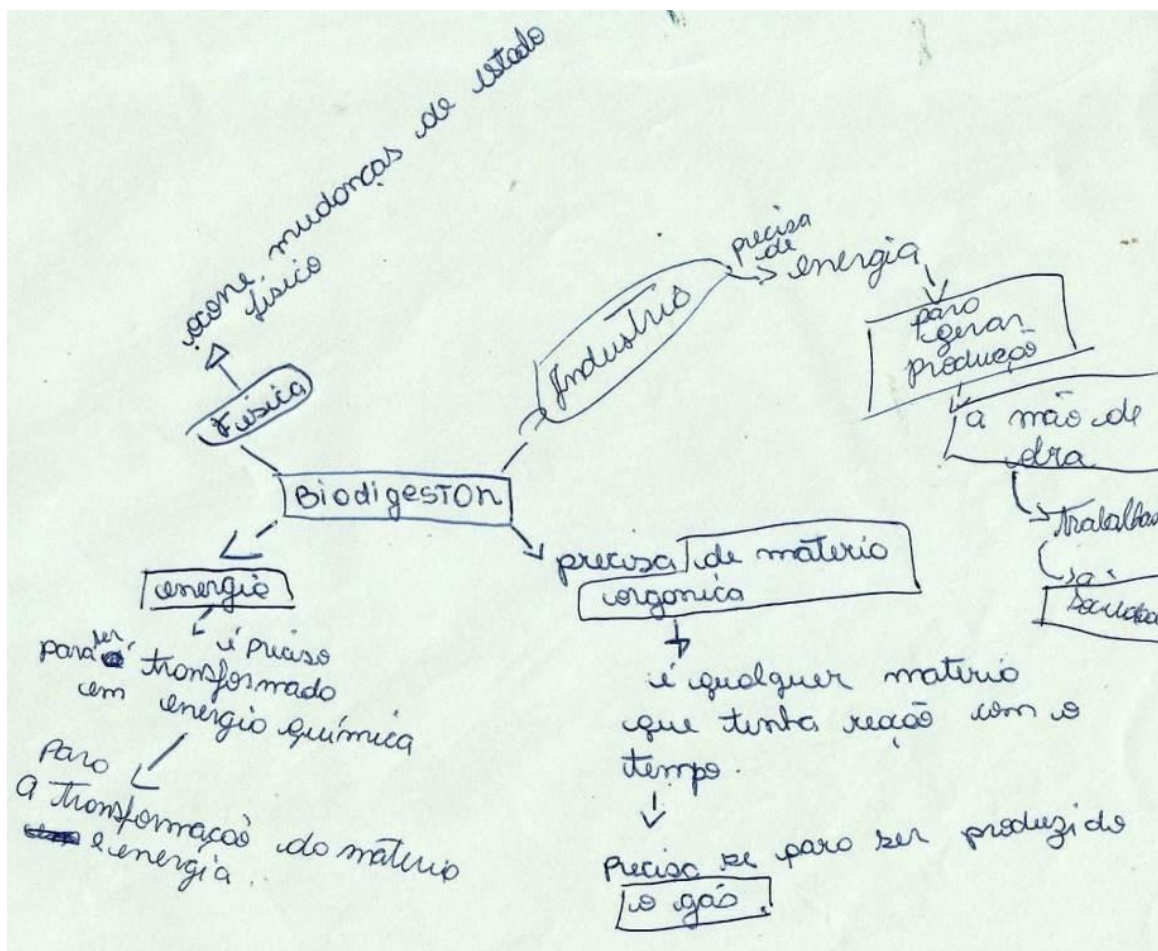


Figura 15 - Mapa conceitual 9
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M10 (figura 16), os alunos construíram o mesmo sem hierarquização. Os conceitos chave formam um grande bloco. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos chaves. A utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência meio ambiente e gás. Não há um sentido nas ligações elas ocorrem sem determinar onde implica o início ou final das ligações.

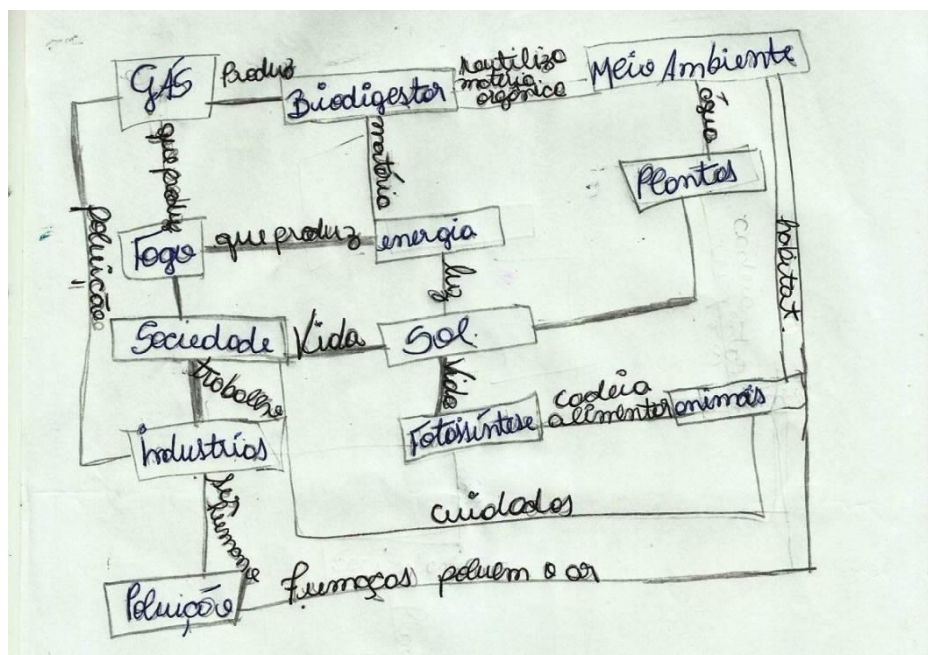


Figura 16 - Mapa conceitual 10
 Fonte: A autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M11 (figura 17), os alunos construíram mesmo o com a hierarquização, e construção em dois blocos um com ligações mais biológicas e outro com relações mais sociais. Percebemos que não fizeram ligações com os conceitos chaves.

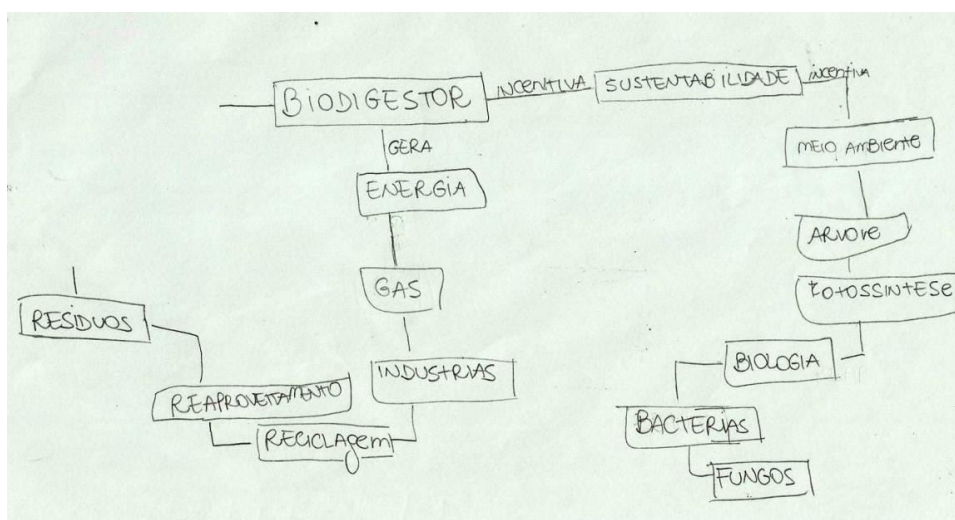


Figura 17- Mapa conceitual 11
 Fonte: A autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Analisando o mapa 12 (figura 18), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com matéria orgânica, e uma associação ocorre posteriormente em um grande bloco com construções como do calor → energia cinética → energia térmica → energia elétrica → sociedade.

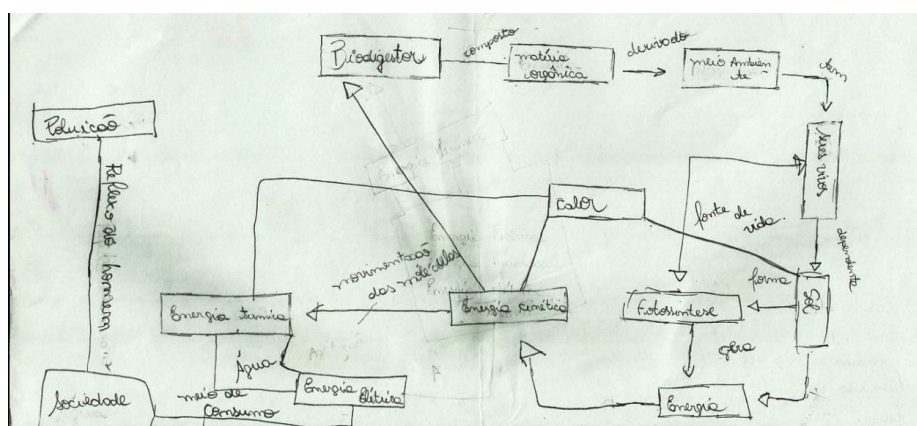


Figura 18 - Mapa conceitual 12
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M13 (figura 19), os alunos construíram o mesmo com conceitos chaves formado um grande bloco. Percebemos que fizeram poucas ligações com os conceitos chaves. A utilização da palavra chave biodigestor houve correspondência direta com energia e está possibilitou as demais construções.

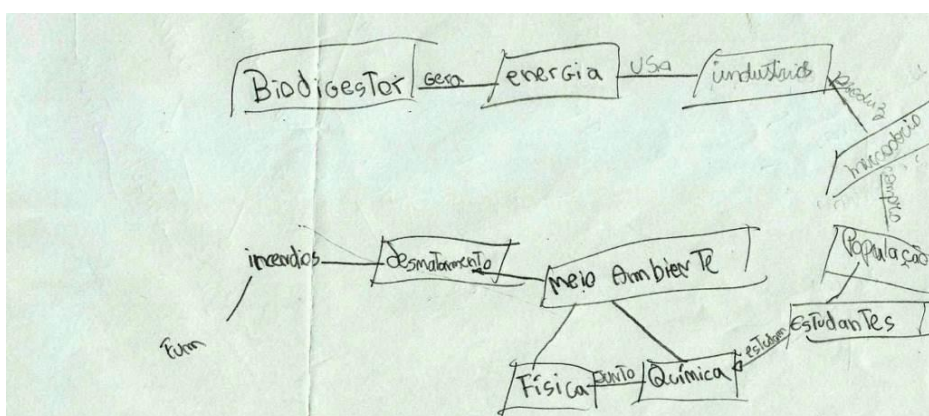


Figura 19 - Mapa conceitual 13
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Analisando o M14 (figura 20), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com energia. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos chave.

