



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

RENATA CORREIA COSTA

**USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO NA DISCIPLINA DE
GEOGRAFIA PARA ABORDAR A PROBLEMÁTICA DA EMISSÃO DE GÁS
CARBÔNICO EM SOLOS CULTIVADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR**

**CAMPINAS
2015**



NÚMERO: 283/2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

RENATA CORREIA COSTA

**“USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO NA DISCIPLINA DE
GEOGRAFIA PARA ABORDAR A PROBLEMÁTICA DA EMISSÃO DE GÁS
CARBÔNICO EM SOLOS CULTIVADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR”**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRA EM
ENSINO E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS DA TERRA**

ORIENTADOR: PROF. DR. ALFREDO BORGES DE-CAMPOS.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA
RENATA CORREIA COSTA E ORIENTADA PELO
PROF. DR. ALFREDO BORGES DE-CAMPOS**

**CAMPINAS
2015**

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Márcia A. Schenfel Baena - CRB 8/3655

C823u Costa, Renata Correia, 1989-
Uso da experimentação no Ensino Médio na disciplina de Geografia para abordar a problemática da emissão de gás carbônico em solos cultivados com cana-de-açúcar / Renata Correia Costa. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Alfredo Borges De-Campos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Experimentação. 2. Geociências. 3. Geografia. I. De-Campos, Alfredo Borges, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Usage of experimentation in High School in the discipline of Geography to address the problem of carbon dioxide emission in soils cultivated with sugarcane

Palavras-chave em inglês:

Experimentation

Geosciences

Geography

Área de concentração: Ensino e História de Ciências da Terra

Titulação: Mestra em Ensino História e Ciências da Terra

Banca examinadora:

Alfredo Borges De-Campos [Orientador]

Pedro Wagner Gonçalves

Maria Cristina Perusi

Data de defesa: 28-08-2015

Programa de Pós-Graduação: Ensino e História de Ciências da Terra



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA

AUTORA: Renata Correia Costa

“Uso da Experimentação no Ensino Médio na disciplina de Geografia para Abordar a Problemática da Emissão de Gás Carbônico em Solos Cultivados com Cana-de-Açúcar”

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos

Aprovada em: 28 / 08 / 2015

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos - Presidente

Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Profa. Dra. Maria Cristina Perusi

*A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora,
consta no processo de vida acadêmica do aluno.*

Campinas, 28 de agosto de 2015.

Dedico esse trabalho à **Deus**, minha **família** e **amigos**, pelo amor, apoio e incentivo incansáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Alfredo Borges De-Campos pela amizade, orientação ao trabalho, reuniões, bate-papos e ideias.

Agradeço à Prof. Dra. Cleonice Rocha pelas ideias e correções.

Agradeço ao amigo Sidnei de Lima Junior pelo companheirismo, incentivo e ajuda na idealização e desenvolvimento do trabalho e, pela amizade, que permanecerá.

Agradeço a todos os professores que estiveram presentes na caminhada acadêmica, compartilhando seus ensinamentos e vivências.

Agradeço ao Prof. Geovane Lopes Barbosa pela autorização e apoio à atividade experimental desenvolvida na escola, e aos alunos que participaram da mesma.

Agradeço a Prof. Débora Ruiz Parejo por disponibilizar o uso do laboratório da ETEC em Itapira.

Obrigada, pai e mãe, pela educação que me deram, pelo exemplo de perseverança, pelo apoio as minhas escolhas e por me incentivar a não desistir todas as vezes que o cansaço chegava.

Emerson, meu irmão, obrigada pelos ouvidos sempre prontos a escutar meus anseios, questionamentos, dúvidas e incertezas. Obrigada por acreditar que minha profissão e meus estudos fazem diferença nessa sociedade, mesmo que eu não perceba.

Ao meu namorado, Jose Angelo Junior, agradeço pela paciência e companheirismo em todos os momentos, mas, principalmente, naqueles em que precisei do seu apoio e das palavras de incentivo.

Por fim, estendo meus agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro ao projeto.

Muito obrigada.

“Sou daquelas que acham que a ciência tem grande beleza. Um bolsista em seu laboratório não é apenas um técnico: é também uma criança diante de fenômenos naturais que o impressionam como um conto de fadas”.

Marie Curie

USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO NA DISCIPLINA DE GEOGRAFIA PARA ABORDAR A PROBLEMÁTICA DA EMISSÃO DE GÁS CARBÔNICO EM SOLOS CULTIVADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR RESUMO

Dissertação de Mestrado Renata Correia Costa

A experimentação é uma metodologia bastante utilizada nas investigações das Ciências Naturais, no entanto, não é comum seu emprego nas Ciências Humanas, visto que os fenômenos estudados nessa área na maioria das vezes não são passíveis de serem reproduzidos em laboratório. No entanto, problemas ambientais estudados tanto nas Geociências como na Geografia formam elos que unem as duas ciências e são passíveis de experimentação.

Com o intuito de aplicar e discutir a metodologia da experimentação no ensino das Geociências propusemos nesse trabalho compreender como a mesma pode ser empregada nas temáticas ambientais contemporâneas através do desenvolvimento de uma atividade experimental na disciplina de Geografia. Para tanto, o tema escolhido foi a emissão de gás carbônico em solos cultivados com cana-de-açúcar.

A atividade experimental realizou-se por meio de um projeto piloto em duas etapas: 1) elaboração e proposição metodológica da atividade experimental em laboratório. Nessa etapa foram realizadas coletas de solo e vinhaça na cidade de Itapira/SP e testes para definição da metodologia a ser utilizada na atividade experimental voltada para o ensino; 2) desenvolvimento de um projeto piloto com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Salto/SP. Essa etapa contou com as fases de planejamento, aulas teóricas e práticas, análise dos resultados e avaliação. Como forma de avaliação do projeto os alunos produziram relatórios e responderam a um questionário.

Os resultados obtidos mostraram a importância das atividades experimentais para o ensino de Geociências através da Geografia, não apenas como ilustrações de fenômenos, mas como uma metodologia capaz de incentivar a participação e o envolvimento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras chaves: experimentação; Geociências; Geografia.

USAGE OF EXPERIMENTATION IN HIGH SCHOOL IN THE DISCIPLINE OF GEOGRAPHY TO ADDRESS THE PROBLEM OF CARBON DIOXIDE EMISSION IN SOILS CULTIVATED WITH SUGARCANE ABSTRACT

Masters Degree Renata Correia Costa

The experimentation is a methodology much used in the investigations of the Natural Sciences, however, is not common its employment in the Human Sciences, since the phenomena studied in this area in the majority of cases are not likely to be reproduced in the laboratory. However, environmental problems studied both in Geosciences as in Geography form links which bind the two sciences and are capable of experimentation. With the aim to apply and discuss the methodology of experimentation in the teaching of Geosciences we proposed in this work to understand how it can be employed in contemporary environmental theme through the development of an experimental activity in the discipline of Geography. For both, the theme was the emission of carbon dioxide in soils cultivated with sugar-cane.

The experiential activity was carried out by means of a pilot project in two steps: 1) elaboration and methodological proposition of experimental lab activity. In this step, collections were made from soil and vinasse in the city of Itapira/SP and tests for definition of the methodology to be used in experimental activity toward the teaching; 2) development of a pilot project with students from 2nd year of High School in a public school in the city of Salto/SP. This step counted with the phases of planning, theoretical and practical classes, analysis of results and evaluation. As a form of assessment of the project the students have produced reports and replied to a questionnaire.

The results showed the importance of experimental activities for teaching of Geosciences through Geography, not only as illustrations of phenomena, but as a methodology capable of encouraging the participation and the involvement of students in the teaching-learning process.

Keyword: experimentation; Geosciences; Geography.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução

1. Apresentação e justificativa.....	17
1.1. Objetivos da Pesquisa.....	21
1.1.1. Objetivo Geral	21
1.1.2. Objetivos específicos.....	21

Capítulo 2 - Referencial teórico-metodológico

2.1. Desenvolvimento e princípios da metodologia da experimentação	22
2.2. A metodologia da experimentação aplicada ao ensino de Geociências	26
2.3. A metodologia da experimentação no ensino de Geociências na Geografia, à luz dos PCNEM.....	31
2.4. Conceitos trabalhados na atividade experimental	36
2.4.1. Cana-de-açúcar, produção de etanol e vinhaça.....	36
2.4.2. Caracterização do solo coletado no município de Itapira/SP para uso na atividade experimental	44
2.4.3. Ciclo do Carbono, efeito estufa e interferências antrópicas no sistema	50
2.5. Reações químicas ocorridas no experimento.....	58
2.5.1. Decomposição da matéria orgânica no solo e produção de CO ₂	58
2.5.2. Captura de CO ₂ em solução alcalina.....	59
2.5.3. Reação entre carbonato de sódio e cloreto de bário.....	60
2.5.4. Volumetria de neutralização entre HCl e NaOH	60

Capítulo 3 - Procedimentos metodológicos

3.1. Idealização do experimento e testes iniciais	63
3.2. Materiais utilizados para a confecção do experimento.....	67
3.3. Desenvolvimento de um projeto piloto com alunos do Ensino Médio.....	70
3.3.1. Apresentação da atividade experimental.....	71
3.3.2. As aulas teóricas	73
3.3.3. A montagem do experimento	78
3.3.4. A titulação do experimento	81

Capítulo 4 - Resultados e discussão	
4.1. Testes para definir a concentração adequada para o experimento.....	85
4.2. Testes para definir a concentração adequada para o experimento	88
4.3. Análise dos relatórios produzidos pelos alunos e das respostas ao questionário	90
4.3.1. Os relatórios	91
4.3.2. Os questionários	95
Capítulo 5 - Considerações finais.....	102
Referências	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa da Região Administrativa de Sorocaba	19
Figura 1.2: Mapa da Região Administrativa de Campinas	20
Figura 2.1: O caminho da cana-de-açúcar	37
Figura 2.2: Mapa pedológico do Estado de São Paulo	45
Figura 2.3: Mapa pedológico ampliado do município de Itapira/SP	46
Figura 2.4: O ciclo do carbono	51
Figura 2.5: Emissões líquidas totais de gases de efeito estufa	54
Figura 3.1: Local de coleta da vinhaça	64
Figura 3.2: Coleta do solo em área de rebrota de cana-de-açúcar	64
Figura 3.3: Preparo das soluções	65
Figura 3.4: Experimentos montados para o segundo teste	66
Figura 3.5: Materiais utilizados para confeccionar o experimento	68
Figura 3.6: Materiais alternativos e de baixo custo.....	68
Figura 3.7: Exibição do vídeo para os alunos.....	74
Figura 3.8: Aula teórica sobre a importância dos gases de efeito estufa	75
Figura 3.9: Esquema didático sobre efeito estufa	76
Figura 3.10: Participação dos alunos nas aulas teóricas	77
Figura 3.11: Aula e montagem do experimento no laboratório	78
Figura 3.12: alunos destorroando e preparando as amostras de solo	79
Figura 3.13: Alunos aplicando vinhaça ao solo	80
Figura 3.14: Identificação das amostras de solo e dos potes plásticos	80
Figura 3.15: Aplicação de BaCl nas soluções das amostras	81
Figura 3.16: Antes e depois da aplicação de fenolftaleína nas soluções	82
Figura 3.17: Abastecimento da bureta com HCl	82
Figura 3.18: Instruções e titulação dos experimentos	83
Figura 3.19: Explicação e cálculos do consumo de HCl	84
Figura 4.1: Questionário apresentado aos alunos	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Produção de etanol hidratado/mil m ³ (2002/2003 – 2012/2013)	39
Tabela 2.2: Área plantada por região/hectare (2002 – 2012)	40
Tabela 2.3: Frota brasileira de autoveículos leves/nº de veículos (2006 – 2013)	41
Tabela 2.4: Análise granulométrica e de fertilidade do solo coletado	47
Tabela 2.5: Referência para macro e micronutrientes de acordo com Raij <i>et al</i> (1996)	49
Tabela 2.6: Contribuição dos gases de efeito estufa para o aquecimento global	53
Tabela 2.7: Fenolftaleína: mudança de cor em função do pH	61
Tabela 3.1: Consumo de HCl no teste realizado com a seringa e o equipo	69
Tabela 3.2: Comparação entre as amostras tituladas com materiais tradicionais e alternativos	70
Tabela 4.1: Dados das amostras B1, B2 e B3 obtidos no teste I	85
Tabela 4.2: Dados das amostras C1, C2, C3, C4 e C5 obtidos no teste II	86
Tabela 4.3: Cálculos das quantidades de CO ₂ produzidos nas amostras de solo sem vinhaça (s/n) e com vinhaça (c/v)	86
Tabela 4.4: Peso das amostras de NaOH	88
Tabela 4.5: Consumo de HCl na titulação das amostras	89
Tabela 4.6: Quantidades de CO ₂ produzidas nas amostras	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Organização dos conceitos encontrados nos relatórios	92, 93
Quadro 4.2: Organização dos conceitos encontrados nos questionários	96, 97
Quadro 4.3: Respostas individuais sobre a importância das atividades experimentais.....	98, 99

SIGLAS E ABREVIATURAS

ALCOPAR: Associação de Produtores de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná

BIOSUL: Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul

BSCS: *Biological Science Curriculum Study*

CBA: *Chemical Bond Approach*

CECISP: Centro de Treinamento de Professores de Ciências do Estado de São Paulo

CHEMS: *Chemical Educational Material Study*

CTA: Centro Técnico Aeroespacial

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

CETAE: Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas

CTC: Capacidade de Troca Catiônica

DNA: Ácido desoxirribonucleico

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESCP: *Earth Science Curriculum Project*

FUNBEC: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências

GEE: Gases de efeito estufa

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPS: *Introductory Physical Science*

LARA: Laboratório de Riscos Ambientais

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PAA: Professor de Apoio a Aprendizagem

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PSSC: *Physical Science Study Committee*

PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

RNA: Ácido ribonucleico

SIAMIG: Sindicato da Indústria do Açúcar no Estado de Mato Grosso

SIFAEG: Sindicato da Indústria de Fabricação de Álcool do Estado de Goiás

SINDAAF: Sindicato Fluminense dos Produtores de Açúcar e Etanol

SINDALCOOL: Sindicato das Indústrias Sucroalcooleiras do Estado de Mato Grosso

UDOP: União dos Produtores de Bioenergia

UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

UNICA: União das Indústrias de Cana-de-açúcar

Capítulo 1 – Introdução

1. Apresentação e justificativa

A presente dissertação pesquisou a metodologia da experimentação aplicada ao ensino de Geociências. Especificamente estudou-se como as atividades experimentais podem ser desenvolvidas para abordar questões ambientais propostas na disciplina de Geografia com alunos do Ensino Médio, visando uma abordagem integradora entre as Ciências Naturais e as Ciências Humanas.

A ideia da dissertação surgiu após investigações preliminares que revelaram como as atividades experimentais encontram-se cada vez mais afastadas do ambiente escolar, principalmente no que se refere às investigações sobre a Terra e seus processos. A maior parte do referencial teórico sobre o tema experimentação no ensino está vinculado às disciplinas das Ciências Naturais Química, Física e Biologia, embora pouca literatura seja encontrada a respeito do uso de experimentos no ensino de Geociências e muito menos no ensino de Geografia.

A experimentação como caminho metodológico ganhou espaço nas investigações científicas modernas à medida que os fenômenos estudados careciam de respostas para confirmar ou refutar hipóteses sobre estes, portanto, a metodologia da experimentação tornou-se importante para o desenvolvimento das Ciências Naturais e esta, por sua vez, foi crucial para o reconhecimento da experimentação como metodologia científica.

Se nas Ciências Naturais essa metodologia é muito utilizada, nas Ciências Humanas a mesma é pouco empregada já que a maioria dos fenômenos investigados são de caráter subjetivo e não são passíveis de serem reproduzidos em laboratório sob ambiente controlado.

Isso se estende ao ambiente escolar do ensino básico. As atividades experimentais são propostas para as disciplinas que se encarregam dos estudos físicos, químicos e biológicos dos fenômenos, mas para as disciplinas humanas ou sociais pouco ou quase nada encontramos a seu respeito.

Com vistas a propor a experimentação nas disciplinas que trabalham conteúdos sociais e naturais, buscamos na disciplina de Geografia um elo entre as

Ciências Naturais e Humanas a partir de uma abordagem integrada dos processos naturais e das interferências antrópicas sobre estes.

Assim, partiu-se do princípio de que a experimentação pode ser utilizada como uma metodologia diferenciada nos estudos geográficos, pois a abordagem sistêmica utilizada na experimentação, que é própria da Geografia Física e das Geociências, é singular para uma educação contextualizada com as questões ambientais contemporâneas porque dedica-se ao estudo da Terra e de seus processos de forma holística, através de uma abordagem que leva em consideração os aspectos físicos e também sociais.

Portanto, a justificativa para o desenvolvimento dessa dissertação está na busca de uma metodologia de investigação científica por meio da experimentação que estimule o processo de ensino-aprendizagem em que os educandos não cumpram apenas o papel de meros receptores e reprodutores de informações, mas que sejam agentes ativos na construção do conhecimento e na formação de uma consciência crítica a respeito das relações humanas sobre o meio. Para tanto, tal metodologia não deve limitar-se apenas aos experimentos demonstrativos, aos procedimentos laboratoriais e a atividade que tenha um fim em si mesma, mas deve propiciar a formação de um ambiente que estimule a contextualização, o desenvolvimento de hipóteses, a investigação e a reflexão sobre os resultados, a fim de que seja estabelecida uma integração, ao invés de complementação, entre teoria e prática.

A atividade experimental foi desenvolvida com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Salto. O município está localizado no leste do Estado de São Paulo e pertence à Região Administrativa de Sorocaba (Figura 1.1). A escola encontra-se na área urbana do município e a maioria de sua clientela reside no centro da cidade ou em bairros do perímetro urbano, segundo dados do Plano Escolar do ano de 2014.



Figura 1.1: Mapa da Região Administrativa de Sorocaba (escala 1:1 000 000) e ampliação da localização da cidade de Salto/SP. Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC (2007)

A coleta do solo e da vinhaça utilizados na atividade experimental foi realizada nos arredores de uma usina de açúcar e álcool na área rural do município de Itapira. O município localiza-se a nordeste do Estado de São Paulo e pertence à Região Administrativa de Campinas (Figura 1.2).

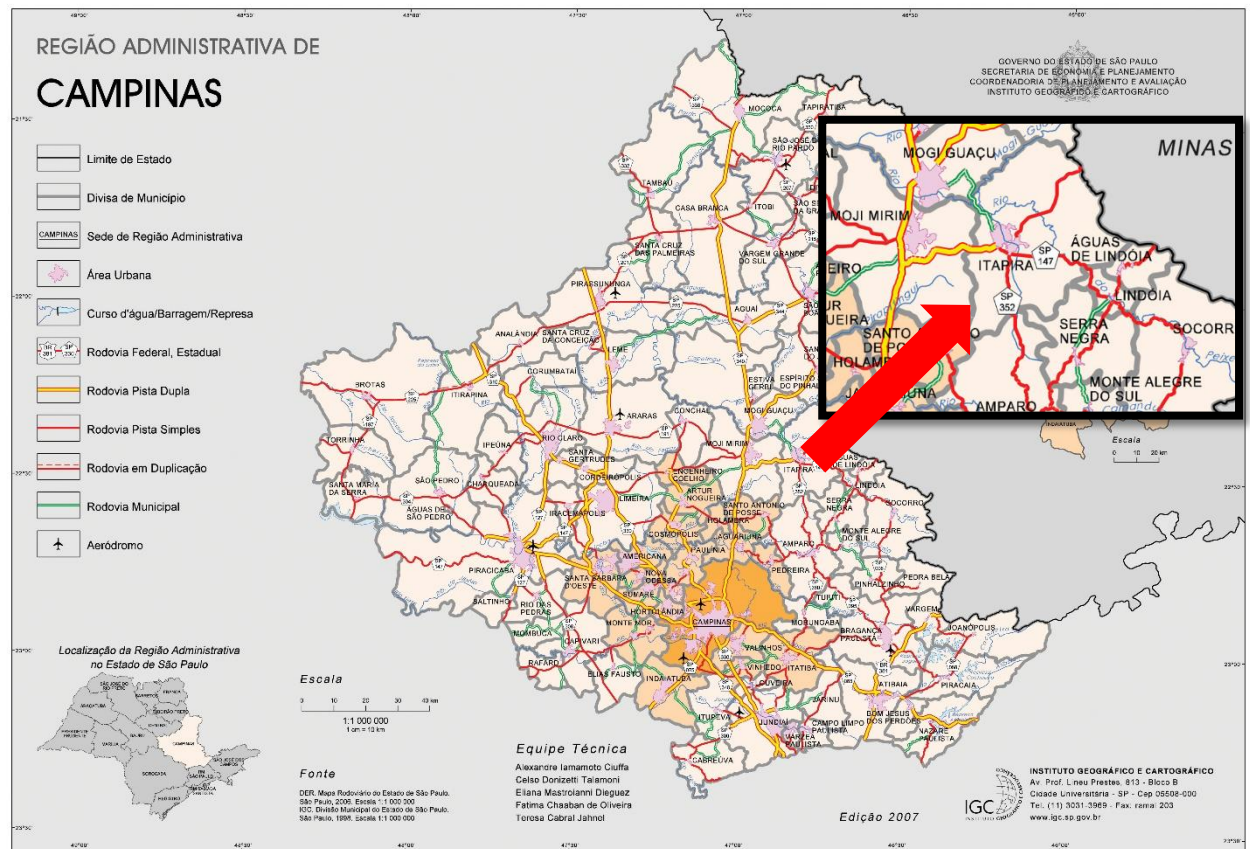


Figura 1.2: Mapa da Região Administrativa de Campinas (escala 1:1 000 000) e ampliação da localização da cidade de Itapira/SP. Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC (2007)

A dissertação está estruturada em três partes básicas: referencial teórico, procedimentos metodológicos e análise dos resultados.

A primeira parte encontra-se no Capítulo 2, formado por quatro subcapítulos, que trata do levantamento teórico acerca da metodologia da experimentação; do ensino de Geociências; dos PCNEM e dos conceitos empregados na atividade experimental.

A segunda parte se refere aos procedimentos metodológicos e localiza-se no Capítulo 3, também com quatro subcapítulos, tratando dos procedimentos de idealização, teste e desenvolvimento da atividade experimental.

O Capítulo 4 traz os resultados e a análise dos testes iniciais e dos dados obtidos através do projeto piloto da atividade experimental, subdividido em três subcapítulos.

Por fim, as considerações finais sobre o desenvolvimento de todas as etapas do trabalho estão expostas no Capítulo 5.

1.1. Objetivos da Pesquisa

1.1.1. Objetivo Geral

Propor a metodologia da experimentação aplicada ao ensino de Geociências na disciplina de Geografia no Ensino Médio para compreender como a experimentação pode ser empregada para o ensino de temas ambientais contemporâneos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Levantar uma base teórica que discuta a importância da experimentação no ensino de Geociências e Geografia na Educação Básica;
- Propor uma atividade experimental que aborde a problemática das emissões de CO₂ em solos cultivados com cana-de-açúcar;
- Planejar todo processo de investigação da situação-problema;
- Desenvolver a atividade com uma sala do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Salto/SP;
- Avaliar a proposta e os resultados obtidos no decorrer da atividade experimental.

Capítulo 2 - Referencial teórico

Neste capítulo encontra-se as leituras dos referenciais teóricos que sustentam os objetivos dessa pesquisa e aprofundam os conceitos utilizados nesse trabalho. Essa etapa apresenta pesquisas que tratam da metodologia da experimentação, do ensino de Geociências, da experimentação aplicada ao ensino de Geociências na Geografia escolar e dos temas e conceitos empregados no desenvolvimento da atividade experimental.

