

TAMIRIS KOSTIANOVICZ

A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE EM AULAS DE QUÍMICA ORGÂNICA NO
ENSINO SUPERIOR – UMA PESQUISA-AÇÃO

CURITIBA

2020

TAMIRIS KOSTIANOVICZ

A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE EM AULAS DE QUÍMICA ORGÂNICA NO
ENSINO SUPERIOR – UMA PESQUISA AÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Química, Área de concentração de Ensino de Química, linha de pesquisa em Química Verde, do Programa PROFQUI, da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Luísa Lacava Lordello

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

K86i Kostianovicz, Tamiris
A inserção da química verde em aulas de química orgânica no ensino superior – uma pesquisa ação / Tamiris Kostianovicz, – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, 2020.

Orientadora: Ana Luísa Lacava Lordello.

1. Química verde. 2. Química orgânica. 3. Pesquisa-ação. 4. Ensino superior. I. Universidade Federal do Paraná. II. Lordello, Ana Luísa Lacava. III. Título.

CDD: 547

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em QUÍMICA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **TAMIRIS KOSTIANOVICZ** intitulada: **A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE EM AULAS DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR - UMA PESQUISA-AÇÃO**, sob orientação da Profa. Dra. ANA LUISA LACAYA LORDELLO, que após terem inquirido a autora e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.
A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Agosto de 2020.


ANA LUISA LACAYA LORDELLO
Presidente da Banca Examinadora


LIANE MARIA VARGAS BARBOZA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)


ROBERTO DALMO VARALLO LIMA DE OLIVEIRA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)


GEORGE HIDEO SAKAE
Avaliador Interno ()

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e disposição que me permitiram a realização deste trabalho;

Ao meu filho Nicolas, que é minha razão de viver;

A minha família, que me apoiou e ajudou, cuidando do meu filho quando precisei estar ausente;

A minha orientadora, professora Ana Luísa Lacava Lordello, por estar ao meu lado e enfrentar essa jornada comigo;

Aos alunos que participaram e se dedicaram nessa proposta;

A Carol Camargo, amiga que acompanhou tudo nesse período e sempre me ajudou a rir;

Ao professor George Hideki Sakae, que sempre nos apoiou e aceitou participar da banca avaliadora, trazendo contribuições valiosas ao trabalho;

Aos amigos e colegas da pós-graduação;

Ao professor Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira, que prontamente aceitou fazer parte da banca avaliadora e fez grandes contribuições ao trabalho.

Agradeço também a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo.

“O interesse que tenho em acreditar numa coisa não é a prova da existência dessa coisa”.

(Voltaire)

RESUMO

Esse trabalho surgiu da necessidade em dar maior significado e relevância à Química Verde nos cursos experimentais de Química, e seu pouco alcance junto aos docentes serviram de motivação para a realização da pesquisa-ação aqui apresentada. A inserção desta corrente na formação dos futuros profissionais químicos, farmacêuticos, entre outros é por nós compreendida como uma forma de proporcionar aos alunos uma aprendizagem mais relacionada à realidade e demandas atuais da sociedade como agentes de transformação social. Foi proposta uma unidade didática, elaborada e estruturada a partir dos fundamentos da Química Verde e presente na formação inicial de farmacêuticos e de outros cursos superiores. Sua implementação possibilitou aos alunos uma reflexão sobre seu papel dentro do laboratório assim como cidadão crítico em relação à geração de resíduos. O trabalho foi desenvolvido como uma pesquisa-ação cuja proposta inicial foi a análise e adequação de uma disciplina de orgânica experimental já existente para que esta atendesse aos princípios da Química Verde. As adequações propostas tornaram os experimentos mais verdes aliado à uma consequente diminuição nos resíduos gerados e ao mesmo tempo, auxiliou os alunos a se apropriarem desses fundamentos além de dar a eles, uma visão mais crítica e atuante sobre o assunto. A análise da unidade didática proposta se deu através de observação participante, análise de atividades e questionários, no intuito de compreender o processo formativo e de apropriação por parte dos alunos. O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal do Paraná, numa disciplina ofertada pelo Departamento de Química, no segundo semestre de 2019. Durante o processo foram identificados aspectos que favoreceram e dificultaram o desenvolvimento dos experimentos e como isso afetou os alunos no processo de aquisição dos conhecimentos e de discussão crítica como cidadãos. Vale destacar que a abordagem da Química Verde associado ao processo de ensino-aprendizagem de química orgânica experimental, gerou transformações sociais, no ambiente laboral bem como nos valores e atitudes dos participantes da ação. Nesse processo desde a identificação e reflexão da situação problema, a pesquisa-ação possibilitou elaborar uma ação, através de levantamento de dados, adequação de experimentos, aplicação da unidade didática, avaliação, reelaboração e transmissão de informações.

Palavras-chave: Fundamentos da Química Verde; Ensino superior, Pesquisa-ação.

ABSTRACT

This work arose from the need to give greater significance to Green Chemistry in experimental Chemistry courses, and its little reach with the teachers served as motivation for carrying out the action research presented here. The insertion of this current in the training of future chemical and pharmaceutical professionals, among others, is understood by us as a way of providing students with a learning process more related to the reality and current demands of society as agents of social transformation. A didactic unit was proposed, elaborated and structured based on the fundamentals of Green Chemistry and present in the initial training of pharmacists and other higher education courses. Its implementation enabled students to reflect on their role within the laboratory as well as being a critical citizen in relation to the generation of waste. The work was developed as an action research whose initial proposal was the analysis and adaptation of an already existing experimental organic discipline to meet the principles of Green Chemistry. The proposed adaptations made the experiments greener allied to a consequent decrease in the residues generated and, at the same time, helped students to appropriate these fundamentals in addition to giving them a more critical and active view on the subject. The analysis of the proposed didactic unit took place through participant observation, analysis of activities and questionnaires, in order to understand the formative process and appropriation by the students. The work was developed at the Federal University of Paraná, in a discipline offered by the Department of Chemistry, in the second semester of 2019. During the process aspects were identified that favored and hindered the development of the experiments and how it affected students in the process of acquiring knowledge and critical discussion as citizens. It is worth mentioning that the Green Chemistry approach associated with the teaching-learning process of experimental organic chemistry, generated social changes, in the work environment as well as in the values and attitudes of the participants in the action. In this process since the identification and reflection of the problem

situation, the action research made it possible to elaborate an action, through data collection, adaptation of experiments, application of the didactic unit, evaluation, rework and transmission of information.

Keywords: Fundamentals of Green Chemistry; Higher education, Action research.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA PRIMÁRIO DE ELABORAÇÃO DE AÇÃO A PARTIR DAS ABSTRAÇÕES TEÓRICAS.....	27
FIGURA 2 – APARELHAGEM UTILIZADA PARA REALIZAR UMA DESTILAÇÃO SIMPLES.....	43
FIGURA 3 - APARELHAGEM UTILIZADA PARA REALIZAR UMA DESTILAÇÃO FRACIONADA.....	44
FIGURA 4 – FUNIL DE SEPARAÇÃO UTILIZADO NUMA EXTRAÇÃO.....	46
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE RECRISTALIZAÇÃO.....	48
FIGURA 6 – REAÇÃO GERAL DE FORMAÇÃO DA ACETANILIDA.....	50
FIGURA 7 – REAÇÃO GERAL DE FORMAÇÃO DA P-NITROACETANILIDA.....	50
FIGURA 8 REAÇÃO GERAL DE OXIDAÇÃO DO ISOPROPANOL.....	51
FIGURA 9 – REAÇÃO GERAL DE ESTERIFICAÇÃO DE FISHER.....	52
FIGURA 10 – REAÇÃO DE OBTENÇÃO DO CLORETO DE TERC-BUTILA.....	53
FIGURA 11 – REAÇÃO GLOBAL DE FORMAÇÃO DA DIBENZALACETONA.....	54
FIGURA 12 – APARELHAGEM PARA DESTILAÇÃO POR ARRASTE USANDO CLEVINGER.....	55
FIGURA 13 – SISTEMA PARA DETERMINAR O PONTO DE FUSÃO ATRAVÉS DO TUBO DE THIELE.....	59
FIGURA 14– IMAGEM REPRESENTANDO A RESSONÂNCIA DE ÉSTERES E ÁCIDO CARBOXÍLICO.....	61
FIGURA 15 - COMPARAÇÃO ENTRE CONDENSADOR DE LIEBIG TRADICIONAL E EM ESCALA REDUZIDA.....	64
FIGURA 16 - COMPARAÇÃO ENTRE COLUNA DE VIGREUX TRADICIONAL E EM ESCALA REDUZIDA.....	65
FIGURA 17 - COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE DESTILAÇÃO FRACIONADA TRADICIONAL E EM ESCALA REDUZIDA.....	65
FIGURA 18- APARELHO CLEVINGER ADAPTADO PARA HIDRODESTILAÇÃO...	66
FIGURA 19- COMPARAÇÃO ENTRE FUNIL DE SEPARAÇÃO TRADICIONAL E ADAPTADO.....	67
FIGURA 20- APARELHO DE PONTO DE FUSÃO.....	68
FIGURA 21- SISTEMA SUGERIDO PELO GRUPO 4.....	84

FIGURA 22- CCD COM RESULTADO COMPARANDO ÓLEO DE SOJA E BIODIESEL FORMADO.....	91
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 –RESULTADOS OBTIDOS NA PRIMEIRA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	70
GRÁFICO 2 –RESULTADOS OBTIDOS NA PRIMEIRA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL.....	100
GRÁFICO 3 –PRINCÍPIOS CITADOS PELOS ALUNOS.....	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PROPOSTAS DE PRIESTLEY PARA NÍVEL DE ABERTURA.....	23
TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS ASPECTOS DA PESQUISA QUALITATIVA COM OS DA PESQUISA QUANTITATIVA.....	37
TABELA 3 – RESULTADOS OBTIDOS NA EXTRAÇÃO ÁCIDO/BASE.....	79
TABELA 4 – RESULTADOS OBTIDOS NA CRISTALIZAÇÃO.....	81
TABELA 5 – RESULTADOS OBTIDOS NAS MEDIÇÕES DE PONTO DE FUSÃO.....	83
TABELA 6– RESULTADOS OBTIDOS NA HIDRODESTILAÇÃO DO CRAVO DA ÍNDIA.....	85
TABELA 7 – RENDIMENTOS OBTIDOS PARA O CLORETO DE TERC-BUTILA.....	95
TABELA 8 – RENDIMENTOS OBTIDOS NA SÍNTESE DA DIBENZALACETONA.....	96
TABELA 9 – TABELA DE RELAÇÃO ALUNO COM PRINCÍPIO CITADO.....	99
TABELA 10 – RELAÇÃO DE RESÍDUOS E PORCENTAGENS GERADAS AO LONGO DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA.....	101

LISTA DE SIGLAS

AMPP	- ASSOCIAÇÃO DOS MORADORES DE PONTAL DO PARANÁ
AAS	- ÁCIDO ACETIL SALICÍLICO
CAPES	- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
CETESB	- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
DQ-UFPR	- DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
ENEQ	- ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA
EPA	- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
EUA	- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
GCI	- <i>GREEN CHEMISTRY INSTITUTE</i>
IES	- INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR
IUPAC	- INTERNATIONAL UNION FOR PURE AND APPLIED CHEMISTRY
P+L	- PRODUÇÃO MAIS LIMPA
p.e.	- PONTO DE EBULIÇÃO
PEQUIS	- PROJETO ENSINO DE QUÍMICA E SOCIEDADE
p.f.	- PONTO DE FUSÃO
PGCC	- <i>THE PRESIDENCIAL GREEN CHEMISTRY CHALLENGE</i>
QO	- QUÍMICA ORGÂNICA
QV	- QUÍMICA VERDE
UFSCar	- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
UFPR	- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LISTA DE SÍMBOLOS

α - alfa

β - beta

® - marca registrada

@ - arroba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	CONTEXTO, JUSTIFICATIVA E PROBLEMA.....	18
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	20
1.3	OBJETIVOS.....	21
1.3.1	Objetivo geral.....	21
1.3.1.1	Objetivo geral de ação.....	21
1.3.1.2	Objetivo geral de conhecimento.....	21
1.3.2	Objetivos específicos.....	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1	A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO.....	22
2.2	POR QUE TRABALHAR QUÍMICA VERDE E NÃO EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	22
2.3	A QUÍMICA VERDE.....	23
2.4	A QUÍMICA VERDE E O ENSINO SUPERIOR.....	25
2.5	A PESQUISA-AÇÃO.....	26
2.6	A PESQUISA-AÇÃO E A QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR NESTE TRABALHO.....	29
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	31
4	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	36
4.1	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	35
4.2	O QUE É PESQUISA.....	35
4.3	O QUE É PESQUISA CIENTÍFICA.....	35
4.4	TIPOS DE PESQUISA.....	35
4.4.1	Quanto a abordagem.....	35
4.4.1.1	A pesquisa qualitativa.....	35
4.4.1.2	A pesquisa quantitativa.....	36
4.4.2	A natureza da pesquisa.....	36
4.4.3	Em relação ao objetivo.....	36
4.4.4	Em relação aos procedimentos.....	37
4.4.4.1	Pesquisa exploratória.....	37
4.4.4.2	Pesquisa de campo.....	37
4.4.4.3	Pesquisa participante.....	37

4.4.4.4	Pesquisa-ação.....	37
4.5	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	38
5	CARACTERIZAÇÃO DA DISCIPLINA.....	42
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA DISCIPLINA E DO PÚBLICO NO QUAL A METODOLOGIA FOI APLICADA.....	41
5.1.1	Análise do primeiro bloco: técnicas experimentais de química orgânica.....	41
5.1.2	Análise do segundo bloco: transformações químicas.....	48
6	ANÁLISE VERDE E UNIDADE DIDÁTICA.....	55
6.1	ANÁLISE VERDE.....	54
6.1.1	Análise verde do primeiro bloco: técnicas experimentais de química orgânica.....	54
6.1.2	Análise verde do segundo bloco: transformações químicas.....	58
6.2	UNIDADE DIDÁTICA.....	61
7	ANÁLISE DE DADOS.....	69
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
9	SUGESTÃO DE NOVO TRABALHO.....	106
10	REFERÊNCIAS.....	107
	APÊNDICE 1 - UNIDADE DIDÁTICA.....	114
	APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	201
	APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO INICIAL.....	204
	APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO FINAL.....	205

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO, JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

A Química é um campo do conhecimento das Ciências da Natureza e investiga o mundo através de suas características microscópicas e macroscópicas. Desta forma, fazer a conexão de situações reais com os diversos conteúdos apresentados por ela torna-se mais eficiente para a compreensão e correlação entre eles. À vista disso, a Química possui um papel importante para a compreensão das questões ambientais, tais como: obtenção e gerenciamento de recursos naturais, poluição urbana e aquosa, aquecimento global, entre outros (SILVA Jr; PARREIRA, 2016).

Há cerca de 20 anos, surgiu nos EUA uma nova filosofia, cuja proposta consistiu em minimizar os problemas criados por práticas desenfreadas e inadequadas das indústrias, tais como: poluição do ar, da terra e de águas, através do descarte incorreto de seus resíduos não tratados. Neste contexto a Química Verde (QV) surge para discutir, analisar e reestruturar as práticas químicas industriais.

Com o passar do tempo, a QV, inicialmente preocupada com os processos industriais, se engendrou para os meios acadêmicos, tanto no nível superior como no ensino básico, pois para combater práticas desenfreadas, é preciso formar profissionais que entendam isso, e acima de tudo, formar cidadãos zelosos em relação às questões ambientais.

A QV baseia-se em princípios que orientam e buscam processos químicos menos danosos ao ambiente natural e ao ser humano. É necessário avaliar como esses princípios estão sendo propagados e aplicados nas práticas químicas, em especial na academia, que deve priorizar a formação cidadã dos seus alunos.

As aulas de Química, e em especial as aulas experimentais, em cursos superiores desta formação, mostram-se bastante importantes para a disseminação da filosofia e dos conhecimentos da QV, pois nestas aulas o educando é colocado a pensar no conjunto de problemas que suas ações podem causar. O uso da experimentação pode ser um mecanismo auxiliador para o professor que se preocupa com processo de aquisição, construção e consolidação do conhecimento, assim como ajuda na formação do cidadão crítico e atento às questões ambientais. Para analisar esse mecanismo auxiliador, o presente trabalho irá ocorrer numa disciplina de Química Orgânica Experimental, ofertada pelo Departamento de Química (DQUI) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Como aponta o trabalho de Oliveira (2017) a pesquisa-ação traz implicações ao trabalho, esse trabalho possui duas implicações: a primeira, em buscar provocar o Ensino de Química Orgânica Experimental sobre o profissional que formamos em relação à Química Verde, e, a segunda, na definição de implicação, definida por Barbier (2002, p. 101):

Um engajamento pessoal e coletivo do pesquisador, em e por sua práxis científica, em função de sua história familiar e libidinal, de suas posições passadas e atual nas relações de produção e de classes, e de seu projeto sociopolítico em ato, de tal sorte que seu investimento, que é a resultante disso, é parte integrante e dinâmica de toda atividade de conhecimento.

Esse trabalho tem significado pessoal e também coletivo. Tenho formação técnica em Química Industrial desde 2008, o que me possibilitou a trabalhar em uma indústria de cosméticos durante quatro anos, nos processos de produção, controle de qualidade e procedimentos de vigilância sanitária. A empresa tomava todos os cuidados para que não houvesse geração de resíduos e que nada fosse descartado no meio ambiente.

Nesse período, iniciei minha graduação em Licenciatura em Química, na UFPR. Em 2012, comecei a trabalhar no laboratório do Departamento de Hidráulica e Saneamento da UFPR, onde fazia coletas em diversos rios da região para análise de histórico e qualidade da água e também análises de sedimentos. Em 2013, entrei no Departamento de Química da UFPR, trabalhando no Laboratório de Ensino de Química Orgânica Experimental, onde são usados muitos solventes tóxicos, com significativa geração de resíduos, realidade que, ao meu ver, os alunos não pareciam se perceber. No segundo semestre de 2018, ingressei no Mestrado Profissional de Química da UFPR (ProfQui-UFPR), onde é necessário um Produto Educacional voltado a melhorar as práticas daquele meio de atuação. Nesse sentido, a angústia de ver a quantidade de resíduos gerados e a falta de conscientização dos estudantes em relação a isso, ao longo desses anos, direcionou a pesquisa-ação para a Química Verde.

A pesquisa-ação é uma pesquisa do tipo interpretativa, a qual envolve um processo metodológico empírico. Engloba a identificação do problema incorporado de um contexto social e/ou institucional, o inventário de dados relativos ao problema, o estudo e significação dos dados levantados, o reconhecimento da necessidade de mudança, o levantamento de possíveis mudanças e a intervenção e/ou ação propriamente dita, aliando simultaneamente pesquisa e ação. A pesquisa-ação deste trabalho consiste em oito momentos, descritos a seguir:

A primeira etapa de uma pesquisa-ação consiste em identificar o problema no contexto da pesquisa, como já mencionado, ao atuar junto ao Laboratório de Ensino de Química Orgânica Experimental, a quantidade de resíduos gerados e a falta de preocupação sobre a toxicidade dos mesmos por parte de alunos e professores é o problema de pesquisa.

Depois de descobrir o problema, a próxima etapa foi de levantamento de dados através de um levantamento dos experimentos realizados no laboratório, bem como os reagentes e quantidades empregadas em cada um.

Em posse dos dados relativos aos experimentos praticados, a próxima etapa foi verificar na literatura científica formas para minimizar a geração e a toxicidade dos resíduos químicos, bem como o assunto poderia ser trabalhado com os alunos. Analisando a Educação Ambiental e a Química Verde, notou-se que seria possível utilizar os princípios da Química Verde tanto na adequação dos experimentos didaticamente realizados no laboratório quanto abordar questões socialmente referenciadas na QV com os alunos.

De posse desses dados, buscou-se um significado para eles, e foi percebido então que a Química Verde contemplava as questões desse estudo em relação à diminuição de resíduos e a possibilidade de trabalhar seus fundamentos junto aos docentes e alunos que realizam experimentos no laboratório referido.

Com base no que foi levantado e estudado, surgiu à identificação da necessidade de mudança, na qual foi realizada uma Análise Verde dos experimentos realizados no Laboratório de Ensino de Química Orgânica Experimental, buscando quais poderiam ser adaptados e quais deveriam ser substituídos.

Através da análise verde realizada a solução encontrada foi formular a Unidade Didática contendo experimentos que atendem aos Princípios da Química Verde e que contemplam a ementa da disciplina.

De posse da Unidade Didática a ação do trabalho se deu com a aplicação da mesma em uma disciplina especial, que ocorreu na forma condensada, exclusivamente para testar essa Unidade. Nesta etapa, foram analisados os dados relativos aos experimentos e aos questionários dos alunos.

Por fim, a transformação ocorre após a análise dos dados obtidos com a aplicação da Unidade Didática, na qual a Unidade foi melhorada nas deficiências detectadas e foi disponibilizada no Laboratório de Ensino de Química Orgânica Experimental para ser usada por todos os professores que desejarem.

Este trabalho está estruturado em seis partes, denominados de capítulos. No capítulo 1, intitulado *Fundamentação Teórica*, apresentamos e discutimos a relevância da introdução da Química Verde na experimentação química didática. O capítulo 2, intitulado *Revisão de Literatura*, há uma revisão bibliográfica sobre o tema, visando reforçar suas potencialidades de uso. No capítulo 3, intitulado *Metodologia de Pesquisa*, está apresentada a natureza da pesquisa, os instrumentos utilizados para coleta de dados no momento da *Ação*, a proposta do ensino de Experimentação voltada à Química Verde e a metodologia de análise a fim de verificar os limites e as possibilidades da proposta. O capítulo 4, intitulado *Caracterização da Disciplina e do Público*, no qual a metodologia foi aplicada, mostra o contexto da disciplina, os colaboradores da pesquisa, as práticas tradicionalmente aplicadas. O capítulo 5, *Análise Verde*, mostra as adaptações propostas nos experimentos já existentes e a formulação da Unidade Didática. O capítulo 6, *Análise de Dados*, mostra como a metodologia foi desenvolvida, e quais foram os resultados obtidos através da aplicação da Unidade Didática. Nas *Considerações Finais* discutimos como respondemos o problema de pesquisa; como verificamos se os objetivos específicos foram alcançados e apresentamos os principais aspectos que mostram os limites e possibilidades do uso da Experimentação para apropriação dos fundamentos da QV no Ensino Superior, e também discutimos o momento de *Transformação*.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Inserir a Química Verde nas aulas práticas de Química Orgânica Experimental auxilia na redução de resíduos e ainda promove a aprendizagem de seus princípios pelos alunos?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Inserir a Química Verde em aulas de Química Orgânica Experimental do Ensino Superior.

Tendo em vista esse objetivo geral, o trabalho acaba possuindo 2 objetivos: um de ação e outro de conhecimento.

1.3.1.1 Objetivo geral de ação

Criação e aplicação de uma Unidade Didática

1.3.1.2 Objetivo geral de conhecimento

Levantamento de conhecimento prévio e final dos alunos através de questionários.

1.3.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral dessa pesquisa, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Verificar, por uma pesquisa-ação, como alterações, embasadas nos princípios da Química Verde, dos experimentos didáticos da disciplina de Química Orgânica Experimental poderiam impactar a geração e a toxicidade dos resíduos resultantes;
- Avaliar se haveria apropriação desses princípios pelos discentes, tornando-os agentes na escolha de processos menos prejudiciais ao ambiente e ao ser humano;
- Investigar os experimentos específicos da disciplina de Química Orgânica Experimental e propor adequações ou novos procedimentos que atendam aos princípios da Química Verde;
- Indicar uso de materiais e procedimentos que respeitem os princípios da Química Verde;
- Elaborar uma unidade didática contendo experimentos de química orgânica para o ensino superior que atendam aos princípios da QV como produto educacional final.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO

Existem diferentes posicionamentos na literatura sobre a implantação de atividades experimentais nas aulas e nos currículos (BORGES, 2002; GALIAZZI; GONÇALVEZ, 2004; CACHAPUZ et. al. 2005; BASSOLI, 2014). Galiazzi e Gonçalves (2004) apontam que as atividades experimentais deveriam ser desagregadas da visão simplista, na qual, são caracterizadas pelos professores como simplesmente uma ferramenta para verificação e validação de leis e teorias, ou como forma de motivar os alunos e de formar cientistas.

Uma forma de minimizar essa visão é fazer com que as atividades experimentais sejam vistas como atividades que favoreçam o diálogo entre professor e aluno, através de questionamentos, discussão e construção de argumentos, com a finalidade de construir o conhecimento científico (GALIAZZI, GONÇALVES, 2004).

Muitos professores reconhecem que atividades experimentais são muito importantes e possuem grande potencialidade de ensino, porém muitos ainda acabam recaindo às metodologias tradicionais de ensino, utilizando experimentos somente como forma de verificação, que não possibilitam discussão e diálogo com os alunos acerca dos resultados, cujo único objetivo do experimento é chegar a um resultado já conhecido pelo professor (CACHAPUZ et al., 2005).

Assim sendo, não se deve utilizar a experimentação apenas como forma de validar uma teoria, mas sim permitir que o aluno interaja com esses modelos de maneira crítica, dinâmica e coerente (GONÇALVES e GALIAZZI, 2004).

Sére, Coelho e Nunes (2003) explicam a experimentação considerando três núcleos: o referencial empírico, os conceitos, leis e teorias e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados. E, de acordo com os autores, a experimentação consegue fazer a ligação entre esses. Tal interação se deve por causa da análise de erros experimentais, nos quais é possível quantificar adequações. Dessa maneira, o experimento faz papel de avaliar a conformidade e possibilitar a discussão entre o referencial empírico e o teórico.

Muitos autores apontam que a curiosidade despertada no laboratório didático é que faz os alunos escolherem o curso de Química dentre outros que também possuem experimentação no currículo (SATO, 2011). Tendo em vista que as aulas experimentais nos cursos superiores de química mostram-se um ambiente importante para difusão de conhecimento e discussão, temos que a experimentação por investigação auxilia o aluno, colocando-o diante de problemas que suas ações futuras podem trazer.

De acordo com as condutas realizadas pelo professor e pelos alunos nas diferentes etapas de uma atividade experimental, podemos definir diferentes graus de liberdade conferidos aos alunos.