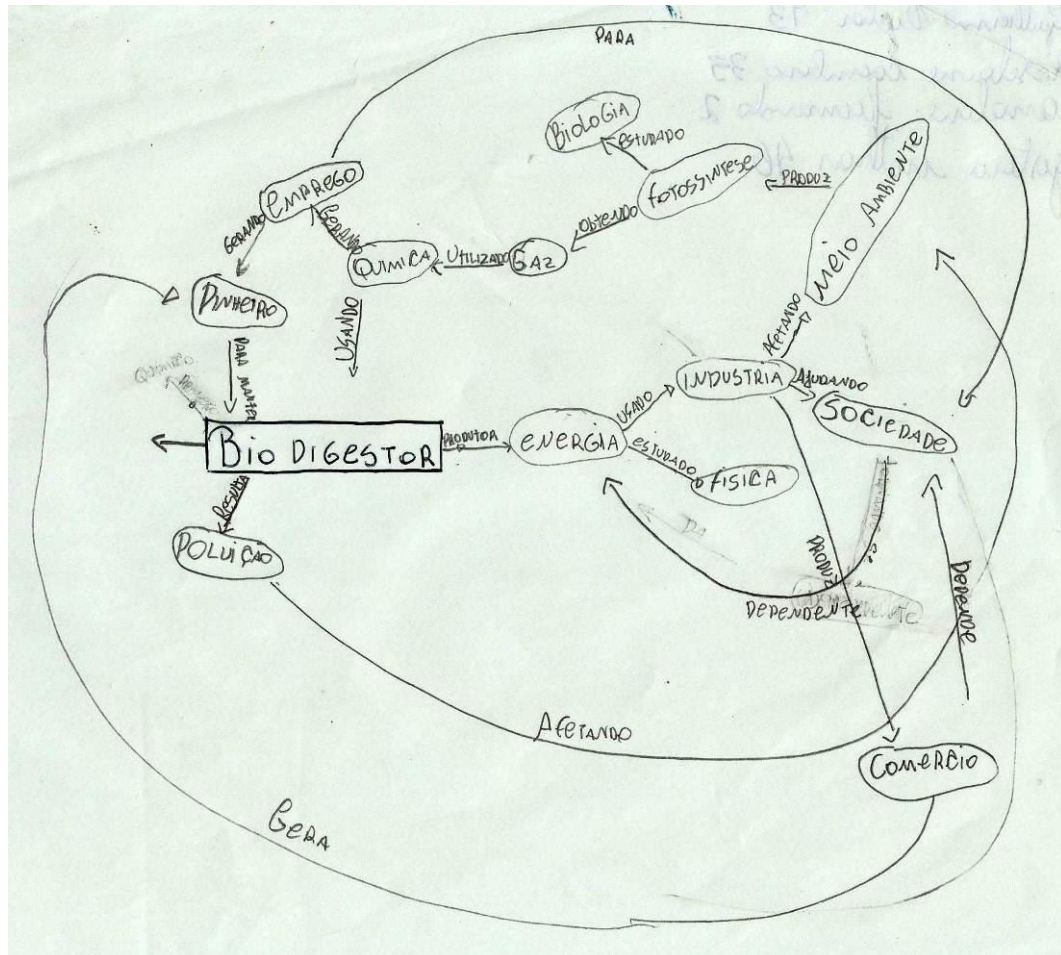


Figura 20- Mapa conceitual 14
FONTE: AUTORIA ESTUDANTES TERCEIRO ANO ENSINO MÉDIO-2014.

c) Mapas pouco significativos

Ao analisarmos o M15 apresentado (figura 21) e, os alunos construíram mesmo sem hierarquização lembrando muito mais uma teia mental, percebemos que as ligações foram efetuadas de modo elaborado com conexões entre os conceitos.

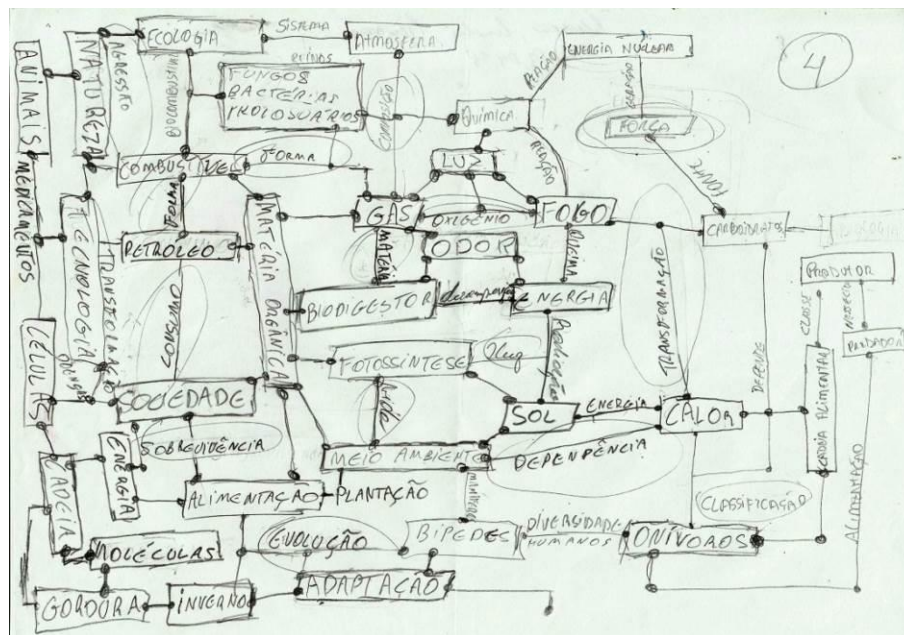


Figura 21 - Mapa conceitual 15
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisarmos M16 (figura 22), os alunos construíram o mesmo com hierarquização, e construção em dois blocos. Percebemos que fizeram ligações com os conceitos chave. A utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta com micro organismos e energia que deram origem aos blocos.

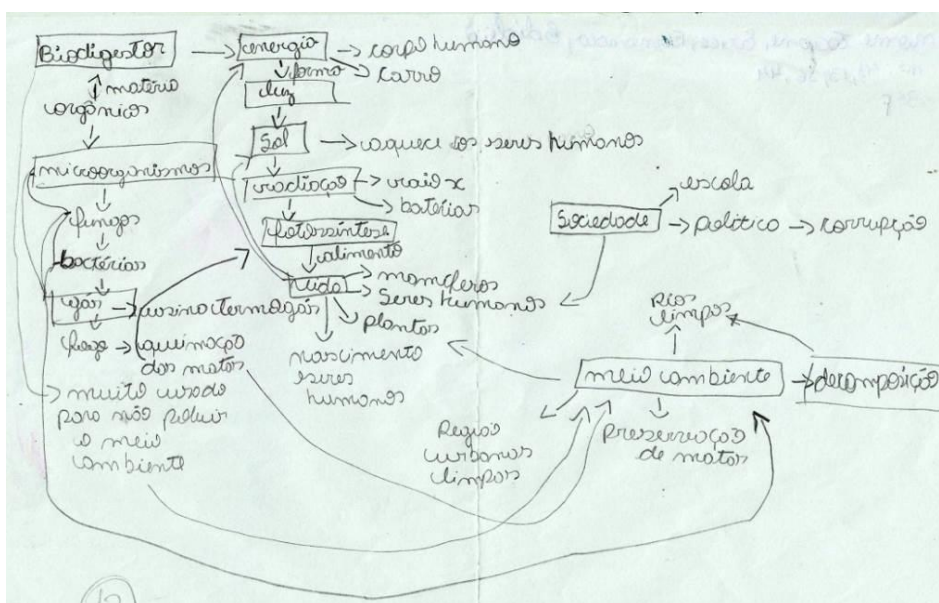


Figura 22 - Mapa conceitual 16
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Analisando o mapa 17 (figura 23), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com e energia. Posteriormente dois blocos com construções com palavras chaves sem ligações entre conceitos chaves. Verifica-se uma maior ligação com conceitos químicos e biológicos.

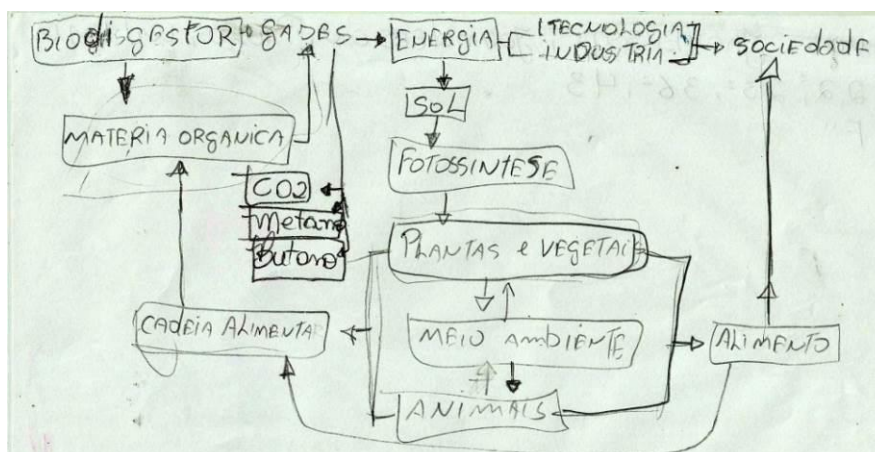


Figura 23 - Mapa conceitual 17

Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Analisando o M18 (figura 24), conforme podemos verificar a utilização da palavra chave biodigestor houve uma correspondência direta do mesmo com decomposição. Percebemos que não fizeram ligações com os conceitos chave.