2.1. Desenvolvimento e princípios da metodologia da experimentação

Muitas de nossas ações cotidianas utilizam a experimentação como forma de comprovação ou refutação de ideias que nem sempre estão ligadas às investigações científicas, mas que empregam uma metodologia desenvolvida há séculos por cientistas que buscavam compreender melhor o fenômeno investigado.

Algumas definições da palavra experimentação encontradas nos dicionários trazem uma abordagem relacionada ao método científico, como o significado trazido pelo dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2009) que diz: “experimentação é o ato de experimentar ou experienciar; um método científico que preconiza o conhecimento adquirido por prática, estudos, observação”. Já para o Dicionário Aulete (2008), “experimentação é a ação ou resultado de experimentar; é a investigação que, a partir de uma hipótese, busca observar e classificar determinado fenômeno em condições controladas”.

Entretanto, pode-se perguntar quando a experimentação tornou-se um método científico? Quando passou a ser inserida nas investigações científicas? De acordo com Carpi e Egger (2008) o físico e matemático Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham, conhecido também por Alhazen [965-1040], dedicado ao estudo da luz e dos fenômenos ópticos, foi um dos primeiros cientistas a utilizar a evidência experimental para basear suas conclusões investigativas.

Por meio de um experimento simples, que consistia na observação de um quarto escuro com um furo na parede e duas lanternas acesas em posições

diferentes do lado de fora, segundo Carpi e Egger (2008), Alhazen descobriu provas experimentais de que a luz não procedia do olho humano, mas que era emitida em linha reta por alguns objetos, nesse caso as lanternas. Embora partindo de um experimento simples, a metodologia científica utilizada foi bastante inovadora: desenvolver uma hipótese fundamentada em observações e utilizar um experimento para comprová-la.

Anterior à Alhazen, embora não apoiado em uma metodologia científica, o filósofo grego Aristóteles já reconhecia que era preciso possuir o conhecimento juntamente com as experiências, e conhecer o universal e também o particular, caso contrário surgiriam muitos enganos (GIORDAN, 1999). Aristóteles afirmava também que o princípio da experiência era direcionador da pesquisa. (RAMPAZZO, 2005).

Séculos depois, a experimentação recebeu contribuições da ciência positivista e passou a contribuir com a formulação de uma metodologia científica pautada na racionalização de procedimentos e formas de pensamento indutivas e dedutivas (GIORDAN, 1999).

Em meados do século XVII as ciências naturais começaram a se consolidar e a experimentação ganhou espaço à medida que as leis formuladas deveriam passar pelo empirismo, formulação de hipóteses e verificação de coerência. Dessa forma, após reconhecer o problema a ser estudado o cientista deveria efetuar experimentos a fim de realizar observações cautelosas e coletar dados para registrá-los e divulgá-los na comunidade científica.

Nesse sentido, a busca por dados e observações originadas na etapa da experimentação permitiram a formulação de questões gerais a partir da análise de casos particulares. Assim, tem-se o surgimento do método indutivo de investigação descrito por Francis Bacon [1561-1626]. No método indutivo a experimentação tem o papel de levantar dados particulares, provenientes de evidências experimentais, que venha ao encontro do enunciado geral. (GIORDAN, 1999).

Contemporâneo a Bacon, Galileu Galilei [1564-1642] levanta a necessidade de desprendimento do cientista da natureza do pensamento filosófico e religioso, e com isso também traz à discussão a questão do método. Galilei conferiu à natureza sua interpretação quantitativa e sustentou que a pesquisa científica deveria passar por um momento analítico e sintético.

O momento analítico está relacionado a observação complexa do fenômeno estudado, de seus elementos e suas partes. Durante esse momento o investigador propõe hipóteses para tentar explicar os elementos do fenômeno, e então adentra ao momento sintético que consiste em “reproduzir” o fenômeno através da experimentação. Assim, Galilei ressalta a importância da experimentação como exigência da ciência moderna. (RAMPAZZO, 2005)

Ainda no mesmo período histórico, René Descartes [1596-1650] se preocupou com a formulação de uma nova metodologia de investigação científica e atribuiu à experimentação um papel diferente daquele proposto por Bacon. O método dedutivo de investigação proposto por Descartes passa a reconhecer a influência do enunciado geral sobre eventos científicos particulares, à medida que o caminho entre o enunciado genérico e o caso particular seja preenchido com experimentos. (GIORDAN, 1999)

Descartes (1996) em seu livro “Discurso do método” afirma que as experiências são cada vez mais necessárias à medida que se avança no conhecimento. E, nesse sentido, a princípio é necessário ater-se também às experiências mais simples - perceptíveis aos sentidos e que não podem ser ignoradas.

Os três teóricos citados são considerados os fundadores da ciência moderna, pois realizaram suas pesquisas com a finalidade de desenvolver métodos científicos racionais e fizeram críticas ao pensamento aristotélico que se fundamentava na experimentação com base apenas na observação. No contexto da ciência moderna, a experimentação ganha um caráter metodológico e não somente empirista. A experiência passa a ser parte fundamental da pesquisa científica, seja para confirmar ou refutar hipóteses.

Segundo Chalmers (1994) fundamentos seguros do conhecimento científico moderno foram fornecidos por experimentos e não somente por uma simplória observação, além disso, os resultados experimentais são satisfatórios, apropriados e significativos e, portanto, devem ser planejados a fim de esclarecer questões importantes sobre a natureza.

Assim, parte significativa dos conhecimentos construídos nos últimos três séculos se deve ao emprego do método experimental e esse, por sua vez, pode ser considerado, por excelência, o método das ciências naturais. No entanto, ressalta-

se que no campo das ciências humanas a experimentação apresenta limitações decorrente de aspectos éticos e técnicos (GIL, 2008).

As aulas e atividades experimentais chegaram ao ambiente escolar a partir do trabalho desenvolvido nas universidades com o objetivo de melhorar a aprendizagem dos alunos, difundir estudos científicos e e também investir na formação de professores (GALLIAZI *et al*, 2001).

Tomando por base as disciplinas escolares das Ciências Naturais, Higa e Oliveira (2012) afirmam que nas últimas quatro décadas as atividades experimentais têm ocupado diferentes lugares na sala de aula de acordo com tendências pedagógicas e diferentes visões sobre laboratório didático.

Para Amaral (1997) em seu artigo “Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental” as atividades experimentais estão inseridas em um contexto epistemológico e pedagógico, pois envolvem concepções de realidade, ciência, conhecimento e método científico, bem como concepções de aprendizagem, de atividades e técnicas de ensino currículo e relações entre conteúdo e método.

Seguindo essas tendências epistemológicas e pedagógicas os autores Salinas de Sandoval e Colombo de Cudmani (1992) citados por Higa e Oliveira (2012) destacam cinco concepções sobre as práticas de laboratório na Educação Básica, sendo elas: ilustração da teoria, estratégia da descoberta individual e autônoma, treinamento para o uso de métodos e procedimentos, questionamento de paradigmas e investigações coletivas em torno de situações-problema.

As concepções indicam visões subseqüentes a respeito das atividades experimentais desde modelos centrados na transmissão-recepção de conhecimento do professor para o aluno, até um modelo de investigação coletivas em torno de situações-problema. De maneira positiva, essas concepções demonstram novas compreensões sobre modelos pedagógicos e epistemológicos das atividades práticas no processo de ensino-aprendizagem (HIGA; OLIVEIRA, 2012).

Na investigação coletiva de situações-problema o modelo construtivista preconiza a construção de conhecimento científico na tentativa de encontrar respostas significativas, interessantes e passíveis de serem desenvolvidas através de experimentos sob orientação do professor (SALINAS DE SANDOVAL; COLOMBO DE CUDMANI, 1992 citado por HIGA; OLIVEIRA, 2012).

No ensino pela descoberta ou método dos projetos, de acordo com Amaral (1997) a experimentação ocorre como etapa do processo de investigação em que o conhecimento é construído pelo aluno sob estímulo e orientação do professor, visando garantir que a experimentação funcione como estratégia científica em que a realidade é problematizada e submetida a testes controlados, cuidando para que o aluno perceba as relações entre a manifestação natural do fenômeno e sua manifestação artificial em laboratório. Nesse modelo, a aprendizagem passa pelo estudo ambiental e pela experimentação para se atingir, por fim, o conhecimento formal.

A partir da concepção das investigações coletivas em torno de situações-problema (SALINAS DE SANDOVAL; COLOMBO DE CUDMANI, 1992) e do ensino pela descoberta (AMARAL, 1997) as atividades experimentais tornam-se significativas à medida que geram compreensão e ampliação dos conhecimentos (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001) e para tanto não devem se limitar a habilidades motoras e técnicas de laboratório, mas propiciar ao aluno o acesso a práticas laboratoriais planejadas, contextualizadas e investigativas como um meio para se alcançar uma aprendizagem significativa.

2.2. A metodologia da experimentação aplicada ao ensino de Geociências

Estudar geociências vai além do entendimento da composição das rochas, das formas do relevo, dos caminhos dos rios, da estrutura dos minerais e dos fenômenos naturais. Estudar geociências envolve compreender a Terra como um sistema complexo e dinâmico, formado por processos naturais e passível de intervenções antrópicas. De acordo com Carneiro e Santos (2012, p. 87):

Ensinar Geociências envolve desenvolvimento de raciocínios, processos de estabelecimento de relações, avaliação e análise de fenômenos que estão em constante interação no planeta, desde sua formação até hoje. São processos que se interrelacionam, devido às permanentes e complexas relações entre matéria e energia.

De acordo com Bacci *et al* (2013) os conhecimentos das geociências podem promover mudanças nas atitudes e valores, contribuindo com a formação de

uma população atuante e capaz de promover ações conscientes e planejadas no ambiente de sua realidade local. O ensino de Geociências, ou Ciência do Sistema Terra, tem o compromisso de ampliar e difundir conhecimentos relativos ao uso dos recursos naturais e apropriação do espaço e, dessa forma, assumir o caráter de ciência integradora das ciências naturais e articuladora destas com as ciências humanas (PIRANHA; CARNEIRO, 2009).

Carneiro *et al* (2004) no artigo intitulado “*Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica*” enumeram dez propostas que defendem maior participação no ensino de Geociências na escola. Entre as propostas podemos destacar que a Ciência do Sistema Terra tem perspectiva de formação humanística e cidadã, constitui área do conhecimento científico básico, assume importância fundamental no atual momento histórico-social, contribui na formação do raciocínio científico e insere o indivíduo como agente transformador do ambiente.

Assim, segundo Piranha e Carneiro (2009) a Ciência do Sistema Terra pode ser considerada um elemento singular na construção de um sistema educacional inovador e contextualizado com a humanidade contemporânea. As geociências oferecem potencial para aprimoramento da Educação Básica porque despertam reflexões importantes acerca das relações entre Homem e natureza (CARNEIRO *et al*, 2007).

No entanto, na Educação Básica brasileira os conteúdos geocientíficos estão divididos e distribuídos entre as disciplinas Ciências, Biologia, Química, Física e Geografia e, portanto, não constitui uma só disciplina (POMMER; POMMER, 2012; CARNEIRO *et al*, 2007). Além do que, na maior parte das vezes esses conteúdos tornam-se compartimentados e específicos de cada matéria escolar, quando na verdade deveriam ser compreendidos de forma integrada e sistêmica.

Muitos teóricos brasileiros dedicam seus estudos a mostrar a importância dos conteúdos geocientíficos inseridos na Educação Básica, sobretudo, a partir de uma visão interdisciplinar. Entre eles, Carneiro *et al* (2007) defendem que a inserção das geociências no âmbito escolar poderia trazer para o ensino de Geografia, por exemplo, uma visão holística e interdisciplinar do Sistema Terra por meio da observação dos processos naturais e das intervenções humanas. A partir dessa visão, alguns temas são tomados como exemplo, entre eles, o ciclo da água,

movimentos de massa, perda de solos agrícolas, efeito estufa, camada de ozônio e outros.

Abordando a questão interdisciplinar inerente às Geociências, esta se constitui na interação de diferentes disciplinas com o intuito de encontrar soluções para uma situação-problema (GALVÃO; FINCO, 2009). Nesse processo, as disciplinas devem-se fundir em torno da resolução do problema, ao invés de trabalhar isoladamente. Minayo (2010) afirma que a interdisciplinaridade se configura como uma estratégia para a compreensão, explicação e interpretação de temas complexos.

De acordo com Piranha (2006) a crise ambiental tem posto em risco a própria sobrevivência humana e, por isso, é preciso um tratamento interdisciplinar entre diversas áreas de conhecimento nos estudos dos problemas e processos que ocorrem diante da interação entre homem e planeta.

Dessa forma, não é possível formar nos educandos uma consciência crítica em relação a compreensão sistêmica das relações antrópicas sob a superfície terrestre sem que haja construção de conhecimento sobre sua formação, funcionamento e organização e sobre as interações física, químicas e bioquímicas (TOLEDO, 2005).

Assim, o ensino de Geociências nas escolas deve assumir o papel de elevar os alunos ao estágio mais complexo da alfabetização científica, para promover além dos conhecimentos teóricos a reflexão acerca de sua aplicabilidade e função na realidade social.

Nessa direção, autores como Guimarães (2009) e Imbernon *et al* (2009) argumentam em seus trabalhos a favor da “aprendizagem significativa”, definida por Ausubel (2003) *apud* TAVARES (2004) como um conhecimento que promove autonomia e articulação entre o ser humano e o meio, capacitando-o a se apropriar da informação e transforma-la em conhecimento. Barbosa (2013) afirma que cidadãos cientificamente alfabetizados participam na tomada de decisões sobre temas de dimensão científica ligados as questões sociais e ambientais.

Para compreender as dinâmicas terrestres e os processos que ocorrem na interação entre sociedade e meio é necessário que o educando participe ativamente do processo de construção de conhecimento motivando a reflexão sobre situações-problema, levantando hipóteses e buscando respostas e soluções. Estas

são possibilidades que a experimentação aplicada ao ensino de Geociências traz para a sala de aula, inserida em um contexto investigativo, criativo e participativo.

A partir da década de 1960 alguns projetos relacionados à experimentação e ensino de Ciências, dentre estas as Geociências, foram desenvolvidos nos Estados Unidos e, posteriormente, traduzidos e divulgados para outros países como o Brasil.

A cooperação entre governo americano, professores, educadores e cientistas resultou na elaboração de novos cursos ou projetos de Ciências, como: o PSSC (*Physical Science Study Committee*) e o IPS (*Introductory Physical Science*) voltados para o ensino de Física; o BSCS (*Biological Science Curriculum Study*) para a Biologia; o CBA (*Chemical Bond Approach*) e o CHEM Study (*Chemical Educational Material Study*) para a Química; e o ESCP (*Earth Science Curriculum Project*) para as Geociências. Esses projetos se diferenciaram por desenvolver materiais como livros didáticos, manuais de laboratório, guias para o professor, equipamentos de laboratório, filmes, estudos de caso, leituras suplementares, materiais para alunos com necessidades especiais, entre outros (LORENZ, 2008).

Segundo Lorenz (2008), todos esses projetos curriculares foram baseados em um novo paradigma que propunha uma conceituação inovadora quanto à natureza da Ciência, o processo científico e o ensino de ciências. Entre os princípios que nortearam a elaboração do novo paradigma, dois se destacam. O primeiro deles foi baseado nos argumentos levantados por cientistas e professores na Conferência de Woods Hole, em 1959, publicados no livro “O Processo da Educação” (*The Process of Education*), escrito por Jerome Bruner, que exalta a importância da “estrutura” das disciplinas científicas no ensino. Os argumentos dos participantes da conferência concordavam que os conceitos das Ciências não poderiam ser estudados de forma isolada, mas era necessário unificar os temas para facilitar a compreensão dos conteúdos. O segundo princípio foi articulado em um discurso dado em 1961, pelo professor da Universidade de Chicago e membro da equipe do projeto BSCS (*Biological Science Curriculum Study*), Joseph Schwab.

Em seu discurso, Schwab afirmou que os conteúdos das Ciências não deveriam ser ensinados como uma “retórica de conclusões”, mas sim, como processos contínuos de investigação. Para ele, o aluno deveria participar do processo científico para poder experimentar a Ciência em sua forma mais correta.

Para isso, o professor deveria empregar o “método da descoberta”, ou seja, ensinar o aluno a elaborar perguntas, buscar evidências, e avaliar os resultados das investigações (SCHWAB, 1962 *apud* LORENZ, 2008).

No Brasil, Amaral (2014) faz um resgate histórico dos principais acontecimentos que contribuíram com a dispersão do ensino de conteúdos de Geociências nas escolas. Entre eles a criação da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC) em 1967 no Campus da USP – São Paulo que contribuiu na confecção e distribuição de recursos didáticos, além de sediar um Centro de Treinamento de Professores de Ciências do Estado de São Paulo (CECISP) para treinar e difundir, entre os professores, novos projetos e materiais didáticos para o ensino de ciências da natureza e matemática. Outro marco importante para as Geociências no Brasil foi a realização da tradução e adaptação do ESCP (*Earth Science Curriculum Project*) no ano de 1973, com a publicação do primeiro Volume intitulado *Investigando a Terra*. Amaral (2014) destaca também o desenvolvimento de ideias inovadoras no campo da pedagogia, em meados da década de 1970, que repercutiram nas discussões sobre o processo de ensino-aprendizagem em diferentes níveis de ensino.

No entanto, para Imbernon *et al* (2009), ainda há falta de preparação específica dos professores para agregar na prática educativa o conhecimento científico ao cotidiano dos alunos, promovendo, desta forma, o distanciamento entre o ensino de Ciências na escola e a apropriação do conhecimento científico, importante para a formação de cidadãos críticos e atuantes.

Os autores afirmam que a falta de sentido com que os conteúdos científicos se apresentam para os alunos, e a falta de conexão lógica entre os conteúdos teóricos e o mundo real, muitas vezes, é a causa de dificuldades no ensino de Ciências, conseqüentemente de Geociências e, portanto, “a efetiva participação do aluno na obtenção do conhecimento é uma das chaves para que o aluno passe de seu comportamento de passividade à responsabilidade pelo seu próprio aprendizado” (IMBERNON *et al*, 2009).

De acordo com Imbernon *et al* (2009) e Ledley *et al* (2012), atualmente vemos pesquisas na área de experimentação ligadas ao ensino de Geociências na escola que buscam de forma inovadora inserir a experimentação, não com um fim em si própria, mas como uma forma de estimular a curiosidade para responder os

porquês, criar conexão ao invés de complementação entre teoria e prática e compreender os processos que atuam em um determinado fenômeno.

Para isso, todo processo das atividades experimentais deve ser discutido e retomado ao longo do desenvolvimento da atividade para que a mesma não se torne apenas uma ilustração daquilo que já está pronto. Quando alguns erros ou resultados inesperados ocorrem durante essas atividades, abre-se a oportunidade para levantar questionamentos sobre o “fazer ciência”, que é construído passo-a-passo, à medida que novos entraves, aparentemente sem respostas, se apresentam aos pesquisadores.

2.3. A metodologia da experimentação no ensino de Geociências na Geografia, à luz dos PCNEM

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são as bases de um currículo nacional comum para a educação básica brasileira e partem dos princípios definidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira – Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Os PCN para o Ensino Médio, também chamados de PCNEM, foram publicados no ano de 2000 e trouxeram à discussão um projeto de reforma para esse nível de ensino.

De acordo com os PCNEM, o Ensino Médio vem se expandindo consideravelmente desde a década de 1980 alcançando uma população de renda mais baixa que até então não continuava os estudos após o término do Ensino Fundamental. A maior procura pela continuação dos estudos está principalmente nas exigências impostas pelo mercado de trabalho e na compreensão da importância de se estudar. (BRASIL, 2000)

Dessa forma, tornou-se de extrema necessidade repensar o papel do Ensino Médio e suas bases curriculares visando competências importantes para o desenvolvimento do ser humano ligadas ao processo produtivo exigido por uma sociedade tecnológica. Sendo essas competências: desenvolver o pensamento sistêmico, a criatividade, curiosidade e a solução de problemas. (BRASIL, 2000)

Assim, segundo os PCNEM, o currículo básico para o ensino médio foi estruturado seguindo quatro premissas apontadas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) para uma educação

contemporânea: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. A partir dessas premissas o currículo se direcionou para a preparação para a continuidade dos estudos, preparação para o trabalho, formação geral do educando e desenvolvimento de competências básicas. Vale ressaltar que os PCNEM se colocam como uma organização curricular que busca a democratização do ensino em todo o país e parâmetro para avaliação em nível nacional, mas garantindo a flexibilidade quanto a organização dos conteúdos, metodologias e avaliação. (BRASIL, 2000)

Os PCNEM para o Ensino Médio foram organizados por áreas de conhecimento considerando que os temas e conteúdos fazem parte de um contexto global e articulado, mas mantém as disciplinas escolares. As áreas de conhecimento foram organizadas em: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. A disciplina de Geografia encontra-se na área de Ciências Humanas e suas Tecnologias, juntamente com História, Sociologia e Filosofia.

Além disso, os PCNEM também propõem a organização por áreas de conhecimento, um trabalho interdisciplinar que utilize conhecimentos de diferentes disciplinas com a finalidade de compreender um fenômeno sob diferentes pontos de vista e solucionar problemas.

Em 2007 o Ministério da Educação publicou uma complementação dos PCNEM denominada Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), com o objetivo de facilitar a organização do trabalho com as áreas de conhecimento, interligando os conceitos estruturais com as competências gerais e, propondo temas disciplinares que não foram explicitados nos PCNEM. (BRASIL, 2007)

As competências gerais definidas pelo PCN+ são: representar e comunicar; investigar e compreender e contextualizar socioculturalmente. As competências de representar e comunicar estão relacionadas às linguagens e a capacidade de processar e comunicar informações e conhecimentos. Investigar e compreender estão ligados aos métodos, conhecimentos e conceitos que articulados atuam na resolução de problemas. E, contextualizar socioculturalmente compreende a percepção de que as ações humanas são construídas em tempo e espaço

diferentes sob a luz de relações sociais e construções culturais estabelecidas por uma comunidade. (BRASIL, 2007)

Cada disciplina apresenta um conjunto de conceitos estruturadores que não se limitam apenas ao seu domínio, mas incorporam metas comuns a diversos campos do conhecimento. Esses conceitos estruturadores articulados às competências gerais encontram-se nas sugestões temáticas, como propostas de trabalho disciplinar e de articulação entre disciplinas.

As sugestões temáticas ou eixos temáticos para cada disciplina pretendem ser flexíveis e abrangentes, vinculados ao objeto da disciplina, aos conceitos estruturadores e às competências gerais.

De acordo com os PCN+, os conceitos estruturais para a disciplina de Geografia possuem as características essenciais da Geografia e também se encaixam com os objetivos para a disciplina no Ensino Médio (BRASIL, 2007). Os conceitos estruturadores apresentados são: espaço geográfico, paisagem, lugar, território, escala e globalização, técnicas e redes.

A partir das competências básicas a serem desenvolvidas no Ensino Médio e os conceitos estruturadores da Geografia, outras competências específicas são criadas. Tais competências buscam o desenvolvimento de uma visão complexa e estruturada a respeito das relações sociedade e natureza. Entre essas competências podemos citar a leitura e análise de códigos como mapas, gráficos e tabelas; reconhecimento de fenômenos espaciais sob diferentes escalas; compreensão dos processos históricos e contemporâneos que interferem na organização do espaço; entre outras.

Assim, diante da apresentação das bases legais que norteiam o currículo comum para o Ensino Médio, as competências gerais, os conceitos estruturadores, as competências específicas para a disciplina e as sugestões de eixos temáticos, cumpre esclarecer de que forma podemos inserir a proposta do uso da experimentação como metodologia para o ensino de Geociências na Geografia.