Priestley (1997) tem como proposta a relação dos níveis de abertura da atividade experimental com os processos cognitivos requeridos, de acordo com a Tabela 1:

TABELA 1: PROPOSTAS DE PRIESTLEY PARA NÍVEL DE ABERTURA

Nível	Nome	Descrição	Processo cognitivo requerido do aluno
1	HERMETICAMENTE FECHADO	Os alunos recebem todos os procedimentos, incluindo tabelas de dados para os alunos anotarem tudo em local definido.	Conhecimento
2	MUITO FECHADO	Os alunos recebem todos os procedimentos, incluindo tabelas de dados.	Conhecimento
3	FECHADO	Os alunos recebem todos os procedimentos.	Conhecimento e compreensão
4	ENTREABERTO	Os alunos recebem todos os procedimentos, mas algumas perguntas ou conclusões são abertas	Conhecimento e aplicação
5	LIGEIRAMENTE ABERTO	A maioria dos procedimentos são dados aos alunos e algumas perguntas ou conclusões são abertas.	Aplicação
6	ABERTO	Os alunos recebem uma lista de materiais, mas eles é que desenvolvem os procedimentos. Muitas perguntas e conclusões são abertas.	Análise e síntese
7	MUITO ABERTO	É pedido aos alunos para resolverem um problema indicado ou até mesmo pedido que eles indiquem o problema. São os próprios alunos que desenvolvem os procedimentos e chegam as suas conclusões.	Síntese e avaliação

FONTE: Priestley, 1997.

Na abordagem de experimentação, que vise não somente comprovar teorias é importante que o professor elabore um material que faça com que o aluno sinta interesse em investigar, ou seja, deve estar no contexto do aluno, que seja parte de sua vivência.

Neste sentido, uma temática que poderia ser trabalhada com os alunos para discutir aspectos que podem estar presentes no seu cotidiano e em sua profissão é a QV.

2.2 POR QUE TRABALHAR QUÍMICA VERDE E NÃO EDUCAÇÃO AMBIENTAL?

A abordagem do tema “redução de resíduos gerados nas aulas experimentais de Química Orgânica” poderia ser realizada a partir da Educação Ambiental, que é definida no Brasil pela Política Nacional de Educação Ambiental, Lei nº9795/1999, Art 1º:

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e a sua sustentabilidade. (Política Nacional de Educação Ambiental, Art. 1º, Lei nº9795/1999)

Assim como, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, em seu Art. 2º, diz que:

A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é a atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar

essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental. (Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, Art. 2º)

Já a Química Verde, é definida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada - IUPAC como sendo: “*A invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas*” (IUPAC, 2000). “*Perigosas*”, nesta definição, deve ser interpretado como substâncias nocivas à saúde humana e/ou ao meio ambiente.

Ao analisar essas definições, percebe-se que trabalhar o tema *redução de resíduos gerados nas aulas experimentais de Química Orgânica* a partir da Educação Ambiental é muito complexo, pois necessita de diversos processos, que visam trabalhar competências e questões éticas não tangíveis no exercício de práticas experimentais. Já a Química Verde, busca justamente trabalhar o que está se buscando, redução de escala de trabalho e uso racional de reagentes químicos baseado em sua toxicidade. Com isso em mente, e pelas possibilidades praticáveis no laboratório, é concebível trabalhar a QV e seus princípios.

2.3 A QUÍMICA VERDE

Atualmente muito tem se usado a palavra “verde” como um adjetivo associado às práticas ambientalmente amigáveis, ou seja, àquelas que buscam o desenvolvimento sustentável do planeta aliado a preservação do ambiente através da adoção de práticas relacionadas a economia de recursos, menor volume de resíduos descartados e a diminuição de danos que estes podem causar à natureza. Com isso, muito tem se visto propagandas como “economia verde”, “selo verde”, “carro verde” e, ao que tudo indica a sociedade em si parece querer caminhar para uma vida mais sustentável.

A QV, dentro da grande área da Química, pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação dos produtos e processos químicos a fim de reduzir ou até eliminar o uso e a geração de substâncias que sejam nocivas ao homem e ao meio ambiente (ANASTAS E WARNER, 1998).

Pode-se dizer que o surgimento da QV remonta a publicação da Lei de Prevenção à Poluição nos EUA em 1990, a qual busca prevenir a poluição pelo incentivo às empresas para reduzir a geração de poluentes por meio de mudanças economicamente efetivas na produção, operação e uso da matéria-prima. Associada ao desenvolvimento do conceito de minimização de resíduos e a prática do processo de reciclagem, a valorização e o tratamento seguro dos resíduos sólidos e líquidos, foram primordiais para propor alterações de produtos e processos de forma a minimizar o impacto ambiental desde a sua fabricação até o seu descarte.

Paralelamente a esses eventos, em 1991, um pouco depois da publicação da lei de Prevenção à Poluição nos EUA, a Agência de Proteção Ambiental (EPA, em sua sigla em inglês), por meio do Instituto de Prevenção à Poluição e Tóxicos (OPPT) lançou também o programa “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”, uma linha de financiamento para projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em suas sínteses visando processos produtivos ambientalmente corretos, lançando as bases para o desenvolvimento da Química Verde no Mundo.

Em 1993, o programa foi expandido para outras áreas, como solventes ecológicos, e então foi renomeado para **Química Verde**, mais abrangente, e pautado em 12 princípios (ANASTAS; WARNER, 1998; LENARDÃO et al., 2003; CORREA; ZUIN, 2009), a saber:

1. Prevenção. Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou "limpá-lo" após sua geração.
2. Economia de Átomos. Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3. Síntese de Produtos Menos Perigosos. Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. Desenho de Produtos Seguros. Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
5. Solventes e Auxiliares Mais Seguros. O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
6. Busca pela Eficiência de Energia. A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7. Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima. Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não-renováveis.
8. Evitar a Formação de Derivados. A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9. Catálise. Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
10. Desenho para a Degradação. Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição. Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes. As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

A cultura da Química Verde não parou por aí nos EUA, outro esforço por parte do Governo, foi fundar o programa “*The Presidential Green Chemistry Challenge*” - O Desafio Presidencial da Química Verde (“PGCC”, na sigla em inglês) - no ano de 1995. Então, em 1997, foi criado o “*Green Chemistry Institute*” – Instituto de Química Verde- (GCI, na sigla em inglês) e, no mesmo ano, a União Internacional para Química Pura e Aplicada (IUPAC, na

sigla em inglês) organizou sua Primeira Conferência Internacional em QV. Desde então, a QV vem conquistando cada vez mais espaço em todo mundo, seja em universidades, indústrias e organizações governamentais e não governamentais, promovendo o uso racional da Química para a prevenção de problemas ambientais.

Entretanto, no Brasil, os conceitos de Química Verde são ainda mais incipientes, tanto no meio industrial e governamental, quanto no acadêmico.

2.4 A QUÍMICA VERDE E O ENSINO SUPERIOR

No Brasil, uma das primeiras iniciativas no ramo da QV foi o Grupo de Síntese Orgânica Limpa do Instituto de Química e Geociências da Universidade Federal de Pelotas (RS). Esse grupo montou uma página (WWVerde)¹ na internet com diversas informações sobre QV.

Durante a 26ª Escola de Verão promovida pelo Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, em 2006, o eixo articulador do encontro foi a QV. Depois dessa primeira experiência, outros eventos começaram a ocorrer pelo Brasil: em 2007 foi a vez do Instituto de Química da Universidade e São Paulo (USP) realizar a primeira Escola de Verão em Química Verde. Neste mesmo ano também foi realizado o primeiro Workshop Brasileiro de Química Verde, em Fortaleza, onde foi lançada a Rede Brasileira de Química Verde, servindo como elemento institucional de incentivo das inovações tecnológicas para empresas nacionais, contando com o apoio do governo e da comunidade científica (CORREA; ZUIN, 2009).

Desde então, o espaço conquistado pela Química Verde vem aumentando, sendo notório o interesse dentro do segmento acadêmico.

Nos cursos superiores de Química, tanto de bacharelado quanto de licenciatura, da Universidade Federal do Paraná, mesmo tendo havido recente reformulação acadêmica, não há disciplina própria de QV. A única disciplina ofertada pelo DQUI cuja temática seja a QV é ofertada pelo programa de pós-graduação de Química da UFPR, dentro da área de Química Orgânica.

Contudo, embora sem uma disciplina específica de QV, já podemos notar uma iniciativa de postura verde. Em seu currículo, o curso de química possui a disciplina de Química Ambiental, na qual são abordadas questões que ocorrem na natureza e suas reações químicas, levando em conta atmosfera, hidrosfera e geosfera. Isso já é um grande passo, porém não existe ainda menção aos aspectos referentes à prevenção ou diminuição de poluentes nos processos laboratoriais e industriais (BINDEWALD e BENTO. 2013). Outro ponto a destacar no curso de licenciatura em química da UFPR é o projeto de final do curso. Alguns futuros professores já pesquisaram sobre a temática de Química Verde e como ela aparece ao longo do curso. Um exemplo é o trabalho desenvolvido por Bindewald e Bento (2013), no qual analisaram os experimentos praticados na disciplina de Química Analítica para verificar a necessidade de adaptação dos mesmos em relação à QV. Os autores fizeram uma categorização dos experimentos e, após análise, verificaram que a maioria está adequada

¹Disponível em <<https://wp.ufpel.edu.br/wwverde/>>. Acesso em 06/01/2019.

aos princípios da QV, e aqueles que utilizam reagentes não recomendados pela QV, no momento não existe outro reagente disponível na academia para que possa ser substituído, mas que a quantidade utilizada já está reduzida.

Para Prado (2003) devemos considerar a QV como uma ferramenta que deve e pode ser usada na produção dos roteiros de aulas experimentais, de tal maneira que o aluno consiga desenvolver conjuntamente os conceitos e a consciência em relação às questões referentes à diminuição do impacto ambiental.

2.5 A PESQUISA-AÇÃO

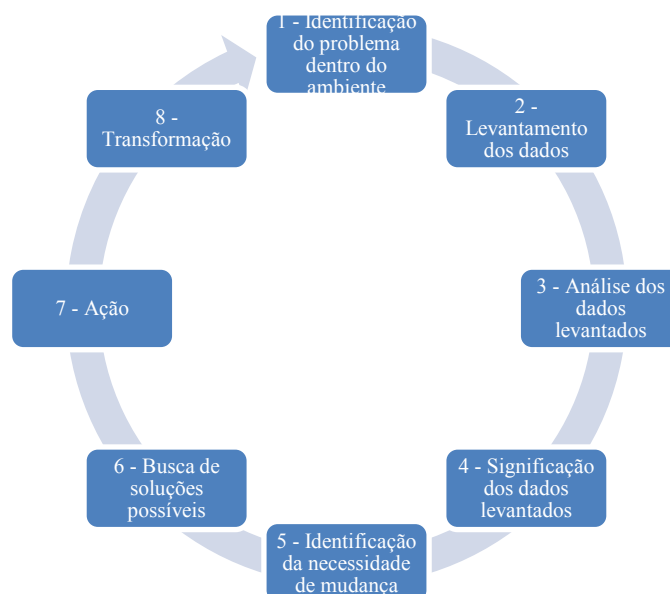
Existem duas grandes linhas que podem sintetizar as abordagens de pesquisa, a positivista e a interpretativista. A pesquisa positivista é aquela que está associada às ciências duras, já a interpretativista, é enquadrada nas diversas metodologias que se relacionam as ciências humanas, dentre elas a pesquisa com abordagem fenomenológica ou sócio-histórica, a pesquisa participante, a pesquisa-ação, entre outras (CUNHA, 1986; CAREGNATO, 2006).

Desta maneira, a pesquisa-ação pode ser caracterizada como sendo uma pesquisa social que possui base empírica, realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, em que os pesquisadores e os participantes, representativos do problema, estão implicados de forma participativa e solidária (FRANCO, 2005).

A pesquisa-ação tem em vista propiciar aos pesquisadores e grupos sociais os meios mais eficazes para responder ao problema com maior eficiência em relação à situação em que vivem, através de estratégias de ação, que contribuem para melhoria dos procedimentos convencionais que apresentem demanda de aperfeiçoamento.

Esse tipo de pesquisa é um movimento circular de compartilhamento, subjetivo e de participação coletiva, como representado na Figura 1.

FIGURA 1 – ESQUEMA PRIMÁRIO DE ELABORAÇÃO DE AÇÃO A PARTIR DAS ABSTRAÇÕES TEÓRICAS



Fonte: Thiollent, M. (2011).

Gradativamente a pesquisa-ação tende a se impor como um método de pesquisa importante em setores sociais que tem em vista provocar transformações por meio da pesquisa e da ação simultaneamente.

O envolvimento do pesquisador e dos demais integrantes através da pesquisa-ação possibilita associar, ao processo de investigação, a possibilidade de aprendizagem, de maneira criativa e consciente (ROLIM et. al., 2004). Daí sua importância na instituição, como instrumento ao mesmo tempo de educação, investigação e mudança.

A origem da pesquisa-ação vem de 1946, através dos trabalhos de Kurt Lewin (1965), ao qual também se dá a autoria do termo (FELDMAN, 1994). Para além da contribuição social, o trabalho de Lewin através de seu caráter participativo e democrático, foi considerado inovador, tendo em vista que a pesquisa é desenvolvida com a participação dos sujeitos estudados e é orientada para a resolução de problemas no ambiente nos quais eles ocorrem (PEREIRA, 2001).

As bases de uma pesquisa-ação estão pautadas na conceituação de problemas, no seu planejamento, na execução e na avaliação de ações para resolvê-los, seguida da repetição desse ciclo de atividades (ANDRE, 2000).

Salienta-se o cuidado com a validade científica dos resultados da pesquisa, ao se considerar a análise da situação antes e depois das ações, assim como o registro dos acontecimentos. A pesquisa-ação está relacionada a dois conceitos: o ato da investigação e o ato substantivo. O ato de investigação é correspondente a uma ação que impulsionou uma interrogação, ao mesmo tempo em que o ato substantivo se refere à ação que visa promover a mudança no contexto estudado, ou seja, na investigação-ação temos que as ações são atos substantivos. Dessa forma, esse ato de investigar implica em uma obrigação de beneficiar pessoas que não participam da comunidade científica.

Depois de Lewin, a pesquisa-ação vem sendo aplicada de maneiras e com intenções diferentes, formando uma grande variedade de abordagens teórico-metodológicas, mostrando ser importante refletir sobre suas possibilidades de investigação assim como sua essencialidade epistemológica (THIOLLENT, 1986).

Aqui no Brasil, Franco (2005), em seus estudos, aponta três tipos de pesquisa-ação, classificadas como: pesquisa-ação colaborativa, pesquisa-ação crítica e pesquisa-ação estratégica. Na pesquisa colaborativa, o grupo de referência é que solicita a transformação para o pesquisador. Na pesquisa crítica, é notada a necessidade de mudança partindo-se dos trabalhos do pesquisador. Na pesquisa estratégica, a mudança é planejada antecipadamente, sem participação dos sujeitos, e somente o pesquisador acompanhará e avaliará os efeitos de sua aplicação.

Ao longo dos anos a pesquisa-ação vem sofrendo influências positivistas, através da incorporação da realidade social e dos fundamentos da racionalidade crítica linear. Assim sendo, a pesquisa-ação é voltada às questões de transformação social, que visa emancipar os sujeitos participantes. Possui abordagens interpretativas de análise, através de participação crítica, cujo processo deve permitir reconstrução e ressignificação no processo. Existem três dimensões que devem ser consideradas numa pesquisa-ação: a antológica, a epistemológica e a metodológica (FRANCO, 2005).

A dimensão ontológica é referente ao conhecimento que norteia os sujeitos, permitindo que estes produzam conhecimento, para que estabeleçam mudanças nas práticas

profissionais, para melhorar essas práticas e para reestruturar processos formativos e coletivos. A dimensão epistemológica requer do pesquisador uma postura diferenciada sobre o conhecimento em relação ao coletivo, já que esta pesquisa busca intervir na realidade em que se realiza. Isso faz com que o pesquisador faça parte do universo pesquisado, anulando sua postura de neutralidade. A dimensão metodológica articula a ontologia com a epistemologia da pesquisa-ação, instaurando no grupo uma dinâmica de princípios e de práticas dialógicas, de maneira participativa, gerando transformação. É nesta dimensão onde a pesquisa-ação ocorre e são observadas as práxis sociais de partida e de chegada, observando a construção ou resignificação do conhecimento, que os procedimentos devem ser flexíveis e passíveis de ajustes com o caminhar do processo, e deve permitir ação, reflexão, pesquisa e reestruturação, quando necessário.

Os processos de investigação, educação e ação ocorrem de maneira simultânea na pesquisa-ação. O conhecimento é gerado quando os sujeitos participam de maneira ativa do processo de investigação. E é através da investigação que as mudanças na realidade surgem no meio da ação. No meio desse processo, o pesquisador depara-se com diversos questionamentos, tais como: como conseguir confiança do grupo de trabalho, como fazer os sujeitos trabalharem em grupo, como ser familiar ao processo do qual, a princípio, o pesquisador não é componente, entre outras. Pensando nisso, uma pesquisa-ação não ocorre num pequeno espaço de tempo, e a imprevisibilidade torna-se um componente fundamental em relação à prática desse tipo de pesquisa. Estar sujeito a essa imprevisibilidade é estar aberto a reconstruir, rever prioridades através de acordos consensuais e negociados.

Por isso, na pesquisa-ação, o percurso deve ter um registro rigoroso de dados, de forma constante – e daí a importância de um diário de campo, onde os dados recolhidos são anotados durante a pesquisa. Outro ponto a destacar também é a dinâmica de coletar dados coletivamente, discuti-los e contextualizar, isso faz com que exista a construção do conhecimento e/ou a aprendizagem de teorias científicas.

Ao se planejar uma pesquisa-ação é preciso compreender a flexibilidade e a circularidade do processo, já que esta não pressupõe fases ordenadas e lineares, que aparecem nas metodologias positivistas. Porém, para auxiliar no processo, alguns momentos são destacados (HAGUETTE, 2003):

1. Fase exploratória: diagnóstico da realidade;
2. O tema de pesquisa: deve interessar ao pesquisador quanto aos sujeitos;
3. A colocação dos problemas: definição da problemática;
4. O lugar da teoria: articulação da pesquisa-ação com a referência teórica em que se enquadra;
5. Hipóteses: suposições levantadas para responder ao problema da pesquisa, porém não testadas;
6. Seminário: tomada de decisões acerca da investigação;
7. Campo de observação, amostragem e representatividade qualitativa: a pesquisa pode abranger uma comunidade concentrada ou espalhada;
8. Coleta de dados: entrevistas, questionários, estudo de arquivos;
9. Aprendizagem: associação entre aprendizagem e processo de investigação;
10. Saber formal e informal: diferentes formas de saber;

11. Plano de ação: definição de quem são atores, onde vai ocorrer a ação, quais os objetivos e como avaliar;
12. Divulgação externa: além de dar o retorno aos sujeitos, deve ocorrer publicações da pesquisa-ação.

2.6 A PESQUISA-AÇÃO E A QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR NESTE TRABALHO

Esse trabalho, proposto através de uma pesquisa-ação, visa utilizar os princípios da Química Verde, para tornar os experimentos praticados no Laboratório de Ensino de Química Experimental menos tóxicos e reduzir o volume de resíduos, assim como apresentar os princípios da QV aos alunos para que estes também desenvolvam responsabilidade social ao e passem a preocupar-se com o que é gerado por eles nas aulas, e levem isso para suas vidas.

Para isso, será formulado um produto educacional contendo experimentos adaptados e desenvolvidos para alunos do Ensino Superior participantes da disciplina de Química Orgânica Experimental. Os alunos recebem os procedimentos experimentais prontos, mas perguntas e conclusões seguem de maneira aberta, assim como prevê a proposta de Priestley (1997), já anteriormente discutida, cujos processos cognitivos requeridos para os estudantes são de conhecimento e aplicação.

A temática QV foi abordada de duas maneiras: a primeira, nos experimentos realizados, adaptados e ajustados para atender os princípios da QV e posteriormente, nas questões e discussão com os alunos sobre teoria, prática e aplicação.

Sendo a pesquisa-ação um processo cíclico, após a análise da ação praticada, a ideia é reestruturar a unidade didática nos pontos que forem necessários e disponibilizá-la para aplicação por outros professores.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A partir de uma busca bibliográfica no catálogo de dissertações e teses da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e em revistas e materiais de encontros de Química e Educação, foram destacados os trabalhos abaixo:

Saqueteo (2015) buscou investigar como a Educação em QV estava sendo praticada numa IES paulista, através de adaptação e aplicação de experimentos voltados a essa temática utilizando análise documental, entrevistas, questionários e experimentos. A autora aponta que a inserção dessa proposta acaba por ensinar aos alunos, além de conteúdos conceituais, conteúdos atitudinais, que possuem papel importante na formação crítica do cidadão.

Zandonai (2013) realizou estudo com alunos numa disciplina de caráter experimental ofertada no primeiro ano do curso de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); a proposta consistiu em desenvolver, adaptar e analisar uma proposta com abordagem CTS, utilizando também uma avaliação do grau verde nas experiências realizadas, através da Estrela Verde. O autor aponta que, com base nas observações realizadas, os alunos além de aprenderem os conteúdos previstos pela disciplina, conseguiram considerar a QV como sendo um eixo a ser seguido pela Química.

Cardim (2013) aplicou e testou uma metodologia com alunos de uma disciplina introdutória de Química Orgânica, na Universidade de Brasília. A metodologia buscou trazer maior autonomia aos alunos e trazer uma correlação com situações cotidianas dos mesmos. A disciplina foi dividida em blocos e avaliada na forma de seminários.

Pereira (2018), em seu trabalho desenvolvido em uma disciplina de química geral experimental, buscou realizar a inserção dos princípios da QV, com enfoque CTS, numa IES de Manaus. Tal estudo buscou investigar as contribuições dos experimentos adaptados no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Os autores constataram que a QV e o enfoque CTS contribuíram não somente na aprendizagem dos conteúdos específicos, mas também na atitude dos estudantes em relação ao ambiente natural.

No Brasil, a QV, envolvendo a área de Ensino de Química, é um campo em ascensão. Um exemplo de pesquisa sobre a QV e o ensino pode ser vista no trabalho desenvolvido por Brandão et. al (2018), que fez uma busca e posterior análise de quantidade de publicações relacionadas à QV no ensino ao longo dos anos em artigos selecionados a partir da análise de 260 revistas nacionais indexadas no sistema Qualis A1, A2 e B1 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), na área de Ensino. Tal pesquisa demonstrou que esse número é extremamente reduzido, mas vem crescendo. A autora explica que esse resultado se deve ao fato de que a QV ainda é um tema de baixo conhecimento por parte de muitos docentes, mas que a visibilidade está aumentando em virtude das reformas curriculares, da necessidade de contextualização e da preocupação em formar o aluno crítico, que sabe pensar e tomar decisões fora do contexto escolar.

Essa pesquisa também mostrou que Carlos Alberto Marques e Vânia Zuin são os autores mais produtivos sobre QV e o ensino, e que as referências mais vistas são '*Green Chemistry - Os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa*' e '*Green Chemistry: theory and practice*' e os autores mais citados: Wildson Santos e Paul Anastas. Das revistas analisadas, a autora apontou que das treze revistas que possuem publicações sobre o ensino, destacam-se a revista Química Nova na Escola com 11

publicações e a Revista Brasileira de Ensino de Química com 7 trabalhos. Brandão destaca que é uma área que está em crescimento, e sua análise mostrou que, a maior parte dos materiais investigados por ela fala sobre aplicações dos princípios da QV no ensino, mas não sobre o ensino da QV.

Brandão sugere que os professores ainda não possuem conhecimento sobre QV e por isso acabam não relacionando a QV com o conhecimento que transmitem aos seus alunos. No estudo realizado por Marques (2012), com professores de Química de escolas médias e superiores, numa região da Itália, para descobrir sobre a viabilidade de adotar o enfoque permitido (questões ambientais) pela Química Verde no ensino da química e a prática pedagógica por eles desenvolvida. Foram entrevistados catorze professores de escolas da região do Vêneto. As entrevistas foram semi estruturadas e registradas por áudio. Os professores foram escolhidos por causa de sua atuação na disciplina de química, acessibilidade à escola, disponibilidade e conhecimento da revista *Green*.

Assim, como premissa, considerou-se que o professor, ao se deparar com uma proposta de abordagem de problemas ambientais a partir da perspectiva de QV, toma em análise e a confronta com suas concepções e práticas pedagógicas, podendo, em grau variado, adotá-la ou rejeitá-la em seu trabalho escolar. (MARQUES, 2012, p. 323)

Os professores foram questionados sobre tempo de docência, tipo de escola, seu conhecimento da QV, se trabalha com temas da QV, se conhece a revista *Green*, se utiliza a revista com os alunos, quais temáticas ambientais usam com seus alunos, se aqueles que não usam possuem intenção de adotar. Com base nas respostas e análises feitas pelo autor, ainda percebe-se que mesmo os professores engajados e disponíveis a QV, e que possuem autonomia didática e curricular, por vezes demonstram resistência à mudança do seu estilo de pensar, tanto em relação à QV quanto à visão de ciência, mesmo no currículo e na prática didática tradicional.

A pesquisa também demonstrou à baixa influência dos textos da revista *Green* na prática docente. Da mesma forma, foram poucos os que afirmaram usar com frequência temas de QV em suas aulas, ainda que estes demonstrassem conhecimento e disponibilidade em usar em algumas situações de ensino. O autor aponta que mesmo com esse resultado, não diminui a importância de se ter um instrumento para a circulação dessas ideias, como no caso da revista *Green*, mas que existe a necessidade de aprofundar mais a dimensão pedagógica no desenvolvimento da QV na educação química escolar.

Quando se fala em desenvolvimento da QV na educação química escolar, faz-se necessário analisar as concepções que os alunos possuem sobre o assunto. Um estudo realizado por Maximiano (2009) investigou como os estudantes de graduação em química da Universidade de São Paulo (USP) supõem uma relação entre as áreas clássicas e as novas áreas da química, como a QV. Foram consideradas para investigação também as concepções de alunos para a “Química Ambiental” e de “Química Verde”. O estudo ocorreu por meio de análise de mapas conceituais confeccionados pelos alunos. Nestes mapas o intuito foi que os alunos mostrassem as concepções sobre química ambiental e química verde, e as relações que ocorrem entre elas e as cinco áreas tradicionais da química (Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica, Físico-Química e Bioquímica).

Com base nos dados obtidos o autor aponta que a utilização de mapas conceituais foi útil para possibilitar a reflexão dos graduandos quanto à ciência química, assim como a sua organização para avaliar o conhecimento dos assuntos desejados e analisar as relações correspondentes estabelecidas com a química ambiental e a QV e com as demais áreas da química, mas que em geral, os alunos apresentaram dificuldades em expressar concepções inclusivas e integradas sobre os tópicos de química ambiental e QV, como sugerida pelas atuais intenções da educação química.