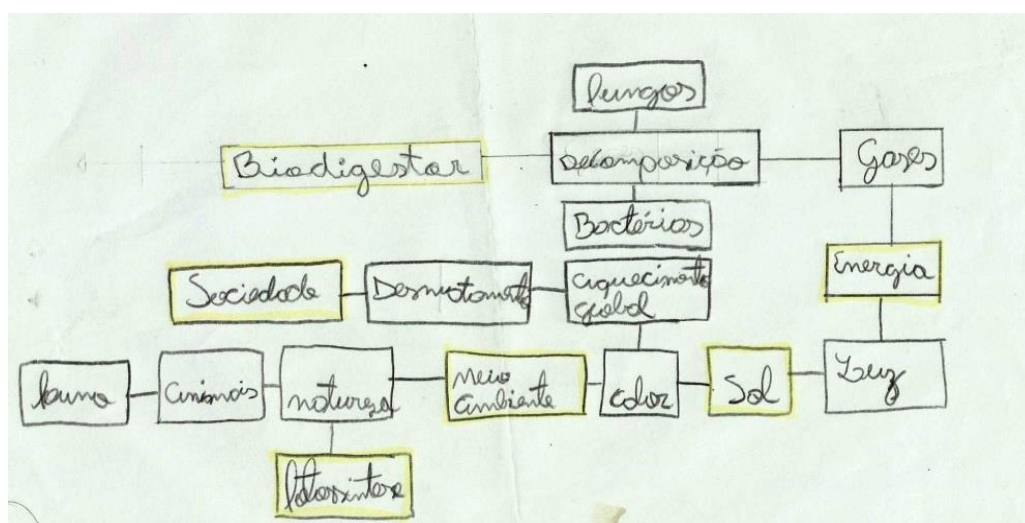


Figura 24 - Mapa conceitual 18

Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Ao analisar os mapas conceituais muito bem elaborados e significativos e os mapas elaborados e significativos, verificamos de maneira geral que os alunos conseguiram identificar a relação entre os processos de biodigestão e o conceito de energia. Nos conteúdos específicos da Biologia, houve uma construção boa em relação ao fluxo unidirecional da energia nas cadeias alimentares. Em relação à conservação da energia e em suas transformações, verificamos a compreensão da mesma nos fatores Biológicos estudados.

Os mapas conceituais mostram que os alunos também fizeram inferências do conteúdo abordado com os problemas sociais vivenciados, o conteúdo agora é visto em diversas áreas não só como conteúdo programático da disciplina contemplando a proposta dos PCN: relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos e estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.

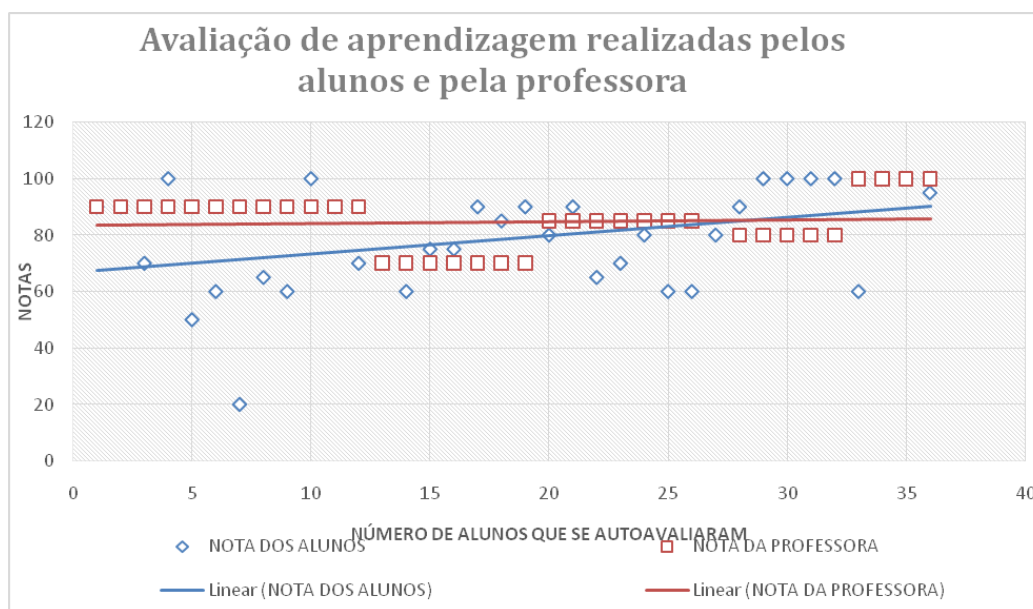
Quanto aos mapas pouco significativos, vale lembrar que a confecção dos mesmos não é tarefa fácil. Os alunos precisam ao longo da sua trajetória acadêmica familiarizar-se com este tipo de ferramenta de aprendizagem. A aprendizagem por memorização ainda é predominante nos sistemas de ensino, os alunos que não foram estimulados a este tipo de intervenção sentiram dificuldades ao elaborá-los.

A análise e a confecção do biodigestor foram fator determinante na compreensão do ciclo da matéria orgânica e suas interações com algumas formas de obtenção da energia na sociedade. A energia e o seu uso na sociedade atual, na possível melhoria da qualidade devida dos sujeitos. Como um ponto a ser pensado, é preciso reconhecer que o conhecimento sobre a biodigestão, foi uma ferramenta que contribuiu efetivamente para a ampliação da capacidade de compreensão da produção de energia na Usina Termoelétrica a Gás de Araucária e a importância dela para a região.

6.1 RESULTADOS DA AUTOAVALIAÇÃO

Os alunos foram motivados a apresentarem ao final dos relatórios uma auto avaliação refletindo sobre e se aprenderam durante o desenvolvimento do projeto. Os mesmos manifestaram-se de forma numérica, dando nota a eles de 0 a 100. Não

foram todos os alunos que se manifestaram. Os dados encontram-se no gráfico 1, R significa o relatório que foi tirado, assim R1, relatório um e assim sucessivamente. A numeração zero a cem é em reação a porcentagem de aprendizagem que os mesmos referiram.



**Gráfico 1–Notas da auto avaliação realizada pelos alunos durante o semestre.
Fonte: Professora pesquisadora.**

Na avaliação que os alunos fizeram, mostra que os mesmos sentiram-se satisfeitos com sua aprendizagem a grande maioria situou sua aprendizagem entre 60 e 80, esta avaliação também mostrar responsabilidade com relação à aprendizagem, maturidade dos mesmos durante o desenvolvimento do projeto, pois os mesmos não atribuíram a maior nota para si. Apenas um aluno atribuiu nota 20 abaixo da média. Estas considerações dos alunos também ficam muito próximas da nota atribuída pela professora aos mesmos.

6.1 .1 Resultados dos relatórios

O quadro 4 mostra uma síntese dos objetivos gerais e específicos de cada grupo de alunos, dados esses conforme encontrado em seus relatórios, os objetivos foram enumerados ao acaso de 1 a 15 para facilitar as análises. Os alunos mostraram estar sensibilizados e conscientes dos propósitos da montagem do biodigestor.

(Continua)

Objetivo Geral	Objetivos Específicos
<p>1- Integrar o grupo para a montagem do mecanismo junto com a professora, objetivando a produção de amostras práticas de conceitos básicos da matéria de Biologia, incentivando ao máximo a participação de todos, motivando o interesse pela produção de energia limpa; presenciando de maneira analítica a transformação da matéria orgânica e energia armazenada dentro do biodigestor ao longo do processo de decomposição, simulando artificialmente um fenômeno natural.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Obter êxito na Montagem do biodigestor anaeróbico; • Isolar totalmente o conteúdo do biodigestor; • Decompor a matéria em alta escala e em curto prazo; • Visualizar o ciclo energético mais comum da natureza; • Observar mudanças físicas da matéria orgânica; • Produzir biogás (CH₄) • Queimar o gás para gerar energia térmica (fogo); • Fotografar todas as mudanças físicas no conteúdo do biodigestor. • Reunir e organizar todos os dados de análise e pesquisa científica e anexá-los no relatório técnico, científico.
<p>2–Observar como ocorre a modificação da matéria orgânica em energia através da decomposição da matéria orgânica do biodigestor, engrandecer nossos conhecimentos e completar notas da disciplina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construir um biodigestor • Observar a formação de fungos • Observar a formação de gases • Produzir energia térmica • Quantificar o volume de biogás total produzido
<p>3- Analisar a matéria orgânica e sua decomposição, e gerar energia a partir do gás formando (fogo).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar um biodigestor. • Analisar o Processo de decomposição. • Mensurar as mudanças de temperatura do biodigestor. • Verificar se houver gás, fungos e bactérias. • Produzir energia térmica. • Gerar o conhecimento sobre o biodigestor. • Gerar o conhecimento sobre a transformação de energia. •
<p>4- Propor alternativa viável para uma nova forma de gerar energia sem poluição.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Criar um biodigestor. • Visualizar como ocorre a decomposição da matéria orgânica • Produzir fogo. • Analisar a viabilidade econômica da implantação deste sistema de geração de energia. • Observar as mudanças do estado físico da matéria orgânica.

(Continua)

5- Observar as mudanças da matéria e energia, a decomposição da matéria orgânica no biodigestor.	<ul style="list-style-type: none"> • Criar um biodigestor. • Visualização do processo de decomposição da matéria orgânica. • Produzir gás.
6 – O objetivo geral da nossa pesquisa foi aprender a construir um biodigestor e saber a suas fases, e tentar gerar o fogo junto das matérias primas e o gás contido.	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo 6, não colocou.
7- Esclarecer os métodos de como é o funcionamento de um Biodigestor e os benefícios que este procedimento traz ao meio ambiente. Este conteúdo irá fornecer mais conhecimentos e chegar à meta final que é fazer fogo.	<ul style="list-style-type: none"> • Criar um biodigestor. • Visualizar a decomposição da Matéria Orgânica durante as aulas. • Entender como ocorre o ciclo da Matéria Orgânica. • Visualizar as mudanças de temperatura no Biodigestor. • Visualizar se existem bolhas. • Visualizar as mudanças de estado físico durante o processo. • Produzir gás. • Produzir fogo.
<ul style="list-style-type: none"> • 8- Aplicação de conhecimento teóricos na prática para aprimorar conhecimentos. • Complementação de notas disciplinares. • Analisar e compreender de forma prática a transformação energética aprendida em sala de aula. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir um biodigestor; • Analisar o processo de decomposição de matéria orgânica; • Observar a formação de fungos; • Observar a formação de gases; • Quantificar o volume de biogás total produzido; • Produzir energia térmica (calor);
9- Demonstrar que com a decomposição de matéria orgânica no final podemos gerar energia.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração do biodigestor; Produzir chama; • Analisar o processo de decomposição; • Mensurar as mudanças de temperatura do biodigestor; • Verificar se houve gás, fungos e bactérias; • Produzir energia térmica;
10- Perceber como ocorrem as transformações da matéria e energia ao longo do processo de	<ul style="list-style-type: none"> • Criar um biodigestor; • Visualizar o processo de decomposição da matéria orgânica; • Entender como ocorre o ciclo da matéria orgânica;

(Conclusão)

<p>biodigestor, além de produzir chama com o gás que foi feito no biodigestor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar as mudanças físico-químicas da matéria. • Visualizar se existem bolhas. • Vivenciar as mudanças de estado físico durante o processo.
<p>11- O objetivo do biodigestor é produzir energia e mostrar a decomposição dos materiais ali encontrados no interior. Nosso maior objetivo foi à produção de energia e conseqüentemente a queima desse gás produzido, e também a decomposição de matéria orgânica. Essa matéria foi feita uma reação química nela no qual a matéria no interior sofreu uma transformação por agentes de bactérias. A produção do gás se teve por causa das bactérias que digerem a matéria orgânica em condições anaeróbicas (Isto NE, em ausência de oxigênio) assim produzindo o gás. Após a produção até ocorrer à queima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos Específicos; • Fabricação de Gás e Energia; • Decomposição de matéria orgânica; • Aprendizado sobre biodecomposição; • Função do biodigestor; • Acompanhamento de formação de bactérias e fungos durante a decomposição; • Aprendizado sobre acompanhamento de trabalho com datas específicas para a visitaçao do trabalho e anotações sobre o que ocorreu de mudanças durante os dias de decomposição.
<p>12- Observar em um biodigestor a matéria orgânica em seu período de decomposição, destacando as mudanças de matéria e energia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Montar o biodigestor; • Escolher o Material Orgânico que acreditamos que produza uma quantidade grande de gás; • Visualizar o processo de decomposição da matéria orgânica; • Perceber as várias mudanças de um mesmo material; • Conscientizar o que acontece com um material orgânico quando “jogamos” ele em qualquer lugar; • Produzir gás metano; • Obter fogo através de queima do gás.
<p>13-Fazer com que o biodigestor produza gás em quantidade considerável, produzindo um biodigestor que fizesse que o gás não vazasse.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo 13 não detalhou.
<p>14-Não entregou, relatório final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Não entregou.
<p>15-Não entregou, relatório final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Não entregou.