A disciplina de Geografia é considerada no PCNEM como um caminho entre as Ciências Humanas e as Ciências Naturais, chamada de Ciência Social e aborda diversos conteúdos de Geociências (TOLEDO, 2005). Assim, os PCNEM têm apresentado uma estrutura curricular em que as Ciências Naturais e as

humanidades sejam complementares e não excludentes, buscando uma síntese entre humanidade, ciência e tecnologia (BRASIL, 2000).

Os estudos da Geografia Física são um dos elos que unem a Geografia às Geociências e, portanto, permitem uma compreensão mais ampla das relações humanas com o planeta. Dessa forma, Toledo (2005) traz apontamentos importantes dos PCNEM para a valorização dos estudos sobre o meio ambiente na Ciência do Sistema Terra que deveriam estar intimamente integrados aos conteúdos da Geografia. Entre eles, a importância da compreensão do tempo, humano e geológico, e do espaço nas relações humanas que transformam a paisagem e se desdobram em aspectos políticos, econômicos, sociais, culturais e ambientais.

Na grande área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias a experimentação é tida como umas das principais metodologias a ser empregada no Ensino Médio e, para tanto, a mesma deve ser desenvolvida visando estudos pré e pós atividade, visando a construção de conceitos e o vínculo entre teoria e laboratório. Além disso, os experimentos não devem limitar-se ao laboratório, mas podem ser desenvolvidos também em sala de aula, através de visitas de campo, demonstrações e outras modalidades (BRASIL, 2000)

A resolução de situações-problema é uma importante estratégia de ensino e necessita de métodos de aprendizagem interativos, como a experimentação. De acordo com os PCNEM da disciplina de Química (BRASIL, 2006), a experimentação permite aos estudantes acessar diferentes formas de percepção qualitativa, quantitativa, coleta de dados, propostas e verificação de hipóteses (BRASIL, 2000).

No entanto, a experimentação é bastante utilizada nas ciências naturais, mas não é comum às ciências humanas e sociais, visto que muitos conceitos e indagações dessas disciplinas são construções subjetivas e não podem ser confirmados através de experimentos. A Geografia como investigadora do espaço geográfico que se estabelece, se recria e se transforma sobre o meio natural, pode se apropriar dessa metodologia de forma diferenciada e contextualizada utilizando a experimentação não apenas como uma atividade prática, mas como um meio de se ensinar conteúdos e ciência.

Dentre os diversos conceitos geográficos a paisagem tem sido empregada nos estudos das questões ambientais pois traz a possibilidade de análise e compreensão das transformações provocadas pelas interferências

antrópicas no meio. Nela estão inseridos elementos físico-naturais e socioculturais, conforme Suertegaray (2001, s/p):

[...] um conceito que nos permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual seja o da conjunção de elementos naturais e tecnificados, sócio-econômicos e culturais. [...] Neste sentido, a paisagem pode ser analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. Nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada). O conceito de paisagem privilegia a coexistência de objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural manifesta.

A partir da leitura de Faria (2007), a paisagem pode ser entendida como um tema de estudo do espaço geográfico pois é constituída e transformada ao longo do tempo pela sociedade numa combinação entre fenômenos e objetos naturais e culturais.

Portanto, o conceito e a análise da paisagem trazem a possibilidade do estudo dos elementos naturais do meio juntamente com as alterações sociais, culturais e econômicas. Tal relação é de fundamental importância para a compreensão das consequências da apropriação humana da natureza.

Faria (2007) ressalta que “o aluno precisa sentir-se parte paisagem, investigar seu papel nela, enquanto membro de uma realidade histórica constituinte. Se o professor afastá-lo dessa posição, seu aprendizado será apenas de memorização”.

Para tanto, partindo da importância da compreensão das ações humanas sobre o meio natural, por meio do estudo da paisagem, a experimentação pode ser utilizada como metodologia enriquecedora do ensino, inserindo o aluno na produção de conhecimento como agente do próprio aprendizado à medida que compreende o contexto em que a paisagem e a atividade experimental estão inseridas, o desenvolvimento e acompanhamento do experimento e as discussões dos resultados.

São inúmeras as possibilidades de abordagem a respeito da apropriação humana da natureza e as consequências dessas interferências sobre a paisagem. Dessa forma, diante das questões ambientais contemporâneas se destaca o problema da poluição atmosférica por emissão de gases que contribuem com o aumento do efeito estufa.

Esse problema é relevante tendo em vista que nosso país é considerado “celeiro mundial” e precursor no desenvolvimento de pesquisas para uso do etanol como combustível para veículos, aliado às preocupações acerca da destinação de efluentes obtidos como subprodutos agrícolas, assim, a problemática da emissão de gases causadores do efeito estufa foi selecionada para constituir a atividade experimental dessa dissertação. O experimento foi elaborado pensando em responder a uma hipótese norteadora: “a vinhaça aplicada ao solo sob cultivo de cana de açúcar tem contribuído com as emissões de gases do efeito estufa”.

2.4. Conceitos trabalhados na atividade experimental

A atividade experimental desenvolvida com alunos do 2º ano do Ensino Médio abordou diversos conceitos necessários para a compreensão da situação-problema “consequências do uso da vinhaça em solos sob o cultivo de cana de açúcar”. Esses conceitos foram estudados previamente pela pesquisadora e, a seguir, são apresentados os referenciais utilizados na preparação das aulas teóricas. Os subcapítulos foram divididos em: cana-de-açúcar, produção de etanol e vinhaça; caracterização do solo coletado no município de Itapira/SP para uso na atividade experimental; o ciclo do carbono, efeito estufa e interferências antrópicas no sistema e reações químicas ocorridas no experimento.

2.4.1. Cana-de-açúcar, produção de etanol e vinhaça

A cana-de-açúcar teve sua origem no Sudeste Asiático, mais especificamente na região da Melanésia que se localiza na Oceania. Lá a planta foi domesticada e levada para a Ásia. As espécies que deram origem às variedades comerciais mais conhecidas atualmente são a *Saccharum officinarum*, que é rica em açúcar, porém mais suscetível a doenças, e a *Saccharum spontaneum*, que possui menos açúcar, mas é mais resistente à pragas e doenças. As primeiras mudas de cana-de-açúcar chegaram ao Brasil no início do século XVI, vindas da Ilha da Madeira – Portugal, e trazidas pelos colonizadores (Figura 2.1). (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2009)



Figura 2.1: O caminho da cana-de-açúcar. Fonte: Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2009)

Segundo Machado (s/d) em seu artigo “Brasil a doce terra – História do Setor”, foi cerca de trinta anos após a chegada dos portugueses ao “Novo Mundo” que começaram os processos efetivos de povoamento das novas terras. O êxito obtido com a produção de cana-de-açúcar na Ilha da Madeira foi reproduzido no novo território. Então, se estabelecia aqui um modelo produtivo baseado em extensas porções de terra monocultoras de produto para exportação, mão de obra escrava, e uso extensivo dos recursos naturais.

Martim Affonso de Souza foi quem trouxe, oficialmente, em 1532 a primeira muda de cana-de-açúcar para o Brasil e, também construiu o primeiro engenho na Capitania de São Vicente. No entanto, foi o litoral do nordeste brasileiro que os engenhos de açúcar se expandiram. (MACHADO, s/d)

De acordo com Machado (s/d), em menos de cinquenta anos do início da produção de cana-de-açúcar, a colônia portuguesa já possuía o monopólio mundial da produção de açúcar. E, entre o período de 1500-1822 a renda obtida pelo açúcar

atingiu cerca de duas vezes a renda gerada pela exploração do ouro e aproximadamente cinco vezes a renda gerada pelos outros produtos agrícolas produzidos na colônia. Desde então o Brasil passou por outros ciclos econômicos, como o café no fim do século XIX e início do século XX, mas a cana-de-açúcar nunca deixou de ser cultivada.

Mas além da produção de açúcar – sacarose, e álcool para bebidas, a cana-de-açúcar também apresentava um potencial energético. Séculos depois, com a crise do petróleo em 1973, o consequente aumento no preço do barril do combustível fóssil e a queda no preço do açúcar no mercado externo, o setor açucareiro transformava seu excedente produtivo em etanol anidro que era adicionado à gasolina. (NITSCH, 1991)

Essa combinação de fatores impulsionou o mundo na procura de fontes alternativas de energia. No entanto, foi somente no Brasil em 1975 que se desenvolveu um programa sólido de biocombustíveis, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), considerado de acordo com Nitsch (1991) “[...] o maior e mais duradouro esforço de substituição de combustível fóssil por biocombustível renovável, em termos mundiais”

A primeira etapa dos esforços do Proálcool estava centrada na produção de álcool anidro para ser adicionado à gasolina [1975 – 1979] e, posteriormente, em 1978 começavam a circular os primeiros carros movidos somente a etanol hidratado (ANDRADE *et al*, 2009). As principais contribuições tecnológicas para fabricação dos novos motores foram dadas pelo Centro Técnico Aeroespacial (CTA), da Força Aérea Brasileira, juntamente com um acordo entre o governo brasileiro que prometeu manter o preço do etanol hidratado competitivo diante do preço da gasolina e, as indústrias automobilísticas concordaram em produzir carros com a nova tecnologia. Além disso, coube a Petrobrás a gerência global dos combustíveis (NITSCH, 1991).

Embora o Proálcool tenha sido um sucesso técnico na substituição parcial do uso de combustíveis fósseis no Brasil, muitas críticas surgiram, principalmente, referentes ao aumento das áreas agrícolas cultivadas com cana-de-açúcar em detrimento das áreas plantadas com alimentos, da sazonalidade dos empregos dos boias-frias e também das quedas nos preços do barril de petróleo que desestimulavam o setor. (ANDRADE *et al*, 2009)

No entanto, esse programa nacional lançou bases para o desenvolvimento de inovações na indústria automobilística que levaram ao lançamento de um veículo bicombustível no ano de 2003, no Brasil. A tecnologia também chamada de *Flex fuel* permite que o automóvel utilize a gasolina ou o álcool, ou então sua mistura. (GATTI JUNIOR, 2010)

De acordo com Gatti Junior (2010, s/p):

O lançamento dos veículos bicombustíveis reavivou o interesse pelo álcool combustível ou etanol, e tem mudado a indústria automobilística brasileira e o agronegócio da cana de açúcar. Desde então, o etanol tem despertado o interesse de investidores e grandes grupos nacionais e internacionais, além de fomentar uma sucessão de investimentos voltados para a pesquisa de inovações ligadas ao desenvolvimento de variedades e usos da planta.

Segundo dados da União dos Produtores de Bioenergia (UDOP), disponíveis no banco de dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), a produção de etanol hidratado teve um aumento muito expressivo na comparação entre os anos de 2002/2003 e 2012/2013, como mostrado na Tabela 2.1.

Produção de etanol hidratado/ mil m³ (2002/2003 - 2012/2013)

Região geoeconômica	2002	2012
Centro-sul	4.882	12.632
Norte-nordeste	725	750
Brasil	5.608	13.382

Tabela 2.1: dados da produção de etanol hidratado. Fonte: autora, a partir de dados da UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF e MAPA.

Para atender à crescente demanda pelo etanol combustível, as áreas plantadas com cana-de-açúcar também apresentaram um grande crescimento no mesmo período. A tabela 2.2 mostra os dados de produção da planta em hectares, entre os anos de 2002 e 2012, nas grandes regiões geoeconômicas do país.

Área plantada por região/hectare (2002 – 2012)

REGIÃO	2002	2012
Centro-sul	4.049.749	8.482.249
Norte-nordeste	1.156.907	1.270.079
Brasil	5.206.656	9.752.328

Tabela 2.2: dados das áreas plantadas com cana-de-açúcar em hectares. Fonte: autora, a partir de dados da UNICA e de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir dos dados podemos inferir que a área plantada com cana de açúcar na Região Centro-Sul dobrou em dez anos, passando de 4.049.749 hectares para 8.482.249 de hectares, na Região Norte-nordeste houve um aumento não tão expressivo e, por fim, o total brasileiro quase duplicou chegando a 9.752.328 hectares plantados no ano de 2012.

Semelhantemente também, a produção de etanol hidratado ou álcool combustível teve um aumento de 61,4% em dez anos na Região Centro-Sul, na Região Norte-nordeste o aumento foi de 3% na produção e, no total brasileiro houve um crescimento de 58,1% na produção.

De forma contrária, no município de Itapira/SP, segundo dados do Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE entre os anos de 2006 a 2009, o município apresentou uma produção elevada com mais de 1.000.000 de toneladas de cana-de-açúcar, já entre os anos de 2010 a 2013 a rentabilidade da lavoura temporária de cana-de-açúcar apresentou valores inferiores entre 500.000 toneladas produzidas em cerca de 6.200 hectares de área plantada e colhida (IBGE, 2006).

Os dados da Tabela 2.3 revelam o aumento na frota de veículos automotores nas ruas brasileiras, por tipo de combustível utilizado.

Frota brasileira de autoveículos leves/nº de veículos (2006-2013)

Frota	2006	2013
Flex fuel	2.603.914	20.772.995
Gasolina	15.541.077	11.761.194
Etanol	2.032.710	978.439
Elétrico	-	608
Frota total	20.177.701	33.513.236

Tabela 2.3: frota brasileira de autoveículos leves. Fonte: autora, adaptado a partir de dados da UNICA.

Nota-se, portanto, um aumento de 87,5% na frota de automóveis da categoria *Flex fuel* adaptado para o uso de etanol e/ou gasolina, uma diminuição na venda de veículos movidos apenas à gasolina ou a álcool, um pequeno número de veículos elétricos vendidos em 2013, e um crescimento total de 39,8% na frota brasileira de autoveículos leves.

O conjunto dessas estatísticas justificam uma maior demanda pela produção de etanol hidratado utilizado pelos veículos *Flex fuel* e pelo etanol anidro, aquele adicionado à gasolina, bem como, um crescimento elevado das áreas agricultáveis cultivadas com cana de açúcar.

Concomitantemente à produção do álcool tem-se a geração de seu resíduo industrial líquido, a vinhaça. A vinhaça também é conhecida por vinhoto, tiborna ou restilo. De acordo com Pereira *et al* (2009) “*atualmente a produção de álcool representa cerca de 50% da destinação da cana-de-açúcar (Saccharum sp)*”.

Entre os compostos orgânicos de carboidratos ou açúcares, a Sacarose é obtida durante o processo de moagem, o líquido proveniente desse processo, também chamado de garapa, é aquecido até tornar-se um melaço que recebe um tipo de fermento biológico, uma levedura, para fermentar e transformar a sacarose em álcool. Após esse processo, o líquido já fermentado vai para tanques de destilação onde o álcool é separado da água por diferenças de temperatura. Nesse processo tem-se ao final cerca de 96% de álcool e 4% de água. Para cada litro de álcool são produzidos cerca de 12 litros de vinhaça. A vinhaça é então um subproduto da produção do etanol originada na fermentação do melaço. Ela é rica

em compostos orgânicos e minerais, como potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, entre outros.

Nesse sentido, segundo Freire e Cortez (2000) citado por Silva *et al* (2007):

A vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias com alto poder poluente e alto valor fertilizante; o poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ¹, além de elevada temperatura na saída dos destiladores; é considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriação.

A fertirrigação tem sido usada como alternativa para o descarte mais adequado da vinhaça a partir da proibição de despejo do efluente em cursos hídricos (OLIVEIRA, 2010).

A vinhaça possui uma carga elevada de nutrientes, principalmente o potássio (K), dessa forma, sua utilização como fertilizante pode substituir parcialmente as adubações minerais e ainda fornecer água nos períodos de seca. (OLIVEIRA, 2010). Além disso, a vinhaça pode ser considerada, biologicamente, como agente de aumento da atividade microbiana no solo (OLIVEIRA, 2010).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, por meio na Norma Técnica P4.321 de dezembro de 2006 esclarece os critérios e procedimentos para o armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça no Estado de São Paulo para evitar a ocorrência de poluição do solo e da água. Além disso, está previsto nesse documento que a dosagem para aplicação de vinhaça deve obedecer aos padrões de quantidade máxima e ainda prevê análises periódicas de amostras de solo e água para fins de acompanhamento e fiscalização (CETESB, 2006).

De acordo com Oliveira (2010), embora a vinhaça traga benefícios econômicos por meio de sua utilização na fertirrigação, ainda não se sabe ao certo os benefícios ambientais para o solo e para suas contribuições nas emissões de gases de efeito estufa (GEE).

¹ DBO (Demanda bioquímica de Oxigênio) é um indicador indireto do consumo de oxigênio para oxidar matéria orgânica através da respiração de microrganismos. (Valente et al., 1997)

Segundo Zotelli (2012) os GEE mais relevantes são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Esses gases vêm aumentando de forma significativa e intensificando o efeito estufa na Terra. (ZOTELLI, 2012).

Nesse sentido, de acordo com documento “O aquecimento global e a agricultura de baixa emissão de carbono” produzido pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (CORDEIRO *et al*, 2011), as principais contribuições nas emissões de GEE no Brasil estão atreladas ao uso da terra, às mudanças no uso da terra e das florestas, representando 68,1% das emissões de GEE em mil toneladas de CO_2 equivalente².

Estudos vêm sendo conduzidos a respeito de impactos ambientais no ciclo de vida do etanol, inclusive referente à produção de CO_2 (SILVA, 2009; GARCIA e SPERLIN, 2010; MACEDO *et al* 2004; DÍAZ *et al* 2010; GAZZONI, 2014), bem como, trabalhos específicos a respeito da utilização da vinhaça na fertirrigação e as alterações provocadas nas propriedades dos solos e no aumento na produção de CO_2 . (ZOTELLI, 2012; SANTOS *et al*, 2009; OLIVEIRA, 2010; SILVA, 2007)

No entanto, direcionamos o foco às possíveis consequências do uso da vinhaça na fertirrigação das plantações de cana-de-açúcar e o aumento na produção de CO_2 no solo.

De acordo com Santos *et al* (2009):

Quando um material orgânico é colocado no solo, os microrganismos heterotróficos ali presentes promovem sua decomposição através de reações de oxidação (PARR, 1975 e KIEHL, 1984). Por essas reações, os microrganismos obtêm carbono e energia para seu metabolismo e crescimento (ALEXANDER, 1967).

² CO_2 equivalente (CO_2e), CO_2 e. ou CO_2 eq. significa “equivalente de dióxido de carbono”, uma medida internacionalmente padronizada de quantidade de gases de efeito estufa (GEE) como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano. A equivalência leva em conta o potencial de aquecimento global dos gases envolvidos e calcula quanto de CO_2 seria emitido se todos os GEEs fossem emitidos como esse gás. As emissões são medidas em toneladas métricas de CO_2 e por ano, ou através de múltiplos como milhões de toneladas (MtCO_2 e) ou bilhões de toneladas (GtCO_2 e). O dióxido de carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu potencial de aquecimento global. Por exemplo, o potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do CO_2 . Então, dizemos que o CO_2 equivalente do metano é igual a 21. (PINTO *et al*, 2009, p. 58)

Dessa forma, segundo os mesmos autores, o acréscimo de vinhaça ao solo com teor total de carbono em 0,9%, estimula o crescimento de microrganismos restritos pelo suprimento de material energético (SANTOS *et al*, 2009).

Para Oliveira (2010) a vinhaça deve ser considerada influente no aumento da população e da atividade microbiana no solo, dessa forma, de acordo com a autora, embora não haja estudos conclusivos sobre o aumento das emissões de GEE em solos sob o uso de vinhaça, existem fortes indícios de que ela ocorra.

2.4.2. Caracterização do solo coletado no município de Itapira/SP para uso na atividade experimental

O solo possui diversos significados dependendo do emprego a qual se dá, das funções que ocupa, dos usos que recebe e dos interesses que gera. Solo como um recurso natural pode ser definido, de acordo com a Embrapa (2006, p. 31), como:

[...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, formados por minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

Acerca da estrutura dos solos podemos citar a definição encontrada no Almanaque Brasil Socioambiental publicado pelo Instituto Socioambiental (2008, p. 333):

Os solos são formados por partículas minerais e orgânicas e organizam-se em camadas horizontais com características próprias, sobrepostas, denominadas horizontes. A sequência de horizontes e suas características definem o tipo de solo. A camada mais superficial (horizonte A) geralmente é mais escura e mais fértil, e contém a maior parte das raízes das plantas. A camada abaixo (horizonte B) apresenta características determinadas pelos fatores de formação do solo e que têm grande influência no comportamento do solo no ciclo hidrológico. Por fim, sobre a rocha consolidada está o horizonte C, que apresenta material pouco alterado, mais semelhante à própria rocha que ao solo.

Os solos não são iguais e a atuação dos cinco fatores de formação - material de origem, clima, relevo, organismos e tempo, e suas inter-relações irão resultar em solos com características e graus de evolução diferenciados (LIMA; LIMA, 2007).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos solos (EMBRAPA, 2006), podemos ordenar os solos em 13 classes. Essas classes tem os nomes formados através da associação de seus elementos formativos com a terminação “solos” (JACOMINE, 2009). São elas: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. (EMBRAPA, 2006)

A classe de solos que mais ocorre no Brasil é a dos Latossolos, com cerca de 40%, a seguir estão os Argissolos, com 26% e, em terceiro lugar, os Neossolos, com 15% de ocorrência no território nacional (IBGE, 2007). No estado de São Paulo (Figura 2.2) há predominância dos Latossolos e dos Argissolos (ROSSI; OLIVEIRA, 2000).

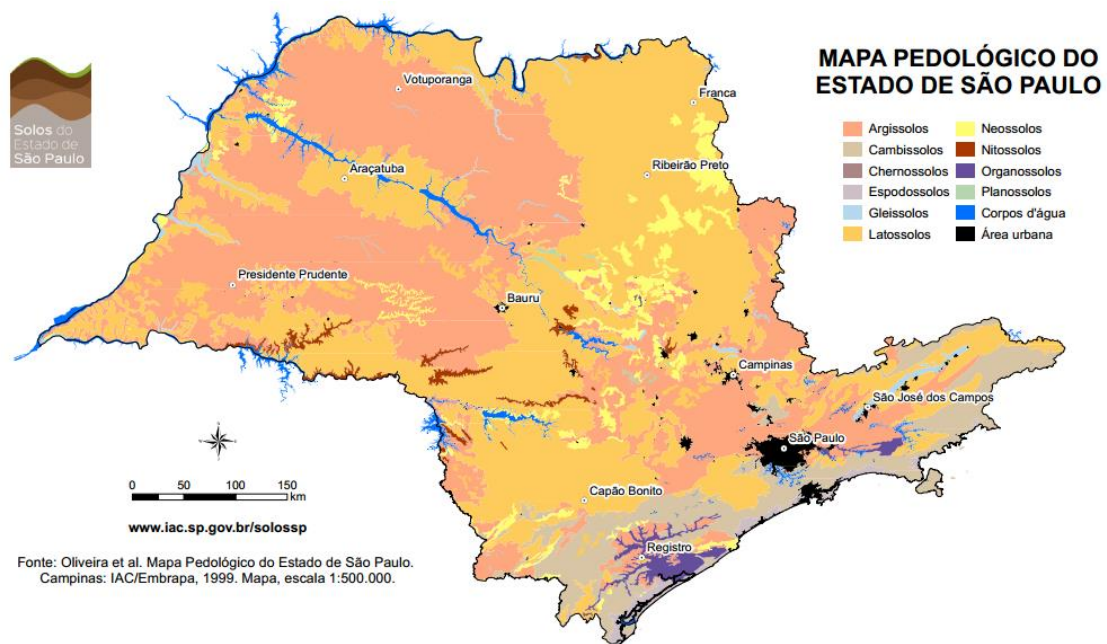


Figura 2.2: mapa pedológico do Estado de São Paulo. Fonte: Rossi e Oliveira (2000)

O município de Itapira, no interior do Estado de São Paulo, onde ocorreu a coleta de amostras de solo para serem utilizadas no desenvolvimento da atividade experimental, encontra-se, segundo os dados geográficos informados pela prefeitura do município, em área de Latossolos e Argissolos, estes últimos anteriormente chamados de podzólicos.