Possibilitar ao aluno a compreensão e apropriação dos princípios da QV é especialmente relevante porque esse aluno conseguirá pensar e analisar os problemas que ocorrem ao seu redor, se tornando participante na sociedade. Oka, Neiverth e Machado (2017) relacionam a discussão relativa à questão ambiental, através da QV, no trabalho que aborda o impacto do descarte de óleo vegetal usado na rede Estadual de Pontal do Paraná, tendo em vista que sua insolubilidade o torna difícil de ser tratado e separado, e acaba gerando impactos ao ambiente e a proposta de sua reutilização, como a produção de biodiesel, de sabão, de tintas, entre outros produtos. Esta reutilização por sua vez se encaixa no princípio 6 da QV, que fala sobre economia de energia, e no princípio 7, que fala sobre matérias-primas de fonte renovável (PRADO, 2003).

Nesse contexto, o trabalho realizou ações em conjunto com a Associação dos Moradores de Pontal do Paraná (AMPP), para a área de Educação e Conscientização Ambiental de estudantes, professores e funcionários da Rede Estadual do município. Para o desenvolvimento foram elaborados materiais ilustrativos, panfletos informativos, conversas dirigidas com os alunos, professores e funcionários, assim como foram deixados tambores de 50 litros nos colégios visitados, esses tambores foram utilizados para a captação do óleo e a AMMP ficou responsável pelo recolhimento e destinação adequada para empresas de beneficiamento do óleo coletado.

Neste mesmo contexto de buscar formar um aluno-cidadão crítico e atuante, Coelho e Marques (2007) buscam mostrar a importância da contextualização na química. No atual panorama de graves problemas ambientais, a QV vem se consolidando como um campo de pesquisa e, desta forma, conseguindo instigar o modo de refletir sobre as atividades químicas e seus impactos ao ambiente.

Os autores apontam a falta de contextualização de uma situação problema na região de mineração do carvão em Criciúma (SC), onde a investigação foi realizada. Considera-se importante que exista um trabalho pedagógico que envolva situações de contexto, ou seja, que estão na realidade do aluno, para que dessa forma exista uma aproximação dos temas químicos sociais ao referencial *freireano* e da QV. A investigação foi realizada com um grupo de professores. Na etapa inicial buscou-se saber o que os professores compreendiam por situações-problema cotidianas do local. Em seguida uma entrevista com professores e, posteriormente, foi realizada a leitura de um texto que caracterizava aquele local da mineração do carvão, como área crítica nacional no que se refere ao controle da poluição. Os resultados, após análise dessas entrevistas, mostraram que boa parte dos professores não tinha uma compreensão mais ampla da realidade na qual viviam em relação à poluição e de sua não utilização no ensino de Química, existindo o domínio de abordagens descontextualizadas e distantes da realidade dos alunos e dos seus saberes sobre o contexto em questão.

Para que os alunos desenvolvam senso crítico é preciso um esforço para que os professores consigam adotar propostas químicas sociais em suas práticas pedagógicas. Um exemplo de proposta dos temas químicos sociais já vem sendo desenvolvida pelo grupo inserido no Projeto Ensino de Química e Sociedade – PEQUIS, por meio do livro didático “Química e Sociedade” (SANTOS, MÓL e colaboradores, 2005). Este material é de fácil acesso pelos professores da área e está em circulação no mercado. A abordagem química contida nesse material é feita com base nos aspectos sócio científicos.

Essa concepção de inserir o professor na Educação Ambiental (EA) também merece atenção. Isso pode ser percebido no XV Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), onde o tema educação ambiental aparece pela primeira vez no trabalho de Santos e Cunha (2017), que categorizam as concepções presentes nos artigos da área de EA publicados. Os artigos analisados foram categorizados nas correntes de EA propostas pela pesquisadora LucieSauvé (2005), sendo também avaliada a quantidade de vezes que uma determinada corrente esteve presente nesses artigos.

A maioria dos trabalhos analisados apresentou correntes consideradas por Sauvé como antigas (Científica e Resolutiva, Conservacionista/Recursista, Sustentabilidade, Ecoeducação), porém as correntes mais atuais que, em sua grande parte, conseguem fazer uma relação entre social e ambiental, também estão presentes. Isso mostra que a relação entre o social e ambiental começa a manifestar-se nas concepções dos pesquisadores como uma tentativa de fomentar novos significados para a sociedade.

A inserção da QV para alunos de graduação de Química também pode ser vista no trabalho de Costa (2018), no qual a autora realizou uma pesquisa-ação no estado de Goiás, onde fez um levantamento documental nos Projetos Pedagógicos dos cursos de graduação de Química ofertados. Após isso, criou-se uma atividade lúdica para inserir nesses cursos a temática da QV e de seus princípios, no formato de Júri, no qual os sujeitos foram os personagens. Com a análise dos dados obtidos, a autora apontou a necessidade de se trabalhar esse tema com os alunos, já que existe essa lacuna na formação, além de favorecer o processo de ensino-aprendizagem ao colocar o aluno como protagonista do seu aprendizado.

No trabalho desenvolvido por Sandri (2019), a autora, em sua pesquisa-ação de doutoramento, buscou inserir a QV e o enfoque em CTSA na formação de licenciandos em Química de uma IES brasileira, com o objetivo de desenvolver juntamente aos sujeitos os conhecimentos e procedimentos referentes a temática, em diferentes modelos de abordagens da QV no ensino. A diferença de complexidade desses modelos - onde o mais simples só aplica os fundamentos da QV em experimentos e o mais complexo, no qual o ensino não ocorre de maneira segmentada e busca sempre articular conhecimentos científicos, ambientais, culturais, políticos, históricos - mostrou que considerar restringir a abordagem de QV somente à experimentação limita fortemente sua inserção e difusão, inclusive na Educação Básica.

Nos últimos anos, a Sociedade Brasileira de Química – SBQ, através de sua divisão de Química Ambiental, tem concentrado esforços para realizar encontros temáticos dentro das suas reuniões anuais com o objetivo de definir linhas de atuação. No ano de 2001, ocorreu o II Workshop sobre Gerenciamento de Resíduos Químicos em Pesquisa e Ensino, assim como o 1º Workshop sobre Ensino de Química Ambiental, nos quais se reuniram professores, pesquisadores e alunos com afinidades na área, que foi incluída nos Parâmetros Curriculares

Nacionais para os Cursos de Graduação em Química, instituídos através da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Em Santa Cruz do Sul, no Rio Grande do Sul, em 2000, aconteceu o VIII Encontro de Química da Região Sul, cujo tema central foi o *Destino de Resíduos de Produtos Químicos nas Universidades*. Porém, só recentemente algumas universidades brasileiras vêm se mostrando preocupadas com o gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados nos seus laboratórios, tanto de ensino quanto de pesquisa (CETESB).

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

4.1 O QUE É PESQUISA?

De acordo com Gil (2007), a pesquisa é definida como:

(...)procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. (2007, pg. 17)

Uma pesquisa só pode ser iniciada se existir uma pergunta que se deseja responder. Ou seja, o ato de pesquisar é buscar responder uma questão.

4.2 O QUE É METODOLOGIA?

Metodologia é o estudo da organização, dos meios percorridos ao se realizar uma pesquisa (Fonseca, 2002). Etimologicamente significa o estudo dos caminhos, dos instrumentos empregados ao se fazer uma pesquisa científica.

4.3 O QUE É PESQUISA CIENTÍFICA?

Diz-se pesquisa científica como sendo o resultado de uma investigação minuciosa realizada visando resolver um problema, através de procedimentos científicos. Para Lefehld (1991) a pesquisa é a inquisição, o procedimento metódico e organizado, cujo objetivo é descobrir e significar os dados presentes na realidade em questão.

4.4 TIPOS DE PESQUISA

4.4.1 Quanto à abordagem

Dividem-se em dois tipos: a qualitativa e a quantitativa

4.4.1.1 A pesquisa qualitativa

Neste tipo de pesquisa, o pesquisador (cientista) é sujeito e objeto de pesquisa ao mesmo tempo. Existe imprevisibilidade no desenvolvimento da pesquisa. O pesquisador possui conhecimento parcial e limitado. O objetivo da amostra é de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991).

A pesquisa qualitativa é caracterizada por objetivar o fenômeno. As ações são hierárquicas, visam compreender e explicar o fenômeno, observar as diferenças entre social e natural, tem existência real em relação ao caráter de interação entre os objetivos buscados pelo cientista, bem como as teorias e dados empíricos. A busca de dados é fidedigna e entende que não existe um só modelo de pesquisa para toda a ciência.

4.4.1.2 A pesquisa quantitativa

Para Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa pode ser entendida como:

(...) os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre as variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

A TABELA 2 faz um comparativo entre os principais aspectos da pesquisa qualitativa e da pesquisa quantitativa.

TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS ASPECTOS DA PESQUISA QUALITATIVA COM OS DA PESQUISA QUANTITATIVA

Aspecto	Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Enfoque na interpretação do objeto	Menor	Maior
Importância do contexto do objeto de pesquisa	Menor	Maior
Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Alcance do estudo no tempo	Instantâneo	Intervalo maior
Quantidade de fontes de dados	Uma	Várias
Ponto de vista do pesquisador	Externo a organização	Interno a organização
Quadro teórico e hipóteses	Definidas rigorosamente	Menos estruturadas

Fonte: FONSECA, 2002.

4.4.2 A natureza da pesquisa

Existem dois tipos: a básica e a aplicada. Na pesquisa básica, o objetivo é gerar novos conhecimentos para a ciência, envolvendo interesses universais. Já na pesquisa aplicada, o objetivo de conhecimento é aplicação e envolve interesses locais.

4.4.3 Em relação aos objetivos

Existem três grupos: a pesquisa exploratória, a pesquisa objetiva e a pesquisa explicativa (GIL, 2007), definidas a seguir:

- Exploratória: O objetivo desse tipo de pesquisa é favorecer a familiaridade em relação ao problema, visando explicitá-lo e/ou construir hipóteses. Em geral essas pesquisas envolvem: levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos. E geralmente são classificadas como pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

- Descritiva: Esse tipo de pesquisa exige que o investigador busque diversas informações sobre o que deseja pesquisar. Ocorre nessa pesquisa a descrição de fatos e fenômenos de determinada realidade. Estudos de caso, análise documental, pesquisa *ex-post-facto* são exemplos de pesquisa descritiva (TRIVIÑOS, 1987).
- Explicativa: A preocupação nesse tipo de pesquisa é identificar os fatores determinantes ou contribuintes na ocorrência dos fenômenos. Através dos resultados, a pesquisa explica o porquê das ocorrências. Podem ser continuação de uma pesquisa descritiva. E são classificadas como: experimentais e *ex-post-facto*.

4.4.4 Em relação aos procedimentos

Através da pesquisa, ocorre a aproximação e o entendimento em relação à realidade a se investigar, em um processo continuamente incompleto. Para desenvolver uma pesquisa é necessário selecionar um método; a escolha dependerá das características que a pesquisa apresentar, podendo-se aliar inclusive métodos qualitativos e quantitativos.

4.4.4.1 Pesquisa experimental

Existe um planejamento rigoroso em relação a esse tipo de pesquisa. Existe a formulação exata do problema e de suas hipóteses, havendo delimitação de variáveis (TRIVIÑOS, 1987).

4.4.4.2 Pesquisa de campo

Além de levantamento de bibliográfico, faz uso de coleta de dados junto às pessoas através dos recursos de diferentes pesquisas, como: ação, participante, etc.

4.4.4.3 Pesquisa participante

Nesse tipo de pesquisa, o pesquisador se envolve com os sujeitos investigados. Programas públicos ou plataformas políticas são exemplos de pesquisa participante.

4.4.4.4 Pesquisa-ação

Para Fonseca (2002), a pesquisa-ação é descrita como:

A pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa. O objeto da pesquisa-ação é uma situação social situada em conjunto e não um conjunto de variáveis isoladas que se poderiam analisar independentemente do resto. Os dados recolhidos no decurso do trabalho não têm valor significativo em si, interessando enquanto elementos de um processo de mudança social. O

investigador abandona o papel de observador em proveito de uma atitude participativa e de uma relação sujeito a sujeito com os outros parceiros. O pesquisador quando participa na ação traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização da sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. A reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador (FONSECA, 2002, pg. 35).

Um panorama elaborado através de diversos conceitos apresentados por teóricos da área, Marcelo Garcia (1999) apresenta a seguinte definição para pesquisa-ação:

A investigação-ação propõe um tipo de indagação em que os problemas de investigação surgem a partir da própria prática de um professor ou grupo de professores. Os pressupostos teóricos e metodológicos da investigação são semelhantes aos da investigação etnográfica ou fenomenológica [...]. Sendo uma investigação qualitativa, predomina o estudo de caso, a procura dos significados inerentes à prática das pessoas implicadas, a observação participante, triangulação, documentos escritos, como métodos de recolha de informação, e a negociação como método de análise dos dados. (GARCIA, 1999, p.180).

Outra definição um pouco diferenciada é de Bogdan e Biklein (1994), na qual a pesquisa-ação é tida como uma coleta de dados sistemática visando promover mudanças sociais, e ainda complementam:

Os seus praticantes reúnem dados ou provas para denunciar situações de injustiça ou perigos ambientais, com o objetivo de apresentar recomendações, tendentes à mudança. A inovação aplicada, [...] procura resultados que possam ser utilizados pelas pessoas para tomarem decisões práticas relativas a determinados aspectos de sua vida. A investigação-ação é um tipo de investigação aplicada na qual o investigador se envolve ativamente na causa da investigação (Bogdan; Biklein, 1994, p. 293).

4.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

O trabalho é desenvolvido em laboratório, porém, o experimento em si não é o foco, ele é importante, mas é a Química Verde que conduziu a experimentação para obtenção dos dados da pesquisa.

Este trabalho é de natureza qualitativa, do tipo participante (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Existem cinco características básicas da pesquisa qualitativa:

- a) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento;
- b) Os dados coletados são predominantemente descritivos;
- c) A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto;
- d) O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador;
- e) A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

Para o desenvolvimento desse trabalho, os instrumentos para constituição de dados serão:

1. Observação das aulas experimentais de maneira participante;

Ao realizar uma observação participante, o pesquisador participa ativamente dos fatos, aprendendo o significado que as pessoas atribuem para cada ato. Trata-se de observar e registrar fielmente fatos que estão diretamente ligados ao problema de estudo. A observação se revela de extrema utilidade na descoberta de aspectos novos de um problema e também possibilita a coleta de dados em situações nas quais é impossível estabelecer outras formas de levantamento ou de comunicação (LUDKE; ANDRÉ, 1986).

Isso é corroborado por Moreira (2002), que conceitua a observação participante como “uma estratégia de campo que combina ao mesmo tempo a participação ativa com os sujeitos, a observação intensiva em ambientes naturais, entrevistas abertas informais e análise documental”.

Para Brandão (1984), ao se optar pela observação participante como opção metodológica, o objetivo é de proceder dentro da realidade, de maneira não intrusiva, visando a redução de comportamento efetuado, ou sua artificialidade. Partilhar hábitos e papéis com os sujeitos faz com que o pesquisador encontre condições favoráveis de observação – fatos, situações ou comportamentos – que seriam difíceis de ocorrer ou talvez fossem adulterados ou reprimidos na presença de um estranho. Bogdan & Taylor (1998) destacam que, partindo da observação, a nota de campo surge como uma importante ferramenta nesse tipo de observação, o que evidencia a documentação escrita que o observador produz.

A nota de campo é o local onde se anotam, diariamente, os eventos da observação e a progressão da pesquisa. Nela pode estar contida a dimensão de cunho mais interpretativo das anotações, pois ao se considerar essa observação, o pesquisador já pode fazer o registro analisando o acontecimento (POLIT & HUNGLER, 1995).

2. Analisar as atividades diárias geradas pelos alunos, após as práticas realizadas, para verificar como os alunos entenderam os fundamentos da Química Verde;

Ao realizar uma análise documental, podemos complementar informações obtidas através de outras técnicas, mostrando novos aspectos de um problema. A análise documental busca obter informações factuais partindo de questões de interesse dentro do documento escolhido. Uma grande vantagem em se trabalhar com documentos, é que esses são uma fonte rica e confiável de informações e podem ser consultados a qualquer tempo. Os documentos servem para fundamentar afirmações e declarações do pesquisador. Outro ponto favorável é o baixo custo que a análise requisita (LUDKE; ANDRÉ, 2013).

Os documentos são todas as ações que apresentam indícios dos feitos produzidos pelo homem, nos quais revelam suas ideias, opiniões e a maneira que vivem. Assim sendo, pode-se apontar como documentos os materiais escritos, de numeração ou de estatística, de reprodução de som ou imagem e objetos (BRAVO, 1991).

Calado (2005) considera os documentos como fonte de dados brutos para o investigador e através de sua análise ocorre um conjunto de transformações, operações e

verificações, para que ocorra a significação desses dados atribuídos ao problema que está em investigação.

3. Aplicação de questionário para os alunos participantes: se é relevante aprender sobre QV; saber se o curso está atendendo essa demanda de conteúdo e qual a importância do conteúdo na visão desses futuros profissionais.

Um questionário levantador de dados é um instrumento que nos permite entrar em contato com aquele que responde. Tal interação é dirigida por aquilo que permitiu a confecção do mesmo, o que nos dá o modelo, a imagem. E é essa imagem que permite a aproximação do fenômeno que deriva do equipamento de interpretação. Através da concepção do questionário é que se têm respostas, por isso, a importância de se colocar questões abertas no questionário, dessa maneira, existe a tentativa de captar dados mais espontâneos, menos previsíveis (FREITAS, 2000).

O questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas que o informante deve responder por escrito, e o pesquisador não deve estar presente. Esse instrumento serve para levantar opiniões, crenças, interesses, expectativas, conhecimentos e situações já vivenciadas pelos sujeitos. O questionário deve possuir clareza de linguagem, ouse já, ser simples e direto, para que ao responder o sujeito compreenda sem problemas a questão (GERHARD & SILVEIRA, 2009).

5 CARACTERIZAÇÃO DA DISCIPLINA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA DISCIPLINA E DO PÚBLICO NA QUAL A METODOLOGIA SERÁ APLICADA

A disciplina escolhida para o desenvolvimento da proposta foi uma disciplina experimental, ofertada pelo Departamento de Química da UFPR para os cursos de Farmácia e Engenharia Química, com carga horária total de 60 horas, ministrada em 15 encontros de 4h cada, denominada de QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL.

A ementa contempla: (1) Técnicas básicas de laboratório de química orgânica; (2) Introdução experimental à caracterização de funções orgânicas; (3) relação entre estrutura e propriedades; (4) métodos de obtenção, reações e mecanismos de reações de compostos orgânicos; (5) Técnicas básicas de laboratório de química orgânica.

O conteúdo programático da disciplina é constituído por (1) noções de segurança laboratorial; (2) segurança com produtos químicos; (3) determinação de propriedades físicas de compostos orgânicos; (4) extração com solventes; (5) purificação de sólidos e líquidos; (6) separação de misturas; (7) cromatografia; (8) transformações funcionais.

Os objetivos da disciplina é dar ao estudante uma visão geral dos compostos orgânicos e de suas reações, bem como iniciá-los nas técnicas experimentais mais comuns em química orgânica.

A bibliografia recomendada é composta por livros de química orgânica tais como:

- SOLOMONS, T. W. G. Química Orgânica, vol. 1 e 2, 6ª ed., Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1996.
- PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. Introduction to Organic Laboratory Techniques. A contemporary Approach. Saunders College Publishing, 1988.
- VOGEL'S. A Textbook of Practical Organic Chemistry. Longman Scientific & Technical, N. Y. 1989, 5th ed.

O processo de avaliação da disciplina ocorre por meio de provas teórico-práticas, conduta dos alunos durante os experimentos, relatórios dos experimentos realizados e de seminários, dependendo sempre do professor responsável pela disciplina no momento.

A relação de experimentos e sua sequência são de escolha exclusiva do docente responsável pela turma, que leva em conta, principalmente, a que curso se destina a disciplina.

Os experimentos mais utilizados na disciplina de Química Orgânica Experimental foram analisados com base nos princípios da QV para definir as alterações necessárias e sua sequência na disciplina.

A disciplina é didaticamente dividida em duas partes: na primeira parte são discutidos e realizados os experimentos envolvendo as técnicas e a segunda parte são as sínteses. A distribuição da carga horária disponibilizada entre a parte de técnicas e de rotas de síntese na disciplina fica em torno 50/50 ou 60/40, de acordo com a escolha do docente responsável.

5.1.1 Análise do primeiro bloco: técnicas experimentais da Química Orgânica

Primeiramente, a Química Orgânica é o ramo da Química que se destina ao estudo da composição e das propriedades de compostos que possuem o carbono como principal elemento químico na sua constituição. Além do carbono, a maioria das moléculas orgânicas pode apresentar elementos como: hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, halogênios e enxofre. A presença desses elementos ou não nas moléculas, o tipo de ligação realizada e a geometria molecular determinam algumas propriedades físicas e químicas gerais dos compostos orgânicos.

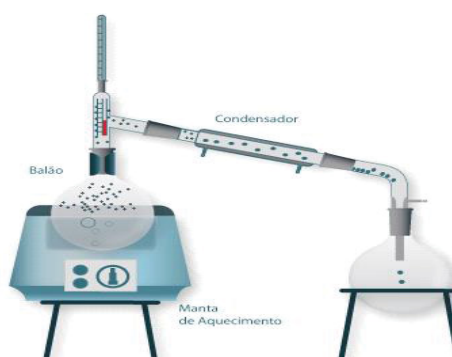
Os compostos orgânicos se diferenciam dos outros através de determinadas propriedades como: polaridade, solubilidade, temperatura de fusão e ebulição, combustibilidade.

No laboratório de ensino de química orgânica experimental, essas propriedades são determinadas e discutidas com os alunos, através de técnicas experimentais, que evidenciam essas propriedades. São ditas como técnicas experimentais de química orgânica: Destilação simples e fracionada, Destilação por arraste, Hidrodestilação, Extração simples e múltipla, Extração ácido/base, Ponto de fusão e ebulição, Solubilidade, Cromatografia, entre outras.

Abaixo estão descritas as técnicas já realizadas no laboratório:

- a) **Destilação simples:** Técnica usada para mostrar o processo de separação de um líquido de uma substância não volátil (um sólido, por exemplo), ou de um ou mais líquidos presentes que possuem diferença no ponto de ebulição maior que 80°C. É uma técnica que se respeitando seus limites, é rápida e fácil, devendo ser utilizada sempre que possível. Frequentemente utilizada para mostrar aos alunos os pontos positivos e negativos para purificar um líquido ou separar uma mistura de líquidos. Para realizar uma destilação simples, utiliza-se a aparelhagem mostrada na Figura 2:

FIGURA 2 – APARELHAGEM UTILIZADA PARA REALIZAR UMA DESTILAÇÃO SIMPLES



Fonte da imagem: Labvirtual, 2020.

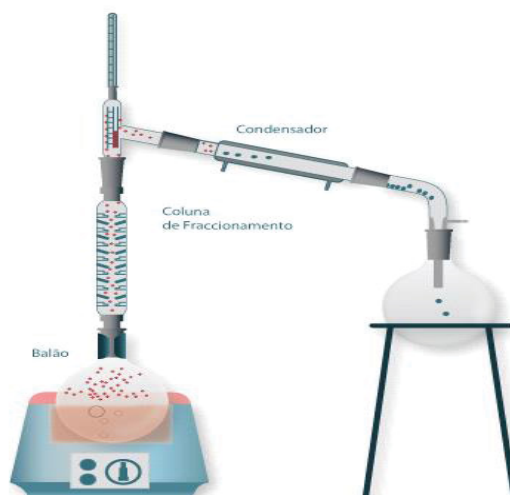
No balão é colocada a mistura ou substância a ser destilada, essa sofre aquecimento, os vapores produzidos por esse aquecimento passam pelo condensador de Liebig onde são

resfriados e transformam-se novamente em líquido através do processo de condensação. Caso haja parte sólida, a mesma fica no balão, pois não é volátil. Propriedades que podem ser discutidas com os alunos: ponto de ebulição, transformação física, interação intermoleculares, misturas homogêneas.

No laboratório, em geral o condensador de Liebig normalmente utilizado é para destilar volumes de 100 a 200 mL. Em geral é usada uma mistura binária etanol/diclorometano em diferentes proporções nas aulas de destilação, essa mistura é escolhida por causa da disponibilidade e preço dos reagentes, pela grande diferença entre seus pontos de ebulição que são 78,3°C e 39,6°C respectivamente, e por essas duas substâncias não formarem mistura azeotrópica.

b) Destilação fracionada: Essa técnica é utilizada para separar os componentes de uma mistura que possui dois ou mais líquidos constituintes. Os equipamentos utilizados são basicamente os mesmos da destilação simples, existindo a adição de um equipamento chamado de coluna de fracionamento. Para realizar uma destilação fracionada, utiliza-se a aparelhagem mostrada na figura 3:

FIGURA 3 – APARELHAGEM UTILIZADA PARA REALIZAR UMA DESTILAÇÃO FRACIONADA.



Fonte da imagem: Labvirtual, 2020.

O procedimento é semelhante ao da destilação simples, inicialmente coloca-se a mistura no balão, inicia-se o aquecimento, a partir daí os dois líquidos começam a se transformar em vapor e se deslocam para a coluna de fracionamento, na qual passam a competir por um mesmo espaço. Como a coluna de fracionamento possui obstáculos (recheada com pérolas de vidro ou porcelana ou pontas de vidro) e pouco espaço livre, somente um dos vapores consegue atravessar. Apenas o vapor do líquido de menor ponto de ebulição consegue atravessar a coluna, pois quanto menor o ponto de ebulição, menor também é a densidade do vapor. Ao atravessar a coluna de fracionamento, esse

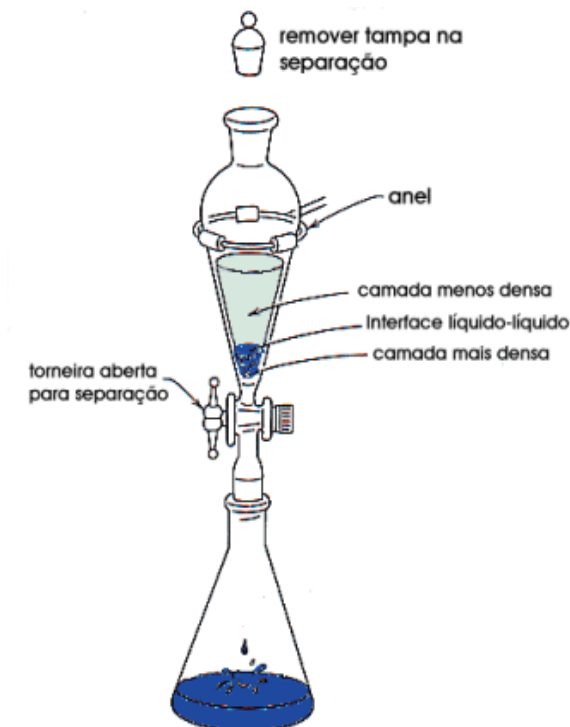
vapor do líquido de menor ponto de ebulição, entra no condensador de Liebig onde é resfriado e transforma-se novamente em líquido através do processo de condensação. O líquido condensado é recolhido no frasco coletor. Caso existam mais de dois líquidos, cada um é recolhido separadamente, atentando-se aos pontos de ebulição de cada fração.