Quadro 4 - Objetivos gerais e específicos

Fonte: Autoria própria

O recorte dos objetivos mostra que os alunos atingiram algumas competências propostas pelos PCNS como: apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo; ao traçar um objetivo os alunos tiveram que pensar no experimento como um todo e programar futuras ações para o sucesso do mesmo; apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc. Sem dúvida os mesmos, na sua maioria, conseguiram efetuar o relatório com maestria, elaborando-o de forma técnica e precisa. Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo. Para concluir os trabalhos com o biodigestor os alunos tiveram que lançar mão não só da experimentação como a construção do objeto a ser observado, além disto, para entrega do relatório as pesquisas de textos científicos foram inerentes ao trabalho.

O quadro 5, mostra de forma sistematizada as observações dos alunos durante o processo de biodigestão da matéria orgânica, que ocorreu durante cinco semanas, semana um corresponde à primeira semana, e assim sucessivamente, e G corresponde ao grupo seguindo a mesma ordem da tabela apresentada anteriormente G1 dados do relatório 1, G2 relatório 2 e assim por diante. Neste relatório a biodigestão não estava completa e não havia sido produzido o biofertilizante.

(Continua)

	SEMANA1	SEMANA2	SEMANA3	SEMANA4	SEMANA 5
Grupo 1	<ul style="list-style-type: none"> Sem mudanças; 	<ul style="list-style-type: none"> Mudança de cor (perda da coloração inicial); Gases 	<ul style="list-style-type: none"> Fungos; Mudança de cor (cor laranja); Perdeu todo gás; Tornou-se uma gosma; 	<ul style="list-style-type: none"> Fungos; Mudança de cor (verde amarelo e branco); Completamente putrefato; Pouco gás 	<ul style="list-style-type: none"> Não efetuada
Grupo 2	<ul style="list-style-type: none"> Mudança de cor (matéria orgânica esbranquiçada) 	<ul style="list-style-type: none"> Gases; Bolhas; 	<ul style="list-style-type: none"> Grande quantidade de gases; 	<ul style="list-style-type: none"> Vazamento; Forte odor; 	<ul style="list-style-type: none"> Grande quantidade de gases; Mudança de cor (matéria orgânica amarelada); Mudança de estado (pastoso); Absorção água;
Grupo 3	<ul style="list-style-type: none"> Absorção completa da água; 	<ul style="list-style-type: none"> Cores diversas no sistema; Aparência pastosa; 	<ul style="list-style-type: none"> Sem presença de fungos material sem água apenas úmido; Odor-azedo; 	<ul style="list-style-type: none"> Gases; Fungos; 	<ul style="list-style-type: none"> Mudança de cor; Gases; Material seco;
Grupo 4	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam;
Grupo 5	<ul style="list-style-type: none"> Água vermelha e a carne amarela; Bolhas; Gases; 	<ul style="list-style-type: none"> Fungos; Gases; Odor; Bolhas; 	<ul style="list-style-type: none"> Fungos; Percepção de vazamentos; Bolhas; 	<ul style="list-style-type: none"> Carne com mudança de cor (escura); À ainda vermelha; Bolhas; Cheiro ruim; Rompimento do sistema; 	<ul style="list-style-type: none"> Fungos; Água vermelha; Carne podre; Vazamento ainda presente; Cheiro muito forte;
Grupo 6	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> Não detalharam;

(Conclusão)

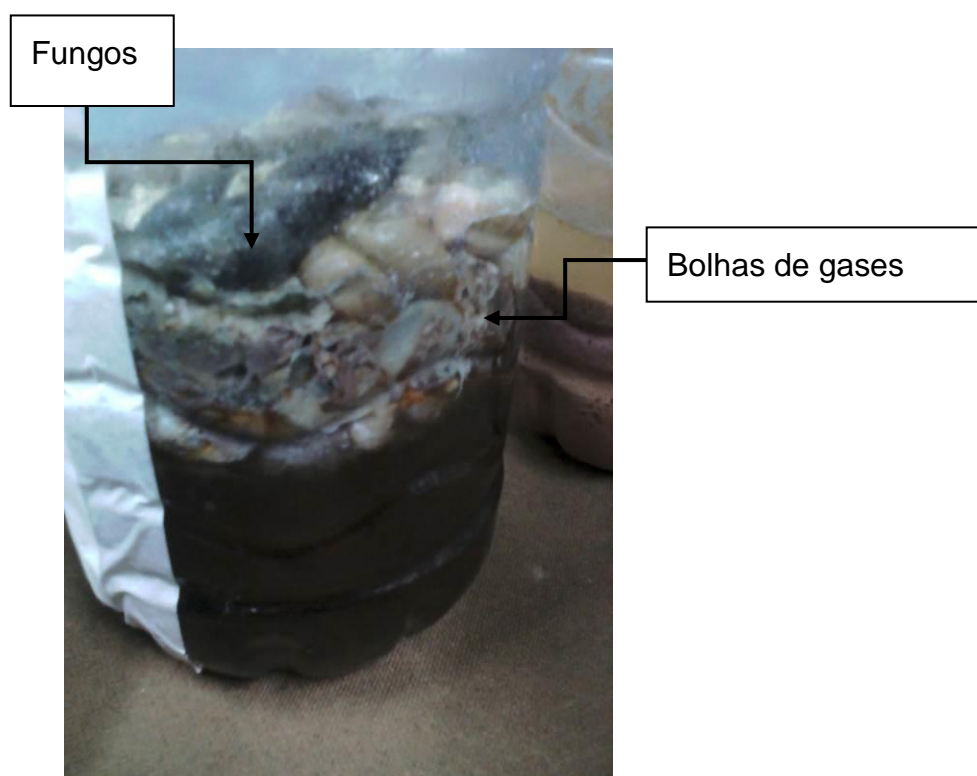
Grupo 7	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de cor; • Fungos; • Vazamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Bolhas; • Mudança de cor; • Bolhas; Gases; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Bolhas; • Mudança de cor; • Bolhas; Gases; 	<ul style="list-style-type: none"> • Bolhas; • Fungos; • Mudança de cor; 	<ul style="list-style-type: none"> • Rompimento do sistema; • Vazamento do gás;
Grupo 8	<ul style="list-style-type: none"> • Sem modificações significativas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Bolhas; • Alteração da coloração; • Absorção da água; 	<ul style="list-style-type: none"> • Bolhas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Rompimento do sistema; • Vazamento do gás; 	<ul style="list-style-type: none"> • Gases; • Cor amarela; absorção completa da água; mudança de fase do sistema (homogeneidade).
Grupo 9	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de cor (preto com tom verde); • Fungos; • Odor; Bolhas; • Água na parte inferior; 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de cor (líquido preto com matéria orgânica amarela com tom verde); • Fungos; • Odor; 	<ul style="list-style-type: none"> • Líquido preto; • Odor mais elevado; 	<ul style="list-style-type: none"> • Cor preta, matéria orgânica marrom com tom verde; • Odor; • Fungos; • Bolhas; Gases; 	<ul style="list-style-type: none"> • Líquido preta matéria orgânica verde; • Odor; • Fungos; • Muito gás;
Grupo 10	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de bolhas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de bolhas; • Fungos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Gases; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença maior de fungos.
Grupo 11	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam;
Grupo 12	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Mudança de cor (escura marrom); • Bolhas; • Cheiro forte; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos na beirada do reservatório; • Coloração acinzentada, água marrom; • Material estufado com aumento de volume; • Bolhas; • Cheiro forte; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Matéria orgânica indo para fundo; • Bolhas maiores e em maior quantidade; • Matéria orgânica volumosa, volume de água menor; 	<ul style="list-style-type: none"> • Gás; • Mudança de cor; • Bolhas pequenas e em menor quantidade; • Vazamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungos; • Mudança de cor; • Formação de placas na lateral do reservatório; material não está mais inchada; • Aumento do volume de água; • Diminuição aparente do volume de matéria orgânica, Bolhas.
Grupo 13	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não detalharam;

Quadro 5 - Observações semanais dos alunos durante processos de biodigestão.

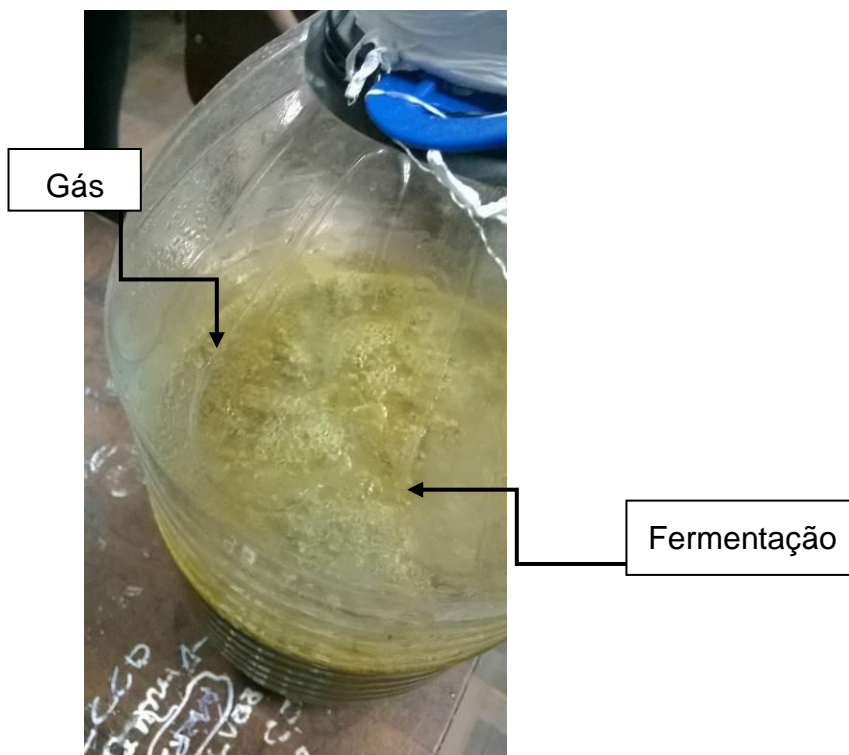
Fonte: Autoria própria da pesquisadora

Nas observações aqui mencionadas se verificam aspectos da observação que podem ser desenvolvidos de forma integradora nas ciências naturais.