Na ampliação do mapa pedológico do Estado de São Paulo feita pelo Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas (CETAE), e pelo Laboratório de Riscos Ambientais (LARA) para o relatório técnico do mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do município de Itapira/SP, percebe-se que os Argissolos são predominantes no município, seguido pelos Latossolos (Figura 2.3).

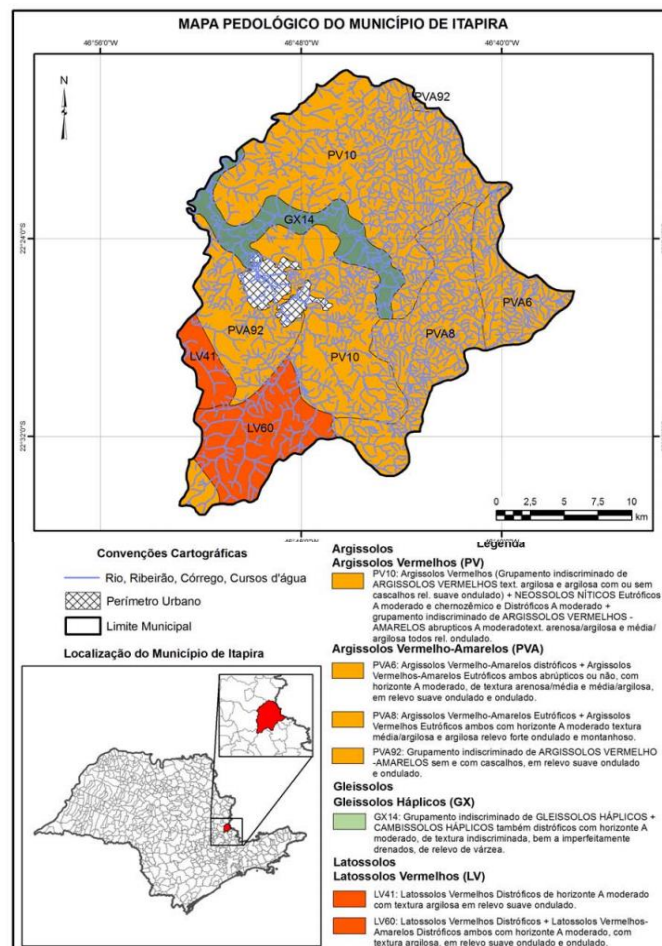


Figura 2.3: mapa pedológico ampliado do município de Itapira/SP. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (s/d)

O local de coleta do solo encontra-se a noroeste do perímetro urbano, em área de Argissolos vermelho e/ou vermelho-amarelo, segundo o mapa (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, s/d). No entanto, não é possível afirmar que o solo amostrado realmente é um Argissolo, devido a escala cartográfica com pouco detalhamento. Além disso, a amostragem do solo foi realizada em horizonte superficial até aproximadamente 20cm de profundidade e, portanto, não ficou conhecido o horizonte diagnóstico do mesmo. Dessa forma, considera-se a possibilidade de uma associação entre Argissolos e Latossolos.

O horizonte A do solo pode ser superficial ou vir em sequência ao horizonte O ou H, é um horizonte mineral com concentração de matéria orgânica decomposta e perda de componentes minerais como ferro, alumínio e argila (IBGE, 2007). De acordo com Lima e Melo (2007) o horizonte A é formado pela incorporação de matéria orgânica aos constituintes minerais e é de grande importância agrícola e ambiental.

A análise granulométrica e de fertilidade do horizonte superficial do solo amostrado na cidade de Itapira/SP, realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas, evidenciou as seguintes características (Tabela 2.4):

Análise de granulometria e fertilidade do solo

Textura	Matéria Orgânica (MO) (g/dm³)	Soma de bases (V%) (mmolc/dm³)	Capacidade de Troca Catiônica – CTC (mmolc/dm³)		Saturação por bases (SB) (%)
Franco-arenosa	11	21,7	49,7		44
pH	H⁺ + Al (mmolc/dm³)	Fósforo (P) (mg/dm³)	Potássio (K) (mmolc/dm³)	Cálcio (Ca) (mmolc/dm³)	Magnésio (Mg) (mmolc/dm³)
4,8	28	13	8,7	9	4
Boro (B) (mg/dm³)	Cobre (Cu) (mg/dm³)	Ferro (Fe) (mg/dm³)	Manganês (Mn) (mg/dm³)		Zinco (Zn) (mg/dm³)
0,27	1,3	21	5,3		0,5

Tabela 2.4: análise granulométrica e de fertilidade do solo coletado. Fonte: autora, 2014.

A textura da amostra, caracterizada como franco-arenosa, indica uma composição de 76% de areia (partículas com tamanho entre 2,00 – 0,053 mm), 16,3% de argila (partículas com tamanho inferior a 0,002 mm) e 7, 7% de silte (partículas com tamanho entre 0,053 – 0,002 mm). Principalmente, nas frações de areia encontram-se os minerais primários que após a decomposição química fornecem às plantas, através da solução em água, macro e micronutrientes necessários para seu desenvolvimento como potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre e zinco (MELO; LIMA, 2007)

Na matéria orgânica encontra-se praticamente todos os tipos de macro e micronutrientes (RONQUIM, 2010), além disso a matéria orgânica oferece importante reserva de nitrogênio e enxofre, diminuem a toxidez para as plantas de elementos como o alumínio, auxilia na estabilização da estrutura do solo, aumenta a retenção de água, promove adsorção de cátions, entre outros (MELO; LIMA, 2007). Na amostra analisada a matéria orgânica encontrada foi de 11g/dm³, valor de referência para solos de textura arenosa (IAC, s/d).

A Soma de Bases representa a quantidade de nutrientes como cálcio, magnésio e potássio no solo comparados com a acidez (hidrogênio) e a toxidade (alumínio). A Saturação por Bases é a Soma de Bases trocáveis expressa em porcentagem, dessa forma, solos mais férteis possuem valor de Saturação por Bases superior a 50% e solos menos férteis possuem valores abaixo de 50% (SERRAT *et al*, 2002; PEDROSO NETO, COSTA, 2012). Na análise do solo amostrado o valor da Soma de Bases foi de 21,7 mmolc/dm³ e a Saturação por Bases 44%, indicando um solo distrófico ou com baixa fertilidade (RONQUIM, 2010).

Capacidade de Troca Catiônica – CTC, indica a quantidade de cátions, carga positiva, que é adsorvida pela superfície das partículas coloidais de argilas minerais, substâncias húmicas e óxidos de ferro e alumínio com número maior de cargas negativas de forma reversível. A CTC indica a capacidade de liberação gradual de nutrientes, se a maior parte dessa capacidade está ocupada por cátions essenciais como cálcio, magnésio e potássio o solo apresenta uma boa nutrição para as plantas, do contrário, se essa capacidade está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como hidrogênio e alumínio o solo apresenta baixa fertilidade. Dessa forma, a Capacidade de Troca Catiônica está ligada aos valores

de Saturação por Base (RONQUIM, 2010). O solo analisado apresentou CTC de 49,7 mmolc/dm³, que é considerada alta para solos tropicais.

O valor de pH está relacionado a acidez do solo. O pH dos solos pode indicar acidez, neutralidade ou alcalinidade. A acidez refere-se a solos com pH abaixo de 7, solos neutros tem pH 7 e solo alcalinos apresentam pH acima de 7 (SERRAT *et al*, 2002). A análise do solo coletado indicou acidez com pH 4,8.

Os macronutrientes ou nutrientes principais fósforo, potássio, cálcio e magnésio são absorvidos pelas plantas em maior proporção que os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Nem sempre todos os nutrientes encontram-se em quantidades suficientes para atender às necessidades dos vegetais, dessa forma, é necessário que estas necessidades sejam supridas por meio de fertilização química mineral, incorporação de matéria orgânica ou por meio de fixação biológica, no caso do nitrogênio (SERRAT *et al*, 2002).

A Tabela 2.5 apresenta a interpretação dos valores de referência para macro e micronutrientes de acordo com Raij *et al* (1996):

Interpretação de teores de macro e micronutrientes no solo

Fósforo (P)	Potássio (K)	Cálcio (Ca)		Magnésio (Mg)
Baixo	Muito alto	Alto		Baixo
Boro (B)	Cobre (Cu)	Ferro (Fe)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
Médio	Alto	Alto	Alto	Baixo

Tabela 2.5: referência para macro e micronutrientes de acordo com Raij *et al* (1996).

Fonte: autora, 2014.

Entre os macronutrientes presentes na análise do solo, o potássio nas plantas é responsável pelo aumento nos teores de açúcares, óleos, gorduras e proteínas, aumenta a resistência contra secas e pragas, melhora a utilização de água e o enchimento dos grãos, ajuda na fixação de nitrogênio, entre outros (SERRAT *et al*, 2002).

O solo coletado para análise encontra-se em área de rebrota de cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. A cana-de-açúcar, por sua vez, responde muito bem à aplicação de fertilizante potássico, pois trata-se do nutriente mais importante e mais extraído pela cultura (MALAVOLTA, 1994; BENITES et al, 2010). Nos solos tropicais os teores de potássio geralmente são baixos e para tanto torna-se necessária a complementação desse nutriente com fertilizantes à medida que a planta se desenvolve para reduzir as perdas e aumentar a eficiência na utilização do nutriente (OTTO et al, 2010). Nesse caso, o potássio é o principal nutriente presente na vinhaça podendo substituir 100% da adubação potássica (BEBÉ et al, 2009).

No caso dos micronutrientes, estes são extraídos em menor quantidade se comparados aos macronutrientes, no entanto, são de fundamental importância para o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar. A carência desses nutrientes pode reduzir a produtividade ou até mesmo ocasionar a morte das plantas (VITTI; MAZZA, 2002).

2.4.3. Ciclo do Carbono, efeito estufa e interferências antrópicas no sistema

Os seres vivos terrestres são compostos, em sua maioria, por carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e outros elementos em menor quantidade, que compõem cerca de 99% da massa celular. Esses elementos são chamados biogênicos e são responsáveis na formação de aminoácidos, proteínas, carboidratos, lipídios, ácidos nucléicos - DNA e RNA (SILVA; NISHIDA, s/d).

O carbono, elemento químico de símbolo "C" assume diferentes formas na natureza como o diamante, carvão mineral, petróleo, monóxido de carbono, dióxido de carbono, carboidratos, entre outros (CORDEIRO *et al*, 2011).

Na atmosfera, o carbono encontra-se quase inteiramente como dióxido de carbono CO₂ em baixas concentrações e praticamente essa mesma quantidade de carbono encontra-se também na vegetação. Nos solos encontra-se cerca de duas ou três vezes mais carbono do que a quantidade na biota (SOTTA, 1998)

Esse estoque de carbono encontrado nas esferas terrestres depende de um equilíbrio muito delicado entre processos de imobilização (fotossíntese) e mineralização (decomposição), chamado de ciclo do carbono. Esse ciclo

biogeoquímico quando alterado pode ter seu equilíbrio modificado e favorecer o predomínio de algumas formas de carbono em detrimento de outras (CORDEIRO *et al*, 2011).

No ciclo do carbono simplificado (Figura 2.4) as trocas entre atmosfera e biosfera ocorrem através da fotossíntese que retira CO_2 e da respiração que o reemite para a atmosfera. A fixação do carbono pelos oceanos ocorre através da dissolução do gás na água, da fotossíntese de algas, da transferência de CO_2 para o fundo oceânico através da sedimentação de carbonato de cálcio na forma insolúvel CaCO_3 por meio de organismos formadores de exoesqueletos, e pela decomposição que ao longo de milhões de anos leva à formação de depósitos ricos em hidrocarbonetos como o petróleo (MARTINS *et al*, 2003). O Carbono Orgânico Total (COT) é o principal constituinte do solo e corresponde a cerca de 98% de sua matéria orgânica não vivente (PULROLNIK, 2009).

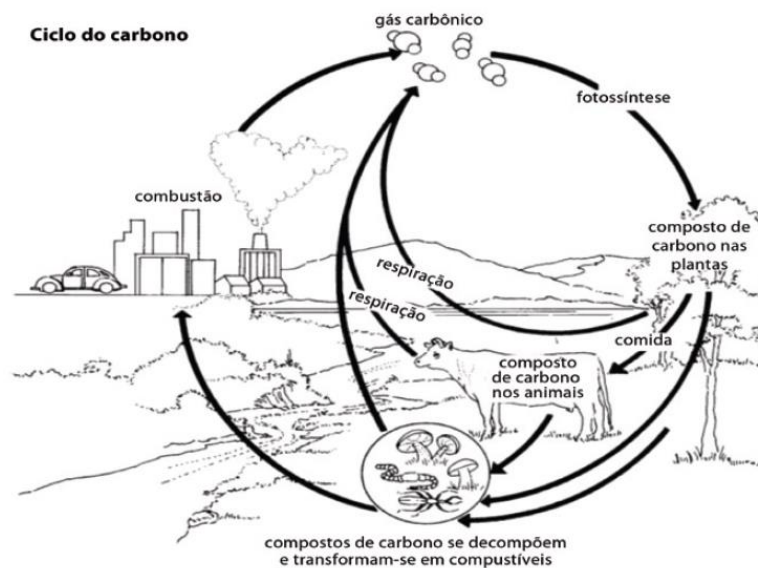


Figura 2.4: Ciclo do carbono. Fonte: Cordeiro *et al* (2011)

O ciclo do carbono no solo está dividido em três fases: fase anaeróbica, realizada pelos vegetais fotossintetizantes; fase de liberação dos produtos fotossintetizados e de sua acumulação e estabilização nos solos; e a fase de decomposição de substratos orgânicos e transferência de CO_2 para a atmosfera. O processo final de decomposição dos resíduos orgânicos no solo é o CO_2 que volta à

atmosfera, dessa forma, em sistemas agrícolas o tipo de manejo empregado pode modificar tanto a entrada de matéria orgânica quanto a taxa de decomposição (PULROLNIK, 2009).

Atualmente as mudanças no uso da terra, substituição de florestas por áreas agropecuárias, e práticas de manejo tem afetado as propriedades físicas e biológicas da superfície terrestre e essas modificações possuem potencialidade no impacto do clima regional e global pelo aumento nas emissões de gases de efeito estufa (PULROLNIK, 2009).

A atmosfera terrestre é constituída principalmente pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), com cerca de 99%, e por outros gases em menor quantidade. Entre esses gases encontram-se também os chamados gases de efeito estufa, que são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e o vapor d'água (H_2O).

Os gases de efeito estufa são chamados dessa forma porque tem capacidade de reter calor na atmosfera, como uma estufa. Esses gases permitem que as ondas eletromagnéticas do sol entrem na atmosfera e aqueçam a superfície terrestre, mas dificultam a saída da radiação infravermelha emitida pela Terra, evitando assim que o planeta perca excessivamente calor para o espaço, ou seja, o efeito estufa é importante para manter o planeta aquecido a uma temperatura média adequada. (PINTO *et al*, 2009)

Assim, o efeito estufa é um fenômeno natural e em situação de equilíbrio é de vital importância para a presença de vida, como a conhecemos na Terra. No entanto, de acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), a alteração na quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície do planeta tem alterado o equilíbrio energético do sistema climático. Segundo o mesmo relatório, as concentrações globais dos gases de efeito estufa - dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, aumentaram com intensidade, decorrente das atividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam os valores pré-industriais. As concentrações de dióxido de carbono têm aumentado devido, principalmente, à queima de combustíveis fósseis, enquanto que os gases metano e óxido nitroso têm sido acrescidos devido as práticas da agricultura. (IPCC, 2007)

De acordo com Nobre *et al* (2012) nos últimos 400 mil anos a Terra passou por quatro ciclos climáticos distintos, ciclos glaciais e outros interglaciais - segundo estudos de variações climáticas e, isso mostra que existem mudanças

Gases de efeito estufa	Aumento da concentração desde 1750	Contribuição para o aquecimento global (%)	Principais fontes de emissão
CO₂	31%	60%	Uso de combustíveis fósseis, deflorestação e alteração dos usos do solo
CH₄	151%	20%	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), atividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais
N₂O	17%	6%	Uso de fertilizantes, produção de ácidos e queima de biomassa e combustíveis fósseis

climáticas naturais em diferentes escalas temporais e espaciais, no entanto, nos últimos 150 anos o ritmo de aumento da temperatura terrestre está muito maior do que até então.

A Tabela 2.6 mostra a contribuição para o aquecimento global e o aumento e as principais fontes de emissão dos gases de efeito estufa.

Halogenados (HFC, PFC e SF6)	-	14%	Indústria, refrigeração, aerossóis, propulsores, espumas expandidas e solventes
---	---	-----	---

Tabela 2.6: contribuição dos gases de efeito estufa para o aquecimento global.

Fonte: Proclima – CETESB (s/d)

A agropecuária é uma atividade econômica de grande importância para o Brasil por ser este um país de dimensão continental e possuir grandes extensões de terras agricultáveis. De acordo com o Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (BRASIL, 2009), o setor de uso do solo e agropecuária foram os que mais contribuíram com as emissões e remoções de gases de efeito estufa no Brasil em 2005, em que as mudanças no uso do solo e de florestas contribuíram em 58% e a agropecuária com 22% do total. A Figura 2.5 mostra os valores de contribuição de cada setor econômico brasileiro desde o ano de 1994 a 2005.

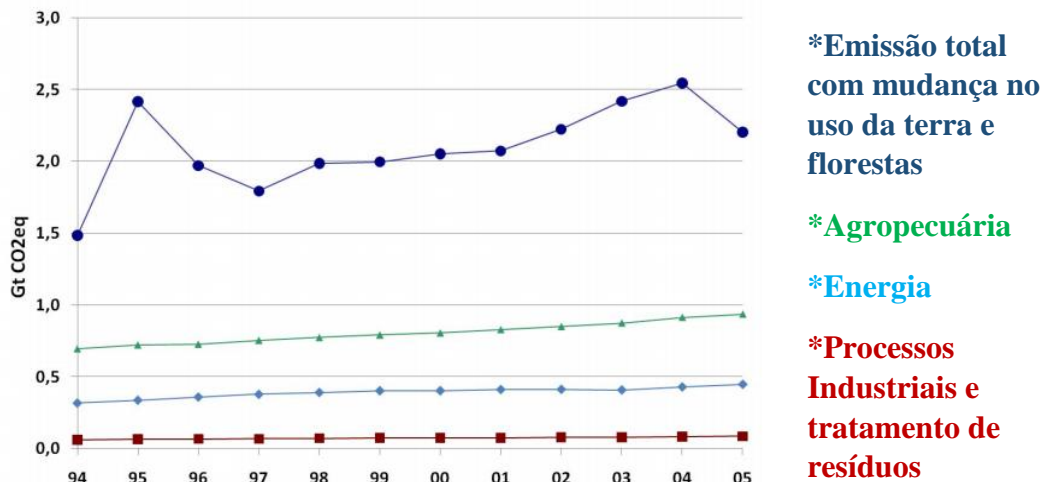


Figura 2.5: emissões líquidas totais de gases de efeito estufa. Fonte: Brasil (2009)

De acordo com Brasil (2009) a agricultura brasileira foi a maior responsável pelas emissões de CH₄ entre os anos de 1990 e 2005, com uma contribuição de cerca de 62% das emissões provocadas pela produção de gases no sistema digestivo de bovinos, seguida pela mudança de uso da terra e florestas e a queima de resíduos agrícolas, com 14% e 10%, respectivamente.

Quanto a emissão de N₂O, as emissões por animais em pastagem corresponderam a 43% do total, enquanto que, por emissão indireta do solo o valor foi de 25%, aproximadamente.

Segundo dados do IPCC (2007), o potencial de aquecimento global do CH₄ é 25 vezes maior do que o CO₂ e, esse valor, chega a ser 298 vezes a mais para o N₂O em relação ao dióxido de carbono. No entanto, não podemos considerar menos importante a participação da agricultura na produção de CO₂ que é o gás de efeito estufa antrópico mais importante (IPCC, 2007), pois o solo apresenta maior concentração de CO₂ que a atmosfera devido a respiração radicular das plantas e organismos e decomposição de matéria orgânica e o CO₂ é emitido em maiores quantidades devido à queima de combustíveis fósseis e desmatamento ou queimada (CARVALHO *et al*, 2006).

Além disso, o preparo convencional do solo com grades de discos promove emissão de CO₂ já que no processo ocorre a ruptura dos agregados que expõem a matéria orgânica, mistura de material orgânico fresco ao solo e maior acessibilidade ao oxigênio necessário para a decomposição da matéria orgânica pela atividade microbiana (BRASIL, 2012).

A provável consequência do aumento na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é a alteração do equilíbrio energético do sistema climático e uma mudança dos climas globais, que caracteriza-se, segundo o IPCC (2007), como qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo devido a variações naturais ou antropogênicas.

Muitas pesquisas encontram-se em andamento para se conhecer as verdadeiras causas das alterações nos padrões climáticos e as possíveis consequências de uma mudança no clima global, no entanto, estudos já alertam sobre a elevação da temperatura média da Terra e dos oceanos, aumento na frequência e intensidade de ocorrências de eventos climáticos extremos, elevação do nível dos oceanos, diminuição da cobertura de gelo nos polos, alterações na

disponibilidade de recursos hídricos, mudanças nos ecossistemas e riscos de sobrevivência de várias espécies, processos de desertificação, impactos na saúde e bem estar da população humana, entre outros (BRASIL, 2009).

Em escala nacional as consequências do aquecimento global seriam devastadoras para a agricultura brasileira. Previsões feitas por pesquisadores da Embrapa e Unicamp com dados sobre o aumento da temperatura média da Terra fornecidos pelos IPCC em 2011 utilizando dois possíveis cenários, reportam que no mais pessimista haverá uma elevação média da temperatura entre 2°C a 5,4°C até o ano 2100, e o mais otimista prevê um aumento entre 1,4°C e 3,8°C até o mesmo ano (IPCC, 2007). Em ambos os cenários, a produção agrícola brasileira poderá sofrer uma perda na produção de alimentos que poderá alcançar até R\$ 14 bilhões em perdas até o ano 2070, trazendo consequências para a segurança alimentar e econômica do país (ASSAD e PINTO, 2008).

Além das interferências sobre o equilíbrio na concentração atmosférica de gases do efeito estufa através das emissões de CO₂, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados nas lavouras de cana-de-açúcar traz à tona outro problema ambiental grave: a contaminação da água.

O nitrogênio (N₂) compõe cerca de 78% da atmosfera terrestre, mas em forma gasosa esse elemento não está disponível para a maioria dos seres vivos. O nitrogênio utilizável às plantas passa por um processo de fixação biológica, onde o nitrogênio atmosférico é incorporado aos vegetais sob a forma de amônia e nitrato pelo trabalho de microrganismos fixadores.

O processo biológico de fixação do nitrogênio ocorre através do trabalho de bactérias do gênero *Rhizobium*. Cianobactérias e alguns fungos que vivem associados às raízes de plantas leguminosas, sob uma relação de mutualismo onde recebem proteção e fornecem nitrogênio assimilável (NH₃). Esse processo consiste na transformação de N₂ em amônia (NH₃⁺), combinada com a água presente no solo a amônia forma hidróxido de amônio que ionizando-se origina o íon amônio (NH₄⁺) e hidroxila, esse processo chama-se amonização (ROSA *et al*, 2003).