No laboratório, esta técnica ilustra a separação de misturas líquidas cujos p.e. sejam muito próximos entre si. Nessa técnica, a vidraria composta pelo condensador de Liebig é acrescida de uma coluna de fracionamento chamada de coluna de Vigreux. Os alunos normalmente trabalham com alíquotas de 100 até 200 mL de mistura para destilar. Assim como na destilação simples, geralmente se utiliza a mistura binária de etanol/diclorometano só diferindo quanto à proporção entre os líquidos, até mesmo porque dessa maneira é possível fazer um comparativo dos resultados obtidos entre as duas destilações e discutir com os alunos os resultados.

c) Destilação por arraste de vapor: Esta técnica ilustra a separação de misturas através do arraste de substâncias imiscíveis presentes em uma matriz vegetal pelo arraste de vapor d'água, entrando em ebulição abaixo de 100°C. É um método de extração de óleo essencial através de hidrodestilação. Geralmente nesse experimento é utilizado o cravo da Índia como matriz vegetal em virtude do alto teor de óleo essencial na inflorescência e também porque o óleo essencial é riquíssimo de eugenol. Essa hidrodestilação é realizada usando o mesmo equipamento da destilação simples, o condensador de Liebig, como já mostrado na figura 2.

d) Extração simples e extração múltipla: A extração simples e múltipla fazem parte da extração líquido-líquido, que trata-se da técnica na qual uma solução aquosa é colocada em contato com um segundo solvente orgânico imiscível com o primeiro solvente, com o propósito de colocar em transferência um ou mais solutos para o segundo solvente. Essas transferências (separações) podem ser simples, limpas, rápidas e em muitos casos pode ser feita através de agitação num funil de separação. Na química orgânica esse tipo de extração é utilizado para separar, purificar e concentrar certas substâncias. A propriedade física na qual essa técnica se baseia é a solubilidade. A figura 4 mostra um funil de separação utilizado para realizar extração:

FIGURA 4 – FUNIL DE SEPARAÇÃO UTILIZADO NUMA EXTRAÇÃO.



Fonte da imagem: QMC, 2020.

Essa técnica é usada para ilustrar o conceito de coeficiente de distribuição de um determinado soluto num sistema de solventes imiscíveis em contato. Podendo se comparar a extração em uma única etapa (simples), com um processo em várias etapas (múltipla).

No laboratório tradicionalmente se utiliza uma solução aquosa contendo iodo (I_2) e iodeto de potássio (KI), como solutos e hexano ou diclorometano como solventes extratores. A escolha desses solutos é amparada pela diferença de coloração, fazendo com que seja mais fácil a visualização. A fase orgânica após a extração contendo o iodo é deixado para que o solvente evapore naturalmente, com isso ocorre perda de iodo por sublimação.

e) Extração com solvente ativo: Essa técnica é utilizada quando se deseja separar dois compostos orgânicos e ambos são solúveis no mesmo solvente. Então é realizada uma reação para transformar quimicamente o composto. Este experimento é usado pra ilustrar a técnica de extração usando solventes quimicamente ativos, ou seja, a separação é decorrente da mudança das propriedades físicas dos compostos iniciais promovida por uma reação química do soluto com o solvente.

Alguns compostos orgânicos, mesmo de baixa solubilidade em água, podem ser transformados em derivados solúveis em meio aquoso. As funções orgânicas ácidas ou básicas, depois de serem tratadas com uma base ou um ácido inorgânico forte, respectivamente, originam sais solúveis.

A extração com solvente ativo ou também conhecida como extração ácido/base ocorre em funil de separação assim como na extração simples e múltipla anteriormente mencionada.

De modo geral, a mistura contendo um ácido e uma base (ou mais), é dissolvida num solvente adequado, por exemplo, éter ou diclorometano, e transfere-se para um funil de separação. Então uma solução aquosa ácida ou básica é adicionada, fazendo com que o pH da fase aquosa seja ajustado e o composto de interesse adquira a forma pretendida. Agita-se o funil e aguarda a formação de fases para poder separar a fase na qual o composto de interesse está presente. Repete-se o procedimento com esta fase em pH oposto. A sequência não importa e os processos podem ser repetidos para melhorar a separação. Ao final do processo é conveniente ter um composto dissolvido na fase orgânica, que após o processo de evaporação eleva a qualidade do produto.

A teoria que fundamenta essa técnica está baseada nos sais, que são iônicos, e tendem a ser solúveis em água, já que as moléculas neutras tendem a não ser. Ao se adicionar um ácido sobre a solução que contém um ácido orgânico e uma base, ocorre a protonação da base, e o ácido permanece descarregado. Enquanto que, ao se adicionar uma base numa solução contendo um ácido orgânico e uma base, ocorrerá a desprotonação do ácido, formando o sal correspondente e a base continua descarregada. Esse procedimento de extração ácido-base também pode ser utilizado para separar ácido muito fracos de ácidos mais fortes e também bases muito fracas de bases mais fortes, desde que exista uma diferença significativa nos valores de pK_a e/ou pK_b .

Tradicionalmente no laboratório esse experimento é realizado utilizando uma mistura de ácido benzóico e dibenzalacetona e soluções aquosas de NaHCO_3 e NaOH , HCl concentrado, hexano ou diclorometano. A fase orgânica posteriormente é deixada para evaporar naturalmente.

f) Cristalização ou Recristalização: Este experimento é usado pra ilustrar a técnica de cristalização ou recristalização, usada para purificar um sólido impuro ou quando se precisa obter o produto principal de uma reação orgânica que são sólidos a temperatura ambiente. A técnica se baseia na diferença de solubilidades de um sólido em um solvente ou em uma mistura de solventes. A recristalização como o próprio nome indica, consiste em cristalizar um sólido novamente, a partir de sua solução num determinado solvente.

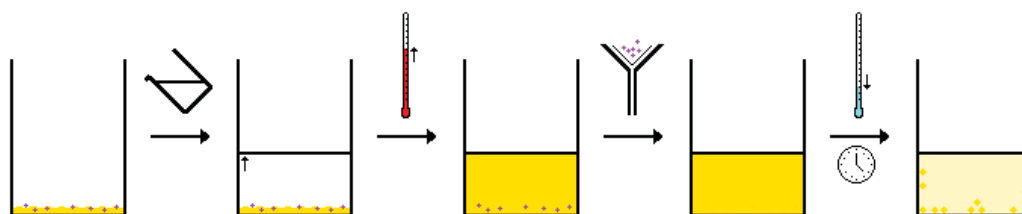
O princípio dessa técnica consiste em dissolver o composto sólido em um solvente quente e logo esfriar lentamente. Em baixa temperatura, o material dissolvido tem solubilidade reduzida, ocorrendo o crescimento de cristais. Deixar que esses cristais terem um crescimento lento, camada por camada, acaba produzindo um produto com uma pureza mais elevada, pois as impurezas ficam em solução. Quando esse

crescimento é rápido, ou seja, a solução é resfriada rapidamente, as impurezas acabam sendo arrastadas junto com o precipitado, produzindo produto impuro ao invés de cristais.

A primeira parte da técnica de cristalização I consiste na escolha do solvente ideal, um bom solvente não deve reagir com o soluto, apresentar alta solubilidade à temperatura elevada (normalmente no ponto de ebulição), e baixa solubilidade a temperaturas baixas (geralmente entre 0°C e 25°C).

Na segunda parte da técnica de cristalização II, ocorre a solubilização do sólido à quente (temperatura do ponto de ebulição do solvente), e se necessário, faz-se uso carvão ativo, depois filtração da solução a quente para remoção das impurezas, após resfriamento lento para obtenção de cristais, filtração a vácuo para separar o solvente e então ocorre a secagem dos cristais por evaporação. A figura 5 representa o processo de recristalização:

FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE RECRISTALIZAÇÃO



Fonte da imagem: FCIENCIAS, 2020.

No laboratório tradicionalmente são utilizados como soluto os sólidos obtidos de reações preparadas no laboratório de aulas anteriores, tais como: ácido benzóico, ácido salicílico, ácido acetilsalicílico, acetanilida, para-nitro-acetanilida, dibenzalacetona e os solventes disponíveis para teste são: água, água:etanol, etanol, acetona, acetato de etila e éter de petróleo. Os alunos partem de 2g de soluto impuro e utilizam o solvente que eles escolherem.

g) Ponto de fusão: Este experimento é usado pra ilustrar a técnica de determinação o ponto de fusão de um sólido. Um sólido quando funde, passa de seu estado sólido cristalino, perfeitamente ordenado, para o estado líquido, fluido e aleatório. Para que esta mudança ocorra é necessária uma quantidade de calor específico, este calor é chamado de “calor de fusão”, e a temperatura que tal mudança ocorre é chamada de *ponto de fusão*. O ponto de fusão é a temperatura na qual o primeiro cristal começa a fundir até a temperatura em que o último cristal desaparece, com isso engloba uma faixa de fusão com uma variação de temperatura mínima de cerca de 0,5 a 1,0°C, podendo variar até 3°C. Todo sólido puro possui ponto de fusão definido e reprodutível. Nesta prática os alunos utilizam o aparelho de ponto de fusão e analisam os pontos de fusão do sólido que eles purificaram no processo de cristalização I e II, além de fazer um comparativo dos pontos de fusão do produto puro com o produto impuro, também medido por eles.

5.1.2 Análise do segundo bloco: Transformações químicas

São ditas transformações químicas ou reações químicas, as transformações de novos produtos originados a partir de substâncias submetidas a alterações em suas características iniciais, chamadas de reagentes.

Essas reações ocorrem através dos mais diversos fatores: junção de substâncias, calor, luz, corrente elétrica, ação mecânica, entre outras.

Em grande parte dessas reações, essas transformações são percebidas através do seu aspecto físico e estrutural, demonstrada por essas substâncias. Ao sofrer uma reação, essas substâncias mudam de cor, podem variar a temperatura, podem liberar gás, podem precipitar ou liberar chamas.

Em Química Orgânica, reações químicas, são aquelas que envolvem transformações com compostos que apresentam carbono. Geralmente são classificadas em três tipos principais: Reação de Adição, Reação de Substituição e Reação de Eliminação.

As reações de adição ocorrem quando existe a adição de um átomo ou de um grupo de átomos em um carbono de uma ligação dupla ou tripla. Ocorre o rompimento da ligação pi e originam-se vários tipos de compostos. As principais reações de adição são: hidrogenação, halogenação, hidro-halogenação e hidratação.

As reações de substituição, geralmente ocorrem quando há troca de pelo menos um átomo de hidrogênio da molécula de um hidrocarboneto por um grupo substituinte. As principais reações de substituição são: nitração, sulfonação e halogenação.

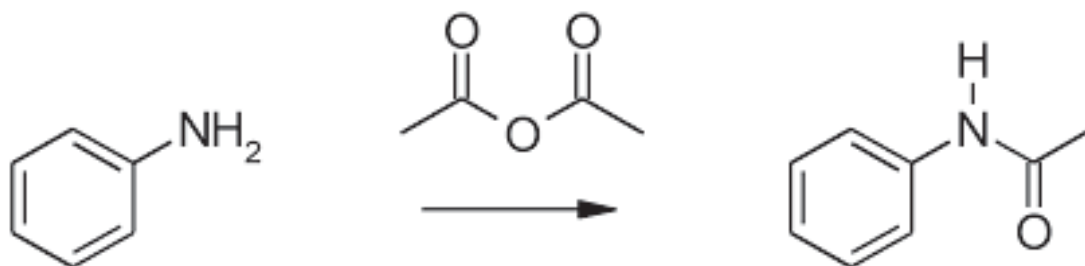
As reações de eliminação são caracterizadas pela saída de ligantes de uma molécula sem que ocorra a substituição desses ligantes por outros. A desidratação intramolecular de álcoois é um exemplo de reação de eliminação.

No Laboratório de Ensino de Química Orgânica Experimental, algumas reações de transformação são trabalhadas com os alunos. Abaixo se encontra uma listagem dessas reações, bem como a análise verde para que as mesmas se adequem aos Princípios da Química Verde, ou indicação de substituição:

h) Síntese da acetanilida: Este experimento é usado pra ilustrar as reações de acetilação, muito comuns em fármacos em geral. Uma reação de acetilação consiste na reação que introduz um grupo acila num composto orgânico. A acetilação de uma amina trata-se de uma reação ácido-base de Lewis, no qual, um grupo amino básico realiza um ataque nucleofílico sobre o átomo de carbono carboxílico.

A acetilação da anilina leva a formação da acetanilida que é um sólido branco, de fórmula molecular $C_8H_9NH(COCH_3)$. A figura 6 mostra a equação química de transformação da acetanilida:

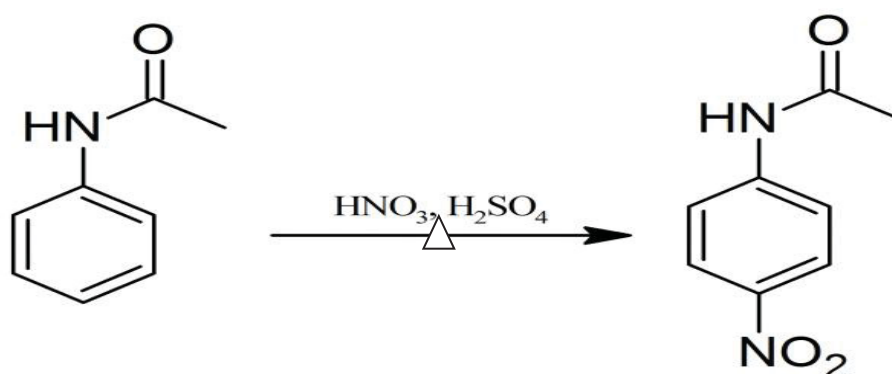
FIGURA 6 – EQUAÇÃO QUÍMICA DE TRANSFORMAÇÃO DA ACETANILIDA



Foi um dos primeiros analgésicos usados para substituir os derivados da morfina. Atualmente seu uso como analgésico foi descontinuado, pois é considerada hepatotóxica, além de causar problemas no transporte de oxigênio. Sendo substituída por seus derivados, como o ácido acetilsalicílico e o paracetamol. A acetanilida é purificada com água, e quando pura, seu ponto de fusão é de exatamente 114°C, e por isso, ela pode ser utilizada como padrão para calibração de aparelhos de ponto de fusão. A reação ocorre em condensador de refluxo, e os reagentes empregados são: anilina, ácido acético glacial, anidrido acético, durante 30 minutos.

i) **Síntese da p-nitroacetanilida:** Este experimento é usado pra ilustrar as reações de substituição eletrofílica aromática. A nitração da acetanilida obtida anteriormente dá origem preferencialmente à p-nitroacetanilida ou 4-nitroacetanilida. A figura 7 mostra a equação química de transformação da p-nitroacetanilida:

FIGURA 7 – EQUAÇÃO QUÍMICA DE TRANSFORMAÇÃO DA P-NITROACETANILIDA



Na nitração da acetaminilida ocorre a substituição de um átomo de hidrogênio do anel aromático por um grupo nitro (-NO₂), utilizando ácido nítrico (HNO₃) e ácido sulfúrico (H₂SO₄) a quente.

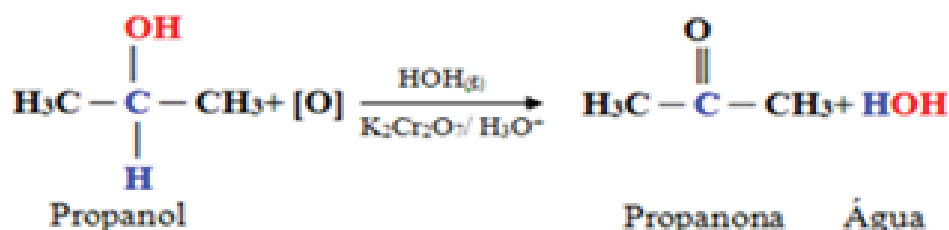
A nitração é uma das reações mais características do núcleo aromático, sendo a reação mais influenciada pelos efeitos ativadores e desativadores das substituições eletrofílicas, porém, envolve a manipulação de dois ácidos inorgânicos

fortes. A mistura sulfonítrica (ácido sulfúrico e ácido nítrico ambos concentrados) é o agente de nitração mais empregado. O ácido nítrico atua como agente nitrante e o ácido sulfúrico como agente desidratante. A prática utiliza a acetanilida com ácido acético glacial, após ocorre à adição do ácido sulfúrico e então adiciona-se o ácido nítrico. Esse experimento envolve controle de temperatura, inicialmente começando entre 0-2°C, não podendo ultrapassar 10°C.

j) Síntese da propanona: Este experimento é usado pra ilustrar as reações de oxidação. A oxidação de um álcool implica na perda de um ou mais hidrogênios do carbono que está ligado ao grupo –OH. A substância resultante vai depender do número de hidrogênios que o álcool possuir, ou seja, se for primário, secundário ou terciário. Nesse experimento utiliza-se o álcool secundário isopropanol (C₃H₈O) que perde seu único hidrogênio na reação dando origem a uma cetona. A oxidação do isopropanol dá origem à propanona. A propanona também conhecida como acetona é um líquido incolor de fórmula molecular C₃H₆O. Sua produção se dá de maneira geral pela desidrogenação ou peroxidação do álcool isopropílico.

Habitualmente no nosso laboratório para se obter acetona realiza-se a oxidação do álcool secundário isopropanol, utilizando uma mistura de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) com ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. A figura 8 representa a equação de transformação do isopropanol:

FIGURA 8 – EQUAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO DO ISOPROPANOL

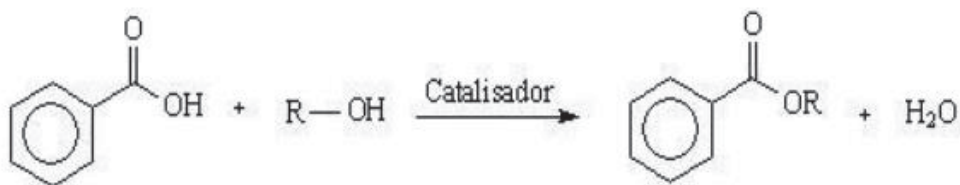


Fonte da imagem: Manual da química, 2020.

Neste experimento existe o risco associado ao mexer com o dicromato de potássio (que contém o metal Cr⁺⁶). Nessa forma o cromo é reconhecido como carcinógeno humano. A exposição ao cromo hexavalente pode ocorrer através da inalação, contato com a pele e ingestão. Além de câncer, a exposição pode causar dermatite alérgica, úlceras na pele, cicatrizes e até perfurações do septo nasal. Conforme a reação ocorre o dicromato de potássio antes laranja, vai se transformando em sais de cromo (Cr⁺³), tornando o meio colorido, em tom de verde. O cromo é um metal pesado de efeito acumulativo, causador de diversos problemas a saúde e ao meio ambiente. Com isso o resíduo gerado nessa reação é altamente perigoso.

k) Síntese do benzoato de metila: Este experimento é usado pra ilustrar a obtenção de ésteres a partir de ácidos carboxílicos (reações de esterificação de Fisher). A figura 9 representa a equação de transformação associada a esterificação de Fisher.

FIGURA 9 – EQUAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO ASSOCIADA A ESTERIFICAÇÃO DE FISHER



A esterificação do ácido benzóico dá origem ao benzoato de metila cuja fórmula molecular é C₆H₅COOCH₃. A preparação do éster pode ocorrer por caminhos bem distintos, mas o método mais simples é a esterificação de Fischer, na qual o ácido carboxílico (ácido benzóico) reage com o álcool (metanol) na presença de um catalizador (normalmente um ácido inorgânico forte, no caso ácido sulfúrico). O ácido sulfúrico atua como catalisador heterogêneo. O metanol é usado em excesso no lugar do ácido benzóico para forçar a reação no sentido dos produtos, que são benzoato de metila e água (Solomons, 2000).

O inconveniente nesse processo é que ela é uma reação de equilíbrio, o que acaba dificultando a obtenção de rendimentos mais elevados. Outras desvantagens a se destacar nessa prática são: geração de outros produtos (oxidação e hidrólise, por exemplo), corrosão de equipamentos, processos de purificação exaustivos (devido ao problema de separar o ácido do éster), produção de grandes volumes de resíduo ácido, e uso de solventes orgânicos.

Nesta prática utiliza-se o ácido benzóico, álcool metílico e ácido sulfúrico concentrado, e a reação ocorre em sistema de refluxo por 2 horas.

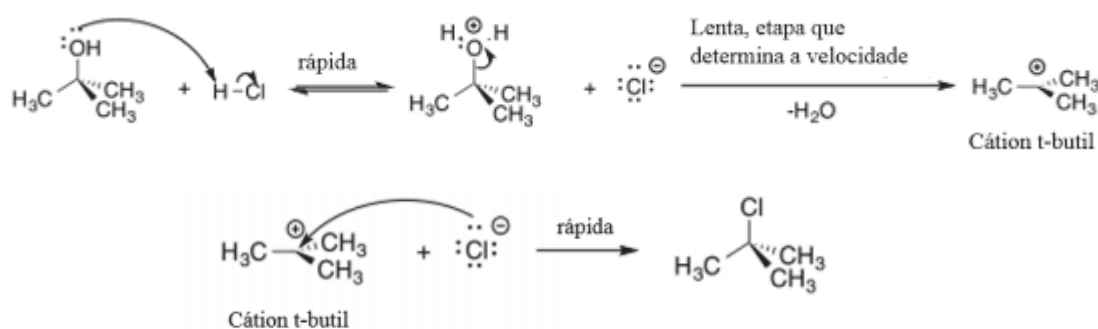
l) Síntese do nitro-benzoato de metila: Este experimento é usado pra ilustrar as reações de substituição eletrofílica aromática. A nitração da benzoato de metila obtido anteriormente dá origem preferencialmente a p-nitroacetanilida. A nitração é uma das reações mais características do núcleo aromático, sendo a reação mais influenciada pelos efeitos ativadores e desativadores das substituições eletrofílicas, porém, envolve a manipulação de dois ácidos inorgânicos fortes. A mistura sulfonítrica (ácido sulfúrico e ácido nítrico ambos concentrados) é o agente de nitração mais empregado. O experimento utiliza o éster aromático já sintetizado, benzoato de metila e uma mistura sulfonítrica, enquanto a reação ocorre em sistema de refluxo por uma hora. Os riscos associados a essa prática envolvem a solução sulfonítrica, que apresenta forte caráter oxidante e corrosivo.

m) reações de substituição nucleofílica bimolecular. Uma reação de substituição nucleofílica é aquela na qual, um nucleófilo, dito “rico em elétrons”, substitui em uma

posição eletrofílica, dita como “pobre em elétrons”, de uma molécula, átomo ou grupo. Podendo ocorrer de duas formas, a SN1 e a SN2. Na primeira, o grupo abandonador deixa o carbono com carga positiva (carbocátion), então depois disso o nucleófilo ataca este carbono formando o produto. Já na segunda, a única forma do átomo de carbono aceitar elétrons é se ele perder elétrons ao mesmo tempo, ocorrendo a quebra da ligação do grupo abandonador de maneira sincronizada com a formação da ligação com o nucleófilo. Já na SN2 o processo ocorre numa única etapa. Existe o ataque pela parte de trás, o que significa que o nucleófilo aproxima-se do substrato com um ângulo de 180° em relação ao grupo abandonador. Com isso existe uma minimização da repulsão estérica e eletrônica entre o substrato e o nucleófilo.

A conversão do t-butanol da origem ao cloreto de terc-butila que é um líquido incolor e sua fórmula molecular é $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$, sendo pouco solúvel em água. Trata-se de um haleto de alquila formado através da conversão de um álcool via meio de reação substituição nucleofílica do tipo SN1. A figura 10 mostra a equação de transformação do cloreto de terc-butila.

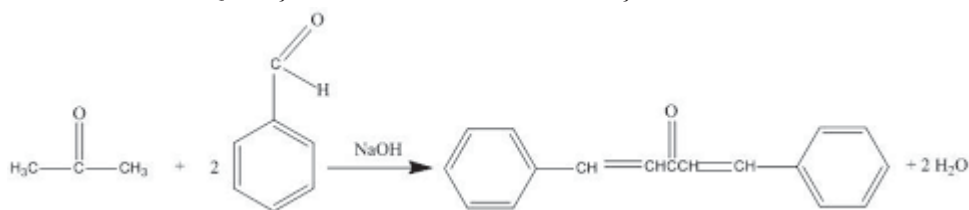
FIGURA 10 – EQUAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO DO CLORETO DE TERC-BUTILA



No experimento é utilizado álcool t-butílico, ácido clorídrico concentrado, solução de bicarbonato de sódio 5%. A reação pode ser realizada no próprio funil de separação.

n) Síntese da dibenzalacetona: Este experimento é usado para ilustrar a reação de condensação aldólica, conhecida como reação de Claisen-Schmidt. Esse tipo de reação pode ocorrer entre compostos carbonilados que possuem hidrogênio α , estes compostos podem pertencer à mesma classe, isto é, serem aldeídos, cetonas, ésteres, entre outros, ou podem pertencer a classes diferentes, por exemplo, um aldeído e uma cetona, como no caso do preparo da dibenzalacetona, que ocorre entre o benzaldeído e a propanona. A figura 11 mostra a equação de transformação da dibenzalacetona.

FIGURA 11 – EQUAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO DA DIBENZALACETONA



Esse tipo de reação sofre controle estequiométrico podendo gerar a benzalacetona ou a dibenzalacetona. Para que exista formação significativa de dibenzalacetona é preciso que um dos reagentes não condense com ele mesmo, que é o que acontece com o benzaldeído, por não possuir hidrogênios α . A benzalacetona, que é o composto intermediário formado na primeira condensação, possui hidrogênios ácidos, que originam facilmente uma segunda condensação. Esta reação ocorre somente em meio alcalino, devido ao papel do íon hidróxido no mecanismo da reação. Com isso, a benzalacetona reage com outra molécula de benzaldeído através do mesmo mecanismo formando então a dibenzalacetona.

A dibenzalacetona é um composto de fórmula molecular $\text{C}_{17}\text{H}_{14}\text{O}$ utilizada na indústria farmacêutica em anti-inflamatórios e na produção de cosméticos e protetores solares.

Nesse experimento são utilizados aldeído benzóico, propanona, solução de hidróxido de sódio e etanol para que a reação ocorra, e etanol para recrystalizar a dibenzalacetona.