Na fotografia 2, podemos ver entre outros, fungos e bolhas de gases, os fungos são importantes decompositores da natureza, quebrando os produtos orgânicos e reciclando carbono, nitrogênio e outros compostos. Os fungos também realizam a fermentação (Fotografia 2) um processo de liberação de energia que ocorre sem a participação do oxigênio (processo anaeróbio). Entre os gases (Fotografias 2 e 3), produzidos durante a biodigestão está o metano (CH_4) que é um gás incolor, inodoro e que possui alto teor energético ao ser queimado. Sem dúvida quando o estudante presencia a criação desses elementos, juntamente com a teoria, proporciona a melhoria dos conhecimentos dos alunos.

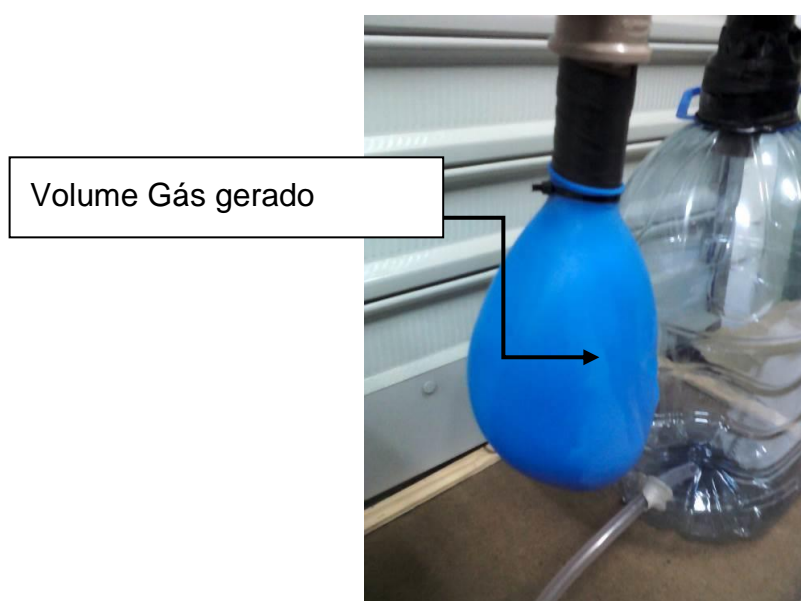


Fotografia 2 - Decomposição da matéria orgânica.
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014



Fotografia 3- Biodigestor concluído com sucesso.
Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Além de presenciar a formação dos fungos os alunos visualizaram o volume (Fotografia 4) ocupado pelos gases produzidos nos processos de biodigestão. Os estudantes podiam visualizar o mesmo com a abertura do registro instalado no biodigestor, através da liberação do registro a bexiga ou o embolo da seringa se enchiam.

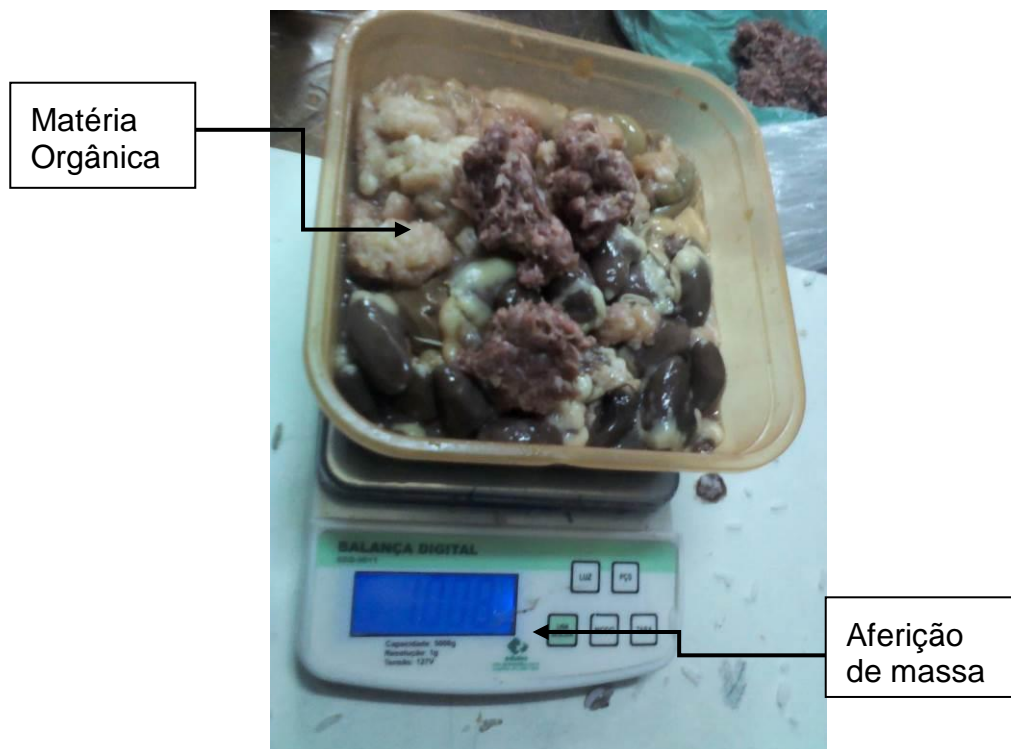


Fotografia 4 - Formação de gases.**Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014**

Em alguns casos os alunos obtiveram um sistema heterogêneo, que em cada aspecto distinto observado é chamado de fase em Química (Fotografia 5). Nesta fotografia podemos observar que o sistema apresenta três fases ou trifásico.

**Fotografia 5 - Verificação da formação de fases durante a biodigestão.****Fonte: Autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.**

Os alunos tiveram também a oportunidade de aferir massa da matéria orgânica (Fotografia 6). Estes conteúdos não têm ligação direta com a energia, contudo, são conceitos desenvolvidos na Física e na Química. As aulas experimentais desta proposta possibilita trabalhar inúmeros conteúdo das CN como os exemplificados.



Fotografia 6 - Aferição de massa.

Fonte: A autoria estudantes terceiro ano Ensino Médio-2014.

Durante a execução do trabalho a direção da escola retirou os biodigestores do local inicial, pois 1 estava vazando e produzindo odores. Os biodigestores foram removidos de qualquer forma o que causou o rompimento da maioria dos sistemas, furos e desmonte total de alguns. Os alunos antes mesmo do contato com a professora com foram pedir explicações ao diretor os mesmos e se posicionaram em seus relatórios em relação a isto, demonstrando o envolvimento dos mesmos com o projeto. Foi arrumado outro local para armazenagem dos biodigestores. Alguns grupos ficaram desanimados depois do incidente, pois tiveram que refazer seus biodigestores. Em alguns casos houve a perda total dos gases e exalava odores fétidos devido à decomposição do material orgânico.

Também foi verificada através das atividades, grande curiosidade dos alunos em relação aos fenômenos que estavam ocorrendo durante a biodigestão e perguntas de cunho social. Questionamentos que muitas vezes a professora teve que procurar as respostas e outros que não puderam ser respondidos, pois não foi encontrado resposta.

Cabe aqui destacar que o experimento construção e observação do biodigestor mostrou-se altamente interdisciplinar e socialmente importante. A observação do fenômeno biológico, físico e químico motivou os alunos a coletar e avaliar os dados produzidos e posteriormente a ligação dos fenômenos observados aos conteúdos dialogados em sala de aula. A ausência de laboratório de ciências e de infraestrutura deste colégio público dificultou, mas não impediu a aplicação do mesmo.

6.2 SENTIDOS ATRIBUIDOS AOS MAPAS CONCEITUAIS AOS RELATÓRIOS

Os resultados obtidos a partir dos mapas conceituais e das conclusões dos relatórios produzidos pelos alunos serão descritos e comentados² a seguir, acompanhados com um esclarecimento de cada categoria escolhida;

6.2.1 Percepção interdisciplinaridade entre ciências

Esta categoria foi proposta para análise buscando a interdisciplinaridade como norteadora e facilitadora da aprendizagem, pois busca demonstrar que os conteúdos das ciências naturais são complementares uns aos outros e que para compreensão plena de um fenômeno natural é necessário um olhar sob o conjunto das CN.

Algumas considerações dos mapas conceituais:

M1- Química→ Biologia→ Física→ Biodigestor→ biogás→ energia
 M16-Biodigestor →matéria orgânica →fotossíntese→ energia → $E=mc^2$ →meio ambiente

Observamos nestes recortes que os estudantes percebem que os conteúdos, desenvolvidos na disciplina tem relações mais amplas os alunos que confeccionaram o M1 mostram de forma clara que os conceitos que norteiam o entendimento sobre a biodigestão são domínios das CN. Os do M16 fazem uma associação que leva em conta não só os fenômenos, mas faz uma associação a teoria do que provavelmente havia sido ensinado na disciplina de física, uma fórmula que representa $E=mc^2$ é uma equação da física moderna utilizada como parte da Teoria ou Princípio da Relatividade, desenvolvida pelo físico alemão Albert Einstein, o que mostra que o aluno tentou ligar os conceitos aprendidos na outra disciplina com o que estava sendo visto no momento, e a ligação desta com meio ambiente provavelmente tentando mostrar a dependência de energia pelos seres bióticos.

Recortes das conclusões dos relatórios:

²Não se pretende esgotar as discussões apenas fazer algumas análises preliminares, haja vista a quantidade de material produzido e que pode fornecer uma gama muito grande de análises.

R1“Deve-se considerar também a **temperatura adequada**, a temperatura ambiente do biodigestor e externa, pois as **Archaeas** que produzem **metano** são muito sensíveis a mudanças de temperatura. É preciso que a **matéria orgânica** possua **nutrientes** também, como **carbono, nitrogênio e sais minerais**, todos necessários para a **nutrição das bactérias**”.

O recorte mostra que os alunos fizeram uma associação da temperatura a seres biológicos as bactérias e posteriormente utiliza elementos como nitrogênio e carbono, o que mostra a intensa relação integradora dos conteúdos estudados.

R7“Nosso grupo aprendeu que o Biodigestor serve para transformar “**lixo**” em **energia** pouco poluente, que o **gás** produzido (**gás metano**) pode servir para alimentar um **gerador**; também serviu para nos trazer mais conhecimento sobre os biodigestores, seu funcionamento e suas vantagens ao **meio ambiente**”.