Além da fixação biológica também pode ocorrer a fixação industrial através do uso de fertilizantes nitrogenados produzidos pelas indústrias, ou então, a fixação física provocada por fenômenos como relâmpagos e faíscas elétricas que,

por sua vez contribui muito pouco com a demanda de nitrogênio utilizável frente às necessidades dos seres vivos (ROSA *et al*, 2003)

A ausência de nitrogênio pode ser um fator limitante, assim como a água, para o crescimento e produtividade dos vegetais. Dessa forma, a agricultura tem feito uso, cada vez mais intenso, de fertilizantes químicos nitrogenados visando maior produtividade nas lavouras. Além de realizar investimentos consideráveis para a compra e aplicação de fertilizantes, há também, a possibilidade de fornecimento excessivo e inadequado de nitrogênio no solo que, juntamente, com o uso indiscriminado de esterco são as maiores fontes de contaminação da água por nitrato em áreas agrícolas (RESENDE, 2002).

No cultivo de cana-de-açúcar comumente é empregada a técnica de fertirrigação que utiliza a vinhaça em substituição parcial dos fertilizantes químicos. No entanto, segundo Mundo Neto e Baraldi (2010), inicialmente o uso da vinhaça na fertirrigação mostrou-se bastante promissor devido a diminuição no custeio de insumos e nas melhorias no desenvolvimento da planta, no entanto, a utilização em excesso tem causado grandes impactos nos solos e nas águas subterrâneas, contaminando-as com elevadas concentrações de amônia, magnésio, alumínio, ferro, manganês e matéria orgânica, deixando, então, de ser uma fonte alternativa e ecológica para se tornar um fator preocupante de contaminação ambiental e prejuízos à saúde humana.

Embora a vinhaça seja uma fonte nutricional no cultivo de cana de açúcar, a concentração de nitrogênio não é suficiente perante a demanda de consumo requerido pela cultura, dessa forma, são necessárias complementações com adubos nitrogenados (PAREDES, 2011).

Segundo Paredes (2011) ainda que a vinhaça traga benefícios à cultura de cana-de-açúcar e ao solo, como elevação do pH, aumento da capacidade de troca catiônica – CTC, disponibilidade de nutrientes, melhora na estrutura e retenção de água no solo e aumento da atividade biológica, pouco se faz conhecer a respeito das interações provocadas pelo seu uso na dinâmica do carbono e nitrogênio no solo, bem como a respeito do potencial poluidor da vinhaça, principalmente referente às emissões de gases de efeito estufa.

2.5. Reações químicas ocorridas no experimento

Este item explica as reações envolvidas no experimento. Nas aulas teóricas, durante o desenvolvimento da atividade experimental, esses conceitos foram trabalhados com os alunos para que os mesmos pudessem compreender a função de cada substância e as reações responsáveis pelos resultados posteriormente obtidos. Os subcapítulos estão divididos em: decomposição da matéria orgânica no solo e produção de CO₂; captura de CO₂ em solução alcalina; reação entre carbonato de sódio e cloreto de bário; volumetria de neutralização entre HCl e NaOH.

2.5.1. Decomposição da matéria orgânica no solo e produção de CO₂

Entende-se por matéria orgânica todos os compostos que contém carbono orgânico provenientes de microrganismos vivos ou mortos, resíduos de plantas e animais em decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente e quimicamente alteradas (DIAS *et al*, 2011)

A matéria orgânica é um constituinte sólido e exerce grande influência sobre as propriedades físicas e químicas dos solos e no desenvolvimento das plantas (MELO; LIMA, 2007). Ela é composta essencialmente pelos elementos químicos carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio. (SILVA *et al*, 2004)

A decomposição de matéria orgânica é a principal função da microbiota do solo, consistindo na quebra química dos compostos orgânicos acompanhado pelo metabolismo microbiano e pela transformação de elementos sob forma orgânica para a forma inorgânica, chamada mineralização (PULROLNIK, 2009).

No processo de decomposição da matéria orgânica os organismos decompositores como as bactérias, leveduras, fungos, actinomicetos, protozoários e algas podem realizar a chamada decomposição aeróbica na presença de oxigênio. Um dos produtos finais da decomposição da matéria orgânica no solo é o gás carbônico resultado final do metabolismo energético dos microrganismos (MASTORP, 1996 *apud* PULROLNIK, 2009), o qual é geralmente liberado na atmosfera (PULROLNIK, 2009).

De acordo com Zech *et al* (1997) citado por Favoretto (2007), a matéria orgânica representa a principal fonte de reserva de carbono terrestre total. Dessa forma, é importante considerar as intervenções da atividade humana sobre a estabilidade da matéria orgânica no solo em relação a elevação na concentração de CO₂ atmosférico (FAVORETTO, 2007)

No solo sob cultivo ocorrem alterações na entrada e saída de CO₂ do sistema solo-atmosfera, influenciando na diminuição do estoque de C orgânico no solo e no aumento das emissões de CO₂ para a atmosfera (COSTA *et al*, 2006).

Dessa forma, a quantidade de matéria orgânica no solo e a disponibilidade de resíduos vegetais são as principais condições que influenciam na atividade decompositora dos microrganismos e na emissão de CO₂ para a atmosfera (COSTA *et al*, 2008).

2.5.2. Captura de CO₂ em solução alcalina

A captura de CO₂ por solução alcalina é o método mais antigo, simples e barato para quantificar a emissão de CO₂ no solo (LUNDERGÅRDH, 1927; ANDERSON, 1982 *apud* COSTA *et al*, 2006).

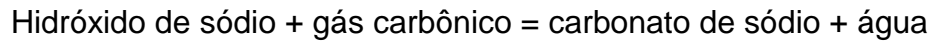
Soluções alcalinas possuem pH acima de 7, portanto são soluções básicas. A solução alcalina de NaOH pode ser utilizada na captura de CO₂ através de um método em que o CO₂ emitido pelo solo se acumula no interior de um recipiente fechado e reage com a solução alcalina que está contida em um invólucro dentro do recipiente, formando carbonato de sódio (ANDERSON, 1982 *apud* COSTA *et al*, 2006).

Essa reação entre gás carbônico e hidróxido de sódio pode ser chamada de reação ácido-base, reação de neutralização ou reação de salificação. Nesse caso, dois compostos reagem e trocam entre si dois elementos ou radicais e originam dois novos compostos, por isso pode ser denominada reação de dupla troca ou dupla substituição. (FELTRE, 2004)

O CO₂ é um óxido ácido e o NaOH é uma base forte e solúvel. Os óxidos ácidos ou anidridos são classificados como óxidos que reagem com água formando um ácido e, reagem com uma base produzindo sal e água. Já uma base ou

hidróxido pode ser considerado um composto que libera, por meio de separação iônica, o íon negativo hidroxila (OH⁻). (FELTRE, 2004)

Na reação de salificação entre NaOH (aquoso) e CO₂ (gasoso) temos o seguinte produto:



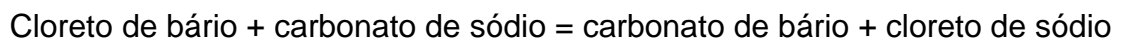
Nesse caso, as moléculas de CO₂ reagem com as moléculas de NaOH e formam um sal, carbonato de sódio (NaOH), e água (H₂O [liq]).

Assim sendo, por meio do experimento em câmara fechada de captura de CO₂ por solução alcalina, dependendo da concentração da solução de NaOH utilizada e o tempo de exposição do gás carbônico à solução, nem todo hidróxido de sódio reagirá com o gás carbônico, dessa forma, o que restou de hidróxido poderá ser quantificado por meio da titulação com ácido clorídrico, HCl. (COSTA *et al*, 2006)

2.5.3. Reação entre carbonato de sódio e cloreto de bário

Tanto o carbonato de sódio (Na₂CO₃), produto da reação de salificação entre NaOH e CO₂, quanto o cloreto de bário (BaCl₂) são chamados de sais. Os sais são compostos iônicos que possuem, ao menos, um cátion diferente do H⁺, proveniente de uma base, e um ânion diferente do OH⁻, proveniente de um ácido. (FELTRE, 2004).

Anterior à mensuração da quantidade de solução de NaOH que não capturou CO₂ no experimento, é necessário separar o carbonato de sódio do restante da solução. Para tanto, utiliza-se uma solução de cloreto de bário, que ao reagir com carbonato de sódio produz um precipitado. Os dois novos compostos produzidos nessa reação, são:



Dessa reação de dupla troca, tem-se a formação do carbonato de bário (BaCO₃), precipitado, e do cloreto de sódio (NaCl), líquido, que não serão quantificados na titulação ácido-base.

2.5.4. Volumetria de neutralização entre HCl e NaOH

Titulação ácido-base ou volumetria de neutralização é um método utilizado na química analítica para quantificar uma solução através de uma reação completa com outra solução de concentração conhecida. Ou seja, uma solução ácida em uma bureta graduada é adicionada à uma solução básica até atingir o ponto de equivalência, ou vice e versa. (CHANG, 2010)

O ponto de equivalência pode ser localizado através de indicadores químicos ou métodos instrumentais. Esses indicadores químicos são chamados de indicadores ácido-base e mostram cores que dependem do pH da solução na qual estão dissolvidos (SKOOG *et al*, 2005).

A fenolftaleína é um composto bastante utilizado nas titulações ácido-base pois apresenta mudança de coloração em função das alterações no pH (PEREIRA *et al*, 2009). Em soluções ácidas apresenta-se incolor e em soluções básicas com pH entre 8,2 e 9,8 torna-se cor-de-rosa (ANTUNES *et al*, 2008), como podemos observar na Tabela 2.7.

Fenolftaleína – mudança de coloração em função do pH

pH abaixo de 8,2	pH entre 8,0 e 10,0	pH entre 10,0 e 12,0
INCOLOR	COR-DE-ROSA	CARMIM OU ROXA

Tabela 2.7: fenolftaleína: mudança de cor em função do pH.

Fonte: <http://www.centrodeciencias.org.br/ConteudoEscolha.aspx?cod=151&item=49>

No caso das titulações entre ácidos fortes e bases fortes como acontece com o HCl e o NaOH, a fenolftaleína é adicionada à solução alcalina e, portanto, apresenta-se cor-de-rosa, dessa forma, anterior ao ponto de equivalência a solução encontra-se fortemente básica, no ponto de equivalência ela torna-se neutra e, então, após o ponto de equivalência passa a ser ácida e, por isso, há mudança da coloração cor-de-rosa para incolor (SKOOG, 2005).

Em uma reação de neutralização, os íons hidrogênios (H⁺) do reagente ácido com os íons hidróxido (OH⁻) de uma base formam um novo composto e água. No caso da reação ácido-base entre HCl e NaOH, um mol de íons H⁺ combina-se com um mol de íons OH⁻ para formar um mol de moléculas de H₂O (RUSSEL, 1994), como na reação descrita abaixo:



Portanto, ao final da titulação é possível conhecer através de cálculos volumétricos a quantidade utilizada de HCl para se chegar ao ponto de equivalência e, dessa forma, fica conhecida a quantidade de NaOH que restou sem reagir com o CO₂.

Através da fórmula proposta pela metodologia de Zibilske (1994), ao fim do experimento fica conhecido quantos microgramas de CO₂ foi produzido por grama de solo:

$$Ug\ CO_2 /g\ solo = \frac{[(\text{volume da amostra} - \text{volume de HCl gasto}) \times \text{concentração de NaOH} \times 22] \times 1000}{\text{Peso da amostra em gramas}}$$

Peso da amostra em gramas

Sendo, volume da amostra a quantidade de NaOH mensurada após o período de incubação do experimento; volume de HCl gasto refere-se à quantidade de HCl consumida para se chegar ao ponto de equivalência; concentração de NaOH indica a concentração da solução de NaOH em mol/litro; peso da amostra em gramas determina a quantidade de solo que foi utilizada no experimento.

Capítulo 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, expomos os procedimentos metodológicos empregados na idealização e elaboração da atividade experimental para a escola, na preparação das soluções químicas e coletas de campo, na realização dos testes iniciais, no desenvolvimento do projeto piloto com alunos do Ensino Médio e nas etapas de montagem e titulação do experimento.

3.1. Idealização do experimento e testes iniciais

No momento de idealização da atividade experimental um roteiro direcionador foi elaborado para as etapas de construção e teste dos experimentos.

A primeira etapa foi chamada de “O cenário da descoberta”. Nesse momento foram realizadas as primeiras indagações, leituras e estudos a respeito do fenômeno a ser investigado.

Na segunda etapa, “Registros experimentais”, foi formulada a hipótese central do trabalho, baseada nas indagações feitas na primeira etapa. A hipótese levantada foi: a vinhaça aplicada ao solo aumenta a emissão de gases do efeito estufa.

Num terceiro momento foram definidos os passos para confecção e desenvolvimento do experimento chamado de “O desenho experimental”. Nessa etapa foram escolhidos os materiais que seriam utilizados, os produtos químicos necessários, o local de coleta das amostras de solo e da vinhaça.

Na quarta etapa, “Desenvolvimento do experimento” realizamos a coleta do solo e da vinhaça. A vinhaça foi coletada nos arredores de uma usina de açúcar e álcool no município de Itapira-SP, em um canal aberto para escoamento do produto, como mostra a Figura 3.1. O produto estava quente, a uma temperatura aproximada de 50 graus Celsius. A vinhaça foi armazenada em uma garrafa plástica e mantida resfriada em uma caixa térmica com gelo para preservar ao máximo as características originais do produto. Parte da vinhaça coletada nesse dia foi congelada para ser usada posteriormente no desenvolvimento da atividade na escola.



Figura 3.1: Local de coleta da vinhaça. Foto: autora, 2014.

O solo foi coletado em uma área onde estava começando a rebrota da cana de açúcar. Essa área também pertence à mesma usina e o local estava afastado do canal de escoamento da vinhaça. A coleta foi realizada em um ponto no horizonte superficial de 0 a 20cm com uso de enxada, sem seguir parâmetros de coleta prescritos em metodologias específicas (Figura 3.2). O solo foi armazenado em sacos plásticos.



Figura 3.2: coleta do solo em área de rebrota de cana-de-açúcar. Foto: autora, 2014.

Nessa etapa também realizamos o primeiro teste para definir uma concentração adequada da solução de NaOH e HCl (Figura 3.3). Primeiramente as soluções foram preparadas no laboratório de química da Escola Técnica Estadual de São Paulo do município de Itapira-SP, sob a supervisão e colaboração de um químico e professor parceiro do trabalho, e sob autorização da diretora da escola.

Para preparar as soluções de NaOH e HCl foram estabelecidas três concentrações, sendo elas: 0,2M; 0,03M e 0,08M, sendo M = mol/litro. As soluções de NaOH e HCl foram armazenadas em frascos de plástico bem vedados e identificados.

Dessa forma foi utilizada a seguinte fórmula para cálculo das concentrações:

$$V1.M1 = V2.M2, \text{ sendo: } M1 = 1\text{MOL}$$



Figura 3.3: preparo das soluções. Foto: autora, 2014.

O solo previamente coletado foi destorroado e separado em seis amostras com peso de aproximadamente 100g, determinado em balança analítica. Dentre as seis amostras, três foram separadas para aplicação de vinhaça e as outras três para

o teste sem vinhaça, sendo duas amostras de solo para cada concentração de NaOH. Para as amostras com vinhaça foram aplicados 30ml do produto por amostra.

As amostras com e sem vinhaça foram colocadas dentro de potes plásticos junto com outro recipiente contendo 20ml de NaOH. Os recipientes foram fechados e etiquetados (Figura 3.4).

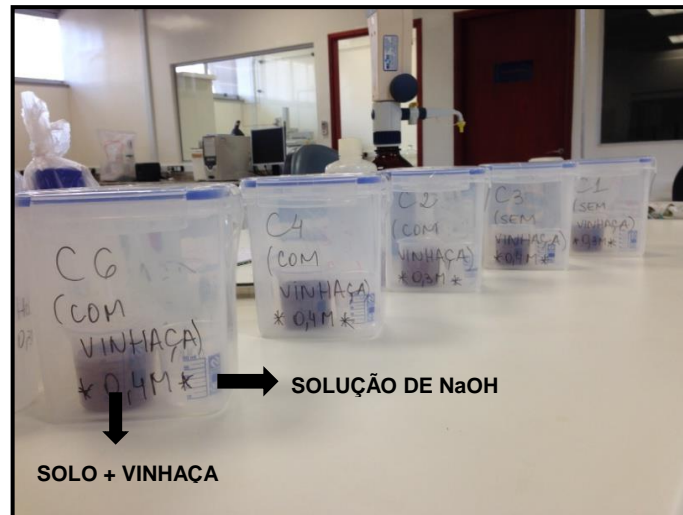


Figura 3.4: experimentos montados para o segundo teste. Foto: autora, 2014.

O experimento ficou em repouso por uma semana para que o NaOH pudesse aprisionar o CO_2 emitido pelo solo. Depois desse período os potes foram abertos, a solução de NaOH retirada para realização da titulação ácido-base no Laboratório de Geoquímica do IG-Unicamp.

Para titulação utilizou-se o método proposto por Zibilske (1994). O volume de NaOH foi transferido para um *erlenmeyer*, saturado com uma solução de BaCl_2 (36,64g de BaCl_2 para 100ml de solução) para precipitação do NaOH consumido na reação com CO_2 ; adicionadas algumas gotas de fenolftaleína e a seguir titulado com uma solução de HCl na mesma concentração de NaOH com uso de uma bureta graduada. O volume de HCl consumido na titulação foi registrado.

As soluções com concentrações mais baixas (0,08M e 0,03M) não se mostraram adequadas pois não reagiram diante da aplicação de fenolftaleína, dessa forma não foi possível realizar a titulação com HCl. Já a concentração de 0,2M nos

mostrou um resultado mais expressivo na captura de CO_2 das amostras, porém poderia ser aprimorada.

Dessa forma, preparamos para o segundo teste duas novas concentrações, sendo elas: 0,3M e 0,4M. Mediante os resultados do segundo teste, inferimos que a concentração de 0,25M seria a mais adequada para o experimento que seria desenvolvido na escola.

3.2. Materiais utilizados para a confecção do experimento

Os materiais utilizados para a montagem do experimento foram escolhidos considerando a disponibilidade e os custos, para que se torne algo viável de ser adquirido pelas escolas.

Materiais para a coleta de campo: enxada e pá, sacos plásticos para armazenar o solo coletado, etiquetas ou caneta permanente para identificar as amostras, garrafa plástica e caixa térmica com gelo para armazenar a vinhaça.

Materiais para a montagem do experimento: potes plásticos bem vedados, béqueres de plástico com capacidade para 100 ml e 50 ml, fita adesiva e caneta permanente.

Produtos químicos: NaOH (hidróxido de sódio) em solução 1M, HCl (ácido clorídrico) em solução 1M, Fenolftaleína e BaCl_2 (Cloreto de Bário). Esses produtos são acessíveis ao público comum desde que sejam adquiridos em solução.

Materiais para titulação: 1 bureta graduada com torneira teflon (25ml), 2 pipetas graduadas (10ml), 1 pêra de borracha, vidrarias, luvas de procedimento e avental (Figura 3.5).



Figura 3.5: materiais utilizados para confeccionar o experimento. Foto: autora, 2014.

Testamos também a utilização de uma seringa e equipo com controle de gotas (aquele utilizado para controlar a administração de soro intravenoso) como possibilidade de substituição da bureta graduada e também a utilização de seringas no lugar do uso das pipetas e da pêra de borracha. Para tanto utilizamos como teste uma seringa (10ml) sem o êmbolo, um equipo para soro, um frasco *erlenmeyer* e um apoio para a seringa, que pode ser um suporte universal com garras ou algum confeccionado com materiais alternativos. O equipo deve ser cortado a uma medida adequada, que depende da distância entre o apoio da seringa e frasco *erlenmeyer* (Figura 3.6).



Figura 3.6: materiais alternativos e de baixo custo. Foto: autora, 2014.

É importante ressaltar que a seringa para a titulação deve informar o volume em mililitros, portanto, é preferível utilizar uma seringa com capacidade máxima para 10ml. Além disso, é necessário aferir a capacidade que contém o equipo, desde a saída da seringa até a sua ponta, pois o valor que couber no mesmo deverá ser descontado no fim da titulação para saber ao certo o quanto foi consumido de solução.

Por exemplo, no teste realizado a capacidade do equipo foi registrada em 4ml. A princípio abastecemos a seringa com 10ml e chegamos à 2ml para o reabastecimento da mesma, no entanto o equipo não estava vazio, ou seja, nele continha 4ml de solução, dessa forma, ao final da somatória de todo o consumo de HCl deve-se subtrair a quantidade de mililitros que permaneceu no equipo, como mostra a Tabela 3.1.

Cálculo HCl consumido na titulação com seringa e equipo

Consumo inicial de HCl	26,6
Quantidade que restou no equipo	4ml
Consumo total	22,6ml

Tabela 3.1: consumo de HCl no teste realizado com a seringa e o equipo. Fonte: autora, 2014.

Realizamos um experimento com amostra de solo com vinhaça para testar a aplicabilidade da utilização desses materiais de fácil acesso e baixo custo, priorizando o máximo de controle possível na determinação do volume da solução para manter a confiabilidade dos resultados. E nesse caso, o resultado foi relativamente distante aos outros realizados com a bureta, embora indique que a produção de CO₂ foi elevada.

A Tabela 3.2 mostra o resultado da produção total de ugCO₂ nos testes com duas amostras tituladas com materiais tradicionais de laboratório e uma

amostra titulada com materiais alternativos, sendo: amostras C2 e C4 e amostra C5, respectivamente.

Amostras	Concentração	Total ugCO₂
C2 (c/vinhaça)	0,3M	88.440,00
C4 (c/vinhaça)	0,4M	90.640,00
C5 (c/vinhaça) *	0,4M	66.880,00

* amostra titulada com seringa e equipo.

Tabela 3.2: comparação entre as amostras tituladas como materiais tradicionais e alternativos. Fonte: autora, 2014

Portanto, podemos inferir que os materiais tradicionais são os que trazem resultados mais precisos no momento da titulação, no entanto, também é possível utilizar materiais alternativos desde que os procedimentos sejam realizados corretamente e que se leve em conta uma maior incerteza dos resultados.

Mas, ainda assim, os materiais alternativos trazem possibilidades para o uso da experimentação em sala de aula quando da ausência de equipamentos mais sofisticados e caros.

3.3. Desenvolvimento de um projeto piloto com alunos do Ensino Médio

A partir dos resultados obtidos no primeiro e segundo testes e após a definição da concentração adequada de NaOH e HCl, propusemos como parte prática dessa pesquisa o desenvolvimento de um projeto piloto de atividade experimental com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Salto/SP. A atividade foi planejada em quatro etapas.

Para a primeira etapa planejamos a contextualização e problematização do tema através de aulas expositivas e dialogadas com o apoio de recursos multimídia, fotos, vídeos e material teórico em slides. Essa etapa foi de extrema importância para que os alunos compreendessem a natureza do fenômeno investigado e levantassem hipóteses acerca da situação-problema.

A etapa seguinte foi a montagem do experimento. A coleta da vinhaça e solo foi feita previamente pela professora, em área de cultivo de cana-de-açúcar no município de Itapira-SP, visto a dificuldade em sair com os alunos para atividades fora do ambiente escolar e em período contrário ao horário de aula.

Na terceira etapa os dados do experimento foram coletados e os alunos formularam inferências a partir dos resultados obtidos e das correlações com as discussões das aulas teóricas.

A seguir detalhamos as etapas que se seguiram no desenvolvimento do projeto piloto, passando pela apresentação da atividade experimental, as aulas teóricas, a montagem e a titulação do experimento.

3.3.1. Apresentação da atividade experimental

O projeto piloto foi desenvolvido com uma classe do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada na cidade de Salto – SP, escola na qual a pesquisadora atua como professora de Geografia, e contamos com a participação de 22 alunos. Utilizamos as aulas de Geografia por quatro semanas, totalizando 8 aulas, em parceria com um professor de Biologia. As atividades tiveram início no dia 03 de novembro e foram finalizadas no dia 01 de dezembro de 2014.