Ao realizar esse levantamento dos experimentos e de seus reagentes e equipamentos, também foram sendo anotados os valores médios que cada um deles gerou de resíduos nos semestres anteriores. Esses valores médios serão discutidos nos resultados, quando poderão ser comparados aos valores encontrados com os novos experimentos.

6 ANÁLISE VERDE E UNIDADE DIDÁTICA

6.1 ANÁLISE VERDE

Após o levantamento dos experimentos realizados na disciplina, foi realizada uma Análise Verde dos mesmos, para verificar quais deles atendiam os 12 Princípios da Química Verde, quais medidas poderiam ser tomadas para que os princípios fossem atendidos, e quais experimentos poderiam ser trocados.

De posse dos 12 Princípios cada experimento foi analisado, a fim de perceber quais reagentes poderiam ser alterados, se as quantidades poderiam ser reduzidas para gerar menos resíduos, se existiam vidrarias ou equipamentos que tornassem o experimento mais eficiente e menos perigoso.

Da mesma forma, a análise verde também se deu nos dois blocos: Bloco 1 – Técnicas experimentais de Química Orgânica e Bloco 2 – Reações de Transformações Químicas.

6.1.1 Análise verde do primeiro Bloco: Técnicas experimentais de Química Orgânica

a) Destilação Simples: Para a adequação da técnica aos princípios da QV, optamos por diminuir o volume de mistura utilizado, por consequência reduzir a escala da vidraria para compatibilizar com o volume reduzido. Trocar os componentes da mistura binária por solventes menos tóxicos e que possam então ser reaproveitados na rotina laboratorial, por exemplo, acetona/água, que são substâncias menos tóxicas, não formam mistura azeotrópica e mesmo que o p.e. das substâncias puras seja maior, 56°C e 100°C, respectivamente, a destilação e separação dos componentes é facilmente visível para os alunos. Com isso, ocorrerá também ganho de eficiência energética, pois um menor volume levará menos tempo para destilar, gastando assim menos energia e menos água para resfriar o condensador. O resíduo gerado será de água e acetona, como estarão separados, os alunos podem reutilizar a acetona para limpar vidrarias. Além das propriedades já citadas, o professor pode discutir com os alunos sobre a redução no volume de mistura, uso de substâncias menos agressivas, reutilização das mesmas, e preocupação em minimizar acidentes já que os alunos estarão lidando com escala reduzida e menores quantidades de substâncias.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 6, 11 e 12.

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

6 Ao se reduzir o volume de solventes e adequando a vidraria, o tempo do experimento também diminui, aumentando a eficiência energética do mesmo.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

b) Destilação Fracionada: Para adequar a destilação fracionada aos princípios da QV, as mesmas medidas relacionadas a destilação simples devem ser aplicadas, redução de volume de mistura, por consequência redução de escala de vidraria e troca da mistura utilizada. Isso também fará com que exista um ganho de eficiência energética. E o resíduo também de acetona poderá ser reutilizado.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 6, 11 e 12.

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

6 Ao se reduzir o volume de solventes e adequando a vidraria, o tempo do experimento também diminui, aumentando a eficiência energética do mesmo.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

c) Destilação por arraste de vapor: Para que esta prática se adéque mais aos princípios da QV, o condensador de Liebig foi substituído por aparelho do tipo Clevenger modificado. Para realizar uma destilação por arraste usando Clevenger, utiliza-se a aparelhagem mostrada na figura 12:

FIGURA 12 - APARELHAGEM PARA DESTILAÇÃO POR ARRASTE USANDO CLEVENGER



Fonte da imagem: Laborquimi, 2020.

Foi escolhido trabalhar com o Clevenger modificado para que a destilação por arraste de vapor ocorra, mas sem que água retorne pelo condensador garantindo excelentes rendimentos e estabilidade térmica para os produtos da extração. Geralmente nesse experimento é utilizado o cravo da índia como matriz vegetal em virtude do alto teor de óleo essencial na inflorescência e também porque o óleo essencial é riquíssimo

de eugenol, que obtém resultados econômicos mais viáveis e excelente qualidade do produto final.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 6, 7, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

6 Ao se reduzir o volume de solventes e adequando a vidraria, o tempo do experimento também diminui, aumentando a eficiência energética do mesmo.

7 Utilização de matriz vegetal: cravo da Índia

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

d) Extração simples e múltipla: Para adequar o experimento aos princípios da QV, pode-se substituir a solução de iodo/iodeto por uma fonte renovável de matéria prima, como por exemplo, o chá mate ou mesmo o café que possuem altos teores de cafeína presente e esta apresenta as características ideais de solubilidade (uma baixa solubilidade em água fria e alta solubilidade em alguns solventes orgânicos). Outra adaptação pode ser reduzir a quantidade de solvente extrator utilizada e se possível trocar para um solvente de menor toxicidade ao meio. A redução do volume da alíquota implica em uma redução de escala de vidraria de modo a gerar uma menor quantidade de resíduos. Outra medida é não deixar a fase orgânica evaporar naturalmente e sim utilizar o rotaevaporador, para que o solvente possa ser reutilizado no laboratório e não vá diretamente ao meio ambiente.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 7, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

7 Utilização de matriz vegetal: chá mate

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

e) Extração com solvente ativo: Para adequar o experimento aos princípios da QV, foi utilizado medicamentos na forma de comprimidos. Foram escolhidos aqueles que continham em sua formulação um composto ácido (ácido acetil salicílico) e outro básico (cafeína), por exemplo: o Melhoral®, por apresentarem baixa toxicidade à manipulação e também quando de seu descarte. Da mesma forma anteriormente argumentada na extração simples e múltipla, pode ser reduzir a quantidade de solvente extrator utilizada, e se possível trocar para um solvente de menor toxicidade ao meio. A

redução do volume da alíquota implica em uma redução de escala de vidraria de modo a gerar uma menor quantidade de resíduos. Outra medida é não deixar a fase orgânica evaporar naturalmente e sim utilizar o rotaevaporador, para que o solvente possa ser reutilizado no laboratório e não vá diretamente ao meio ambiente.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 7, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

7 Utilização de comprimidos como recurso de matéria-prima

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

f) Cristalização e recristalização: Para adequar esse experimento aos princípios da QV, foi proposto um redimensionamento da quantidade de soluto inicial de modo a minimizar a quantidade de solvente utilizado. Foi sugerido a utilização de compostos de baixa toxicidade à manipulação, como exemplo a cafeína e o ácido acetilsalicílico das aulas de extração, desta maneira o melhor solvente para purificação que deve ser de baixo custo, baixa toxicidade e não ser inflamável.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 7, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Utilização de solventes e auxiliares mais seguros

7 Utilização de comprimidos como recurso de matéria-prima e do chá mate

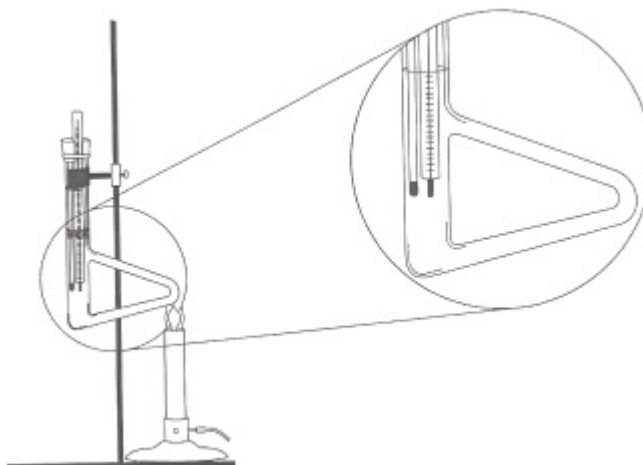
11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

g) Ponto de fusão: Esse experimento já se adequa aos princípios da QV, pois já ocorreu a substituição do tubo de Thiéle pelo equipamento de ponto de fusão que demanda cerca 3mm de material e sem uso de fogo direto e óleo quente, tornando o experimento mais seguro.

A figura 13 mostra um sistema para determinar o ponto de fusão através do tubo de Thiéle:

FIGURA 13 - SISTEMA PARA DETERMINAR O PONTO DE FUSÃO ATRAVÉS DO TUBO DE THIÉLE



Fonte da imagem: QCONCURSOS, 2020.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 6, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

5 Ao utilizar o equipamento de medição de p.f. não se gastam solventes como na metodologia por Thiele.

6 Ganho de eficiência energética ao utilizar equipamento que pode aquecer e resfriar mais rapidamente, que as vidrarias ao se realizar triplicata de medidas

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

6.1.2 Análise verde do segundo Bloco: Transformações químicas

h) Síntese da acetanilida: Para adequar esse experimento aos princípios da QV, foi proposto um redimensionamento da quantidade de reagentes utilizados no experimento que implica em uma redução na escala de vidraria de modo a gerar uma menor quantidade de resíduos.

Princípios da QV abordados: 1, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

i) Síntese da p-nitroacetanilida: De modo que os princípios da QV sejam contemplados, indicado reduzir as quantidades dos reagentes utilizados, para que os riscos associados sejam menores.

Princípios da QV abordados: 1, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

j) Síntese da propanona: Para adequar esse experimento aos princípios da QV, foi proposta a substituição do o agente oxidante por outro que seja menos tóxico e perigoso, uma sugestão é alterar para hipoclorito de sódio em meio ácido. Porém ainda assim o experimento precisa ser conduzido em capela de exaustão, pois libera um cheiro (gás Cl_2) bastante irritante.

Princípios da QV abordados: 1, 5, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

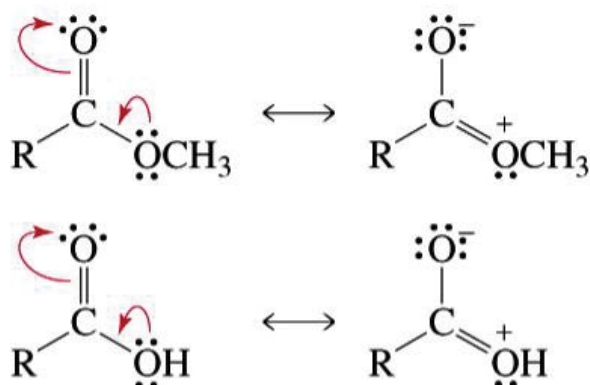
5 Ao utilizar o equipamento de medição de p.f. não se gastam solventes como na metodologia por Thiéle.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

k) Síntese do benzoato de metila: O experimento é de difícil adequação aos princípios da QV sendo indicada somente a redução das quantidades dos reagentes utilizados, para que os riscos associados sejam menores. A formação de ésteres se dá através da reação entre ácido carboxílico com álcool. Como o $-\text{OH}$ e o $-\text{OR}$ possuem basicidade similar, a reação é um equilíbrio, e para deslocar o equilíbrio na formação do éster, usa-se excesso de álcool. Os ésteres são derivados dos ácidos carboxílicos, com isso a escolha do ácido por parte do professor, também pode levar a discussão sobre Reatividade do ácido carboxílico quanto do derivado formado, através do efeito de estabilização π de ressonância (alta ou baixa dependendo do R) – A figura 14 representa o efeito indutivo $-I$ (alto ou baixo).

FIGURA 14 – IMAGEM REPRESENTANDO A RESSONÂNCIA DE ÉSTERES E ÁCIDO CARBOXÍLICO



Uma sugestão seria produzir outro(s) produto(s) via esterificação de Fisher como, por exemplo, os ésteres usados como aromatizantes, podendo ser o acetato de etila (aroma de maçã), produzido através de ácido acético com etanol (menos tóxico que metanol) em presença de ácido sulfúrico.

Princípios da QV abordados: 1, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

l) Síntese do nitro-benzoato de metila: O experimento é de difícil adequação aos princípios da QV sendo indicado somente a redução das quantidades dos reagentes utilizados, para que os riscos associados sejam menores.

Princípios da QV abordados: 1, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

m) Síntese do cloreto de terc-butila: Para adequar esse experimento aos princípios da QV, foi proposto um redimensionamento da quantidade de reagente inicial de modo a minimizar a quantidade de solvente utilizado que implica em uma redução na escala de vidraria de modo a gerar uma menor quantidade de resíduos.

Princípios da QV abordados: 1, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

n) Síntese da dibenzalacetona: Este experimento é um bom exemplo para ilustrar o princípio 2 (economia de átomos), devido a estequiometria que a mesma apresenta. Para adequar esse experimento aos princípios da QV, foi proposto um ajuste nas quantidades de reagentes utilizados, de modo a gerar maiores rendimentos do produto final e menores quantidades de resíduos.

Princípios da QV abordados: 1, 2, 11 e 12

1 Esse princípio é destacado pois ao diminuir a quantidade e a toxicidade dos reagentes a Prevenção ocorre.

2 Economia atômica destacada pois a reação exige controle estequiométrico

11 Ao reutilizar ou pensar em como reutilizar ou minimizar a geração dos resíduos do experimento no decorrer do mesmo, ocorre a análise em tempo real de prevenção a poluição.

12 Diminuir os reagentes e por consequência a escala das vidrarias torna a manipulação por parte dos alunos mais segura.

6.2 UNIDADE DIDÁTICA

Com base na análise verde feita nos experimentos tradicionalmente realizados, foi elaborado um cronograma para a disciplina com a seguinte proposta que serviu de base para montagem da Unidade Didática:

Primeiro bloco: Técnicas

Destilação simples e fracionada (**roteiro adaptado à QV**);

Extração simples e múltipla (**roteiro adaptado à QV**);

Extração ácido/base (**roteiro adaptado à QV**);

Cristalização I e II (**roteiro adaptado à QV**);

Ponto de fusão é uma prática mantida;

Hidrodestilação de óleo de cravo utilizando Clevenger modificado (**roteiro adaptado à QV**);

Foi adicionado um experimento envolvendo a técnica de cromatografia em coluna com extrato de folha de beterraba. Esse experimento foi escolhido, pois utiliza matéria-prima de fonte renovável, possui maior eficiência energética, são seguras e geram menos resíduos (**roteiro adaptado à QV**). Inserir a técnica de cromatografia possibilita abordar diversos conceitos fundamentais à disciplina de química orgânica, tais como: polaridade, solubilidade, separação de misturas, interações intermoleculares, estrutura dos compostos químicos, entre

outras. Para tanto, foi feita uma pesquisa por materiais convenientes para trabalhar com o sistema cromatográfico em coluna (parte fixa e parte móvel), que se adaptem ao processo de ensino-aprendizagem bem como busquem atender aos princípios da Química Verde.

A cromatografia trata-se de um processo físico-químico de separação de misturas, e se baseia em como os componentes se distribuem diferencialmente devido as interações moleculares que ocorrem entre componentes da mistura e as fases cromatográficas, tanto a fixa (ou também chamada de fase estacionária) e fase móvel.

Utilizar pigmentos extraídos de produtos naturais (folhas de beterraba nesse caso) na separação cromatográfica proporciona uma abordagem didática e interessante para o aluno, além de permitir que os mesmos acompanhem a separação através da observação das cores dos pigmentos.

No experimento com folhas de beterraba, o extrato obtido é resultado da maceração das folhas com diclorometano. Com esse procedimento se obtém um extrato contendo os principais constituintes das folhas de beterraba que são: clorofila e carotenos. O extrato é submetido a uma coluna contendo sílica como fase estacionária e como fase móvel a mistura de solventes, hexano:acetato de etila, em concentrações variadas. Ao passar o extrato pela coluna os alunos podem observar a separação dos constituintes químicos presentes no extrato, através das cores dos mesmos.

Segundo bloco – Reações de Transformação Orgânica

Reação de transesterificação – obtenção de biodiesel (**roteiro incluído**); Foi inserida uma reação de transesterificação, que é uma reação química entre um éster e um álcool resultando em um novo éster e um novo álcool. Essa reação também foi escolhida devido ao fato de poder discutir um tema atual com os alunos, o biodiesel. Além de que esta reação busca atender aos princípios da Química Verde, ao se utilizar óleo de soja (usado ou não) como éster reagente, ou seja, uso de matéria-prima de fonte renovável. Nesta reação também os alunos retomarão o conceito de cromatografia, através de CCD para confirmação de reação.

Reação de redução de cetona usando cenoura (**roteiro incluído**),foi adicionada uma reação de redução enzimática utilizando cenoura como catalisador para abordar a biocatálise. As enzimas presentes na cenoura agem como catalisadores naturais realizando as transformações químicas em compostos orgânicos. Além disso, os biocatalisadores estão intrinsecamente ligados a Química Verde, pois: precisam de condições brandas de reação, em geral usam água como solvente e os reagentes são degradáveis. Outro fator que leva a escolher esse tipo de reação é quem ele oferece uma grande seletividade estereoquímica, outro ponto que pode ser discutido com os alunos no laboratório de Química Orgânica. Nesta reação também os alunos retomarão o conceito de cromatografia, através de CCD para confirmação de reação, essa CCD é importante também para mostrar aos alunos que a cromatografia não lida somente com materiais coloridos, e que existem outros métodos de revelação quando as substâncias não possuem cor.

Reação de obtenção do cloreto de terc-butila (**roteiro adaptado á QV**)

Síntese da dibenzalacetona (**roteiro adaptado à QV**).

Somente três experimentos tiveram seu roteiro incluído no cronograma de aulas proposto sem sofrer qualquer alteração, pois já haviam sido propostos dentro da química verde ou porque não foi passível de qualquer alteração.

Todos os outros experimentos tiveram seus roteiros adaptados de modo a permitir que o aluno se aproprie dos fundamentos da química orgânica com um enfoque verde. As adaptações constam na análise verde dos experimentos.

No cronograma, a ordem foi proposta de modo que os alunos ainda inexperientes e sem vivência de laboratório evolua gradativamente tanto no que se refere à manipulação de vidrarias para a realização das técnicas inicialmente de forma isolada e posteriormente das reações de sínteses quando, estes, já apresentem maior desenvoltura e possam reaplicar o que foi aprendido nas técnicas.

A seguir encontram-se as imagens comparativas das vidrarias tradicionalmente utilizadas e das vidrarias em escala reduzida para adequação dos experimentos.

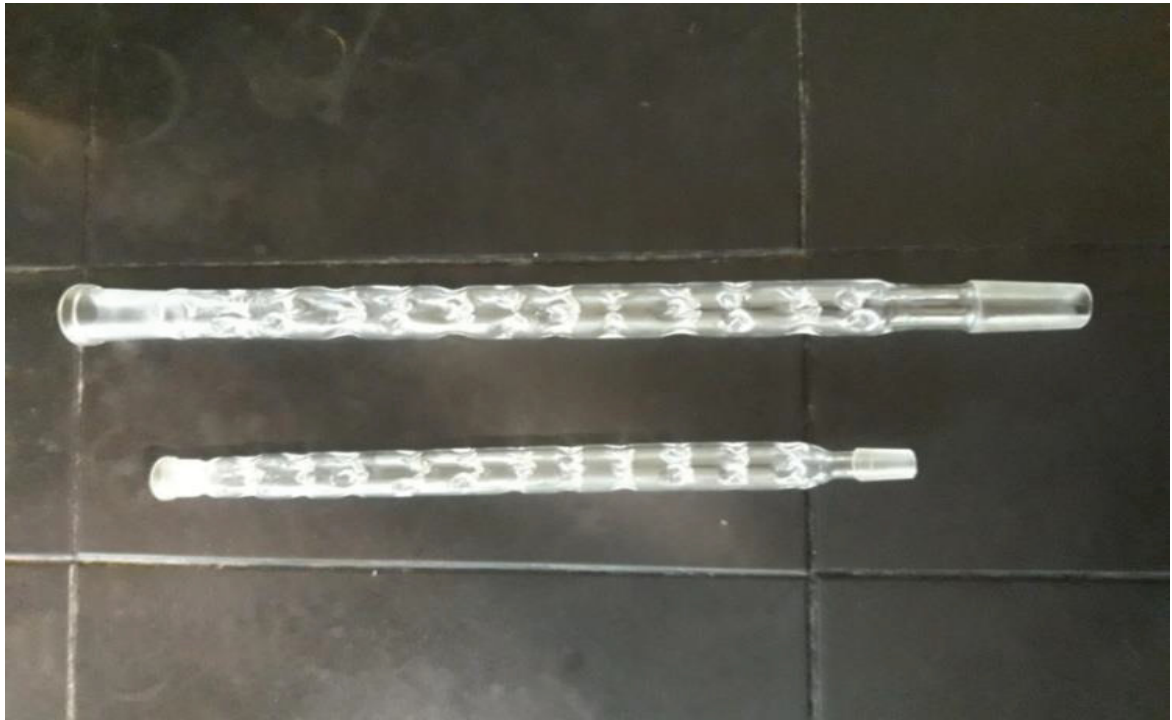
A comparação das vidrarias tradicionalmente utilizadas e aquelas em escala reduzida ilustra uma das adequações à QV sugeridas em vários experimentos (FIGURAS 15, 16, 17, 18 e 19).

FIGURA 15 – CONDENSADOR DE LIEBIG TRADICIONAL (SUPERIOR) E EM ESCALA REDUZIDA (INFERIOR)



FONTE: autora (2020).

FIGURA 16 – COLUNA DE VIGREUX TRADICIONAL (ACIMA) E EM ESCALA REDUZIDA (ABAIXO)



FONTE: Autora (2020).

FIGURA 17 – SISTEMA DE DESTILAÇÃO FRACIONADA TRADICIONAL (ABAIXO) E EM ESCALA REDUZIDA (ACIMA)



FONTE: Autora (2020).

FIGURA 18 – SISTEMA CLEVINGER ADAPTADO PARA HIDRODESTILAÇÃO



FONTE: Autora (2020).

FIGURA 19 – FUNIL DE SEPARAÇÃO TRADICIONAL (À DIREITA) E ADAPTADO, DE MENOR VOLUME (À ESQUERDA)



FONTE: Autora (2020).

FIGURA 20 – APARELHO DE PONTO DE FUSÃO (TECNOPON)



FONTE: Autora (2020)

Após a montagem desse cronograma e adaptação e testes dos experimentos, a Unidade Didática foi montada (APENDICE I), de modo a oferecer ao professor e aluno subsídios para entender os experimentos e o envolvimento da Química Verde na disciplina. Essa estrutura também foi escolhida lembrando que a disciplina precisa seguir uma ementa, então todas as adaptações realizadas e propostas visam seguir a mesma.

7 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram analisados a partir dos resultados obtidos através da aplicação do produto educacional proposto em 15 aulas, através de observação participante, análise de atividades diárias e 2 questionários (1 questionário inicial, de captação de informações e 1 questionário final, de levantamento de informações aprendidas pelos alunos ao longo da disciplina).

AULA 1 – Apresentação da disciplina e Questionário Inicial

Na primeira aula, para oportunizar maior interação e acompanhamento da disciplina e entendimento da rotina dentro do laboratório de orgânica, o ambiente laboratorial foi apresentado aos alunos, destacando os locais onde estão dispostos os reagentes sólidos e líquidos, vidrarias e demais equipamentos utilizados ao longo da disciplina, em especial, a conduta e locais apropriados ao descarte de resíduos sólidos e líquidos, lixo orgânico e descarte de vidraria quebrada. Os alunos foram orientados sobre a importância da utilização de equipamentos de proteção individual, do funcionamento de chuveiro e da ducha lava olhos em caso de acidente. Para o acompanhamento da disciplina existe uma apostila (produto educacional), que foi disponibilizada no sítio eletrônico do docente para que eles pudessem baixar e imprimir. Esse material (produto educacional) para o aluno encontra-se inserido na Unidade Didática do professor (APENDICE 1), que é composto também por textos complementares destinados à auxiliar o docente na discussão com os alunos.

Nesta primeira aula, o aluno pode acompanhar todas as informações fornecidas através do texto de apoio (Texto 1: Apresentação da disciplina), que fala sobre a disciplina, critérios de avaliação e conduta laboratorial e normas de segurança. Após o colóquio inicial, foi explicado aos alunos o objetivo da proposta educacional onde os experimentos geralmente utilizados na disciplina foram adaptados para atender aos princípios da Química Verde e que para fins de estudo, as atividades seriam analisadas, mas que a identidade dos alunos participantes seria mantida secreta, de acordo com o Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (APENDICE 2), que foi assinado pelos alunos participantes. Após isso os alunos foram indagados sobre o que sabem a respeito da Química Verde. Para isto foi aplicado um Questionário Inicial (APENDICE 3), para levantamento de conhecimentos prévios dos alunos. Após isso, oportunizou um debate sobre Química Verde com os alunos, e eles puderam ler então um texto de apoio cedido, Texto 2: Química Verde.

Observação da aula experimental 1 de maneira participante.

Nesta primeira aula, os alunos se mostraram atentos as informações passadas sobre o ambiente laboratorial e cuidados necessários. Quando explicado que os dados obtidos seriam analisados não houve qualquer recusa por parte deles e todos assinaram o TCLE. Após isso o Questionário Inicial foi aplicado, e em menos de 5 minutos todos já haviam entregue. Então quando receberam e começaram a ler o Texto 2: Química Verde, alguns alunos comentaram entre si: “Falei que tinha relação com o meio ambiente.” Então os princípios da Química

Verde foram apresentados na forma de diálogo, buscando sempre uma relação com a atuação profissional do farmacêutico. Na conversa ficou claro que os alunos acharam importante atender aos princípios e que estes, poderiam sim, ser aplicados nesta disciplina e em outras do curso de Farmácia.

Análise do Questionário Inicial

O objetivo do questionário inicial foi estabelecer um perfil dos alunos participantes da disciplina e de captar a percepção que os alunos tem sobre o tema.

- Perfil dos alunos

A turma é composta por 17 alunos do curso de Farmácia, dos quais 15 se declararam do gênero feminino e 2 do gênero masculino. A idade varia de 18 a 29 anos.

A periodicidade dos alunos no curso é de: 7 no 3º período, 5 no 4º período, 2 no 6º período, 1 no 7º período, 1 no 9º período e 1 não informou. Isso mostra que 70% da turma está no 3º e 4º período, ou seja, na periodização prevista na grade curricular do curso e, portanto, estes ainda não tiveram muito contato com disciplinas experimentais de química. Dos 17 alunos, somente 14 estão fazendo essa disciplina pela primeira vez

- QV e os alunos

2.1 A primeira questão: Você sabe qual é a definição de Química Verde?

GRÁFICO 1: RESULTADOS OBTIDOS PARA A PRIMEIRA QUESTÃO



Nesta primeira questão, 6 alunos (Alunos L, M, N, O, P e Q) responderam “*Não*” ou “*Não sei*”, 3 fizeram uma relação com a redução de resíduos nos experimentos, como:

“Química voltada a redução de resíduos dos experimentos.” - Aluno C.

“É a química que reduz os resíduos dos experimentos.” - Aluno A.