Este grupo mostra a preocupação ambiental, associada ao gás produzido as questões tecnológicas.

R8“Conseguimos observar através dessa experiência que o biodigestor é uma câmara vedada, formando assim um **ambiente anaeróbio** no qual a ação das **bactérias**, se divide nas fases de: **hidrólise ácida e metanogênica**”.

Além da clara utilização de termos mais técnicos (**ambiente anaeróbio**) o grupo aponta fenômenos químicos associados a seres vivos (**hidrólise ácida e metanogênica**), este fato mostra as intensas relações estabelecidas pelos estudantes ao observar o processo de biodigestão.

R10“Criamos o biodigestor, conseguimos visualizar bem a **decomposição** do material, vimos às **transformações químicas e físicas da matéria**.”

Relatam observações das transformações químicas e físicas da matéria, o que enriquece o conhecimento sobre decomposição pensado normalmente como

um processo biológico, percebe-se também uma relação muito mais ampla do conteúdo estudado.

R10“O uso do biodigestor para **produção de biogás** é uma boa alternativa para a utilização de **energia**, pois é uma forma de reaproveitar **dejetos**, além de **não poluir** como outros meios de produção de energia”.

Neste trecho o grupo ainda mostra dificuldade de separar combustíveis e energia, no entanto a preocupação com formas de captar energia limpa fica claro, também ocorre uma preocupação ambiental. O recorte passa pela produção de biogás que é um fenômeno Químico/físico/biológico, a preocupação com dejetos e poluição.

R11“Concluimos que o Biodigestor é construído para a fabricação de energia e gás para a queima no final do processo, com isso podemos estudar as funções de um biodigestor. Essa matéria foi feita uma **reação química** nela no qual a **matéria** no interior sofreu **uma transformação por agentes de bactérias e fungos**. Com esse **gás produzido** podemos **queimar** e assim **produzir energia**. Esse trabalho mostrou que com um simples objeto podemos produzir gás, e com simples materiais se consegue muito aprendizado e conhecimento sobre a **decomposição de matéria orgânica e produção de gás**”.

Apesar do erro conceitual “fabricação de energia”, os alunos associam reações químicas e os fatores biológicos. Além da captação de energia com a queima do gás metano.

Buscou-se metodologias para que os alunos, tenham uma visão mais holística dos conteúdos, o conhecimento menos fragmentado assim como sugere Morin (2001:

A supremacia do conhecimento fragmentado de acordo com as disciplinas impede frequentemente de operar o vínculo entre as partes e a totalidade, e deve ser substituída por um modo de conhecimento capaz de aprender os objetos em seus contextos, sua complexidade, seu conjunto (MORIN, 2001, p. 14).

Os recortes acima mostram que a proposta atingiu seus objetivos, os alunos, conseguem utilizar os conteúdos da disciplina e fazer relação com os conteúdos de outras áreas ou disciplinas.

6.2.2 Ensino Interdisciplinar, e conexões com o cotidiano

Esta categoria busca revelar se uma prática metodológica, construção e observação do biodigestor verificou-se, maior integração do ponto de vista do dia a dia, do aluno, com os conhecimentos propostos pela disciplina.

Algumas considerações dos mapas conceituais:

M4-Biodigestor →matéria orgânica →gás→ indústria→ qualificação

M18-Biodigestor →energia → sol →fotossíntese→ vegetais → animais alimento→ sociedade

M4-Biodigestor →energia elétrica →sociedade→ meio ambiente

Nestes três recortes se percebe uma preocupação não só com o conteúdo de Biologia, o aluno começa mostrando uma preocupação com os conteúdos da disciplina, mas vai acrescentando outros fatores relevantes em seu dia a dia como qualificação, alimento, sociedade isso mostra que os mesmos tentaram fazer associação do conteúdo de sala de aula com seu cotidiano. Assim o conteúdo adquire significados e passa a fazer parte de seu pensamento sem dúvida associar fotossíntese a alimento e sociedade é relevante para a formação crítica do sujeito, é relevante que o aluno possa fazer este tipo de associação com o conteúdo.

M12-Biodigestor →matéria orgânica →meio ambiente→ seres vivos→ sol→ calor→ energia cinética→ energia térmica →energia elétrica →sociedade→ poluição

Observou-se que os alunos preocuparam-se com as transformações da energia e a utilização da mesma pela sociedade. Fato importante após o desenvolvimento do conteúdo.

1- Recortes das conclusões dos relatórios:

R2“Além das **vantagens econômicas**, o biogás é uma fonte de **energia limpa e renovável**, apresentando assim inúmeros benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a **saúde das pessoas**”.

Neste recorte os alunos vão da preocupação econômica da produção de energia a questões referentes á saúde normalmente os alunos não fazem esse tipo de associação.

R3“É importante afirmar que o biodigestor é utilizado para **o uso doméstico entre outros**”.

R3 “Vemos através de detalhada explicação que a utilização dos biodigestores é uma tecnologia tradicional, quando o Brasil e o mundo inteiro passaram por uma **crise energética** e adquire **recursos renovais**, são reatores anaeróbicos, constituído na transformação de compostos orgânicos, através da decomposição bacteriana”.

Aqui se vê uma associação do conteúdo com questões tecnológicas e históricas além da preocupação R3 de quem pode utilizar a tecnologia.

R9“Tal energia do biodigestor é **benéfica para o meio ambiente**, pois é uma excelente alternativa tecnológica para o **tratamento de resíduos (dejetos)** gerados, já que estes são de responsabilidade do produtor, o qual deve fornecer um destino adequado a eles...”

Neste recorte se percebe que o aluno entendeu as questões levantadas sobre responsabilidade social frente à produção de resíduos e a busca de tecnologias para resolver essa problemática.

Nestes recortes percebe-se que com a metodologia proposta da construção e observação do biodigestor os alunos puderam ampliar seus conhecimentos e associá-los com o conteúdo desenvolvido, Marta Pernambuco (1993) afirma:

À dinâmica básica desencadeada em sala de aula deve permitir uma riqueza de troca e desafios, que funcionam como motivação e oportunidade para que transcendam, de fato, o seu universo imediato, e possam adquirir criticamente novas formas de compreendê-lo e atuar sobre ele [...]. É nessa direção que, ao organizar seu trabalho, o professor deve caminhar sempre atento para partir da contribuição da classe, entender a sua forma de pensar, questioná-la criando novas necessidades, construir com ela os novos conhecimentos necessários, e ao voltar à situação de partida, ampliar e sistematizar os conhecimentos adquiridos (PERNAMBUCO, 1993, p.21).

Os alunos mostram que o conteúdo de Biologia foi contemplado, contudo fizeram inferências além do que foi proposto, pois tal metodologia proporciona um olhar amplo dos acontecimentos relativos à biodigestão, e os faz associar com a realidade que foi exposta sobre a produção de energia e a necessidade de conhecimento em relação a sua produção e utilização.

6.2.3 Energia, percepção da transformação e conservação.

Esta categoria busca visualizar se o aluno pode perceber durante todo o desenvolvimento do projeto que energia não se cria nem se perde apenas se transforma.

Algumas considerações dos mapas conceituais:

M16-Biodigestor → matéria orgânica → gás → energia

Neste recorte os alunos mostram que percebem as transformações da matéria e a posterior captação da energia através da queima do gás.

M12-Biodigestor → energia → luz → sol → radiação → fotossíntese → vida

Aqui a transformação de energia luminosa em energia química e a possibilidade da vida pela passagem desta nas cadeias alimentares.

M12-Biodigestor → matéria orgânica → meio ambiente → seres vivos → sol calor → energia cinética → energia térmica → energia elétrica

Neste recorte ficam clara as associações realizadas pelos alunos e as formas de manifestação da energia, se transformando de uma em outra sem ser criada.

M17-Biodigestor → fotossíntese → energia → calor → sol

Neste recorte os alunos referem-se à energia capturada pela fotossíntese e sua associação com a energia radiante do sol.

Recortes das conclusões dos relatórios:

R1“Tão importante quanto à questão energética, é a questão de **percepção da energia** que o projeto nos trouxe. Através do biodigestor, é possível concluir o fato natural de que a **energia não pode ser produzida**, mas sim **transformada**.”.

R1“Através da decomposição da matéria-energia é possível ser transformada uma nova forma de energia, uma forma gasosa. E esta é a verdadeira essência da energia presente no universo, **uma energia que não pode ser criada, mas sim transformada**.”.

No recorte acima **o princípio da conservação de energia**, ou seja, um tipo de energia pode ser convertido à outra, ficou bem claro párea os alunos os mesmos enfatizam que durante o processo a energia não foi perdida e sim convertida em outra forma.

R2“Felizmente conseguimos atingir todos nossos objetivos, principalmente objetivos gerais, pois analisamos a **transformação da energia**, que em um primeiro momento estava na forma de energia a **potencial química** e ao ficar isolada de oxigênio começa a se decompor, transmitindo essa energia para as bactérias e fungos que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.”.

R2“Através da fotossíntese, a **energia luminosa é transformada em energia potencial química**. Após esse processo a planta, utiliza uma parte da energia química para a manutenção de seu metabolismo, e o que resta dessa **energia é transmitida** para outros seres tróficos de uma teia alimentar”.

R2“Isso nos mostra que as substâncias que foram introduzidas no interior do biodigestor continham energia. Essa energia é transmita para as bactérias que se multiplicam com facilidade devido à ausência do oxigênio, e isso dá “forças” para elas decomparem a matéria orgânica, gerando assim **diversos gases**, que mais tarde poderão ser utilizados como **energia térmica** ou até mesmo energia elétrica.”.

Nestes trechos **o princípio da conservação de energia** é mostrado pelos alunos, e estes tem a preocupação de nomear algumas manifestações da energia (**potencial química, energia luminosa e energia térmica**), em momentos diferentes do processo de biodigestão. O entendimento sobre as transformações da energia se tornou freqüente e com relações amplas frente ao conteúdo abordado.

R3“Quando um organismo se alimenta do outro nas relações da cadeia alimentar, há **transferência tanto de energia** quanto de matéria. O processo de transferência de energia começa pelo sol. A **energia, Solar, captada e transformada pelos produtores**, é devolvida ao meio na forma de **energia térmica** pelos próprios produtores, consumidores e decompositores. Trata-se de um fluxo unidirecional.”

O recorte mostra uma grande interação dos conteúdos abordados nas aulas dialogadas com o conteúdo observado no biodigestor. Os estudantes conseguem abordar as relações tróficas com a captação de energia e suas transformações ao longo das cadeias alimentares.