O professor parceiro do projeto piloto é graduado em Tecnologia da Informação, bacharel em Biologia, especialista em Informática Educacional e estudante de especialização em Neurologia Adulta. Lecionava as disciplinas de Biologia, Ciências e Química e, ocupava também o cargo de Professor de Apoio a Aprendizagem – PAA, na referida escola.

A função do Professor de Apoio a Aprendizagem - PAA na escola é auxiliar os professores das disciplinas específicas na elaboração de aulas interativas e diferenciadas, em atividades no laboratório, desenvolvimento de projetos e palestras e, quando da ausência do professor titular, a sua substituição em sala de aula.

Por conta das funções exercidas pelo professor como PAA e por liberalidade, o mesmo aceitou participar da atividade experimental proposta por esse trabalho desde a elaboração dos temas que seriam abordados até a execução prática do mesmo. Vale ressaltar que sua participação foi de extrema importância

para o desenvolvimento da atividade, de forma a superar os limites impostos pelas disciplinas isoladas dentro de suas especificidades.

No Plano Escolar do ano de 2014 da respectiva escola é enfatizado a valorização do desenvolvimento de projetos que envolvam procedimentos e estratégias de resolução de problemas, conceitos disciplinares e também atividades para incentivar a participação dos alunos em atividades extracurriculares com o objetivo de melhorar a aprendizagem sob a ótica de uma educação inclusiva, democrática, transparente e acolhedora que tenha como prioridade a formação intelectual e a integridade física/ emocional dos educandos.

Para iniciar a atividade experimental discutimos quais conceitos teóricos deveriam ser abordados acerca das “consequências do uso da vinhaça em solos sob o cultivo de cana de açúcar” que, por fim, tornou-se o título da atividade. Elencamos alguns conceitos que permeiam disciplinas como Geografia, Química, Física e Biologia, buscando revê-los, no entanto, de uma forma conectada e interdisciplinar.

Dessa forma, os conceitos e temas trabalhados foram: matéria orgânica, carboidratos ou açúcares, proteínas, compostos orgânicos e minerais da vinhaça, adubação orgânica, ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio, paisagem, problemática ambiental, produção de cana de açúcar e seus derivados. Para abordar esses temas utilizamos o referencial teórico exposto no capítulo “Conceitos trabalhados na atividade experimental” desse trabalho.

A princípio as aulas foram organizadas e distribuídas da seguinte forma: uma aula introdutória para apresentação da proposta e do tema de trabalho, quatro aulas para a discussão dos conceitos teóricos em sala de aula, duas aulas para a montagem do experimento no laboratório e, duas aulas para a titulação do experimento, análise e interpretação dos resultados obtidos. No entanto, no decorrer das aulas teóricas percebemos a necessidade de aprofundamento nos conceitos e temas trabalhados, visto que muitos não haviam sido estudados nos anos letivos anteriores, assim foram necessárias cinco aulas teóricas. Para a montagem do experimento foram utilizadas as duas aulas previstas e para a titulação e interpretação dos resultados necessitamos de três aulas, sendo que uma delas, utilizada para avaliação por meio do questionário, foi gentilmente cedida pela professora de História. No total, dispusemos de cinco encontros com os alunos, totalizando onze horas-aula.

Uma semana antes do início da etapa teórica foi apresentado aos alunos a temática proposta e o contexto em que a mesma foi planejada. Os alunos foram convidados a participar da atividade, visto que muitos já estavam deixando de frequentar às aulas devido à proximidade com as férias, e a colaborar com a execução de um trabalho desenvolvido em uma universidade pública para fins de pesquisa científica e contribuição com o ensino básico nas escolas. Além disso, os alunos foram comunicados a respeito da importância da autorização do uso da imagem, para tanto, foram distribuídas autorizações para os pais e responsáveis para ciência da participação do filho no projeto.

Ainda nessa mesma aula, a situação-problema foi introduzida bem como questionamentos a respeito de conhecimentos cotidianos que envolvem a temática em questão, como: quem já viu uma plantação de cana de açúcar? De que forma utilizamos a cana de açúcar em nosso dia a dia? Como ocorre a produção do álcool combustível? Qual é a sobra dessa produção? Entre outras.

Essas perguntas preliminares foram importantes para reconhecer o conhecimento prévio dos alunos, os conceitos ainda não aprendidos e suas dúvidas, de forma que pudessem ser trabalhadas durante o decorrer da atividade.

3.3.2. As aulas teóricas

As aulas teóricas foram ministradas de forma dialogada-expositiva, levando sempre perguntas aos alunos e trazendo suas respostas para complementação e explicação.

Na primeira etapa, expusemos a situação-problema que ficou intitulada “consequências do uso da vinhaça em solos sob cultivo de cana de açúcar”. A princípio fizemos três perguntas básicas: o que é solo? O que é cana de açúcar? O que é vinhaça?

Nesse momento os alunos manifestaram-se conhecedores básicos do que era solo e do que era cana de açúcar. O solo foi imediatamente remetido ao sinônimo de terra, a superfície sobre a qual estamos e onde são plantados nossos alimentos e, a cana de açúcar, esteve atrelada a uma planta na qual se extrai o açúcar de mesa. A maior parte dos alunos não associaram a cana-de-açúcar à produção do álcool combustível, o etanol. Em relação à vinhaça, apenas um aluno

afirmou já ter escutado a palavra e a relacionou a um líquido fétido que é produto da decomposição do lixo orgânico. Nesse caso, explicamos que esse líquido ao qual se referiu é chamado chorume e não vinhaça, e que os dois são formados através de processos de fermentação. No entanto, o restante dos alunos desconhecia totalmente a palavra vinhaça e seu significado.

Assim, após o levantamento prévio desses conhecimentos, exibimos o vídeo “Processo Industrial de Açúcar e Álcool”, produzido pela TV UDOP – União dos Produtores de Bioenergia, disponível no site *Youtube* (Figura 3.7).



Figura 3.7: exibição do vídeo para os alunos Foto: autora, 2014

Após a exibição do vídeo encaminhamos para a explicação dos componentes da cana de açúcar que permitem com que ela seja transformada em etanol e vinhaça. Assim, abordamos o seu principal constituinte o elemento químico carbono na forma de compostos orgânicos.

Seguimos então para a abordagem do uso mais comum da vinhaça, a adubação das próprias lavouras de cana de açúcar, ou seja, sua utilização para irrigar e fertilizar o solo em substituição total ou parcial das adubações químicas, devido os compostos encontrados na vinhaça. Assim, voltamos ao cerne da nossa situação problema: as consequências do uso da vinhaça na fertirrigação de solos sob o cultivo de cana de açúcar.

No início da discussão apontamos que o principal componente da cana de açúcar é o carbono sob forma de compostos orgânicos, assim sendo, a vinhaça, originária da cana de açúcar, é rica em matéria orgânica e também compostos

minerais. Utilizá-la, então, como adubo levará esses compostos em grande quantidade para o solo. E, quais serão as consequências desse processo?

A primeira provável consequência abordada foi a interferência no ciclo do nitrogênio, fundamental para a manutenção da vida no planeta. Assim sendo, a vinhaça abundante em nitrogênio insere esse elemento em maior quantidade no solo, interferindo no processo natural de transformação do nitrogênio gasoso em amônia, nitritos e nitratos, favorecendo também o aumento da população de bactérias e conseqüentemente maior decomposição da matéria orgânica que é liberada para a atmosfera em forma de gás carbônico.

Assim, chegamos a um ponto importante: a grande quantidade de matéria orgânica no solo proveniente do uso da vinhaça e o aumento no número de bactérias decompositoras pode elevar a produção de gás carbônico no solo.

Finalizamos então a primeira etapa de duas aulas teóricas com essa observação, proveniente das abordagens a respeito do processo produtivo do álcool e da vinhaça, os componentes químicos e orgânicos encontrados nela e as possíveis alterações que o seu uso como fertilizante podem trazer ao ambiente.

Nas aulas teóricas seguintes (Figura 3.8), nosso ponto de partida foi as possíveis consequências do aumento na produção de CO_2 no solo através da decomposição da matéria orgânica feita pelas bactérias. Essa aula foi dedicada às explanações a respeito da importância do CO_2 na constituição da atmosfera terrestre e a possibilidade de vida vegetal e animal no planeta.



Figura 3.8: aula teórica sobre a importância dos gases de efeito estufa. Foto: autora,

2014

Para tanto, foi necessário retomar um tema bastante trabalhado na escola, mas que gera diversas conclusões errôneas: o efeito estufa. Utilizamos uma figura didática (Figura 3.9) para ilustrar e facilitar a compreensão dos processos envolvidos nesse fenômeno natural.

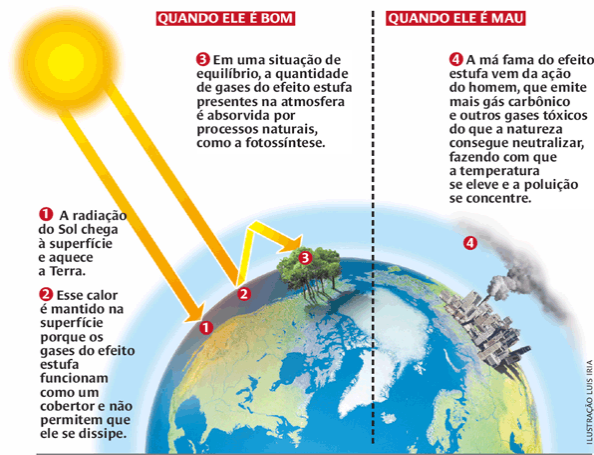


Figura 3.9: esquema didático sobre efeito estufa. Fonte: Revista Química Nova Escola (s/d)

Durante a retomada das explicações acerca do efeito estufa muitas dúvidas surgiram. A maior parte dos alunos relacionavam-no com os efeitos negativos do aquecimento global, como se o efeito estufa fosse sinônimo de poluição atmosférica. Além disso, os alunos associaram o efeito estufa aos buracos na camada de ozônio e a maior exposição à radiação ultravioleta.

Para tanto, foi necessário nesse momento ater-se à diferenciação de todos esses fenômenos a fim de que os alunos pudessem separar aquilo que é fenômeno natural das interferências antrópicas, e assim, compreender a problemática que envolvia a atividade experimental.

Dando sequência às aulas teóricas e a reafirmação da situação-problema em questão, levamos para a sala de aula alguns dados sobre a área plantada com cana de açúcar nas regiões brasileiras, a produção de etanol e o aumento na frota de veículos *Flex fuel*.

Após a discussão desses dados chegamos à conclusão de que as áreas plantadas com cana-de-açúcar têm aumentado consideravelmente ano a ano, principalmente na região Sudeste. Esse aumento expressivo nas áreas plantadas

está vinculado a uma maior demanda pelo etanol, que tem sido amplamente utilizado à medida que a frota de veículos bicombustível vem crescendo ano a ano no Brasil.

Nesse momento, muitos alunos se interessaram pelos questionamentos pois perceberam que na maior parte das famílias os veículos utilizados são do tipo *Flex fuel* e estabeleceram conexão entre a demanda e a produção de etanol. Assim, seguimos para a discussão a respeito dos possíveis danos ambientais que decorrem do aumento na área plantada com cana-de-açúcar e da produção do etanol (Figura 3.10).

Para tanto, utilizamos o conceito estruturador de paisagem para compreender como as interferências antrópicas podem modificar o meio, não só na questão da produção de CO₂ pelo uso da vinhaça, mas também pela contaminação do solo e da água com fertilizantes e agrotóxicos.

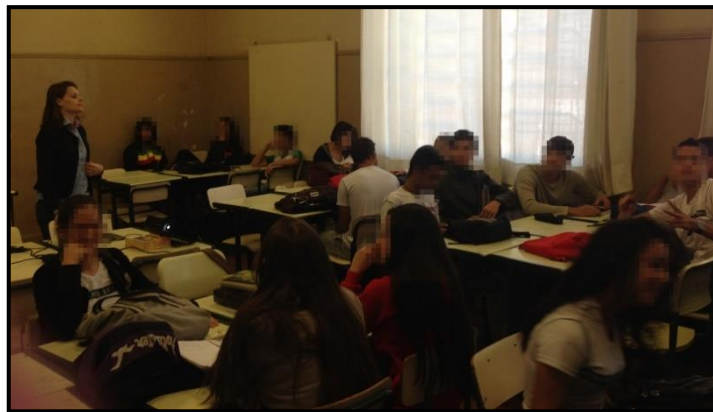


Figura 3.10: participação dos alunos nas aulas teóricas. Foto: autora, 2014

Nas aulas seguintes foram expostos os materiais necessários bem como um roteiro explicativo a respeito da montagem do experimento. Além disso, o professor de apoio pedagógico, que possui habilitação para o ensino de Química, trouxe uma explicação sobre a composição de cada um dos produtos químicos utilizados e suas funções no experimento.

Ao fim das aulas teóricas solicitamos aos alunos que fizessem um relatório contando o que eles haviam entendido sobre os conteúdos que foram abordados nas aulas teóricas, relacionando-os à situação-problema em questão.

3.3.3. A montagem do experimento

Ao final das aulas teóricas os alunos foram levados ao laboratório para iniciar os preparativos para a montagem do experimento (Figura 3.11). Os alunos trabalharam em conjunto e participaram de todas as etapas de montagem do experimento, mas não foram divididos em grupo.

A escola possui um laboratório pequeno, com balcões e armários de madeira para guardar os materiais, algumas cadeiras, duas lousas, uma bancada de granito e uma pia. No entanto, o teto do laboratório é muito baixo, pois se localiza no porão da escola, isso impede que alguns experimentos sejam efetuados devido aos riscos que podem oferecer. Além disso, o abandono das aulas de laboratório acabou por transformá-lo em um depósito de materiais diversos, bem como a má conservação dos equipamentos e vidrarias que, após os poucos usos, ficam sujas e espalhadas pela bancada. No entanto, o que foi mais promissor é saber que esse espaço existe, que pode ser limpo, organizado e utilizado para as aulas de laboratório.



Figura 3.11: aula e montagem do experimento no laboratório. Foto: autora, 2014.

Os materiais que utilizamos para o experimento foram quatro potes herméticos, quatro béqueres com capacidade de 100ml, quatro béqueres com capacidade de 50ml, 4 seringas com capacidade de 10 ml, etiquetas, fita adesiva,

solo e vinhaça – previamente coletados, e solução de NaOH à concentração de 0,25M.

A primeira etapa na montagem do experimento foi destorroar o solo (Figura 3.12). Contamos com a participação dos alunos para destorroar as amostras a fim de acomodá-las de forma mais homogênea nos béqueres. Utilizamos para a pesagem das amostras uma balança de precisão portátil que pertence à escola. Ao todo foram separadas e etiquetadas 4 amostras de 100g, duas para o teste com a vinhaça e duas para o teste sem vinhaça. Optamos por repetir o teste em duplicata para, caso houvesse uma eventual perda, dano e também para fim de comparação dos resultados, dar maior confiabilidade aos dados obtidos.



Figura 3.12: alunos destorroando e preparando as amostras de solo. Foto: autora, 2014

Com o auxílio de seringas com capacidade de 10ml os alunos também aplicaram a vinhaça nas amostras de solo, 30ml de vinhaça para cada amostra a ser testada e, por fim, colocaram 20ml de NaOH nos béqueres pequenos (Figura 3.13).



Figura 3.13: alunos aplicando vinhaça ao solo. Foto: autora, 2014.

Etiquetamos os potes, fechamos e lacramos com fita adesiva, os acomodamos sobre a bancada e deixamos os experimentos no local por uma semana, exatamente como foi feito nas etapas de teste no Laboratório de Geoquímica do IG-Unicamp. (Figura 3.14).



Figura 3.14: identificação das amostras de solo e dos potes plásticos. Foto: autora, 2014

Como a escola não possui vestuário adequado para o trabalho em laboratório, a parte que julgamos ser mais tóxica foi realizada por nós professores,

como o manuseio de NaOH e HCl, além disso, os alunos foram alertados sobre riscos, substâncias tóxicas e os cuidados que devem ser tomados.

3.3.4. A titulação do experimento

Após uma semana os alunos retornaram ao laboratório para a titulação do experimento pelo método proposto por Zibilske (1994). Nesse momento foi retomada a função de cada um dos elementos e compostos químicos que foram utilizados no experimento e as reações que estariam acontecendo.

Abrimos os potes hermeticamente fechados, retiramos os béqueres com NaOH e colocamos as soluções em frascos *erlenmeyer*, tomando o cuidado de identificá-los para não misturar as amostras. Utilizamos a balança de precisão para medir a massa convertida em volume final de NaOH.

Após a pesagem, adicionamos com o auxílio de uma seringa 5 ml de BaCl (36,64g de BaCl₂ para 100ml de solução) previamente preparado em cada uma das amostras (Figura 3.15). Logo em seguida, pedi para que um dos alunos adicionassem 5 gotas de fenolftaleína nas amostras A1 sem e com vinhaça, para dar coloração e permitir a visualização do ponto de equivalência (Figura 3.16).



Figura 3.15: aplicação de BaCl na solução de NaOH das amostras. Foto: autora, 2014.



Figura 3.16: antes e depois da aplicação da fenolftaleína nas soluções. Foto: autora, 2014.

Então, partimos para a titulação com HCl. Os alunos também ajudaram na montagem da vidraria sob orientação e supervisão dos professores. Adicionei o HCl na bureta graduada e orientei o aluno para que ele abrisse a torneira de forma que caísse gota por gota, além de mexer constantemente o frasco com a solução (Figura 3.17 e 3.18).

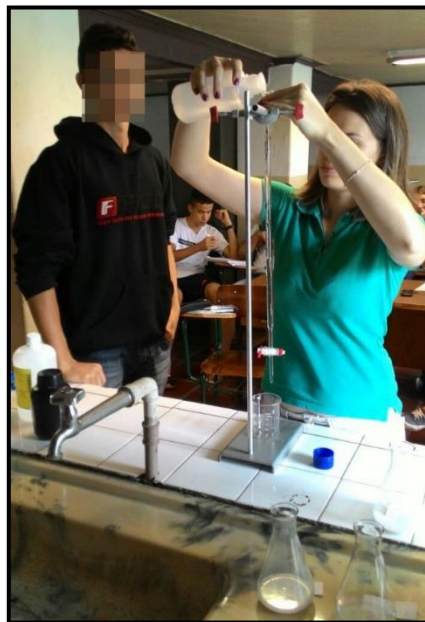


Figura 3.17: abastecimento da bureta com HCl. Foto: autora, 2014

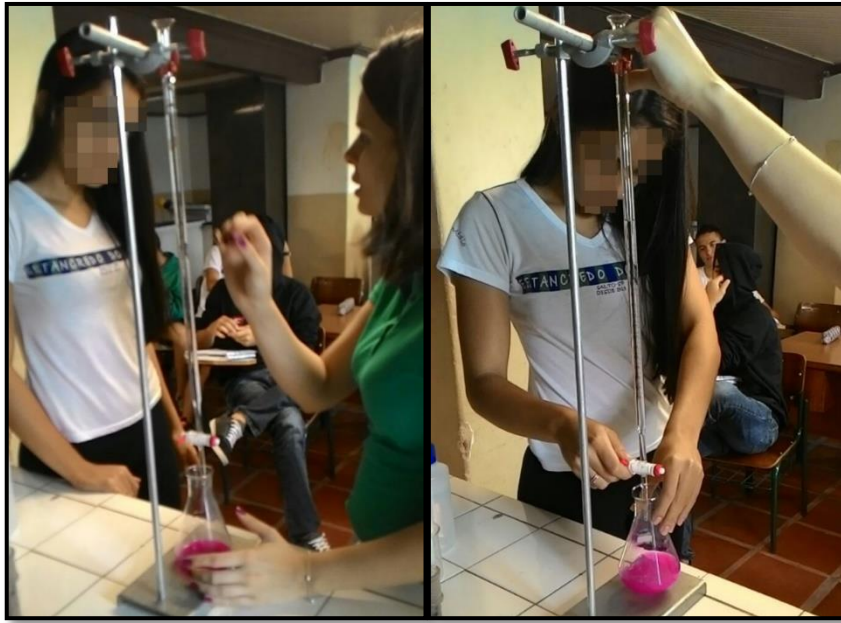


Figura 3.18: instruções e titulação dos experimentos. Foto: autora, 2014.

No momento em que a cor da amostra mudou de rosa para incolor, o que indica que todo hidróxido de sódio reagiu com o cloreto de sódio, a torneira foi fechada e anotada a quantidade consumida de HCl.

Os alunos anotaram a quantidade inicial de HCl e posteriormente a quantidade final, para assim calcular o quanto foi consumido.

Repetimos o mesmo processo de aplicação de fenolfetaleína e marcação inicial e final da quantidade de HCl, em todas as amostras. Os alunos anotaram e calcularam em seus cadernos o quanto foi consumido de hidróxido de sódio nas amostras.

Por fim, chegamos ao momento de utilizar a fórmula proposta por Zibilske (1994) para quantificar a produção de CO_2 em cada uma das amostras. A fórmula foi escrita na lousa, os alunos a copiaram no caderno e, juntos, realizamos os cálculos (Figura 3.19).



Figura 3.19: explicação e cálculos do consumo de HCl. Foto: autora, 2014

A última etapa do trabalho no laboratório foi o preenchimento de um questionário individual com cinco perguntas abertas. Sendo elas: fale a respeito da situação-problema que levou à criação do experimento; descreva todas as etapas de desenvolvimento da atividade experimental; qual foi o resultado do experimento? o que você aprendeu com essa atividade? para você, qual é a importância das atividades práticas na escola? Sua opinião mudou após essa atividade experimental?

Os alunos tiveram o tempo de uma aula para responder as perguntas, foram orientados a responder por si só e a utilizar as anotações feitas no caderno se fosse necessário. Os questionários foram aplicados durante a aula de História, dessa forma, os alunos estavam sob a supervisão de outra professora.

Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são analisados e comentados os resultados obtidos em todas as etapas de elaboração e desenvolvimento da atividade experimental. A começar pelos resultados dos testes iniciais para determinação de uma concentração adequada para as soluções químicas, seguidos pelos resultados do experimento feito na escola e por fim, dos resultados qualitativos dos relatórios e do questionário empregados como formas de avaliação desse trabalho.

4.1. Testes para definir a concentração adequada para o experimento

A seguir são apresentados os resultados obtidos nos testes com as concentrações de 0,08M; 0,03M, 0,2M; 0,3M e 0,4M de NaOH (Tabelas 4.1 e 4.2). As denominações B (1, 2, 3, 4, 5 e 6) e C (1, 2, 3, 4 e 5) são as identificações das amostras separadas para o teste I e teste II, respectivamente

Dados do teste I						
Amostras	B1 s/vinhaça 0,03M	B2 c/vinhaça 0,03M	B3 s/vinhaça 0,08M	B4 c/vinhaça 0,08M	B5 s/vinhaça 0,2M	B6 c/vinhaça 0,2M
Peso do solo (g)	100,0044	100,0031	100,0062	100,0070	100,0007	100,0083
Peso solução de NaOH (g)	19,82	19,94	19,88	19,89	20,11	20,14
Consumo de HCl (ml)	9,9	Não reagiu com fenolftaleína	13,8	Não reagiu com fenolftaleína	18,1	3,0

Tabela 4.1: dados das amostras B1, B2 e B3 - teste I. Fonte: autora, 2014

Dados do teste II

Amostras	C1 s/vinhaça 0,3M	C2 c/vinhaça 0,3M	C3 s/vinhaça 0,4M	C4 c/vinhaça 0,4M	C5 c/vinhaça 0,4M
Peso do solo (g)	100,0479	100,0339	100,0201	100,0365	100,0335
Peso solução de NaOH (g)	29,9	30,1	30,1	30,4	30,2
Consumo de HCl (ml)	28,6	16,7	X	20,1	22,6

Tabela 4.2: dados das amostras C1, C2, C3, C4 e C5 - teste II. Fonte: autora, 2014.