“É a química que visa a execução de experimentos gerando o menor volume possível de resíduos.” - Aluno B.

Outros 8 alunos, fizeram uma relação com o meio ambiente, como:

“Suponho que tenha relação com o meio ambiente, como reduzir os resíduos gerados na química e prejudicar menos o meio ambiente.” - Aluno D.

“Reduzir os danos no meio ambiente causados pelos resíduos dos experimentos realizados na Química.” - Aluno H.

“Química verde é um ramo que preza pelo meio ambiente utilizando de meios que diminuam os resíduos desde sólidos, líquidos e gasosos.” - Aluno I.

“Não sei, mas imagino que seja uma química mais preocupada com o meio ambiente.” - Aluno J.

“Não, mas provavelmente seja algo relacionado ao meio ambiente ou sustentabilidade usando princípios da química.” - Aluno K.

“O uso dos recursos e conhecimentos da química, como ciência prática e aplicável, com atenção para a conservação do meio ambiente. Seja na boa utilização de recursos hídricos, na diminuição de produtos tóxicos, na diminuição dos descartes etc.” - Aluno G.

“Imagino que tenha o objetivo de apresentar experimentos, fazer estudos e pesquisas na área da química que prejudique o ambiente o menos possível, gastando a menor quantidade possível de material.” - Aluno E.

“Acredito que algo relacionado a preservação ambiental ou que prejudique menos, com descarte correto, uso de menos reagente e reuso.” - Aluno F.

2.2 Na segunda questão: Você sabe quantos princípios existem como guia na Química Verde? Se souber algum ou todos, quais são esses?

Nessa questão, 15 alunos responderam “Não” ou “Não sei”.

O aluno M respondeu: *“Creio que seja algo relacionado a diminuir resíduos e danos ao meio ambiente, devido a introdução da aula.”*

O aluno G respondeu: *“Diminuir ao máximo a quantidade de lixo orgânico e inorgânico produzido. Bem como uma boa utilização desses recursos. O tratamento adequado dos resíduos produzidos, de maneira a devolver de forma adequada água e outros compostos ao meio ambiente.”*

2.3 A terceira questão: Durante as disciplinas que envolvem química que você já cursou, teve algum contato com a filosofia de Química Verde?

Nessa questão, também 15 alunos responderam “Não”, “Não sei” ou “Não me recordo”.

O aluno G respondeu: *“Disciplinas do curso de farmácia, para além do ciclo básico mencionam essa questão, mas não é chamado de “Química Verde” propriamente dita.”*

O aluno O respondeu: *“Não diretamente, um professor de Química Analítica citou poucas coisas sobre, mas nunca tive uma aula exclusiva do assunto.”*

2.4 Na quarta questão: Você acha importante ter contato com essa filosofia de Química Verde no seu curso?

O aluno Q respondeu: *“Não sei.”*

Os alunos C, E, I, J, L e M responderam que *“Sim”*.

O aluno F respondeu: *“Se for algo relacionado à resposta 1, sobre preservação, defendo e acho super importante”*.

O aluno K respondeu: *“Sim, como não possuo esse conhecimento seria interessante isso ser aprimorado”*.

O aluno H respondeu: *“Sim, pois conscientiza sobre os danos ao meio ambiente e pode ajuda na sua redução e preservação do meio ambiente”*.

O aluno D respondeu: *“Se minha suposição for correta e tratar-se de ajudar o meio ambiente, então sim, com certeza é importante”*.

O aluno N respondeu: *“Sim, pois o cuidado o mundo em que vivemos é algo muito importante e que deve estar inserido em todos os campos, ainda mais quando se trata da educação dos alunos. Inserir a química verde durante a graduação é importante, pois os alunos levarão essa filosofia ao longo da sua vida profissional”*.

O aluno P respondeu: *“Sim, pensando no que seria, além de que qualquer aspecto das químicas é interessante sermos apresentados ao menos uma vez”*.

O aluno B respondeu: *“Apesar de não ter contato com a definição, mostra a importância deste conceito, visto que a redução de qualquer tipo de resíduo é fundamental”*.

O aluno A respondeu: *“Sim, pois gera menos resíduos”*.

O aluno O respondeu: *“Sim, farmácia é um curso da área da Saúde e o cuidado com o meio ambiente está diretamente ligado à saúde”*.

O aluno G respondeu: *“Acho de extrema importância, uma vez que nosso impacto nesse planeta tem sido extremamente agressivo e todos os recursos essenciais para nossa existência estão escassos”*.

Através do diálogo com os alunos no laboratório e posterior análise das respostas obtidas nos questionários, ficou evidente a falta de conhecimento dos alunos acerca da QV. A falta de conhecimento não é somente sua definição e princípios, mas principalmente suas aplicabilidades voltadas às práticas de laboratório e à sua futura atuação profissional. Nesse primeiro momento já se mostra a relevância social de se trabalhar a temática da QV no âmbito da educação de nível superior. Esses alunos, expostos a uma nova maneira de olhar a química, começarão a participar das demais disciplinas experimentais com outros olhos, analisando quantidades de reagentes gastas, toxicidade de reagentes, geração de resíduos.

Isso é corroborado por Marques (1997), em seu trabalho *“As Bases Morais da Química Verde”*, no qual aponta o papel importante que a Química Verde tem em eliminar os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente, quando existe o uso de substâncias e de processo químicos que possuam potencial poluente ou que gerem riscos ambientais.

Então mostrar aos alunos esse papel da QV se mostra de tamanha importância.

❖ BLOCO 1 – TÉCNICAS

AULA 2 – Destilação simples e fracionada

No primeiro encontro as atividades experimentais foram iniciadas e de acordo com o cronograma de atividades proposto a primeira técnica a ser apresentada para os alunos, envolve destilação, os alunos submeteram uma mesma mistura bicomponente (propanona:água) ao processo de destilação simples e destilação fracionada. Essa estratégia foi proposta esperando que fique bastante evidente a diferença de eficiência entre as duas técnicas apresentadas.

Inicialmente os alunos foram questionados sobre: Vocês sabem quando um líquido está puro ou não? Como podemos fazer para purificar um líquido? Como você pode separar dois líquidos miscíveis entre si? Você consegue olhar para as vidrarias e equipamentos disponíveis no laboratório e determinar quais poderiam ajudar nesse processo? Você sabe qual é o nome dessa técnica? Conforme os alunos começaram a participar, o professor traduzia as respostas de modo a deixá-las mais exatas. Durante o período de colóquio inicial foram revistos conteúdos como: ponto de ebulição, solubilidade, interações intermoleculares, pressão de vapor, entre outros. Após isso, a diferença entre a destilação simples e a destilação fracionada foi apresentada, bem como as técnicas foram relacionadas aos processos industriais, tais como: alambiques e refinaria de petróleo. Na sequência, os alunos leram o roteiro 1 e montaram a aparelhagem de destilação simples e destilaram a mistura problema, por ser a primeira vez, todas as equipes foram avisadas para que só iniciassem a destilação depois que o professor e/ou técnico verificassem a montagem do sistema de destilação, os alunos também foram lembrados para sempre anotarem os dados e as dúvidas geradas no decorrer do experimento. Após o término da primeira parte da aula referente à destilação simples e as vidrarias esfriarem, os alunos leram o roteiro 2 e seguiram para a destilação fracionada, destilando a mesma mistura utilizada na destilação simples. Lembrando novamente aos alunos para sempre anotarem os resultados obtidos e quaisquer dúvidas geradas no decorrer do experimento. Após o término das destilações, os alunos mediram os volumes dos destilados e depois “descartaram” conforme recomendação do professor. A mistura-problema consistia de uma mistura binária de propanona:água na proporção de 1:1. Depois de concluir a limpeza e organização do laboratório, os alunos foram novamente chamados a conversar para discutir sobre as observações realizadas. Algumas questões foram levantadas para guiar a discussão:

“Vocês tiveram os mesmos resultados nas duas destilações?”

“Por que você acha que ocorreu tal diferença?”

“Qual das duas destilações se mostrou mais eficaz para separar os dois líquidos?”

“Por que foram utilizadas vidrarias de menor volume para desenvolver a prática?”

“Por que foram escolhidos esses reagentes para essa prática?”

“Por que podemos reutilizá-los no laboratório?”

Observação da aula experimental 2 de maneira participante.

Nesse primeiro encontro em que os alunos realizaram um experimento foi nítida a preocupação em prestar atenção nas explicações dadas pelo professor durante toda aula, no que se referia à montagem dos aparelhos de destilação. Era evidente a dificuldade dos alunos durante os procedimentos de montagem dos aparelhos de destilação, isso pode ser decorrente de nunca terem manipulado condensadores antes, mas ao fato também de que a maioria dos alunos ainda estão no 3° ou 4° períodos da graduação, ou seja, apresentam pouca desenvoltura no trabalho de laboratório, mas isso não impediu a montagem adequada da vidrarias, só demorou um pouco. Durante o período das destilações os alunos conversavam entre si e entre os grupos sobre os resultados que estavam obtendo, havendo poucas conversas que não fossem sobre o experimento.

Ao final das duas destilações, os resultados foram discutidos e os alunos perceberam que os melhores resultados de separação foram obtidos através da destilação fracionada, e que o bom resultado conseguido por algumas equipes, com a destilação simples, se deve pela grande diferença de p.e. das substâncias utilizadas, 54°C para a propanona e 100°C da água. Outros pontos discutidos com os alunos foi a alíquota utilizada para realizar as destilações, e como resolver o problema de dimensionamento da vidraria mostrando a aparelhagem comumente utilizada e seus volumes (alíquotas) correspondentes. Com isso, os volumes destilados foram reduzidos, o volume de água na camisa foi menor, o tempo de destilação também diminuiu por consequência, fazendo assim que a manta de aquecimento ficasse menos tempo ligada, gastando menos energia. O aspecto de se utilizar manta de aquecimento, no lugar do bico de Bunsen como fonte de energia também foi abordado, como forma de diminuir os riscos de queimadura e acidentes para quem está manipulando.

Análise da atividade diária da aula 2

A atividade diária foi proposta solicitando aos alunos que preenchessem uma tabela para então esboçá-los na forma de gráfico correlacionando a temperatura (eixo y) e o volume destilado da mistura (eixo x). A mesma solicitação foi feita para as duas destilações realizadas. Os alunos não tiveram problemas para realizar a atividade solicitada, porém algumas equipes recolheram frações de volume muito grandes quando da não alteração da temperatura de ebulição. As equipes, que recolheram volumes fixos independente da temperatura de ebulição do destilado apresentam gráfico com maior número de pontos sendo melhor a visualização do platô relativo à destilação do líquido puro. De maneira geral os gráficos foram bem executados.

Como o ponto de ebulição da propanona é 54°C e da água 100°C nas CNTP, a separação dos componentes foi bem vista tanto na destilação simples quanto na fracionada. O que não representou um problema pra nenhuma equipe.

Em relação à questão sobre se eles acham que a mistura acetona:água atende aos princípios da QV, todos os grupos responderam que sim, e destacando questões de eficiência energética, da baixa toxicidade da mistura, e uma equipe apontou o reuso que a acetona pode ter no laboratório.

Na questão em que se apresenta um sistema de destilação mais rústico e pede-se que os alunos apontem quais modificações poderiam ser realizadas para tornar o procedimento mais verde, todos os grupos indicaram realizar diminuição da escala do condensador,

utilização de solventes não tóxicos, para que com isso gere menos resíduos e resíduos menos prejudiciais, e dois grupos somente apontaram que o sistema deveria passar a ter aquecimento através de manta, retirando o fogo do sistema.

Os princípios de QV que os alunos perceberam e apontaram nessa aula foram:

1) Prevenção; 5) Diminuição de solventes; 6) Eficiência energética; 11) Análise em tempo real e 12) Química segura.

As seis equipes geraram nos experimentos do um volume de descarte total de líquidos de 445mL (recuperação de 75%), porém desses 220mL eram acetona, e a mesma pode ser reutilizada no laboratório para limpeza de vidrarias quando a água e detergente não retiram tudo, ou para remoção de marcas do marcador que os alunos usam para identificar as vidrarias. Dessa maneira esse experimento não gerou resíduo a ser descartado, pois foi totalmente reutilizado no laboratório.

No que tange a experimentação a todo o momento, desde o colóquio inicial, no experimento e na discussão final, os alunos foram sempre questionados sobre seus conhecimentos sobre destilação e provocados a recordar conteúdos já trabalhados e a fazer relação com a atividade que estava sendo proposta. Através do experimento os alunos investigaram também a relação entre escala e volume de resíduo gerado. Os alunos trabalharam com vidrarias em escala reduzida, e foram mostrados os aparelhos comumente utilizados, e os alunos conseguiram fazer a relação entre diminuição de escala e volume para uma geração menor de resíduo.

Os resultados obtidos nesse experimento são corroborados pelos termos de *Prevenção à Poluição e Produção Mais Limpa*, adotados pela CETESB², que dispõem sobre a prevenção e o controle da poluição ambiental. A *Prevenção a Poluição* pode ser entendida como qualquer prática, processo, técnica ou tecnologia que vise à redução ou eliminação em volume, concentração ou toxicidade da fonte geradora, incluindo reformulação, substituição de matérias-primas e melhorias no gerenciamento do processo. A *Produção Mais Limpa*(P+L) consiste na aplicação contínua de estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, a fim de reduzir os riscos ao homem e o ambiente. A P+L requer mudanças de atitude, gerenciamento ambiental, criação de política nacional direcionada e avaliação de alternativas tecnológicas verdes.(CETESB, 2020).

AULA 3 – Extração simples e múltipla

Nesse encontro foram abordados os experimentos de extração simples e múltipla. O colóquio inicial da aula aconteceu de maneira dialogada, e os alunos foram questionados se eles sabiam o que é extração? Se eles estão acostumados com métodos de extração comuns. Foram indagados também sobre como eles fariam para extrair um sólido dissolvido em água. Se é possível utilizar outro líquido que consiga fazer isso. As respostas obtidas foram conduzidas pelo professor para relembrar e aplicar conceitos de: polaridade, líquidos

²Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle da Poluição das Águas, criada pela Lei 118, de 29 de junho de 1973, do governo do estado de São Paulo, posteriormente modificada para *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*, pela Assembleia Geral Extraordinária, de 17 de dezembro de 1976 e atualmente *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*, conforme alteração dada pela Lei Nº 13.542, de 08 de maio de 2009.

miscíveis e imiscíveis, interações intermoleculares, solubilidade, densidade de líquidos e coeficiente de partição. Após a leitura dos procedimentos experimentais, o professor questiona os alunos identificam no laboratório quais materiais devem ser utilizados para os experimentos de extração. Sanadas todas as dúvidas o professor dá início à realização da aula prática. Ao final da aula, um debate foi conduzido por questões como:

“Vocês tiveram os mesmos resultados nas duas extrações?”

“Por que vocês acham que ocorreu tal diferença?”

“Qual das duas extrações se mostrou mais eficaz para separar e recuperar os dois sólidos?”

“Por que foi escolhido utilizar o rotaevaporador nessa prática?”

“Por que podemos reutilizar o solvente que recuperamos no laboratório?”

Observação da aula experimental 3 de maneira participante.

Nesse encontro foi possível constatar a falta de familiaridade dos alunos com o ambiente de laboratório, mas que prestam atenção durante o colóquio inicial procurando participar respondendo às perguntas que são feitas em todos os momentos. Nesta aula de extrações, a grande maioria dos alunos nunca tinha trabalhado com o funil de separação, principal a vidraria utilizada no procedimento experimental.

O colóquio inicial abordou questões relativas ao preparo da amostra, ao objetivo da prática, a presença da cafeína em matrizes vegetais e como é possível extrair cafeína no chá mate usando extração simples e múltipla.

Com o decorrer da aula algumas dificuldades ficaram evidentes a maior delas foi o entendimento de que na extração múltipla, a solução contendo o soluto (cafeína, nesse caso) é extraído repetidamente. Somente 50% das equipes conseguiram resultados compatíveis com a literatura que mostram que a extração múltipla é mais eficiente que a extração simples, esse fato pode ser decorrente de manipulação, pois os alunos ainda não possuem muitas habilidades no manejo das vidrarias. Isso também pode ser decorrente do baixo teor de cafeína no chá, essa baixa concentração pode ter influenciado no resultado, a cafeína pode ter permanecido em solução, pois poderia estar muito diluída ao longo do processo e os alunos não conseguiram então que a mesma cristalizasse como o esperado.

Análise da atividade diária da aula 3

Nesse encontro o experimento proposto envolve a extração da cafeína presente em uma matriz vegetal, no caso o chá mate, assim esse experimento envolve a extração seletiva de um composto usando suas propriedades físicas para separá-las das demais. Foi possível perceber a dificuldade que os alunos apresentaram em reproduzir corretamente o processo de extração, além disso, também houve grande perda de material ao longo do processo, mostrando que os alunos estão com dificuldades nesse tipo de procedimento. Possivelmente esse experimento deve ser colocado mais adiante, quando os alunos tiverem mais traquejo laboratorial.

Das seis equipes, metade apresentou rendimento de extração simples maior que a extração múltipla, uma equipe não calculou o rendimento e duas equipes obtiveram

rendimento na extração múltipla maior que na extração simples, sendo que em uma delas a diferença de rendimento foi demasiadamente grande, o que evidencia problemas na execução do experimento.

A quantidade média de cafeína por extração simples foi de 0,0676g enquanto por extração múltipla foi de 0,06542g. O grupo que apresentou o valor discrepante de 0,836g para extração múltipla não foi contabilizada na média, pois esse valor claramente está acima dos valores médios previsto na literatura científica. A utilização desse valor elevaria a quantidade média de cafeína por extração múltipla para 0,19385g, comprovando a maior eficiência da extração múltipla em detrimento da simples, porém não seria real. Acreditamos que possivelmente a discrepância apresentada nos valores de extração de cafeína por extração simples e múltipla, foram provocadas em grande parte, pela falta de habilidade dos alunos durante o procedimento experimental.

Na questão na qual buscava-se saber em que se baseia o princípio da técnica de extração, todos os grupos apontaram de maneira geral que a mesma se baseia na solubilidade. Que a extração do produto desejado se dá pela adição de um solvente capaz de solubilizar a substância e ao mesmo tempo não ser solúvel em água. E uma equipe falou sobre o coeficiente de partição para explicar o fenômeno.

Quando questionados sobre o diclorometano usado para fazer a extração, se este poderia ser substituído por outro, 3 equipes apontaram éter etílico, 1 éter de petróleo, 1 clorofórmio e 1 fluido super crítico, como CO₂. Com exceção do fluido supercrítico, que o laboratório não possui sistema para pode utilizar, os outros solventes citados são derivados do petróleo, e também possuem grau de toxicidade. Optou-se por usar o diclorometano, fazendo uma redução no volume utilizado comumente, além de que os volumes foram recuperados no rotaevaporador para ser utilizado novamente no laboratório na prática de cromatografia, de maneira geral o DCM não é recuperado, os produtos são deixados na capela na fase orgânica para que a mesma evapore. O éter etílico é mais volátil que o diclorometano, tornando o ambiente do laboratório mais carregado com o cheiro forte e característico.

Os alunos apontaram como sendo as medidas para minimização de resíduos da prática o uso do chá mate, que pode ser descartado após no lixo normal, a reutilização do diclorometano e a utilização da cafeína extraída em aulas posteriores.

Os princípios da QV apontados pelos alunos nesta aula foram: 1) prevenção; 4) Produto seguro; 5) Solventes; 7) Matéria prima renovável e 12) Química segura.

Esse experimento gerou 1,8L de resíduos líquidos (dos quais, 1,35L de água) e 247g de resíduos sólidos. Esses valores correspondem a 7,3% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 42,605% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Em relação à experimentação desde o colóquio inicial, durante o experimento e na discussão final, os alunos foram sempre indagados sobre seus conhecimentos sobre extração e estimulados a lembrar conteúdos de modo a correlacionar com o que estava acontecendo. Através do experimento os alunos investigaram além da relação entre escala e volume de resíduo gerado, toxicidade e reaproveitamento de solventes orgânicos. Como sempre existe uma limitação no uso de reagentes, às vezes não é possível escolher um solvente que sejam totalmente “verdes”, porém é importante mostrar ao aluno que você deve tomar cuidados ao

manipular o mesmo, e que sempre seja usado o menor volume possível e de preferência que esse solvente seja passível de reutilização.

Nesse experimento os alunos aprenderam sobre a reciclagem/reutilização de solvente, pois apontaram que a passagem do solvente pelo rotaevaporador evita que o mesmo vá para o meio ambiente e que isso permite que seja reutilizado numa próxima aula. A *Reciclagem* é qualquer técnica ou tecnologia na qual exista o reaproveitamento de um resíduo, depois que esse foi submetido a um tratamento que altere suas características físico-químicas. Nesse caso a reciclagem realizada se trata de uma *Reciclagem Dentro do Processo*, que permitiu o reaproveitamento do resíduo como insumo no processo que causou sua geração (CETESB).

Aula 4 – Extração ácido/base

No quarto encontro, foi abordado o experimento de extração com solvente quimicamente ativo, também conhecido como extração ácido/base. Objetivando a contextualização do assunto primeiramente os alunos leram o texto 1: O Melhoral[®], só então, iniciou o colóquio abordando questões inicialmente contidas no texto perguntou: De que maneira vocês conseguem extrair componentes de um comprimido? Depois de extrair, como proceder para separar esses componentes? De acordo com as respostas obtidas o professor encaminhou as respostas para se adequarem aos assuntos que seriam tratados como: funções orgânicas, ácidos e basicidade, solvente e soluto, sais solúveis além de questões relativas à manipulação da amostra (comprimidos), ao objetivo da prática, a presença e reatividade dos compostos ácido (AAS) e básico (Cafeína) além da estratégia adotada para garantir o isolamento dos princípios ativos com o maior grau de pureza possível. Então foi solicitado aos alunos que lessem mais uma vez o procedimento experimental e tirassem todas as dúvidas, para então dar início à realização do procedimento experimental. Após a realização deste, foi realizada a limpeza e organização do ambiente laboratorial para então entrar na parte de discussão dos resultados obtidos. Nesse ponto, sempre que possível os aspectos “verdes” dos experimentos eram ressaltados.

Observação da aula experimental 4 de maneira participante.

Nesta aula, foi possível constatar alunos mais familiarizados com o ambiente do laboratorial, não foram observadas dificuldades na localização dos materiais e também dos reagentes necessários para uso. Aparentemente, só o fato de estarem manipulando comprimidos deixou-os mais relaxados no laboratório pelo menos até a 1ª etapa de filtração prevista no procedimento que foi excepcionalmente lenta, então o professor propôs uma alteração no roteiro inicial para que a filtração fosse feita à vácuo. O procedimento então transcorreu normalmente até na fase de recuperação do ácido acetilsalicílico, novamente as equipes tiveram dificuldade com a recuperação do AAS através de sua precipitação na forma sólida. É bem possível que tenha havido uma perda associada ao procedimento de extração ocorrido no começo da aula e que isso tenha afetado a quantidade de AAS em solução dificultando a etapa de recristalização deixando-a extremamente dificultosa devido à baixa concentração de AAS.

Foi nítido o aborrecimento dos alunos de algumas equipes que não conseguiram precipitar o AAS. As equipes que conseguiram tentavam ajudar assim também como o professor, porém nem todos os grupos conseguiram recuperar os dois produtos. Foram feitos muitos questionamentos sobre o porquê isso ocorreu? Por que o experimento tinha dado errado? O professor tentou mostrar que nada tinha dado errado que somente tinha havido um problema de baixa concentração e que em baixa concentração ao AAS não precipita, fica dissolvido (coeficiente de solubilidade).

Mesmo com os alunos não conseguindo observar a precipitação do AAS, a discussão de que o experimento não deu errado com os alunos mostra-se muito importante. Apontar que a concentração da substância no meio pode ocasionar isso também agrega muito conhecimento, além do fato de mostrar aos alunos que o erro não foi parte atribuída somente à eles.

Análise da atividade diária da aula 4

Nesse encontro o experimento proposto envolve a extração seletiva dos princípios ativos do Melhoral® (AAS) e do energético Energiton Black 420mg (Cafeína). Cada equipe recebeu inicialmente (em massa) 2g de ácido acetilsalicílico e 0,96g de cafeína na forma de comprimidos.

A manipulação inicial dos comprimidos foi tranquila até a 1ª etapa de filtração prevista no procedimento que foi excepcionalmente lenta, até que o professor entrevistou e propôs uma modificação no roteiro inicial para que a filtração fosse feita à vácuo. Esse fato acarretou um problema na etapa de recuperação do AAS que é feita através sua precipitação na forma sólida em água gelada, pois apresenta baixa solubilidade. É bem possível que tenha havido uma perda associada ao procedimento de extração ocorrido no começo da aula e que isso tenha afetado a quantidade de AAS em solução dificultando a etapa de recristalização deixando-a extremamente dificultosa devido à baixa concentração de AAS. Na tabela 3 constam os resultados obtidos pelas equipes no processo de extração.

TABELA 3 – RESULTADOS OBTIDOS PELOS GRUPOS NA EXTRAÇÃO ÁCIDO/BASE

GRUPO	Massa inicial (g)	Massa de AAS recuperada (g)	Massa de cafeína recuperada (g)	Massa de excipiente (g)	Massa total final (g)
1	3,3640	0,5432	0,6110	1,9630	-0,2468
2	3,2000	0	0,3014	6,4520	+3,2520
3	4,3200	1,3800	0,1900	2,3873	-0,3627
4	3,2625	0,0604	0,1829	0,3025	-2,7167
5	2,9434	0,2977	0,1462	1,0996	-1,3999
6	3,1250	3,5900	0,2635	0,0270	0,7555

As equipes deveriam recuperar aproximadamente 2g de AAS e 0,9g de cafeína, se não houvesse perda associada ao processo em geral. Com base nos valores mostrados na tabela, podemos perceber que no caso dos grupos 4 e 6 apresentam perdas durante o processo de extração. Já os grupos 1, 2, 3 e 5, as perdas parecem ter acontecido na etapa do excipiente. A

utilização de comprimidos mostrou-se uma estratégia bastante motivadora, mas trouxe alguns transtornos imprevisíveis.

Nos questionários quando indagados sobre o porquê o uso de comprimidos é interessante na QV, dois grupos apontaram:

Grupo 1: *“Os comprimidos são de fácil manipulação, segurança e baixa produção no descarte.”*

Grupo 5: *“Pois a aula é ministrada para alunos de farmácia, portanto, o uso de comprimidos faz parte da área. Além disso, são de fácil manuseio e baixa toxicidade.”*

Os princípios da QV indicados pelos alunos nesta aula foram: 1) prevenção; 4) Produto seguro; 5) Solventes; e 12) Química segura.