Em todos os recortes fica claro que os alunos compreenderam durante o desenvolvimento do projeto as transformações da energia e suas manifestações

6.2.4 Energia e necessidade social da mesma

Esta categoria tratou de analisar se o estudante após vivenciar cada uma das mudanças ocorridas com a matéria orgânica, juntamente com o conteúdo teórico, seria capaz de perceber necessidade da energia na sociedade e formas alternativas da sua produção.

Algumas considerações dos mapas conceituais:

M6-Biodigestor → gás metano → energia → casa → lixo → meio ambiente

M4-Biodigestor energia → matéria orgânica → gás → gás metano → combustível.

Nestes mapas mostra-se que houve a percepção que o metano é um combustível que pode ser transformado em energia uma fonte alternativa em relação aos combustíveis fósseis.

Recortes das conclusões dos relatórios:

R2 “Atualmente existe alguns **programas** que incentivam a produção de biogás como fontes de energia alternativa, tendo com o maior destaque a parceria entre o MMA (Ministério do Meio Ambiente), MME (**Ministério de Minas e Energia**) e o ANNEL (**Agencia Nacional de Energia Elétrica**), que se dedicando para o desenvolvimento desse projeto”.

R2 “Outra iniciativa que está sendo proposta é o **Programa de compra de resultados futuros no Manejo de Resíduos Sólidos**, cujo objetivo principal é a busca de **sustentabilidade** no processamento de resíduos. Um dos aspectos negativos do metano é que ele participa da formação do efeito estufa, colaborando, desta forma, para o **aquecimento global**. Da mesma maneira que tem os malefícios para o ambiente, a produção do biogás tem muitas vantagens, que podem ser soluções para problemas ambientais no futuro”.

R2 “Além disso, o biogás é, com certeza, uma **importante fonte energética substituta para os combustíveis derivados do petróleo**, como a gasolina e o diesel. E, sobretudo, o uso do biogás representa uma **alternativa** real ao uso do **GLP**, ou gás de cozinha, ainda amplamente utilizado por todos nós.”.

Este Recorte o grupo mostra uma preocupação em buscar informações sobre programas promovidos pelo governo para solucionar os problemas em relação a energias alternativas como o biogás. Os estudantes mostram-se preocupados com fatores que em outra abordagem seria difícil visualizar. Assim fica evidente a procura de informações relativas a processos que sejam sustentáveis em relação a obtenção de combustíveis e energia. Revelando ocorreu uma sensibilização da necessidade de obtenção dos mesmos, contudo de forma limpa e responsável.

R4 “O presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de biodigestão com a finalidade de produzir **biogás** com potencial de ser utilizado como fonte de **energia alternativa**.”.

Ao estipular seus objetivos os alunos já idealizavam aprender sobre processos alternativos de obtenção de energia. A observação da biodigestão corroborou no sentido de sensibilizá-los a respeito da necessidade da energia na sociedade atual.

R9 “Porém o essencial foi o aprendizado, que o biodigestor não está no estado defasado e sim **presente na vida de muitas pessoas que habitam as regiões rurais**, e que fazem do biodigestor uma grande fonte de energia para suas casas. Além disso, o biodigestor é muito benéfico para o meio ambiente, pois é uma excelente **alternativa tecnológica** para tratamento dos dejetos.”.

A preocupação com regiões rurais aparece neste recorte e mostra o nível desenvolvimento de interações, feitas pelos alunos, em relação a vários temas entre eles a necessidade de obtenção de energia.

Em todos os recortes ficou claro que os alunos tiveram a percepção que existem formas alternativas de captação de energia, entre elas o biogás e sua posterior transformação em energia. Como mostrado não se atingiu a totalidade dos relatórios contemplando todas as categorias elencadas. Os resultados sugerem que, os alunos avançaram em seus conhecimentos sobre energia. A interpretação e explicação das situações apresentadas tiveram boa qualidade. O conceito de energia como fio condutor foi positivo, pois trouxe os conteúdos mais próximos da realidade dos mesmos e ainda serviu com nó de significações entre os conceitos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção, finalizo sintetizando os resultados encontrados e as interpretações apresentadas no corpo desse trabalho, a partir do referencial teórico e da análise dos materiais produzidos pelos alunos e da possibilidade do uso do biodigestor como instrumento para melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem de alguns conteúdos da CN. Nesse sentido, para direcionar essas palavras finais, retomo o problema de pesquisa dessa investigação “Como desenvolver nas aulas de Biologia os conceitos unificadores, como energia, através da metodologia interdisciplinar”?

Dessa forma, o principal objetivo dessa pesquisa foi estabelecer estratégias para utilização de conceitos comuns nas ciências naturais como, por exemplo, o assunto energia, que por possuir uma característica altamente interdisciplinar podem ser tratados educacionalmente em sala de aula em diversas disciplinas, aprofundando e ampliando as discussões sobre este conceito na disciplina de Biologia, dando ênfase a linguagem destes conteúdos nas outras ciências naturais Física e Química. Para atingir esta finalidade, foi realizada pesquisa sobre a possibilidade de trabalhos diferenciados na sala de aula que estivessem em consonância com as Diretrizes Curriculares vigentes, a visão de diversos autores sobre o tema interdisciplinaridade e a busca de uma melhor compreensão sobre o conceito energia.

Assim esta pesquisa buscou propor uma instrumentalização para o ensino das CN, minimizar dificuldade de entendimento de alguns conceitos através desenvolvimento de práticas didáticas envolvendo construção de um biodigestor. Esta proposta busca na instrumentalização minimizar as dificuldades do ensino aprendizagem de alguns conceitos e a apropriação dos mesmos possibilite emancipação, esclarecimento e formação plena dos estudantes.

O ensino de CN, segundo os PCN, deve estar pautado em dois eixos fundamentais a contextualização e a interdisciplinaridade. Esta proposta contempla os dois parâmetros. A contextualização ocorreu de duas formas a utilização de uma indústria local, e a visualização da formação do gás através da decomposição da matéria orgânica. E a interdisciplinaridade neste trabalho foi realizada, pois, existem

fenômenos naturais que para serem vislumbrados de forma plena se precisa lançar mão de uma visão de várias disciplinas a compreensão que os processos de decomposição e posterior produção de gás que irá ser utilizado na produção de energia elétrica entre outros, não é assunto somente da Biologia é fazer interdisciplinaridade na sua essência. Dessa maneira, sistematizar o ensino de Biologia, Química e Física a conceitos ou fenômenos comuns, mostra as inter-relações entre eles e a necessidade de evidenciá-los em diferentes contextos, facilitando a significação dos mesmos pelos estudantes.

As práticas em torno da construção e observação do biodigestor possibilitaram uma aproximação das ciências naturais e esta aproximação a reflexões em torno do fio condutor proposto que é a energia. Este estudo também apontou para possibilidade de uso dos conceitos unificadores, energia e transformações, como possibilidade de integração de conteúdos vistos de forma isolada. Utilizar estratégias diferenciadas para a exposição de conteúdo das CN pode servir como forma de motivação para aprendizagem de conteúdos destas ciências.

Nesta proposta, a busca pela superação de aulas mecanicistas e excessivamente tradicionais enfrentou vários obstáculos como: falta de laboratório; falta de verbas para compra de materiais; poucas aulas para desenvolver o conteúdo e as atividades experimentais e de observação, sem ao menos ter iluminação adequada no local de implementação da atividade.

Há reconhecimento de deficiências na metodologia aplicada, assim não se caracteriza como uma proposta acabada, mas sim o início das respostas das insatisfações desta pesquisadora, na busca de solucionar os questionamentos iniciais sobre o ensino aprendizagem das CN.

Por meio da construção e observação do biodigestor se permitiu ao estudante cultivar: sua criatividade, seu imaginário, sua vontade de estar na sala de aula trabalhando em grupos, seus questionamentos. Em consonância a isto, a aprendizagem de um conjunto de conceitos científicos, que o mesmo poderá lançar mão ao longo de sua vida, mesmo fora do contexto escolar. Além disso, pode-se verificar que a utilização de uma metodologia de ensino diferenciada, na qual os estudantes são estimulados a serem sujeitos de sua aprendizagem com questionamentos e comentários, proporcionou em sala de aula um clima de

construção de conhecimento. Por muitas vezes os questionamentos não eram respondidos na hora, e na aula seguinte os próprios alunos já haviam buscado respostas. Assim se alcançou entre essas aulas e a proposta que “ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p. 22).

Quanto ao ambiente escolar como um todo se verificou dificuldades de aceitação da proposta, mas a mudança não se faz de modo imediato, precisamos acreditar que aos poucos faremos uma escola com alternativas para o desenvolvimento dos estudantes tendo como fator primordial a formação de um sujeito com consciência plena do seu papel social.

Instigamos os colegas professores a buscarem alternativas, aprimorando a prática deste tipo de proposta. A dinâmica da sala de aula certamente indicará novas possibilidades. Acreditamos ter contribuído com uma alternativa metodológica viável para colegas professores/as e que os mesmos busquem alternativas para aprimorar esta prática, ao discutirem os conceitos que podem ser observados durante o processo de biodigestão, como transformações da matéria processos fermentativos entre outros.

Terminamos aqui falando da necessidade desta pesquisadora continuar os estudos na área de interdisciplinaridade e fazer trabalhos futuros na área de educação crítica, estudos sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Ivan Amorosino do. Bases, obstáculos e possibilidades para a constituição de um novo paradigma da didática em Ciências. **Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino**, 9. Águas de Lindóia, 1998. Anais II. São Paulo: FEUSP, 1998, p.67 – 88.

_____. O ensino de ciências sob nova perspectiva. In: **Programa para o aperfeiçoamento de professores da rede estadual de ensino**. São Paulo: FDE/APEOESP, 1992.

ANGOTTI, José André Peres. Conceitos unificadores e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física** V. 15, n.º 1 a 4, p. 191 – 198, 1993.

_____. **Ciência e tecnologia**: implicações sociais e o papel da educação, *Ciência & Educação*, V.7, n.1, p.15-27, 2001.

ARAÚJO, Maria Cristina Pansera; BOFF, Eva Teresinha Oliveira. Energia: um conceito unificador em sucessivas situações de estudo. **Cadernos do Aplicação**, Porto Alegre, V.24, n.2, julho/dez.2011.

ALVES, João Amadeus Pereira.; DE CARVALHO, Washington Luiz Pacheco. Implicações da relação ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e ensino de física: O estudo do caso da Usina Termelétrica a Gás de Araucária/PR, In: XVIII **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009. Disponível em: http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_implicacoesdarelacao Acesso: 22 dez, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ATLAS da energia elétrica do Brasil/**Agência Nacional de Energia** Elétrica. 3.ed.- Brasília: Aneel 2008. Disponível em: <http://aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas.pdf3ed> acesso em 01/05/2014

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições, v. 70, 1977.