Os dados da Tabela 4.3 expressam o cálculo das quantidades de CO₂ produzidas para o solo sem vinhaça (s/v) e com vinhaça (c/v) para as diferentes concentrações testadas (0,08; 0,03; 0,2; 0,3; 0,4 molar) utilizando a equação proposta por Zibilske (1994).

Amostra	Vol amostra	Vol HCl gasto	ugCO ₂ /g solo	Total ugCO ₂
0,08M s/v	19,88	13,8	107,00	10.700,80
0,08M c/v	18,89	X	X	X
0,03M s/v	19,82	9,9	65.472,00	6.547,20
0,03M c/v	19,94	X	X	X
0,2M s/v	20,11	18,1	88,44	8.844,00
0,2M c/v	20,14	3,0	754,16	75.416,00
0,3M s/v	29,9	28,6	85,80	8.580,00
0,3M c/v	30,1	16,7	884,40	88.440,00
0,4M s/v	30,1	X	X	X
0,4M c/v	30,4	20,1	906,40	90.640,00
0,4M c/v *	30,2	22,6	668,80	66.880,00

* amostra titulada com seringa e equipo

Tabela 4.3: cálculos das quantidades de CO₂ produzidas nas amostras de solo sem vinhaça (s/v) e com vinhaça (c/v). Fonte: autora, 2014.

A amostra de concentração 0,4M sem vinhaça no momento da titulação foi perdida, pois esquecemos de realizar a troca da solução de HCl de 0,3M para 0,4M, portanto não foi possível quantificar a produção de CO₂.

Os resultados obtidos nos testes mostraram que a produção de CO₂ foi cerca de 10 vezes maior nas amostras de solo que receberam vinhaça. Na concentração de 0,2M, por exemplo, a amostra de solo que não recebeu vinhaça apresentou produção de 8.844,00 ugCO₂/100g, enquanto que a amostra com vinhaça apresentou produção de 75.416,00 ug/100g solo. Semelhantemente, a produção de CO₂ na concentração de 0,3M foi de 8.580,00 ugCO₂/100g solo para a amostra sem vinhaça e, 88.440,00 ugCO₂/100g solo para a amostra com vinhaça.

Dessa forma, constatamos que a concentração ideal de NaOH para a realização do experimento era entre 0,2M e 0,3M. Assim, optamos pela concentração de 0,25 molar como a mais adequada para o experimento envolvendo o solo sem vinhaça e com aplicação de vinhaça.

Os resultados obtidos com os testes demonstraram que a concepção do experimento foi adequada para os propósitos didáticos da pesquisa. A grande diferença na produção de CO₂ entre o solo com e sem vinhaça é bastante ilustrativa dos efeitos que a aplicação da vinhaça pode ocasionar na produção desse gás. Também por ser grande a diferença na produção de CO₂ esta é facilmente perceptível aos alunos, o que favorece o processo de compreensão do fenômeno em estudo.

O uso desse experimento permitiu produzir dados quantitativos sobre as diferenças entre solos tratados com e sem vinhaça, ou seja, a hipótese inicial pôde ser testada e avaliada através de resultados concretos. No entanto, esse tipo de experimento requer rigor em seu planejamento, desenvolvimento e análise para que o mesmo não se torne apenas uma demonstração, mas que seja instrumento para o processo de ensino-aprendizagem das Geociências, dentro de uma disciplina ou mesmo de forma interdisciplinar.

4.2. Experimento realizado na escola

experimentos realizados com os alunos no laboratório da escola obtiveram os seguintes resultados para o peso das soluções de NaOH (Tabela 4.4). As denominações A1 e B1 identificam as notações das amostras.

AMOSTRAS	PESO DA SOLUÇÃO DE NaOH (g)
A1 (s/vinhaça)	20
A1 (c/vinhaça)	17,8
B1 (s/vinhaça)	19,5
B1 (c/vinhaça)	18,9

Tabela 4.4: peso das amostras de NaOH. Fonte: autora, 2014

Após o procedimento de pesagem das soluções de hidróxido de sódio, dois alunos realizaram a aplicação de cloreto de bário nas amostras.

Nessa etapa, os alunos já puderam perceber as diferenças na quantidade de precipitado que se formou após a aplicação do cloreto de bário. Os alunos observaram esse processo e comprovaram qualitativamente que as amostras com vinhaça produziram muito mais precipitado do que as amostras que foram testadas sem vinhaça.

A seguir, após a aplicação de fenolftaleína para dar coloração às amostras, iniciamos o procedimento de titulação de acordo com o método proposto por Zibilske (1994). Para cada amostra anotamos a quantidade inicial de HCl colocada na bureta graduada, depois anotamos a quantidade final consumida de HCl e, por fim, fizemos a subtração (quantidade final – quantidade inicial) e obtivemos o consumo total de HCl. Assim, obtivemos os seguintes valores (Tabela 4.5).

Amostras	Quantidade inicial de HCl (ml)	Quantidade final de HCl (ml)	Consumo total (ml)
A1 (s/vinhaça)	0,5	19,2	18,7
A1 (c/vinhaça)	0,5	4,8	4,3
B1 (s/vinhaça)	0,0	21,0	21,0
B1 (c/vinhaça)	0,0	19,9	19,9

Tabela 4.5: consumo de HCl na titulação das amostras. Fonte: autora, 2014

Observamos que a quantidade de HCl consumida pelas amostras B1 sem vinhaça e B1 com vinhaça foi mais elevada do que os volumes das soluções de NaOH, que foram de 19,5g e 18,9g, respectivamente. Portanto, não foi possível realizar os cálculos para quantificar a produção de CO₂.

Dessa forma, começamos a pensar em possibilidades de explicação para o que teria acontecido com as amostras e interferido nos resultados. A primeira hipótese levantada, baseada nos testes que foram realizados no período de idealização da atividade experimental, foi de que todo o NaOH das amostras teria reagido com o CO₂ produzido no solo e, portanto, foi necessária uma quantidade grande de HCl para se chegar ao ponto de equivalência. Isto é, a concentração de 0,25M de NaOH teria sido muito baixa para a quantidade de CO₂ que foi produzido. No entanto, as amostras A1 sem vinhaça e A1 com vinhaça não apresentaram esse problema e, a concentração de NaOH foi a mesma utilizada nas outras amostras.

A outra hipótese levantada, e a mais aceitável, é que as amostras tenham sido contaminadas em algum momento do processo de montagem do experimento ou durante as etapas de titulação e, portanto, os resultados não saíram como esperado.

Dessa forma, após os cálculos realizados para as amostras A1 sem vinhaça e A1 com vinhaça, obtivemos os seguintes resultados (Tabela 4.6).

Amostras	Vol amostra (g)	vol HCl gasto (ml)	ugCO ₂ /g solo	Total ugCO ₂
A1 – 0,25M s/v	20,0	18,7	71,50	7.150,00
A1 – 0,25M c/v	17,8	4,3	742,50	74.250,00
B1 – 0,25M s/v	19,5	21,0	X	X
B1 – 0,25M c/v	18,9	19,9	X	X

Tabela 4.6: quantidade de CO₂ produzida nas amostras. Fonte: autora, 2014

A partir dos resultados obtidos pudemos perceber que a quantidade de CO₂ produzido foi 9,63 vezes maior na amostra testada com solo irrigado com vinhaça, do que na amostra sem vinhaça. Ou seja, a partir da quantificação do experimento pudemos retornar a nossa situação-problema com uma resposta que já era esperada e confirmar a hipótese de que o uso da vinhaça aumenta a produção de CO₂ no solo.

A partir da confirmação da hipótese retomamos as discussões acerca da produção de cana-de-açúcar para suprir as demandas pelo etanol correlacionando os dados obtidos no experimento com as possíveis consequências do uso da vinhaça nessas lavouras.

Nesse momento consideramos que o aumento significativo das áreas produtivas, principalmente na Região Centro-Sul, tem provocado diversas alterações na paisagem entre elas a substituição de outros tipos de lavouras por cana-de-açúcar e a contaminação do solo e da água por fertilizantes e vinhaça. Além disso, o aumento na frota de veículos *Flex fuel* tem impulsionado a produção de etanol e conseqüentemente da vinhaça, seu subproduto, retornando à essência da nossa investigação.

4.3. Análise dos relatórios produzidos pelos alunos e das respostas ao questionário

No total quatorze alunos produziram o relatório e responderam ao questionário, sete alunos responderam somente ao questionário, e um aluno produziu apenas o relatório. Vale ressaltar que o relatório foi elaborado entre o

período das aulas teóricas e o questionário foi respondido após a etapa prática e análise dos resultados obtidos através dos experimentos.

Tanto a produção do relatório quanto à resposta ao questionário, além de servirem como avaliação da atividade experimental também serviram como avaliação escolar para compor as notas bimestrais. No entanto, a realização de registros escritos da atividade foi algo que apresentou um pouco de resistência dos alunos. Muitos apresentam dificuldades em transpor por si só suas ideias, percepções e avaliações, isto porque, no cotidiano escolar os alunos estão mais acostumados a copiar textos e respostas prontas, do que formulá-las.

A análise de dados qualitativos não conta com a mesma precisão das análises quantitativas ou estatísticas, por isso consultou-se os trabalhos de Garcia (2011) e Trepador (2013), relacionados às disciplinas escolares e Geociências, que apresentam formas de organização e análise de respostas objetivas e dissertativas, sob a forma de quadros e tabelas. A partir desse modo de organização dos resultados separamos em dois blocos as análises qualitativas dessas atividades, sendo o primeiro bloco correspondente às produções dos relatórios e o segundo bloco contempla às respostas aos questionários. Além disso, optamos por numerar os alunos ao invés de utilizar seus nomes próprios, afim de garantir a preservação de suas identidades.

4.3.1. Os relatórios

O Quadro 4.1 mostra os conceitos abordados pelos alunos em seus relatórios bem como os equívocos conceituais encontrados nos mesmos. O relatório foi proposto em caráter livre, para que o aluno registrasse ali o que ele considerou importante e interessante sobre as aulas teóricas.

As respostas organizadas dessa maneira nos permitem realizar uma análise levando em consideração o que mais foi encontrado nos relatórios, tanto em relação ao que estava correto, sob o ponto de vista conceitual, quanto às definições equivocadas (Quadro 4.1).

Aluno	Conceitos relatados	Equívocos conceituais
I	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; associada à liberação de CO₂ - Bagaço da planta usado como adubo 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar
II	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; composição orgânica e mineral; rica em matéria orgânica; possui carbono e nitrogênio; usada da irrigação - Importância do ciclo do nitrogênio 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar; produz o efeito estufa, produz CO ₂ e polui a atmosfera
III	<ul style="list-style-type: none"> - Descreve todo processo produtivo na fabricação de álcool para bebidas e combustível - Associa a terminologia vinhoto como sinônimo de vinhaça - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; rica em sólidos em suspensão, matéria orgânica, minerais e com predomínio de potássio; para cada litro de álcool produzido tem-se cerca de 10 a 13 litros de vinhaça 	Não apresentou equívocos conceituais.
IV	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; usada na fertilização de solos; contamina o solo e libera CO₂ na decomposição; é tóxica para os rios e para a vida aquática - O processo de produção do álcool pode prejudicar o planeta por causa do CO₂ liberado 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar
V	<ul style="list-style-type: none"> - Importância do nitrogênio para os seres vivos - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; usada na fertilização de plantações; é um perigo quando descartada de forma imprópria - Aumento da produção de álcool devido à demanda 	Não apresentou equívocos conceituais.
VI	<ul style="list-style-type: none"> - Associa a terminologia vinhoto como sinônimo de vinhaça - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; rica em sólidos em suspensão, matéria orgânica, minerais e com predomínio de potássio; para cada litro de álcool produzido tem-se cerca de 10 a 13 litros de vinhaça - Descreve todo processo produtivo da fabricação de álcool para bebidas e combustível - Cita os processos envolvidos no ciclo do nitrogênio 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar
VII	<ul style="list-style-type: none"> - Cita os processos envolvidos no ciclo do nitrogênio - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; composição orgânica e mineral 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar; produz o efeito estufa
VIII	<ul style="list-style-type: none"> - Cita os processos envolvidos no ciclo do nitrogênio - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; composição orgânica e mineral; é usada na irrigação e fertilização das lavouras 	- Vinhaça: subproduto da produção de açúcar

	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo importante para o olhar sobre a Paisagem - Significado de <i>Plantation</i>: latifúndios, produtos agrícolas 	
IX	<ul style="list-style-type: none"> - A importância do nitrogênio para os seres vivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: cana moída - Bagaço: usado para fabricar álcool e açúcar
X	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; compostos orgânicos e minerais; usada na irrigação e fertilização das plantações 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de açúcar; polui o efeito estufa, a atmosfera
XI	<ul style="list-style-type: none"> -Vinhaça: composto orgânico; concentração de nitrato e potássio; é usada na lavoura 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: extraída da cana-de-açúcar; se faz açúcar e etanol - Efeito estufa protege a Terra da radiação solar (camada de ozônio)
XII	<ul style="list-style-type: none"> - Cita os processos envolvidos no ciclo do nitrogênio - Vinhaça: composição orgânica e mineral; é usada na irrigação e fertilização das lavouras - Estudo importante para o olhar sobre o Espaço Geográfico e a Paisagem - Significado de <i>Plantation</i>: latifúndios, produtos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de açúcar
XIII	<ul style="list-style-type: none"> - Cita o ciclo do nitrogênio - Vinhaça: subproduto da produção de álcool; usada na irrigação e fertilização do solo; composição orgânica; polui o solo e água subterrânea - Associação da vinhaça à liberação de CO₂ na atmosfera - Aumento na produção de etanol e consequentemente aumento na produção de vinhaça 	Não apresentou equívocos conceituais.
XIV	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: composição orgânica; usada na irrigação da lavoura; resíduo mal cheiroso que sobra da produção do etanol; séria fonte de poluição da água - Efeito estufa: mantém a temperatura da Terra 	Não apresentou equívocos conceituais.
XV	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: composição orgânica e concentração de nitrato e potássio; subproduto da produção de álcool; cheiro forte do bagaço da cana e da vinhaça 	<ul style="list-style-type: none"> - Vinhaça: subproduto da produção de açúcar

Quadro 4.1: organização dos conceitos encontrados nos relatórios. Fonte: autora, 2014

A partir da análise dos relatórios pudemos perceber que os conceitos mais abordados estavam atrelados às características da vinhaça, desde a sua produção até sua utilização na fertirrigação das plantações de cana-de-açúcar. Os mesmos foram trabalhados nas aulas teóricas através de definições conceituais,

imagens e vídeo, e além disso, a todo momento retornávamos ao cerne da situação-problema para que eles compreendessem o motivo daquela investigação.

Em uma análise quantitativa dos relatórios, a relação da vinhaça como subproduto da produção do etanol apareceu em 73,3% das respostas, já a descrição do processo produtivo do álcool que leva à geração da vinhaça esteve presente em apenas 13,3% dos relatórios. Cerca de 50% dos alunos relataram a composição química e orgânica da vinhaça e 40% dos relatórios trouxeram abordagens a respeito das alterações provocadas na paisagem, dos desequilíbrios ambientais e da potencialidade poluidora da vinhaça quando manejada de forma incorreta.

No entanto, os relatórios também apresentaram muitos erros conceituais associados, principalmente, à origem da vinhaça e à ligação direta ao efeito estufa. Além disso, encontramos em um dos relatórios uma associação ao efeito estufa e camada de ozônio, como se tratassem do mesmo fenômeno. Após as reflexões sobre os resultados destacamos que seria necessário o aprofundamento dos conceitos teóricos afim de que os equívocos conceituais encontrados nos relatórios e questionários fossem revistos e corrigidos com os alunos, como o processo produtivo do álcool e o efeito estufa.

A respeito do conceito de paisagem, no decorrer das aulas teóricas o mesmo foi empregado para compreender como as interferências antrópicas causam transformações no meio, observando e analisando os elementos naturais e culturais que o compõem. No entanto, nos relatórios apenas dois alunos mencionaram a importância do conceito no estudo e na compreensão da situação-problema.

Não são comuns as abordagens de temas interligados a duas ou mais disciplinas escolares. Talvez o fato de termos trabalhado conteúdos que são típicos das ciências naturais também sob o viés da apropriação humana dos recursos naturais e suas transformações para atender às demandas econômicas e sociais, tenha gerado uma dificuldade em relação à associação dos conceitos.

No entanto, é possível perceber que conhecimentos a respeito das consequências do uso da vinhaça em solos sob o cultivo de cana-de-açúcar, da liberação de CO₂ para a atmosfera decorrente da decomposição da vinhaça, da poluição dos solos e dos cursos hídricos, bem como a crescente demanda pelo álcool combustível que impulsiona o aumento de áreas cultivadas com cana-de-

açúcar e a consequente geração de seus subprodutos, foram construídos ao longo da atividade.

4.3.2. Os questionários

Para facilitar a compreensão das respostas dos alunos, apresentamos uma cópia do questionário de perguntas abertas (Figura 4.1).

Atividade experimental: Consequências do uso da vinhaça em solos sob cultivo de cana-de-açúcar

Questionário aberto

Nome: _____ nº ____ Série: _____

- 1) Fale a respeito da situação-problema que levou à criação do experimento.
- 2) Descreva todas as etapas de desenvolvimento da atividade experimental.
- 3) Qual foi o resultado do experimento?
- 4) O que você aprendeu com essa atividade?
- 5) Para você, qual é a importância das atividades práticas na escola? Sua opinião mudou após essa atividade experimental?

Figura 4.1: questionário apresentado aos alunos. Fonte: autora.

O questionário contava com perguntas abertas a respeito das etapas e conceitos trabalhados na atividade experimental. Os acertos e erros conceituais encontrados nas respostas ao questionário foram organizados no Quadro 4.2. Cada questionário respondido foi analisado e dele extraído as menções aos temas, conceitos e equívocos encontrados. Optamos por não separar por questões pois as mesmas são complementares e muitos dos temas destacados encontravam-se em

duas ou mais respostas. Com exceção de dois alunos, todos responderam às cinco questões propostas.

Aluno	Temas e conceitos encontrados nas respostas	Equívocos encontrados nas respostas
I	- Experimento para quantificar a produção de CO ₂	Não apresentou equívocos conceituais.
II	- Associação da vinhaça à produção de CO ₂	- A vinhaça causa CO ₂ no solo; causa o efeito estufa
III	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A vinhaça produz CO ₂
IV	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
V	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A vinhaça é um bom fertilizante pois produz CO ₂
VI	- Associação da vinhaça à produção de CO ₂	- A vinhaça causa CO ₂ no solo
VII	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
VIII	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
IX	- Consequências do uso da vinhaça no solo	- A produção de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo
X	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
XI	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
XII	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
XIII	- Consequências do uso da vinhaça no solo	- Relacionou o efeito estufa a camada de ozônio
XIV	- Consequências do uso da vinhaça no solo	Não apresentou equívocos conceituais.
XV	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	Não apresentou equívocos conceituais.
XVI	- Experimento para comprovar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A produção de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo
XVII	- Experimento para confirmar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A plantação de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo

XVIII	- Utilização da vinhaça aumenta a produção de CO ₂	Não apresentou equívocos conceituais.
XIX	- Experimento para comprovar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- Existe CO ₂ no solo por causa da vinhaça
XX	- Comprovar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A produção de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo
XXI	- Experimento para comprovar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A produção de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo
XXII	- Experimento para comprovar maior produção de CO ₂ em solo com vinhaça	- A produção de cana-de-açúcar causa CO ₂ no solo

Quadro 4.2: organização dos conceitos encontrados nos questionários. Fonte: autora, 2014

As perguntas “fale a respeito da situação-problema que levou à criação do experimento” e “qual foi o resultado do experimento?” obtiveram respostas que afirmam a comprovação ou confirmação da produção de CO₂ em maior quantidade em solos que recebem vinhaça. No entanto, nenhuma resposta associou diretamente as maiores emissões de CO₂ com o aumento da temperatura terrestre e a potencialização do efeito estufa. Para eles, a grande produção de CO₂ em solos com vinhaça é algo prejudicial ao meio ambiente, embora não tenham dado exemplos.

Referente à descrição das etapas de desenvolvimento, todos os alunos foram muito sucintos apontando principalmente os procedimentos que ocorreram na parte prática da atividade. O aluno XIII deu a seguinte resposta:

Em um pote colocamos solo, NaOH próximo lacramos e esperamos 1 semana, então fomos medir a quantidade de CO₂, misturamos cloreto de bário, e então o NaOH formou sólidos, adicionamos fenolfetoleína (sic) para dar cor, e aí colocamos ácido clorídrico para ver quanto restou de NaOH, para equilibrar o pH do líquido, quando terminamos comprovamos que vinhaça aumenta o CO₂.

Apenas o aluno III relatou as etapas de desenvolvimento desde as aulas teóricas, como podemos observar:

Em primeiro lugar houve a aula teórica explicando o porquê do uso de vinhaça nas plantações e relatório tivemos também aula para montar o experimento no laboratório e aula prática misturando todos os produtos e assim relatório final.

Na terceira questão que indagava a respeito do que foi aprendido com a atividade, os alunos, em sua maioria, deram respostas referentes à produção da vinhaça e sua composição e também à maior produção de CO₂ nos solos fertilizados com vinhaça. No entanto, o aluno XVII foi além do que pareceu comum a todos e escreveu: “o que é vinhaça. Como comprovamos cientificamente uma hipótese. Como medimos a quantidade de CO₂ no solo. O que é cada solução usada do experimento”.

Essa resposta nos faz refletir a respeito da importância das atividades experimentais no ensino. Antes da confecção dos experimentos em si, foi necessário conhecer nossa situação-problema, estudá-la de forma interdisciplinar, e então, formular uma hipótese sobre ela e, após essa etapa fomos ao laboratório para testar essa hipótese, que poderia ser confirmada ou não. O aluno esteve presente em todas essas etapas, sendo orientado pelos professores e ao mesmo tempo contribuindo com suas dúvidas e questionamentos.

É importante destacar que nas etapas de trabalho no laboratório a atuação e participação dos alunos foi muito positiva. A interação entre eles e a pesquisa foi mais efetiva, criativa e interessante. Eles conseguiram sentir realmente o que até então fora trabalhado de forma teórica. As aulas práticas mostraram-se muito promissoras, nos fazendo acreditar na importância das atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, para análise da última questão referente à importância dada pelos alunos às atividades práticas na escola, montamos o Quadro 4.3 com as respostas de cada aluno da forma como foram escritas.

Alunos	Para você, qual é a importância das atividades práticas na escola? Sua opinião mudou após essa atividade experimental?
I	<i>“Sim, muda muito uma coisa nova para se aprender sobre a vinhaça”.</i>
II	<i>“É importante pois os alunos aprendem mais com a aula pratica, eles podem observar como as experiências funcionam. Sim, agora eu sei como funciona as substâncias da vinhaça”.</i>
III	<i>“É importante aprender a aula prática, pois a aprendizagem fica melhor quando fazemos o experimento. Sim, pois pudemos ver o que acontece com a vinhaça”.</i>
IV	<i>“Mudou, pois podemos comprovar os experimentos, não só ver na lousa”.</i>

V	<i>“Minha opinião é que se é muito mais fácil de se aprender na pratica do que na teoria. Minha opinião não mudou”.</i>
VI	<i>“É importante as atividades (sic) práticas, porque assim podemos entender melhor o experimento. Sim, porque podemos ver o que acontece com a vinhaça”.</i>
VII	<i>“ A importância das aulas práticas é que é bem mais fácil aprender”.</i>
VIII	<i>“É muito mais fácil aprender em aula práticas (sic) do que teórica”.</i>
IX	<i>“É um modo melhor de aprender e diversificar atividades. Sim, pois ficou mais interativa”.</i>
X	<i>“Que é bom para interagir com os outros alunos e aprender coisas diferentes do que de costume”.</i>
XI	<i>“Foi uma atividade super bacana, diferente das outras atividades que são sempre em sala de aula, deveria ter mais”.</i>
XII	<i>“É muito mais prático, mais fácil aprender em aulas práticas do que teóricas”.</i>
XIII	<i>“Sim, minha opinião mudou, eu acho que as atividades são bem importantes, principalmente no laboratório”.</i>
XIV	<i>“É mais fácil aprender em aulas práticas do que pela teoria”.</i>
XV	Não respondeu o questionário
XVI	<i>“É mais fácil aprender em aulas práticas do que teóricas, minha opinião não muda”.</i>
XVII	<i>“Para aprendermos mais e nos interessarmos mais nas aulas e na matéria dada”.</i>
XVIII	<i>“Na prática entendemos mais”.</i>
XIX	<i>“É muito mais fácil aprender em aulas práticas do que teóricas”.</i>
XX	<i>“Muito importante pois assim os alunos participa (sic) mais, interage mais”.</i>
XXI	Não respondeu à pergunta
XXII	Não respondeu à pergunta

Quadro 4.3: respostas individuais sobre a importância das atividades experimentais.