Esse experimento gerou 250mL de resíduos líquidos e 25,637g de resíduos sólidos. Esses valores correspondem a 4,05% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 4,422% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

No que se refere à experimentação a partir do colóquio inicial até a discussão final, os alunos foram instigados a buscar seus conhecimentos sobre extração, acidez e basicidade e a fazer relação com o experimento proposto. No experimento além de investigaram a relação entre escala e volume de resíduo gerado, toxicidade e reaproveitamento de solventes orgânicos, os alunos também puderam perceber porquê comprimidos não podem ser descartados indiscriminadamente e que quando fora da data de validade, estes, podem servir como uma fonte de substâncias químicas promissora tanto para sua utilização técnicas de separação, mas também depois de purificados, como reagentes de partida em rotas sintéticas.

Nesse experimento o uso dos comprimidos é validado também pelo trabalho de Gonsalves et. al. (2013), no qual, indica que o uso de materiais alternativos e que estão presentes na vida dos estudantes, como no caso dos comprimidos, é uma estratégia didático-pedagógica que vem sendo amplamente empregada no ensino de química experimental. O autor aponta que além de trabalhar os conteúdos de coeficiente de partição, solubilidade, o uso dos comprimidos tem a importância de mostrar esses assuntos relacionados aos parâmetros na absorção de fármacos pelo organismo. De forma que permite ao estudante assimilar de maneira gradativa e integrada, os conteúdos teórico-práticos acerca de reações ácido/base.

AULA 5 – Cristalização I e II

Nesse encontro sobre cristalização, os alunos realizaram dois experimentos, a primeira parte foi de escolha do solvente ideal e a segunda, de purificação de um sólido através da recristalização. Para oportunizar maior compreensão do procedimento experimental, primeiramente a aula se deu de maneira dialogada, questionando os alunos sobre: Como eles fariam para purificar um sólido? O que é recristalizar um sólido? Como escolher o melhor solvente? Assim de acordo com as respostas obtidas o professor encaminhou o diálogo para tratar os assuntos envolvidos: solubilidade, curva de solubilidade e no que consiste a escolha de solvente. Então os alunos foram convidados a ler o texto 1: Purificação de um composto orgânico sólido, após o texto uma nova rodada de discussão. Estava previsto inicialmente, que as equipes iriam purificar as substâncias químicas isoladas na aula anterior, o AAS e a cafeína. Mas como já foi relatado que os rendimentos obtidos na

aula anterior foram insatisfatórios, optamos então por usar produtos impuros, obtidos via síntese orgânica, já existentes no laboratório. Então os alunos realizam a primeira parte. Após a escolha do solvente ideal os alunos devem purificar o sólido seguindo o Roteiro 3: cristalização 2 – purificação de um sólido. Após a prática, e limpeza e organização do espaço do laboratório, o professor novamente discute com os alunos as mudanças visíveis nos sólidos purificados, assim como o porquê da escolha do solvente mais adequado, levando em consideração abundância, toxicidade, preço.

Observação da aula experimental 5 de maneira participante.

Esse experimento não pode ser realizado da maneira pela qual ele foi inicialmente concebido em virtude da falta do material de partida, que não foi obtido em quantidade necessária na aula anterior. Com isso, a sequência desejada não foi mantida, porém ainda foi possível mostrar aos alunos o compromisso de abordagem verde através do reaproveitamento de reagentes produzidos em sínteses anteriores e conseguindo realizar as etapas I e II da cristalização. Deu para perceber que os alunos queriam utilizar o AAS e a cafeína que eles deveriam ter conseguido extrair, mas isso não fez com que eles perdessem o interesse em participar da aula e da discussão envolvida no processo.

Análise da atividade diária da aula 5

Cada equipe escolheu aleatoriamente um reagente sólido (amostra) disponibilizado no laboratório para que pudesse realizar o experimento. Uma mesma amostra foi trabalhada por mais de uma equipe, visto que foi facultado à eles a escolha do mesmo. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos na recristalização.

TABELA 4 – RESULTADOS OBTIDOS PELOS GRUPOS PARA A CRISTALIZAÇÃO

Grupo	Composto	Massa inicial (g)	Massa final purificada (g)	Rendimento (%)	Solvente utilizado	Solvente ideal
1	Ácido benzóico	2,0000	1,2500	63,7500	Éter de petróleo	Água, Água:etanol
2	Dibenzalacetona	2,0000	0,8106	40,5300	Etanol	Etanol
3	AAS	2,1100	1,2000	60,0000	Água	Água
4	AAS	2,0200	1,4532	71,9400	Água	Água
5	AAS	2,0010	1,7420	87,1000	Água	Água
6	Acetanilida	2,0160	0,9548	47,3610	Água	Etanol

O grupo 1, concluiu pela utilização do éter de petróleo, que não apresenta todas as características necessárias como solvente ideal para cristalização, em especial quando pensamos na QV, os alunos não pensaram na disponibilidade, volatilidade e toxicidade dos solventes.

Os grupos 2 e 6 obtiveram rendimentos abaixo de 50%, sugerindo um alto grau de impureza da amostra sólida, ainda que problemas de manipulação devam ser considerados. Os sólidos utilizados pelos grupos foram produzidos por alunos em aulas anteriores, ou seja, a

dibenzalacetona e a acetanilida utilizadas pelos grupos 2 e 6 podiam ter muitos reagentes de partida que não reagiram não formando os produtos desejados, o que explicaria o elevado grau de impurezas e o baixo rendimento obtido no processo de purificação.

O grupo 6 escolheu um solvente não ideal para recristalização.

Algumas equipes tiveram mais facilidade que outras. As dúvidas em geral concentravam-se em saber se tinham conseguido solubilizar todo o material na temperatura de ebulição do solvente teste, para algumas amostras a quantidade de material insolúvel foi grande o que gerou certa insegurança em saber se era ou não impureza. Depois disso, quando o sólido voltava a cristalizar em mais de um solvente. Mesmo com o professor tendo discutido os aspectos ideais de um solvente para recristalização, algumas equipes acabaram optando por escolher o solvente que deixava os cristais com aspectos mais bonitos e ordenados.

Os princípios da QV identificados pelos alunos neste experimento foram: 1) prevenção; 4) Produto seguro; 5) Solventes; e 12) Química segura.

Esse experimento gerou 690mL de resíduo líquido e 32,196g de resíduos sólidos. Esses valores correspondem a 11,18% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 5,553% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Para esse experimento, a escolha do solvente ideal, era o mais importante, visando escolher o mais aceitável de acordo com a QV, como a água. Isso é corroborado com o trabalho de Silva (2005), que aponta que a Química Verde ou também conhecida como Química Limpa é um tipo de prevenção de poluição causada por atividades que ocorrem na área da química. Através do desenvolvimento de metodologias e/ou processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e/ou inflamáveis. Os autores apontam que um dos principais problemas nos processos químicos está relacionado com a utilização de solventes orgânicos (voláteis ou não) em seus processos, tendo em vista que dependendo do solvente utilizado, o transporte, a manufatura, sua armazenagem e manuseio, assim como o seu descarte apresentam aspectos que demandam de cuidados especiais e de capital. E que por conta disso, está no âmbito da Química Verde estudar estratégias para minimizar estes problemas. E uma forma seria a utilização de água quando possível nos processos químicos.

AULA 6 – Propriedades físicas – Ponto de fusão

Nesse encontro, foi abordado o experimento de obtenção do ponto de fusão de um sólido orgânico. O professor em seu colóquio inicial visando oportunizar uma melhor compreensão do experimento pergunta aos alunos: O que as propriedades físicas podem dizer sobre um composto? Como o ponto de fusão pode indicar a pureza de um composto sólido? Depois disso buscou-se saber se os alunos conseguiam descrever como se dá o processo para determinar o ponto de fusão de um sólido. Após a leitura do roteiro experimental e nova rodada de diálogo com especial enfoque em: interações químicas e o ponto de fusão, o experimento foi realizado. Então a QV entrou para explicar o uso do equipamento, a escolha do sólido na aula, o descarte do material gerado.

Observação da aula experimental 6 de maneira participante.

Os alunos se mostraram curiosos e ansiosos para manusear o equipamento de ponto de fusão. Ficaram contentes em verificar que o produto purificado na aula anterior estava “bonito” nas palavras deles, ou seja, que houve a formação de mono cristais perfeitos indicando a alta pureza do produto obtido, o que seria então verificado através do ponto de fusão.

Foi uma aula calma e descontraída, sem grande problema de tempo, sem muitas etapas a serem realizadas pelos alunos, então notou-se que os alunos estavam interagindo mais entre si.

Análise da atividade diária da aula 6

Os grupos mediram os p.f. dos compostos impuros (alíquota inicial) e dos compostos purificados (alíquota final) na aula anterior(TABELA 5).

TABELA 5 – RESULTADOS OBTIDOS PELOS GRUPOS NAS MEDIÇÕES DO p.f.

Grupo	Composto	p.f. impuro(°C)	p.f. purificado(°C)	p.f. esperado/literatura(°C)
1	Ácido benzóico	121-136	121-132	122-123
2	Dibenzalacetona	115-119	76-90	112
3	AAS	175	152-169	135
4	AAS	133-137	115-143	135
5	AAS	104-110	100-115	135
6	Acetanilida	104-119	92-108	114

O grupo 1, não apresentou muita diferença de pf entre o produto puro e impuro. Dessa maneira, é possível supor que a purificação não tenha sido tão eficiente ou o produto impuro pode apresentar baixo nível de impurezas, fazendo com que a variação não seja tão percebida.

O grupo 3 apresentou diferença no pf encontrado em relação ao da literatura, a equipe pode ter trabalhado com ácido salicílico, cujo pf é 158,6°C, bem próximo ao encontrado por eles, mas anotou errado o nome do composto. Esse fato já ocorreu outras vezes.

Com relação a QV, as equipes apontaram de maneira geral que o uso de equipamento para medir o PF é muito mais seguro do que utilizar o aparelho de Thiéle, uma vez que o mesmo usa óleo quente, botijão de gás e fogo, tendo maior risco de acidente, além de gerar mais resíduos (devido ao óleo utilizado).

Os princípios da QV apontados pelos alunos nesta aula foram: 1) prevenção; 6) Eficiência energética e 12) Química segura.

Esse experimento gerou como resíduo somente os tubos capilares usados para medir o pf, e estes são destinados ao descarte de vidrarias quebradas.

Os alunos foram questionados sobre a diferença entre os pf obtidos nas medidas do produto impuro e do produto puro. Desse modo, os alunos são instigados a procurar saber se o processo de purificação deu certo ou não, assim como quais foram os erros cometidos, e o porquê existe essa diferença entre os valores nessas duas medidas. Os princípios da QV identificados pelos alunos neste experimento foram à utilização do aparelho de ponto de fusão. Neste experimento utiliza-se o aparelho de pf por ser considerado mais seguro ao

laboratório, isso porque ele funciona através de aquecimento elétrico, através da energia elétrica, que é a energia fornecida pela movimentação de elétrons. O aparelho de ponto de fusão (figura 19) é projetado para determinar o pf simultâneo de três amostras através de aquecimento a seco. As amostras são postas em capilares de vidro e aquecidas, para que na sequência seja observada a fusão utilizando a lupa e fazendo a leitura da temperatura no termômetro. Esse processo é mais seguro, se comparado à utilização de outras formas de energia, proveniente das reações de combustão (OMDQ, 2020).

O fogo é causado pela combinação de três fatores: comburente (ar), combustível (material que alimenta) e calor (energia que ativa o processo). A prevenção ao fogo deve ser realizada mantendo os 3 elementos afastados. Como controlar o comburente não é possível, a maneira mais efetiva é manter materiais combustíveis o mais longe das fontes de calor. Num laboratório de orgânica muitos solventes são combustíveis, então o mais indicado é evitar o uso de fogo (MSPL, 2016).

AULA 7 - Hidrodestilação

Nesse encontro, de maneira dialogada os alunos foram questionados sobre: O que são óleos essenciais? Como eles são obtidos? Como vocês conseguiriam extrair óleo essencial de cravo da índia? Após a leitura dos textos: *Métodos de extração de óleos essenciais* e *conheça quais são os métodos de extração de óleos essenciais*, os alunos foram instigados a discutir qual método é possível de ser realizado no laboratório com as vidrarias que tinham disponíveis. Após a leitura do procedimento experimental uma nova rodada de conversa foi realizada, e o professor explicou rapidamente o procedimento e solicitou as equipes que iniciassem a extração. Então com calma o professor abordou os processos envolvidos no procedimento: ponto de ebulição, substâncias voláteis, componentes miscíveis e imiscíveis, pressão de vapor. Após o término do experimento e da limpeza dos materiais e do laboratório, os alunos identificaram os seguintes aspectos como “verdes” a quantidade e a origem vegetal da matéria-prima utilizada, a quantidade final de óleo obtido, o solvente utilizado, no caso a água. Entenderam o porquê muitos óleos são bastante caros, que existe o desenvolvimento de óleos sintéticos e de diversos recursos para aperfeiçoar a extração e gastar menos.

Observação da aula experimental 7 de maneira participante.

Os alunos tiveram contato pela primeira vez como uma vidraria nova pra eles, um aparelho Clevenger modificado para realizar a hidrodestilação do cravo da índia. A modificação implementada faz com que não haja retorno da solução água + óleo extraído ao balão. Mesmo se tratando de uma experiência completamente nova foi possível observar que os alunos já apresentavam mais desenvoltura no trabalho laboratorial realizando a montagem do aparato de vidro com alguma desenvoltura e que buscavam ajudar quando viam um colega com mais dificuldades.

A escolha da matéria prima também foi muito feliz porque os alunos demonstraram agrado ao aroma de cravo que impregnou o laboratório e queriam saber quais outras substâncias poderiam ser usadas nesse experimento e que renderiam bons óleos.

Nesta prática todas as equipes obtiveram bons rendimentos experimentais, o que deixou as equipes bastante satisfeitas.

Análise da atividade diária da aula 7

O objetivo do experimento foi apresentar a técnica de extração por arraste de vapor d'água e, para tal, optamos por extrair o óleo essencial do cravo da índia, esse material foi escolhido por apresentar um bom rendimento se comparado à outras matrizes vegetais além de ter um cheiro agradável mesmo em alta concentração, diferente de outros óleos que apresentam odor pungente quando concentrado.

Os resultados obtidos pelos alunos foram muito bons. Também é preciso salientar, que apesar de simples, esse procedimento (técnica) exige uma quantidade mínima de horas para ser realizada. Normalmente, se usam 4h de extração. Nós tentamos deixar o maior tempo possível, algo em torno de 3h de extração. Na TABELA 6 encontram-se os resultados obtidos pelos grupos no experimento.

TABELA 6 – RESULTADOS OBTIDOS NA HIDRODESTILAÇÃO DO CRAVO DA ÍNDIA

Grupo	Massa do cravo da índia usada (g)	Volume de óleo obtido (mL)	Rendimento (%)
1	10,0198	1,0330	11,5100
2	10,0000	1,0700	10,0000
3	10,0380	1,6975	13,0570
4	10,0240	0,9697	9,6700
5	9,9900	0,4610	4,8500

Para a realização da atividade diária, foi passado o link de um vídeo para que os alunos assistissem e depois apresentassem uma sugestão de montagem de *um extrator de baixo custo*. Todas as equipes fizeram sugestões interessantes, indicando de materiais alternativos e recicláveis tais como: latas, bacias, mangueiras. A FIGURA 21 traz a sugestão de *extrator de baixo custo* feita pela equipe 4, evidenciando a incorporação do conceito discutido por parte dos alunos.

FIGURA 21 – SISTEMA SUGERIDO PELA EQUIPE 4

Após assistir ao vídeo, sugira como construir um extrator de pequeno porte para destilação por arraste utilizando materiais de baixo custo.



FONTE: Autora, 2020.

Os princípios da QV identificados pelos alunos neste experimento foram: 1) prevenção; 5) Solventes; 6) Eficiência energética; 7) Matéria prima renovável e 12) Química segura.

Nesse experimento o resíduo líquido gerado foi de 300mL e como resíduo sólido o cravo da índia que foi descartado no lixo comum e cerca de 1g de agente secante. Esses valores correspondem a 4,86% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 0,172% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Nesse experimento os alunos investigaram como pode ser extraído óleo essencial partindo de uma matriz vegetal, assim como buscaram indicar materiais de baixo custo para que uma destilação por arraste de vapor d'água.

A extração do óleo de cravo desse experimento se mostrou apropriado para discutir com os alunos diversos aspectos, entre eles o uso de matérias primas renováveis. O trabalho de Jacob (2017) corrobora com isso, mostrando que o emprego de matérias-primas renováveis, podem substituir derivados de petróleo, que são atualmente um grande desafio para as indústrias, tanto químicas quanto farmacêuticas. O autor mostra que os óleos essenciais de plantas estão sendo amplamente estudados devido as suas propriedades biológicas, entre elas: antioxidante, antimicrobiana e antifúngica. E são também considerados como aditivos seguros para manutenção da estabilidade microbiológica de alimentos. Nos últimos anos, a indústria e os pesquisadores, estão estudando os componentes majoritários dos óleos essenciais como solventes ou como base biológica desse material derivado de biomassa (JACOB, 2017).

AULA 8 – Cromatografia em coluna

Inicialmente os alunos foram questionados sobre o que dá cor às folhas e flores; como eles fariam para extrair os pigmentos de folhas; como eles separariam os pigmentos. Na sequência, leram o texto “Folha de beterraba faz bem, emagrece, é antioxidante e evita doenças - saiba consumir”. Os alunos foram então questionados se conheciam a técnica de separação por cromatografia e como poderia ser feita. Um novo texto foi apresentado para leitura, “Cromatografia em Coluna: Dicas”. Conforme os alunos começaram a participar, o professor traduzia as respostas de modo a deixá-las mais adequadas e também para explicar os procedimentos experimentais e a sua relação com os conceitos envolvidos na prática. Em seguida, as equipes puderam preparar o extrato das folhas de beterraba seguindo o roteiro 1 fornecido do “Procedimento para extração dos pigmentos” (explicativo). Em seguida, os alunos realizaram o procedimento experimental amparados pelo roteiro 2, “Separação dos pigmentos por cromatografia em coluna”. Após o término dessa parte do experimento, os resultados foram discutidos e então escolhidas as melhores frações para aplicação no procedimento seguinte.

Nesta etapa, a QV pode ser envolvida na utilização de pequena quantidade de sílica gel na fase estacionária e o uso do empacotamento a seco ao invés do empacotamento usando fase móvel. Ainda, foi explicado a minimização na quantidade de fase móvel para eluir a coluna e a fase móvel escolhida. Após isso, os alunos foram convidados a ler o roteiro 3 “Separação dos pigmentos por CCD”, e sanar dúvidas para procederem com a prática. Ao

final, foi explicado aos alunos a destinação das fases móveis utilizadas, com recuperação para reuso das possíveis.

Observação da aula experimental 8 de maneira participante

Esse experimento envolvendo conceitos de cromatografia foi inserido por nós na disciplina de química orgânica experimental além do que já foi comentado, também porque o curso de Farmácia tinha uma disciplina específica de cromatografia, contudo essa disciplina será extinta com a reformulação curricular em 2020. Os alunos apreciaram verdadeiramente a realização do procedimento experimental combinado (extração, coluna e CCD) com duração de 4h, ao invés das 2h tradicionais da cromatografia.

Por se tratar de separação de pigmentos coloridos, os alunos ficaram bastante atentos com as variações de coloração e comparando seus resultados entre si. Como as colunas cromatográficas não tem mesmo tamanho nem diâmetro, o tempo de eluição varia fazendo com que nem todos os grupos estejam exatamente no mesmo momento do procedimento, contudo todos conseguiram atingir o objeto e separar de maneira satisfatória os pigmentos presentes nas folhas de beterraba. Alguns incidentes cômicos no momento do preparo da pastilha ou durante a colocação da fase móvel, mas nada que comprometesse a prática.

A última etapa do experimento consistia e analisar as frações eluídas através da técnica de CCD. A CCD requer um pouco mais de habilidade por parte dos alunos, pois os capilares são muito finos e devem encostar levemente na placa onde vai ocorrer a separação. Mas de maneira geral os alunos conseguiram realizar boas aplicações.

Por ser uma aula bem visual, os alunos interagiram bastante entre eles e fazendo diversas perguntas sobre a prática, como: Qual era o composto que estava saindo primeiro? Por que haviam variações na coloração de uma equipe e outra?

Análise da atividade diária da aula 8

O procedimento consistia de três etapas: a preparação do extrato vegetal, sua separação por cromatografia em coluna e a análise das frações por CCD.

A preparação do extrato ocorreu sem percalços. Na segunda parte do procedimento envolveu a montagem da coluna, preparação da pastilha com o extrato de folha de beterraba e eluição do sistema cromatográfico que levou à separação dos pigmentos. Essa etapa foi mais rápida ou mais lenta, para cada equipe, dependendo do tamanho e espessura da coluna escolhida, do empacotamento realizado e da grossura do algodão de contenção. Mas todas as equipes conseguiram concluir a contento essa etapa.

Depois de analisar a cor e quantidade de cada fração recolhida por cada equipe, algumas frações foram escolhidas para serem concentradas e aplicadas em CCD. O processo para concentrar foi realizado no rotaevaporador, e o diclorometano recuperado para reuso no laboratório.

Todas as equipes realizaram a análise de CCD do β -caroteno e da clorofila- α , e calcularam seus respectivos R_f 's.

Para avaliar se os alunos entenderam o processo de interação amostra/fase estacionária/fase móvel, os alunos foram questionados sobre o que acontece com o valor de

Rf, conforme se aumenta a polaridade da fase móvel. Quase todas as equipes responderam satisfatoriamente apenas uma equipe não conseguiu realizar a correlação.

Os princípios da QV identificados pelos alunos neste experimento foram: 1) prevenção; 5) Solventes; 7) Matéria prima renovável e 12) Química segura.

Nesse experimento foram gerados 80mL de resíduo líquido e 50,968g de resíduo sólido. Esses valores correspondem a 1,3% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 8,791% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Nesse experimento a investigação pode ser inferida pela maneira com que os alunos percebiam que para cada pigmento existia uma fase de solvente mais indicada, então os alunos precisavam fazer a relação entre a substância e as interações químicas que estavam ocorrendo. No que se refere à abordagem “verde” do procedimento ficou por conta do impacto na redução de escala: de adsorvente, volumes de solvente (fase móvel), além de buscarem saber de quais outras matrizes vegetais o processo poderia partir.

O experimento de cromatografia adicionado e adaptado para atender aos princípios da QV, é mostrado também no trabalho de Brondani (2016), que mostra opções de empacotamento de coluna cromatográfica, escolha de melhor solvente para eluição e explica que para obter uma boa separação a fim de utilizar a menor quantidade de solvente possível, o sistema de solvente a ser utilizado deve ser testado em CCD, a autora também lembra que se a CCD conter sílica a fase estacionária da coluna também deve conter sílica.

AULA 9 – Aula de exercícios/ Revisão/ Discussão das atividades diárias já realizadas

Com a finalização do primeiro bloco, envolvendo as técnicas usadas no laboratório de química orgânica, como forma de revisão e para sanar dúvidas sobre os conceitos e procedimentos experimentais abordados, foi proposto uma aula de revisão na forma de discussão de uma série de exercícios. Bem como foram discutidas as atividades diárias entregues até o momento.

Observação da aula experimental 9 de maneira participante

Neste encontro os alunos tiveram que resolver os exercícios propostos em equipe.

O primeiro exercício abordava extração ácido/base, sem trazer a estrutura dos compostos, somente o nome. Houve alguma dificuldade em correlacionar o nome à estrutura química do composto. Também foi possível observar certa dificuldade em prever qual o estado físico das substâncias. Essa questão teve por objetivo discutir conceitos de diferença de reatividade.

O segundo exercício trazia um gráfico, no qual os alunos deveriam detectar qual o solvente ideal para uma recristalização e, posteriormente, descrever as etapas de recristalização de um sólido para purificá-lo. Essa questão tinha por objetivo mostrar como extrair informações relevantes de um gráfico além de revisar as etapas da técnica de cristalização ou recristalização para purificação de sólidos.

O terceiro exercício abordava o conceito de solubilidade, trazendo uma relação quantitativa de cafeína extraída em água e em clorofórmio. Neste exercício os alunos deveriam quantificar a massa de cafeína a ser extraídas em cada um dos sistemas descritos para então calcular o coeficiente de partição e analisar o resultado. O resultado indica que sempre a solubilidade de cafeína na fração orgânica será maior que na fração aquosa por causa da diferença de solubilidade da cafeína em solventes orgânicos e na água. Essa questão tinha por objetivo revisar e aplicar o conceito de coeficiente de partição, solubilidade e extração.

O quarto exercício apresentava uma série de misturas-problema e o aluno deveria propor uma maneira eficiente de separá-las usando as técnicas estudadas até o momento. O primeiro conjunto se tratava de cafeína, cicloexano e 2 metil-pentano, que pode ser separado através de extração ácido/base seguida de destilação fracionada. O segundo conjunto se tratava de um sólido insolúvel + água, separado através de filtração, e o terceiro conjunto era composto por uma mistura de dois líquidos: diclorometano + água, que pode ser facilmente separada por extração líquido-líquido. Essa questão teve por objetivo revisar as propriedades físicas dos compostos orgânicos, densidade, p.f. e p.e., solubilidade e todos os métodos de extração.

Esse exercício gerou uma dinâmica muito interessante porque as respostas nem sempre eram iguais (não existe apenas uma única maneira de separar uma mistura), cabendo ao professor discutir e comparar as eficiências de separação, para cada resposta apresentada.

O quinto exercício pedia que o aluno apresentasse uma estratégia para separar uma mistura homogênea de ácido benzoico, anilina, etanodiol e naftaleno em diclorometano. Essa questão também gerou muita discussão porque uma certa ordem de extração (estratégia) precisa ser respeitada caso contrário não se realiza a separação pretendida. Essa questão teve por objetivo revisar extração ácido-base, relação estrutura-atividade, acidez e basicidade, força de ácido e força da base. Foi a questão que causou mais discussão devido a ordem das extrações sugerida pelos alunos.

O sexto exercício propunha aos alunos que construíssem um gráfico relacionando a temperatura de ebulição e o volume de um destilado para proporção de cada solvente utilizado. Foram usados os dados obtidos por uma das equipes na prática de destilação fracionada. A dificuldade enfrentada pelas equipes está relacionada à qualidade (número de pontos) do conjunto de dados para se montar o gráfico e interpretá-lo. O professor reforçou a necessidade de se ter um *bom* conjunto de dados.

Ao final do encontro, outras dúvidas puderam ser abordadas também.

AULA 10 – Avaliação

Neste encontro os alunos tiveram que realizar uma avaliação sobre todas as técnicas apresentadas até o momento.