BERTULANI, C. A. A segunda lei da termodinâmica; UFRJ. **Projeto de Ensino de Física a Distância**. IN: <http://www.if.ufrj.br/persons/bertuloni.htm>. s/d

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. A pesquisa participante e a participação da pesquisa: um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. **Pesquisa participante: a partilha do saber**. Aparecida : Ideias e Letras, p. 21-54, 2006.

BRASIL. **Constituição Federativa da República**. Brasília, 1988.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 1996.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 2000.

_____, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Brasília, 1996.

_____. Ministério da Educação MEC, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006.

_____.Ministério da Educação - MEC, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002.

_____.Ministério da Educação. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica**. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

_____.Ministério da Ciência e Tecnologia. **Cadernos de Biossegurança – Legislação**. Brasília, MCT, 2002. Acessado através do site: http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0000/8.pdf acesso em 10/03/2014.

BOCHNIAK, Regina. **Questionar o conhecimento-Interdisciplinaridade na escola**. São Paulo: Loyola, 1992.

BOCHNIAK, Regina. **Questionar o conhecimento: interdisciplinaridade na escola**. 2 Edição. Editora Loyola. Soa Paulo, 1998. Disponível

em:http://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=jo_xiMXXYcIC&oi=fnd&pg=PA66&dq=interdisciplinaridade+na+escola&ots=H2y-pXw0Uj&sig=zKgfCAW-_0lpO5PA3eY3EegcTo#v=onepage&q=interdisciplinaridade%20na%20escola&f=false
Acesso: jan. 2014

DAVANÇO, Sandra Regina. A implantação do ensino médio integrado no estado do Paraná: a difícil superação da cultura da dualidade. **Dissertação de Mestrado, 2008.**

DA SILVA AUGUSTO, Thaís Gimenez; DE ANDRADE CALDEIRA, Ana Maria. **Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza.** *Investigações em Ensino de Ciências – V.1, n.2, p.139-154, 2007.139.*

DA SILVA, Jerley Pereira. "Resenhas do livro" Integração e interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia" de Ivani Fazenda realizada por seus alunos no ano de 2012. **Interdisciplinaridade. Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade. ISSN 2179-0094.**v. 1, n. 2, p. 107-112, 2012.

DE ARAÚJO, Nelci Reis Sales *et al.* O petróleo e sua destilação: uma abordagem experimental no ensino médio utilizando mapas conceituais. **Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 27, n. 1, p. 57-62, 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewArticle/1865>

DELIZICOV, Demétrio. ANGOTTI, José André Peres. **Metodologia do ensino de ciências.** São Paulo: Cortez, 1994.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. PERNAMBUCO, Marta Maria C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DEWEY, John. *et al.* **Interdisciplinaridade:** antologia. Porto: Campo das Letras, 2006.

DOMINGUES, José Juiz; TOSCHI, Nirza Seabra; OLIVEIRA, João Ferreira de. A reforma do Ensino Médio: A nova formulação curricular e a realidade da escola pública. **Educação & Sociedade**, V. 21, n. 70, Abril, 2000.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa. **Ensino de Ciências: unindo pesquisa à prática/** Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

FAZENDA, I.C.A. (Org.) **Práticas interdisciplinares na escola.** 2 ed, São Paulo: Cortez Editora, 1993.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa.** Campinas: Papyrus, 1994.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa.** 10 ed. Campinas: Papyrus, 2002. 143 p.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Didática e interdisciplinaridade.** Papyrus Editora, 2008.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade.** Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Medo e ousadia: o cotidiano dos professores.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa,** v. 15, 1995.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa.** Paulo Freire, São Paulo, Paz e Terra, 2001.

FRANCISCHETT, Mafalda Nesi. **O entendimento da interdisciplinaridade no cotidiano.** Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/francishett-mafalda-entendimento-da-interdisciplinaridade.pdf>. Acesso em 12 nov. 2014

FOUREZ, Gerard. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências/Gérard Fourez; trad; Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

FUNCESI. Coordenação de Biossegurança. **Manual de Biossegurança**. Itabira, 2005. Disponível em site <http://www.funcesi.br/Portals/1/manual%20biosseg%20funcesi.pdf>. Acesso em 29 ago.2014.

GUSDORF, Georges. *et al.* **Interdisciplinaridade**: antologia. Porto: Campo das Letras, 2006.

HECKHAUSEN, Heinz. *et al.* **Interdisciplinaridade**: antologia. Porto: Campo das Letras, 2006.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Ed. Imago, Rio de Janeiro, 1976.

KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar. São Paulo: EDUSP, 1980.

KRASILCHIK, Myriam. **O Professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU. 1987.

KUENZER, Acacia Zeneida. Exclusão includente e inclusão excludente: a nova forma de dualidade estrutural que objetiva as novas relações entre educação e trabalho. **Capitalismo, trabalho e educação**, v. 3, p. 77-96, 2002.

LENOIR, Yves. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. In: FAZENDA, I. C. A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. Campinas: Papyrus, 2001.

MAGIE, William Francis. **A source boock in physics**. New York, London: McGraw-Hill, 1935.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; ECHER, MP de S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite

geoestacionário: o Projeto Swera. **Rev. Bras. Ensino Fís.** São Paulo, v. 26, n. 2, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010&lng=pt&nrm=ISO>. Acesso em 05 jun. 2014.

MENDES SOBRINHO, José Augusto de Carvalho. Ensino de Ciências e Formação de Professores: Na escola normal e no curso de Magistério, 307f. Universidade Federal de Santa Catarina. **Tese** Doutorado, (Centro de Ciências da Educação) .1998.

MICHINEL, José Luis. **O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de Física: a leitura no ensino superior** / José Luis Michinel Machado. -- Campinas, SP: [s.n.], 2001.

MORIN, Edgar; PAKMAN, Marcelo. **Introducción al pensamiento complejo**. Barcelona: Gedisa, 1994.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, 1996. **Ciência com Consciência**. Ed. Publicações Europa-América, 1994. Brasília.D.F

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Religação dos Saberes - o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

MOREIRA, M. A. e Masini, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, Marco Antonio. E BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas Conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1987.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas 1993.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa crítica**. In: Conferência proferida no III Encontro Internacional sobre aprendizagem Significativa, Lisboa, 11 a 15 de set. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em 12 abr. 2014.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2014.

_____, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Brasília, 1996. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: **Ateoria da Aprendizagem Significativa**. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2009. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/~moreira/ Subsídios6.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2014.

MORIN, Edgar. **Educação e Complexidade**: Os sete saberes e outros ensaios. São Paulo: Cortez, 2002.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê Luiz; CHOW, Cecil. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. Harbra, 1982.

PÁDUA, Helcias Bernardo. **Temperatura - Entropia – Energia** (Sistemas aquáticos-aquicultura) Parte 02 – Série: -Variáveis físicas, químicas e biológicas. Disponível em: http://www.serrano.neves.nom.br/helcias/003_helcias.pdf Acesso em: 03 jun. 2014. PALMA FILHO, João Cardoso. **Cidadania e Educação**. Cadernos de Pesquisa. n.104, p.101-121. São Paulo: Cortez, 1998.

PARANÁ, **Diretrizes Curriculares da Disciplina de Biologia Paraná**. Curitiba, 2008.

PARANÁ, **Diretrizes Curriculares da Disciplina de Química Paraná**. Curitiba, 2008.

PARANÁ, **Diretrizes Curriculares da Disciplina de Física Paraná**. Curitiba, 2008.

PARANÁ. Superintendência da Educação. Departamento de Educação Profissional. Educação Profissional no Paraná: **fundamentos políticos e pedagógicos**. Curitiba, 2005.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Programa de Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio do Paraná**. PROEM – Documento Síntese, versão preliminar no 3, Curitiba, setembro, 1996.

PAVIANI, Jayme. **Interdisciplinaridade: conceitos e distinções**. 2. Ed. Caxias do Sul, Educs, 2008.

PERNAMBUCO, Martha MCA. Uma retomada histórica sobre o ensino de Ciências. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, seis. 1985, Niterói. Atlas, p. 116-125.

POMBO, Olga; GUIMARÃES, H.; LEVY, T. **INTERDISCIPLINARIDADE**. Antologia, Porto: Campo das Letras, Col. Campos da Ciência 16,2006.

POMBO, Olga. Epistemologia da Interdisciplinaridade. **Revista do Centro de Educação e Letras da Unioeste** – Campus de Foz do Iguaçu v. 10 nº 1 ,2008.

POZO, Juan Ignacio. **A Aprendizagem e o ensino de ciências**: do cotidiano ao conhecimento científico/tradução Naila Freitas. - 5. ed.- Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e interdisciplinaridade**: o currículo integrado. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SUCHODOLAK, André. **A. Disseminação de uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar em uma escola da periferia de Curitiba**. 2011. 92 f.. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2011

VALGAS. Jorge Luis. **PROEM**: a política governamental de reforma do ensino médio no Paraná. Olhar de professor, Ponta Grossa, V.6, n.1, p 59-77.

PIAGET, Jean. et al. **Interdisciplinaridade: antologia**. Porto: Campo das Letras, 2006.

ZIBAS, Dagmar. **A reforma do ensino médio nos anos de 1990: o parto da montanha e as novas perspectivas**. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2006.

_____, ML et al. **O ensino médio e a reforma da educação básica**. Editora Plano, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Modelo de Relatório de observações proposto para os alunos

Modelo de Relatório de observações

BIOLOGICAS	PRESENÇA DE FUNGOS	
	COR	
	ODOR (CHEIRO)	
FISICO, QUIMICAS	ASPECTO DO MATERIAL	
	PRESENÇA DE GASES (BOLHAS)	
	TEMPERATURA AMBIENTE	
	TEMPERATURA DO SISTEMA (BIODIGESTOR)	

APÊDICE B – Conteúdos Trabalhados Durante a Execução do Projeto

Conteúdos Trabalhados Durante a Execução do Projeto

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES: Organização dos Seres Vivos, Mecanismos Biológicos e Biodiversidade.

ECOLOGIA:

- Conceitos Básicos Ecologia;
- Fotossíntese;
- O fluxo de energia e de matéria no ecossistema;
- Ciclos biogeoquímicos;
- O ser humano e os ambientes;
- Desequilíbrios ambientais;

ESPERA-SE QUE O ALUNO:

- Identifique os fatores bióticos e abióticos que constituem os ecossistemas e as relações existentes entre estes;
- Compreenda a importância e valorize a diversidade biológica para manutenção do equilíbrio dos ecossistemas;
- Reconheça as relações de interdependência entre os seres vivos e destes com o meio em que vivem;
- Compreenda a evolução histórica da construção dos conhecimentos biotecnológicos aplicados à melhoria da qualidade de vida da população e à solução de problemas sócio ambientais;
- Relacione os conhecimentos biotecnológicos às alterações produzidas pelo homem na diversidade biológica;
- Analise e discuta interesses econômicos, políticos, aspectos éticos e bioéticos da pesquisa científica.

APENDICE C – Manual do Biodigestor