Fonte: autora, 2014

Optamos por reproduzir na íntegra as respostas dos alunos pois elas falam por si. Encontramos nessas frases e nas atitudes durante a atividade estudantes ávidos por trabalhos diferenciados, por novas experiências na escola, por voz ativa e mãos na massa.

Mesmo aqueles que enfrentaram mais dificuldades para compreender os conteúdos teóricos, se sentiram parte do processo de ensino-aprendizagem ao participar ativamente da montagem dos experimentos, dos processos para a titulação, dos cálculos realizados conjuntamente, ou seja, da atividade como um todo.

A atividade experimental foi muito promissora mesmo com todos os percalços, como a superação de conceitos equivocados, os erros nas amostras, as resistências à participação de alguns alunos, as dificuldades em realizar os registros escritos, os conflitos próprios do dia-a-dia em sala de aula. Enfim, esses são obstáculos encontrados no caminho da pesquisa científica, no processo de ensino-aprendizagem e no fato de que não lidamos com máquinas, mas sim com seres humanos em formação.

Em concordância com Guimarães (2009), a possibilidade de errar nos revela novas oportunidades de busca, reflexão e reformulação. E a experimentação abre essa porta para o ensino, tirando o aluno do comodismo passivo para o papel ativo de investigador.

Esse projeto piloto apresentou limites, mas também revelou potencialidades. Os limites relacionados ao tempo de planejamento e execução das atividades, às dificuldades do pensamento não compartimentado, os entraves burocráticos e financeiros nas escolas públicas, entre outros. No entanto, mostrou potencialidade para o uso da experimentação no ensino de Geociências mesmo partindo de uma disciplina específica como a Geografia, para a proposição de formas diferenciadas de ensino, para uma visão interdisciplinar de situações-problema e, principalmente, para contribuir com as pesquisas que buscam e propõem uma educação escolar de qualidade, contextualizada com as necessidades do mundo contemporâneo e preocupada com a formação de atores sociais críticos e participativos.

Além do mais, o trabalho desenvolvido por Garcia (2011) nos clareia a ideia de que esse projeto piloto pode vir a se tornar muito mais expressivo a partir da elaboração de um planejamento bem estruturado que possa ser desenvolvido ao longo de um ano letivo, dividido por etapas, temas e número de aulas. Dessa forma, podemos afirmar que esta pesquisa não se limita a esse momento, mas pode ser utilizada como uma proposta para o uso de atividades experimentais no ensino de Geociências nas escolas, visando a valorização desses conteúdos tão importantes para a compreensão das relações que se estabelecem entre o homem e o meio.

Por fim, podemos retornar à fala de Imbernon *et al* (2009) e Ledley *et al* (2012) que enfatizam a necessidade da efetiva participação do aluno como agente do próprio aprendizado no processo de construção de conhecimento. Assim, as atividades experimentais não devem ter um fim em si mesmas, porquanto, devem estimular a criatividade, a análise e a reflexão para que sejam estabelecidas conexões entre teoria e prática.

Capítulo 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante as propostas iniciais desse trabalho podemos inferir, baseado nos referenciais teóricos que a metodologia da experimentação é uma importante ferramenta para a sala de aula, pois traz consigo uma proposta em que o aluno participa ativamente do processo de ensino-aprendizagem. No entanto, não se trata apenas de demonstrações laboratoriais de fenômenos geológicos químicos, físicos ou biológicos, mas sim, de uma atividade planejada, contextualizada e de caráter investigativo.

A partir do estudo dos PCNEM em suas bases legais e propostas para o ensino de Geografia, pudemos concluir que os estudos ambientais são um dos elos que unem as Geociências à disciplina. Dessa forma, a atividade experimental proposta como projeto piloto cumpriu com o objetivo de investigar uma situação-problema a partir de uma visão integrada das ações antrópicas sobre o meio e suas consequências.

A situação-problema levada à sala de aula para discutir os possíveis efeitos do uso da vinhaça como fertilizante em solos sob cultivo de cana-de-açúcar gerou, através de dados coletados e divulgados pelas agências e organizações dos produtores de cana-de-açúcar, a informação de que em um período de dez anos (2002 – 2012) houve um aumento considerável nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar por hectare e na produção de etanol hidratado na região macroeconômica do Centro-Sul, principalmente. Além disso, por meio das pesquisas teóricas também concluímos que os possíveis impactos do uso da vinhaça têm sido amplamente estudados, tanto em referência à produção de gases do efeito estufa quanto relacionado as potencialidades contaminantes do solo e da água.

Os resultados obtidos através do experimento mostraram que solos com cultivo de cana-de-açúcar que recebem vinhaça como fertilizante produzem cerca de 10% a mais de ugCO_2/g solo se comparado aos solos que não recebem esse tipo de tratamento. Os referenciais teóricos nos mostraram que esse aumento é decorrente da decomposição da matéria orgânica presente no subproduto da produção do etanol.

Dessa forma, toda a atividade experimental, desde os estudos teóricos até a coleta de dados, teve o objetivo de levar a experimentação à sala de aula

como uma proposta diferenciada para o estudo das questões ambientais. Nesse sentido, os resultados mostraram que é possível desenvolver esse tipo de trabalho com alunos do Ensino Médio e, além disso, evidenciaram por meio dos relatos dos alunos que a proposta proporcionou um ambiente de aprendizagem dinâmico e participativo.

No entanto, também devemos considerar as dificuldades encontradas no decorrer da atividade como a impossibilidade da realização de um trabalho de campo com os alunos, os equívocos conceituais que não puderam ser retomados a fim de discutir os erros e encontrar seus acertos, e a desmotivação e o desinteresse de alguns alunos. Embora dificuldades tenham surgido a prática de atividades experimentais é válida na busca de um processo de ensino-aprendizagem que valoriza a investigação de situações-problema, a elaboração de respostas ou soluções, a interdisciplinaridade e o trabalho coletivo.

Dessa forma, é importante considerar os acertos. Todo caminho percorrido no desenvolvimento desse trabalho nos revelou o quão complexo e desafiante é discutir e propor diferentes metodologias para o ensino, pois, ao se tratar de educação lidamos em um campo complexo, dinâmico e formado por múltiplos atores sociais. Assim, superar uma visão compartimentada e construir uma pesquisa um tanto quanto diferenciada no campo da Geografia escolar, nos revelou o potencial e as contribuições que a metodologia da experimentação pode trazer para o ensino das Geociências na Educação Básica.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 4 ed. New York: John Wiley, 1967. 472p.
- AMARAL, I. A. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. **Revista Ciência e Ensino**, n. 3, dezembro, 1997. Disponível em: <http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/23/30>. Acesso em: 20 setembro 2015.
- AMARAL, I. A. 2014. Ensino de geologia introdutória: raízes e desdobramentos da mudança curricular em 1973 na USP. **Revista Terrae Didática**, vol. 10, n. 3, 2014. Disponível em: http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/V10_3/PDF/TDv10-3-114.pdf. Acesso em: 20 abr. 2015.
- ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA, L. F. Programa do proálcool e o etanol no Brasil. In: **ENGEVISTA**, V. 11, n. 2., p. 127-136, 2009.
- ANTUNES, M.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELA, M. **Proposta de uma atividade experimental para a determinação do pH no Ensino Médio**. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0779-1.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Ed. Plátano, 2003.
- ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e Cenários Futuros da Agricultura Brasileira**. CEPAGRI/UNICAMP. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf. Acesso em: 27 jun. 2015.
- BACCI, D. L. C. et al. **Ensino de Geociências no contra turno escolar**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia, 10 a 14 de Novembro de 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1422-1.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- BARBOSA, R. **Projeto geo-escola: geociências para uma escola inovadora**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Campinas, 2013. Tese de doutorado. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000920387>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- BEBÉ, F. V. et al. **Dinâmica do potássio em cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça**. IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX. Anais... UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 2009.

BENITES, V. M. et al. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds). **Boas práticas para o uso de fertilizantes e nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2010.

BRASIL. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**. MINISTÉRIO DAS CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. Brasília, 2009.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio**. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Brasília, 2000.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Vol. 2. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Brasília, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 20 setembro 2015.

BRASIL. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Brasília, 2007.

BRASIL. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, COORDENAÇÃO DA CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**: lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. 5ªed. Brasília, 2010.

CARNEIRO, C. D. R.; BARBOSA, R.; PIRANHA, J. M. Bases teóricas do projeto Geo-Escola: uso de computador para ensino de Geociências. In: **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 37, março 2007. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br>. Acesso: 20.05.2015.

CARNEIRO, C. D. R.; SANTOS, G. R. B. Ensino de geociências na formação profissional em meio ambiente no estado de São Paulo. In: **Revista Brasileira de Geociências**, vol 42, 2012. Disponível em <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/rbg/v42s1/08.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2014.

CARNEIRO, C.D.R., TOLEDO, M.C.M., ALMEIDA, F.F.M. 2004. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. In: **Revista Brasileira de Geociências**, vol.34, n. 4, 2004.

CARPI, A.; EGGER, A. Métodos de Investigación: experimentación. In: **Visionlearning**, vol. 1, n. 7. Estados Unidos da América, 2008. Disponível em: <http://www.visionlearning.com/es/library/Proceso-de-la-Ciencia/49/M%C3%A9todos-de-Investigaci%C3%B3n:-Experimentaci%C3%B3n/150>. Acesso: 15.07.2013. Acesso em: 20 abr. 2015.

CARVALHO, A. M. et al. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto. In: **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.4. Brasília, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Norma Técnica P4.231**: vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola, 2006. Disponível em: http://camarasambientais.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/49/2013/12/P4_231.pdf. Acesso em: 20 setembro 2015.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. 1ª reimpressão. São Paulo: Editora Unesp, 1994.

CHANG, R. **Físico-química para as ciências químicas e biológicas**. Tradução técnica: Elizabeyh P. G. Arêas, Fernando R. Ornellas. Porto Alegre: AMGH, 2010.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA – CIB. **Guia da cana-de-açúcar, avanço científico beneficia o país**, 2009. Disponível em: http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/guia_cana.pdf. Acesso em: 27 jun. 2015.

CORDEIRO, L. A. M. et al. **O Aquecimento Global e a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. Brasília: MAPA / EMBRAPA / FEBRAPDP, 2011.

COSTA, F. S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, nº 32, 2008.

COSTA, F. S. et al. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. In: **Revista Ciência Rural**, vol. 36, n. 2. Santa Maria, 2006.

DESCARTES, R. 1996. **Discurso do método**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

DIAS, A. M. et al. **A matéria orgânica do solo na Educação Ambiental: atividades práticas para fixação de conhecimentos**. 31º Encontro de debates sobre o ensino de Química. FURG, 20-21 outubro 2011. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/09/A-mat%C3%A9ria-org%C3%A2nica-do-solo-na-Educa%C3%A7%C3%A3o-Ambiental-atividades-pr%C3%A1ticas-para-fixa%C3%A7%C3%A3o-de-conhecimentos-Dias-et-al.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.

DÍAZ, M. A. D.; CARVALHO, V. C. H. A.; GOMES, M. S. P. **Análise do ciclo de vida e balanço energético do etanol da cana-de-açúcar brasileira**. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Campina Grande, 18 a 21 de Agosto 2010.

Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. 2010. Disponível em: <http://www.priberam.pt/dlpo/dlpo.aspx?pal=chave> [consultado em 2009-04-07]. Acesso: 15.07.2013.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FARIA, D. R. **A paisagem como tema de estudo na 5ª série do ensino fundamental**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Campinas, 2007. Dissertação de mestrado.

FAVORETTO, C. M. **Caracterização da matéria orgânica humificada de um latossolo vermelho distrófico através da espectroscopia de fluorescência induzida por laser**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, 2007. Dissertação de mestrado.

FELTRE, R. **Química**. 6. ed., vol.1. São Paulo : Moderna, 2004.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: AGROPECUÁRIA, 2000.

GALIAZZI, M.C. et al. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. In: **Revista Ciência e Educação**, vol. 7, n. 2, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>. Acesso: 15.07.2014. Acesso em: 27 jun. 2015.

GAZZONI, D. L. **Balço de emissões de dióxido de carbono por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

GALVÃO, D. M.; FINCO, G. **Geociências no ensino médio: aprendendo para a cidadania**. VII Enpec – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Em Ciências. Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2009. Disponível em: posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1437.pdf. Acesso: 20.06.2015. Acesso: 27 jun. 2015.

GARCIA, F. B. T. **Ensino de Química na Proposta Curricular de São Paulo e as suas articulações com as geociências: relações com o contexto, interdisciplinaridade e lugar da escola**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Campinas, 2011. Tese de doutorado.

GARCIA, J. C. C.; SPERLING, E. V. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. In: **Revista Eng. Sanit. Ambient.**, v.15, n.3, 2010.

GATTI JUNIOR, W. **35 anos da criação do proálcool: do álcool-motor ao veículo flex fuel**. Anais do XIII SEMEAD – Seminários em Administração, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: **Revista Química Nova na Escola**, vol. 10, 1999.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. In: **Revista Química nova na escola**, vol. 31, n. 3, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf> Acesso em 17 de agosto de 2012.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, n.44. Curitiba: Editora UFPR., 2012.

IDICIONÁRIOAULETE, 2008. URL: http://aulete.uol.com.br/site.php?mdl=aulete_digital. Acesso: 15.07.2013.

IMBERNON R.A. et al. Experimentação e interatividade (hands-on) no ensino de ciências: a prática na praxis pedagógica. In: **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, vol. 4, n. 1, 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário 2006**. DIRETORIA DE PESQUISAS – DPE. COORDENAÇÃO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS – COPIS, 2006. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=352260&search=||info%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em: 20 setembro 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações do município de Itapira (SP)**. Relatório técnico nº 132.921-205, s/d. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/applications/hfa/lgsat/en/image/href/3118>. Acesso em: 20 setembro 2015.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **Almanaque Brasil socioambiental 2008**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008.

JACOMINI, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. In: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, vol. 5 e 6, Recife: 2008-2009.

KIEHL, E.J. **Efeitos da matéria orgânica sobre as propriedades do solo**. Anais do Simpósio sobre Fertilizantes Orgânicos. IPT/FINEP/ESALQ. São Paulo, 1984.

LEDLEY T.S., et al. EarthLabs – An Earth System Science laboratory module to facilitate teaching about climate change. In: **The Earth Scientist**, vol 28, n.3, 2012.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. Formação do solo. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA. **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

LIMA, V. C.; MELO, V. F. Perfil do solo e seus horizontes. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ; DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA. **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

LORENZ, K.M. Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980. In: **Revista Educação em Questão**, vol. 31, n.17, 2008.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. In: **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 3, n. 1, 2001.

LUNDEGÅRDH, H. Carbon dioxide evolution of soil and crop growth. In: **Soil Science**, v.23, 1927.

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SIVA, J. E. A. R. **Balço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil**. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2004.

MACHADO, F. B. P. **Brasil**, a doce terra – história do setor. s/d. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf Acesso em: 20.04.2015.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos: função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994.

MARTINS, C. R. et al. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n.5, 2003. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf. Acesso em: 20 setembro 2015.

MARSTORP, H. Interactions in the microbial use of soluble plant components in soil. In: **Biology and Fertility Soils**, vol. 22, 1996.

MINAYO, M. C. S. Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade. In: **Emancipação**, vol. 10, n. 2. Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/emancipacao>. Acesso em: 27 jun. 2015.

MUNDO NETO, M.; BARALDI, E. A. Aspectos da sustentabilidade empresarial: a construção de um modelo dominante na indústria sucroalcooleira. In: **Revista Interface Tecnológica**, vol.7, n. 2, 2010.

NITSCH, M. O programa de biocombustíveis Proalcool no contexto da estratégia energética brasileira. In: **Revista de Economia Política**, vol. 11, n. 2., 1991.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos: Rede Clima/INPE, 2012.

OLIVEIRA, B. G. **Vinhaça da cana-de-açúcar**: fluxos de gases de efeito estufa e comunidades de archaea presente no sedimento do canal de distribuição. ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”. Piracicaba, 2010. Dissertação de mestrado. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Bruna_Goncalves_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 27 jun. 2015.

PAREDES, D. S. **Emissão de óxido nitroso e metano proveniente da vinhaça em lagoa e canais de distribuição e após ferti-irrigação**. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação de mestrado.

PARR, J.F. Chemical and biological considerations for and application of agricultural land municipal wastes. In: **FAO, Organic Materials as Fertilizers**, 1975 (Soils Bulletin, 27).

PEDROSO NETO, J. C.; COSTA, J. O. **Análise do solo**: determinações, cálculos e interpretação. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Lavras: EPAMIG, 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/Renata/Desktop/cartilha_analise_do_solo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Renata/Desktop/cartilha_analise_do_solo%20(1).pdf). Acesso em: 20 setembro 2015.

PEREIRA, G. M.; SILVA, R.; RUBIRA, A. F. **POLÍMEROS INTELIGENTES PARA MEDIDAS DE pH: SÍNTESE DE ACRILATO DE FENOLFTALEÍNA**. 61ª Reunião Anual da SBPC. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM, Manaus. Anais... Manaus, 2009. <http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/resumos/areas/listaA.4.1.htm>. Acesso em: 27 jun. 2015.

PEREIRA, M. C. et al. **Fertirrigação com vinhaça, aspectos Técnicos, ambientais e normativos**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2009. Disponível em: www.abrh.org.br/.../3843f478fbd760b88d624e0484cba2d3_4398f3a40. Acesso em: 27 jun. 2015.

PINTO, E. P. P. et al. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. 4 Ed. Belém: IPAM, 2009.

PIRANHA, J.M., CARNEIRO, C.D.R. Contributos da educação em Geociências para o exercício da interdisciplinaridade. In: **Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia**, vol. 1, Aveiro, 2006. e **Simposio sobre Enseñanza de la Geología**, vol. 14, Aveiro, 2006. Livro de Actas... Aveiro: AEPECT. 389-393p.

PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D. C. O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. In: **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 39, n. 1, 2009. Disponível em: www.sbgeo.org.br. Acesso em: 27 jun. 2015.

POMMER, W. M.; POMMER, C. P. C. R. **Geociências e projeto educativo: uma possível contribuição para a educação ambiental**. II Encontro nacional dos estudantes de ciências naturais -2º ENECINA. Vol. Único. Manaus, 2012.

PULROLNIK, K. **Transformações do carbono no solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: www.cpac.embrapa.br/download/1513/t. Acesso: 27 jun. 2015.

RAIJ, B. V. et al. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Campinas: IAC, 1996.

RAMPAZZO, L. **Metodologia científica**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Loyola, 2005.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Campinas, 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>. Acesso em: 20 setembro 2015.

ROSA, R. S; MESSIAS, R. M.; AMBROZINI, B. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável**. INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS – USP. São Carlos, 2003. Monografia.

ROSSI, M.; OLIVEIRA, J. B. O mapa pedológico do Estado de São Paulo. IAC-Centro de Solos e Recursos Agroambientais In: **O Agrônomo**, vol. 52, n. 1, Campinas, 2000.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**, 2ª Ed., vol. 1. São Paulo: Makron Books, 1994.

SALINAS DE SANDOVAL, J.; COLOMBO DE CUDMANI, L.. Los laboratorios de Física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. **Revista de Enseñanza de la Física**, v.5, n. 2. Asociación de Profesores de Física de la Argentina, 1992.

SANTOS, T. M. C. et al. Fertilização com vinhaça e seus efeitos sobre evolução e liberação de CO₂ no solo. In: **Revista Caatinga**, v.22, n.1, Mossoró, 2009. Disponível em: www.ufersa.edu.br/caatinga. Acesso em: 27 jun. 2015.

SCHWAB, J. **The teaching of science**. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1962.

SERRAT, B. M. et al. **Conhecendo o solo**. SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS/DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA, UFPR: Curitiba, 2002. Disponível em: <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/conhecendosolo.pdf>. Acesso em: 20 setembro 2015.

SILVA, C. R. U. **Balanço de energia e das emissões de gases de efeito estufa da cadeia produtiva do etanol brasileiro**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA. Campinas, 2009. Dissertação de mestrado. Disponível em: www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000468502. Acesso em: 27 jun. 2015.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do solo**. 2ª Ed. Porto Alegre: Genesis, 2004.

SILVA, M. A. S. et al. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, Campina Grande, 2007. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 27 jun. 2015.

SILVA, M. S.; NISHIDA, S. M. **Alimentação: comportamento e fisiologia** – do que somos feitos? Museu Escola do IB. Botucatu: UNESP, s/d. Disponível em: http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/4_diversidade/alimentacao/Documentos/2.d_o_que_somos_feitos.htm. Acesso em: 10/05/2015.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLEY, F. J.; CROUCH S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª Ed. São Paulo: Editora Thomson, 2005.

SOTTA, E. D. **Fluxo de CO₂ entre solo e atmosfera em floresta tropical úmida da Amazônia Central**. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA. UNIVERSIDADE DO AMAZONAS – UA. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS DO CONVÊNIO INPA/UA. Manaus, 1998. Dissertação de mestrado.

SUERTEGARAY, D. M. A. 2001. Espaço geográfico uno e múltiplo. In: **Scripta Nova Rev. Electrónica de geografía y ciencias sociales**, vol. 93, 2001. Disponível em <http://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm>. Acesso: 20.10.2014.

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. In: Revista Conceitos, vol. 10. João Pessoa, 2004.

TOLEDO, M. C. M. Geociências no Ensino Médio Brasileiro - Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. In: **Revista do Instituto de Geociências** – USP Geol. USP. Publ. Espec., v. 3, São Paulo, 2005.

TREPADOR, G. R. R. **Ciclo da areia para ensinar Física e Geociências**: o que os alunos aprendem de dinâmicas de transformação de energia. UNIVERSIDADE

ESTADUAL DE CAMPINAS – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS: Campinas, 2013. Dissertação mestrado.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SIILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. In: **Revista Eclética Química**, vol. 22, São Paulo, 1997.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 97, 2002. (POTAFOS. Encarte Técnico).

ZECH, W. et al., G. Factors Controlling humification and mineralizing of soil organic matter in the tropics. In: **Geoderma**, v. 79, 1997.

ZIBILSKE, L.M. Carbon Mineralization, In R. W. Weaver, ed. **Methods of Soil Analysis**, Part 2, Microbiological and Biochemical Properties, vol 5. SSSA, Madison, 1994.

ZOTELLI, L. C. **Palha e vinhaça: emissões de CO₂, N₂O e CH₄ em solo com cana-de-açúcar**. INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Campinas, 2012. Dissertação de mestrado.

SITES CONSULTADOS

<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Ar/Ar1.php>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ghr98yLVoiY>

<http://www.unica.com.br/>

<http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>