Observação da aula experimental 10 de maneira participante

Os alunos tiveram o mesmo tempo de aula para realizar a prova, 4h/aula. Alguns alunos entregaram a prova com 30 minutos após o início e outros utilizaram todo tempo disponível.

A avaliação contemplava questões teórico-práticas envolvendo extração ácido/base, destilação simples e fracionada, cromatografia, métodos de separação e hidrodestilação.

A avaliação valia 100 pontos à nota mais baixa foi 23,5 e a mais alta 96,5. A média da turma foi 67,6.

❖ BLOCO 2 – REAÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA

AULA 11 – Obtenção do biodiesel

Nesse segundo bloco, os alunos foram introduzidos às reações de transformações químicas na área de orgânica, o professor fez um colóquio inicial breve sobre as dificuldades de se usar várias técnicas concomitantes, da necessidade de organização e do conhecimento de roteiro experimental depois discorreu sobre o uso de combustíveis fósseis e os biocombustíveis e seu apelo “*verde*”. Buscou saber o que os alunos sabiam sobre novos combustíveis no Brasil e se eles acham que seria possível sintetizar um combustível no laboratório naquele momento. Após essa introdução, os alunos leram o texto 1: O que é biodiesel? então após discutir o texto com os alunos e explicar sobre reações de esterificação e transesterificação, explicou-se que no experimento em questão eles iriam sintetizar o biodiesel através de óleo de soja, e que então eles deveriam ler o procedimento experimental e sanar qualquer dúvida em relação ao experimento para então iniciar o procedimento experimental. Após o experimento, os resultados foram discutidos com a turma. A QV foi abordada na utilização do óleo de soja usado como matéria-prima e no que se refere a obtenção de um combustível mais limpo. Excepcionalmente, ao final da aula os alunos foram convidados a dar início ao experimento 12, cortando cenouras e colocando em agitação magnética, juntamente com 50 mg de acetofenona e 75mL de água destilada, num erlenmeyer fechado, por 24 horas.

Observação da aula experimental 11 de maneira participante

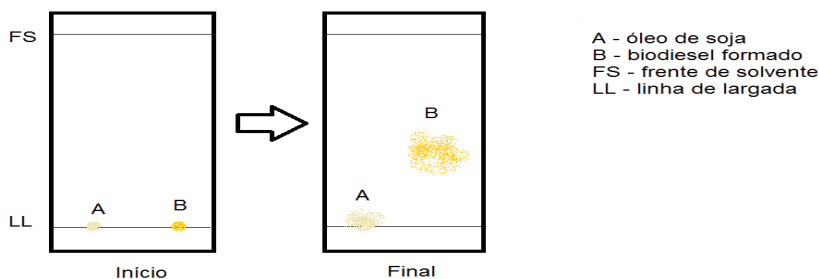
O objetivo do experimento foi preparar biodiesel partindo do óleo de soja, ilustrando assim as reações de transesterificação. Mas, excepcionalmente, nesse dia de inverno, o clima estava muito frio (temperatura em torno do 15°C) em Curitiba-PR, dessa maneira aconteceu a precipitação do éster (biodiesel) produzido. O material ficou na forma de uma pasta esbranquiçada, o que dificultou bastante a extração do produto de reação e comprometendo o rendimento final da síntese. Somente uma equipe obteve seu produto na forma líquida. A formação do éster foi confirmada por CCD. O procedimento foi testado, mas em condições climáticas diferentes. Já é muito conhecido que quedas bruscas na temperatura ambiente são

responsáveis pelo aumento da viscosidade e pela cristalização de ésteres graxos saturados presentes no biodiesel, que, possivelmente foi o que aconteceu.

Análise da atividade diária da aula 11

Esse experimento acabou não tendo seu objetivo alcançado da maneira prevista, com exceção de uma equipe, todas as demais tiveram a formação de uma emulsão juntamente com o glicerol formado na reação que não foi possível de separar. Tradicionalmente a forma mais comum de separar uma emulsão é deixá-la quieta por 24h nossa estratégia de separá-la por centrifugação não foi suficiente. A fim de verificar a presença do éster (biodiesel) foi realizada uma CCD, comparando tempo de retenção do óleo de soja utilizado e o produto formado, nessas equipes verificou-se que tanto o óleo quanto o produto permaneceram no ponto de aplicação ($R_f = 0$), ou seja, não houve a conversão pretendida. Entretanto, para a única equipe que conseguiu obter o biodiesel e separar, o teste em CCD foi conclusivo, mostrando a variação entre o R_f do óleo de soja e do biodiesel produzido, conforme imagem esquemática abaixo (FIGURA 22).

FIGURA 22 – IMAGEM ESQUEMÁTICA MOSTRANDO CCD COM RESULTADO COMPARANDO ÓLEO DE SOJA E BIODIESEL FORMADO



A mancha do lado esquerdo é o óleo de soja ($R_f=0$) e a mancha do lado direito ($R_f=0,45$) é o biodiesel formado. Essa diferença de R_f é referente à mudança estrutural das substâncias que alteram a interação com a fase estacionária.

Com a alteração do procedimento inicial em busca de resultados de conversão, ao final da prática foram gerados 330mL de resíduo líquido e 54,680g de resíduo sólido, referentes a emulsão (pasta) obtida pelos alunos. Esses valores correspondem a 5,35% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 9,43% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada. Esses valores estão bem acima dos previstos.

Geralmente no laboratório, são realizadas reação de esterificação, que ocorrem quando um ácido carboxílico reage com um álcool e produz éster e água. Na tentativa de contextualizar a situação e ainda deixá-la mais “verde” optou-se por realizar uma transesterificação, que consiste em transformar um éster em outro reagindo com um álcool. Como relatado essa reação não teve o resultado esperado, mas isso em decorrência da baixa

temperatura do dia, em virtude do óleo de soja ser composto majoritariamente por triacilgliceróis de cadeias graxas saturadas que acaba por solidificar em temperaturas mais baixas.

Recomendamos que esse experimento seja realizado em dias com temperaturas mais elevadas para obtenção de melhores taxas de conversão. Durante a etapa de discussão dos resultados das CCD, o professor aproveitou a oportunidade para esclarecer o comportamento esperado para o éster (biodiesel) e quais as prováveis causas das baixas taxas de conversão apresentadas de modo que todos os alunos entenderam os motivos pelos quais o procedimento realizado não logrou êxito.

Nesse encontro, os alunos foram a todo o tempo questionados sobre o que sabiam sobre combustíveis e o meio ambiente. Foram instigados a saber por que o biocombustível hoje em dia está sendo um produto amplamente estudado e implantado em diversos países. Os alunos tiveram que buscar saber por que o biocombustível é melhor que um combustível fóssil para o meio ambiente.

A abordagem da temática biodiesel com os alunos é corroborada pela existência do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) do Ministério de Minas e Energia que apresenta o biodiesel como promotor de desenvolvimento econômico e social. Isso porque ele aparece como uma excelente opção, por ser um combustível de fonte renovável, a exemplo de óleos e gorduras de origem animal e vegetal, além de matérias graxas proveniente de esgoto. Sendo ele, biodegradável, não tóxico e quase livre de enxofre e substâncias aromáticas cancerígenas, recebendo a classificação de “combustível ecológico”. Aqui no Brasil, as políticas públicas, concernem à produção e a comercialização do Biodiesel, buscando a inclusão social e o desenvolvimento sustentável, enfatizando a produção em pequena escala. No semiárido nordestino, 200 mil famílias pobres, produzem cerca de 2,5% do Biodiesel consumindo no País, através do cultivo de mamona combinado com o feijão (BRASÍLIA, Centro de Documentação e Informação Coordenação de Publicações, 2003).

AULA 12 - Redução de uma cetona em álcool secundário

Neste encontro com objetivo de ilustrar conversões químicas mediadas por agentes biológicos nos propusemos a realizar a redução enzimática de cetonas para álcoois secundários. Primeiramente foi perguntado aos alunos: Vocês acham que é possível utilizar uma cenoura para realizar uma reação? E o professor em seu colóquio explicou sobre as reações tradicionais de redução e fez um comparativo com a redução provocada pela enzima existente na cenoura. Então os alunos puderam ler o texto sugerido e em seguida foram discutidos os aspectos verdes em realizar essa reação. Após a leitura do roteiro experimental caso não existissem dúvidas, podiam dar continuidade a prática já iniciada na aula anterior. O procedimento foi realizado rapidamente pelas equipes sem qualquer intercorrência. Ao final do procedimento pode-se discutir os aspectos verdes, indicando que o resíduo da cenoura pode ser descartado no lixo normal, não havendo geração de resíduos que precisem de tratamento mais específico.

Observação da aula experimental 12 de maneira participante

Já tendo vivenciado a primeira reação orgânica, os alunos não tiveram qualquer dificuldade em realizar o procedimento experimental proposto. A aula teve início no dia anterior, quando os alunos prepararam a mistura reacional que ficou em agitação por 24h. Após a extração e análise do produto por CCD foi possível verificar que a taxa de conversão foi muito mais baixa que a esperada. Muito provavelmente o problema foi com relação ao tempo reacional (24h) que foi menor do previsto na literatura que pode chegar a 7x24h em virtude dos encontros estarem ocorrendo diariamente.

Entretanto ressaltamos que tradicionalmente as reações de oxidação e redução são excluídas de abordagens dentro dos princípios da química verde, pois carecem de reagentes química e ambientalmente agressivos. As reações de redução são menos frequentes que as de oxidação por exigir o uso de atmosfera inerte. A redução enzimática é muito interessante por trás aos alunos um enfoque mais verde envolvendo a síntese orgânica. Mesmo com taxas de conversão pouco satisfatórias, o experimento serviu para discutir outras abordagens não convencionais que podem ser buscadas para realização de sínteses.

Análise da atividade diária da aula 12

Esse experimento foi escolhido por utilizar uma enzima como reagente natural, ou seja, no campo de atuação da biocatálise. Realizar a conversão da acetofenona em 1-feniletanol através de biocatálise, utilizando enzimas presentes na cenoura criou uma grande expectativa nos alunos em geral. Nenhuma equipe conseguiu observar a conversão do 1-feniletanol quando analisadas por CCD. Essas substâncias não possuem coloração forte, então é necessário o uso de agente de revelação, para isso foi utilizada um tipo de revelação do tipo Quimicamente Ativa, utilizando-se vanilina com ácido sulfúrico. Depois que a placa contendo a acetofenona e o 1-feniletanol foi eluída, com cuidado mergulhou-se a placa em solução reveladora de vanilina (procedimento em capela), escorreu-se o excesso de solução dentro do frasco da mesma, depois ela foi visualizada em câmara com Luz UV. Porém notou-se que as duas manchas estavam na mesma posição, mostrando que não houve ou que houve baixa conversão de 1-feniletanol. Mesmo com a baixa conversão, os alunos puderam observar que a cromatografia pode ser utilizada também em processos que não envolvem cor. Isso é de grande valia, pois muitas vezes a cromatografia fica presa somente em processos de separação de pigmentos em experimentos realizados em escolas e na academia.

Com as nossas ressalvas de que no planejamento inicial essa disciplina teria aulas semanais e não diárias de modo que a agitação só pode ser realizada por 24h, que aparentemente não foi tempo suficiente para que a reação ocorresse. Mesmo com o resultado não sendo compatível com o esperado, os alunos puderam discutir sobre a biocatálise, e sobre os problemas encontrados muitas vezes para realizar a adequação de uma reação através da substituição de reagentes.

O experimento gerou 590mL de resíduo líquido (em grande parte água) e 76,897g de resíduo sólido, a cenoura utilizada não foi contabilizada nesse resíduo pois pode ser descartada no lixo orgânico. Esses valores correspondem a 9,56% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 13,263% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Nesse encontro os alunos puderam ser questionados sobre a busca de biocatalisadores para geração de reações mais limpas e por que esse ramo tem crescido muito nos últimos tempos. Através disso, os alunos puderam correlacionar com os aspectos de uso de catalisadores e fontes de matéria prima renováveis presentes nos princípios da QV.

Mostrar aos alunos a importância de buscar biocatalisadores é também retratado no trabalho de Conti (2000), que indica que a área multidisciplinar da biocatálise está atualmente em amplo desenvolvimento. A Química e a Biologia estão realizando pesquisas que tem como objetivo principal desenvolver novos catalisadores para uso industrial. Outros estudos também estão sendo realizados para contornar as limitações encontradas na aplicação sintética das enzimas, através da alteração da estereoespecificidade, termoestabilidade e atividade envolvendo biologia molecular.

AULA 13 – Síntese do cloreto de terc-butila

O objeto da proposta de síntese foi ilustrar a reação de substituição nucleofílica unimolecular e para tal propusemos a síntese do cloreto de terc-butila. Essa prática é tradicionalmente aplicada no laboratório e optou-se por mantê-la, porém realizando algumas adaptações com relação a alíquota inicial e até mesmo estreitando relação estequiométrica entre os reagentes de modo a gerar menos resíduos, e melhor se inserir aos princípios da QV. Para oportunizar o entendimento, primeiramente a aula se deu de maneira dialogada, e foi perguntado aos alunos: De que maneira podemos reduzir resíduos? De qual maneira podemos tornar uma manipulação mais segura? Em seguida o professor discutiu com a turma sobre redução de quantidades para minimizar resíduos e acidentes. Após os alunos leram o TEXTO 1: Cloreto de terc-butila, então o professor discorreu sobre as reações de substituição nucleofílicas e suas potencialidades sintéticas e mais precisamente sobre a obtenção do cloreto de terc-butila. Os alunos leram o roteiro experimental e uma nova rodada de discussão foi feita, agora sobre os cuidados que deviam ser tomados ao realizar o experimento. Ao final do experimento, os resultados obtidos foram debatidos, assim como os aspectos envolvendo a QV.

Observação da aula experimental 13 de maneira participante

Do mesmo modo que ocorreu no primeiro bloco da disciplina, com o andamento das aulas de reações, percebeu-se que os alunos desenvolveram mais habilidades no laboratório, realizando as práticas com um pouco mais de segurança. Nesta prática apesar de lidarem com HCl concentrado, que é um ácido forte, não houve qualquer intercorrência, os alunos seguiram todas as recomendações e cuidaram na hora de manipular o mesmo.

Os resultados obtidos pelas equipes estão de acordo com os previstos na literatura.

Análise da atividade diária da aula 13

Este experimento é usado pra ilustrar as reações de substituição nucleofílica unimolecular através da produção do cloreto de terc-butila. Ao analisar as atividades diárias, foi possível observar que os alunos tiveram muitas dificuldades em realizar o cálculo de

rendimento da reação. Apenas 2 equipes conseguiram realizar o cálculo sem qualquer erro. Isso mostra que os alunos tiveram dificuldade em entender os cálculos estequiométricos, reagente limitante e fazer correlações com o experimento realizado. Após correção dos valores, os rendimentos foram calculados (TABELA 7).

TABELA 7 – RENDIMENTOS OBTIDOS PARA O CLORETO DE TERC-BUTILA

Grupo	Rendimento da reação (%)
1	16,92
2	20,38
3	28,85
4	25,31
5	19,7
6	16,15

Apesar da baixa taxa de conversão, todas as equipes lograram êxito em obter o produto final. O cloreto de terc-butila foi obtido através de uma reação de substituição nucleofílica unimolecular, que é uma reação química, na qual uma espécie com um par de elétrons não compartilhado, nucleófilo, reage com o substrato, de tal forma que ocupe a antiga posição do grupo antes ali ligado, o grupo abandonador. A reação do cloreto de terc-butila, trata-se de uma SN1, na qual, a velocidade da reação depende somente da concentração do substrato normalmente terciário, e os nucleófilos, podem ser fracos e diluídos. Para esse experimento, optamos por manter os reagentes clássicos (*t-butanol* e *HCl*) e modificamos a alíquota inicial para geração de menor volume de resíduos. Nessa experiência foram gerados 380mL de resíduos líquidos e 69,437g de resíduos sólidos. Esses valores correspondem a 6,16% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 11,977% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada.

Os alunos indicaram que nesse experimento foram atendidos os princípios: 1, 2, 4, 6, 9 e 11.

Nesse experimento os alunos investigaram sobre redução de volumes de reagentes para fins de minimizar a quantidade de resíduos, assim como a segurança em se ligar com ácido concentrado numa menor quantidade.

Aqui o conceito de Prevenção a Poluição da CETESB, também pode ser mencionada. Pois se trata de um experimento que visa a redução: diminuindo volume da fonte geradora e melhorias no gerenciamento do processo.

AULA 14 – SÍNTESE DA DIBENZALACETONA

O experimento da síntese da dibenzalacetona tem por objetivo ilustrar a utilização sintética das reações de condensação aldólica. Dentre as diversas metodologias de obtenção deste composto disponíveis na internet, em sítios de universidades brasileiras. O colóquio inicial abordou um aspecto completamente novo aos alunos que é o controle estequiométrico através do uso de reagentes limitantes. Foi perguntado aos alunos: De que maneira podemos aumentar o rendimento de uma reação e reduzir seus resíduos? Em seguida a turma discutiu sobre redução de quantidades para minimizar resíduos e acidentes e sobre reações que utilizem 100% de seus reagentes, reações que possuam alto valor de eficiência atômica. Após

os alunos leram o texto recomendando, a síntese em questão pode ser discutida, fazendo relação de mol com quantidades a serem utilizadas e sobre os cuidados que deviam ser tomados. Ao final do experimento os resultados obtidos foram discutidos.

Observação da aula experimental 14 de maneira participante

Como essa era a última aula experimental, notou-se que os alunos estavam demonstrando um pouco mais de cansaço devido às aulas seguidas, mas estavam animados para concluir o curso. Os alunos estavam mais seguros realizando a prática com mais segurança. Nesta prática apesar de lidarem com NaOH, não ocorreram intercorrências, os alunos prestaram atenção nas explicações e cuidaram na hora de manipular o mesmo. Verificou-se que acabaram fazendo mais lavagens na parte final antes de purificar, para abaixarem a alcalinidade da pasta. Os resultados obtidos pelos grupos foram satisfatórios.

Neste último dia de prática os alunos aproveitaram para tirar algumas dúvidas para terminarem as apresentações dos seminários.

- **Análise da atividade diária da aula 14**

Nesse experimento para obter a dibenzalacetona, o foco foi discutir estequiometria com os alunos, tendo em vista falar sobre eficiência atômica e também pela dificuldade apresentada pelos mesmos na aula anterior nessa parte. As equipes, com exceção de uma, realizaram os cálculos envolvidos no experimento e os rendimentos obtidos pelos grupos estão mostrados na TABELA 8.

TABELA 8 – RENDIMENTOS OBTIDOS NA SÍNTESE DA DIBENZALACETONA

Grupo	Rendimento (%)
1	41,6
2	24,87
3	29,89
4	44
5	não apresentou
6	24,36

Esse experimento foi mantido devido a possibilidade de mostrar o efeito de estequiometria e eficiência atômica, pois mudando um pouco a quantidade dos reagentes, a reação pode ser favorecida a formar a benzalcetona ao invés da dibenzalcetona.

A síntese da dibenzalacetona trata-se de uma condensação aldólica mista, ou seja, para que exista a formação significativa do produto é preciso que um dos reagentes não condense com ele mesmo, que é o que acontece com o benzaldeído, por não apresentar hidrogênios- α . O composto intermediário formado através da primeira condensação, a benzalcetona, possui ainda átomos de hidrogênio acídicos, que originam uma segunda condensação facilmente. Essa reação precisa estar em meio alcalino para ocorrer, por causa do papel do íon hidróxido no mecanismo da reação. Dessa forma, a benzalcetona reage com outra molécula de benzaldeído através do mesmo mecanismo, formando a dibenzalacetona.

Os princípios da QV identificados pelos alunos neste experimento foram 1, 2, 3 e 12.

O experimento gerou 3,1L de resíduos líquidos e 21,935g de resíduos sólidos. Esses valores correspondem a 50,24% do volume total de resíduos líquidos gerados pela unidade aplicada e 3,8% do volume total de resíduos sólidos gerados pela unidade aplicada. O volume gerado de resíduo líquido foi relativamente elevado, devido à etapa de lavagem para tirar a alcalinidade do composto.

Nesse encontro os alunos puderam investigar como a estequiometria pode influenciar na eficiência atômica de uma reação. Mostrar aos alunos reações com alta eficiência atômica é defendida também no trabalho de Lenardão (2003), que aponta que reações de adição (Diels-Alder) e rearranjos intramoleculares são altamente eficientes pois, em geral, todos os átomos dos reagentes são incorporados ou ficam no produto final. São chamadas de síntese Verde, aquelas que envolvem boa economia de átomos (adição, rearranjos, reações que envolvem catálise e biocatálise).

AULA 15 – APRESENTAÇÃO DE SEMINÁRIO E APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL

Como proposto inicialmente no cronograma de atividades, nesse último encontro os alunos foram submetidos a uma segunda atividade avaliativa, o seminário e após aplicação do questionário final.

Os temas dos seminários foram sorteados ao final do bloco 1. Os temas envolviam conteúdos abordados nos colóquios, processos industriais se fosse possível, com enfoque de Química Verde.

Observação da aula 15 de maneira participante

Seis seminários foram apresentados.

Grupo 1, composto por 3 alunos, sorteou o tema “oxidação de álcoois, com enfoque na QV”. Apresentaram sobre o método usual de produção, que faz uso de dicromato de potássio, e fizeram o comparativo com o método mais verde, utilizando hipoclorito de sódio. A equipe conseguiu trabalhar um assunto visto, fazendo a ligação com o processo industrial e apresentando uma alternativa mais verde. Alcançaram o objetivo esperado.

Grupo 2, composto por 3 alunos, sorteou o tema “biodiesel, com enfoque QV”. A equipe fez uma contextualização dos malefícios do uso de combustíveis fósseis e abordou fatores favoráveis à produção de biocombustíveis, no caso o biodiesel. A equipe trabalhou bem o assunto visto, fazendo a ligação com o processo industrial e apresentando uma alternativa mais verde. Alcançaram o objetivo esperado.

Grupo 3, composto por 3 alunos, sorteou o tema “acidez e basicidade, com enfoque QV”. A equipe apresentou a proposta de um titulador automático. Os alunos estiveram bastante nervosos, com dificuldade na definição de ácido e base, não conseguindo explicar adequadamente o artigo científico, que usaram como base para o seminário, que falava sobre

extração de dois fármacos, a nimesulida e o propranolol. O grupo não conseguiu trabalhar o assunto visto, fazendo a ligação com o processo industrial, nem apresentando uma alternativa mais verde. Não alcançaram o objetivo esperado.

Grupo 4, composto por 3 alunos, sorteou o tema “enzimas em reações químicas, com enfoque QV”. A equipe apresentou a indústria onde uma das integrantes realizava estágio, sem estabelecer ligação com a técnica vista no laboratório, nem relacionando à QV. A equipe conseguiu trabalhar o assunto, fazendo a ligação com o processo industrial e apresentando uma alternativa mais verde. Assim, o objetivo esperado na atividade não foi alcançado.

Grupo 5, composto por 3 alunos, sorteou o tema “biocatálise, com enfoque da QV”. A equipe se esforçou em mostrar a forma antiga de fabricação do ibuprofeno e como atualmente a indústria utiliza biocatalizadores para eliminar etapas de produção. Abordaram a biocatálise mostrando um caminho promissor para a síntese de fármacos sem geração de resíduos. O grupo conseguiu trabalhar um assunto visto, fazendo a ligação com o processo industrial e apresentando uma alternativa mais verde. Alcançaram o objetivo esperado.

Grupo 6, composto por 2 alunos, sorteou o tema “estratégias alternativas, com enfoque da QV”. A equipe apresentou a estratégia do uso de fluido supercrítico, em especial o dióxido de carbono (CO_2), na extração de cafeína. A equipe não se aprofundou ou correlacionou com atividades industriais. A apresentação foi breve, mas abordaram o tema proposto. Alcançaram parcialmente o objetivo esperado.

A média da turma nos seminários foi 70,0. A menor nota foi 50,0 e a maior foi 80,0. De uma maneira geral as apresentações atenderam ao esperado, por exceção de 2 equipes.

No seminário os alunos tiveram que relembrar os conhecimentos vistos, estabelecer uma relação desses conhecimentos com o tema apresentado e fazer a análise em outro contexto, trabalhando uma técnica vista no laboratório, estabelecer uma relação com a QV e trabalhar ambas no contexto da indústria farmacêutica.

Durante as apresentações, os alunos não fizeram perguntas para quem apresentava, deixando os questionamentos para o professor. Isso pode ser por timidez ou receio que em sua apresentação os colegas também possam fazer perguntas. Mas em nenhum momento notou-se que os alunos não estavam prestando atenção nas apresentações, houve muito respeito entre eles nesse sentido.

De modo geral nos experimentos, os alunos tiveram que relembrar conteúdos e fazer correlações. Já com os seminários os alunos devem reconhecer variáveis, fazer avaliação das mesmas e trabalhar o problema em outro contexto. Quando os alunos investigaram uma metodologia aplicada na indústria, eles tiveram que buscar a relação entre o conteúdo específico o procedimento experimental e verificar como isso pode ser trabalhado na perspectiva da Química Verde. Além de cada grupo ter que realizado a busca por entender essas questões, eles também tiveram que repassar isso aos demais colegas.

Em relação aos experimentos, foram gerados ao todo: 579,75g de resíduo sólido e 6,17L de resíduo líquido. A tabela 9 mostra a relação de resíduos e porcentagens geradas ao longo da aplicação da Unidade Didática.

TABELA 9 – RELAÇÃO DE RESÍDUOS E PORCENTAGENS GERADAS AO LONGO DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

Aula	Resíduo sólido (g)	Porcentagem	Resíduo líquido (l)	Porcentagem	Considerações
1	---	---	---	---	Aula introdutória
2	---	---	---	---	Toda a água e acetona foram reutilizadas
3	247	42,605	0,445	7,3	Chá mate descartado no lixo comum
4	25,637	4,422	0,25	4,05	---
5	32,196	5,553	0,69	11,18	---
6	---	---	---	---	Uso de tubos capilares e o destino final é o descarte de vidros
7	1,00	0,172	0,3	4,86	Cravo da índia descartado no lixo comum
8	50,968	8,791	0,08	1,3	---
9	---	---	---	---	Aula de revisão
10	---	---	---	---	Atividade avaliativa
11	54,680	9,43	0,33	5,35	---
12	76,897	13,263	0,59	9,56	Cenoura descartada no lixo comum
13	69,437	11,977	0,38	6,16	---
14	21,935	3,8	3,1	50,24	---
15	---	---	---	---	Seminários

Nesses valores não foram computados os solventes que passaram pelo rotaevaporador e voltaram a ser utilizados, nem o chá, o cravo e a cenoura que puderam ser descartados no lixo normal. Esses valores são muito significativos, pois em comparação com uma disciplina tradicional esses valores ficam em torno de 1,5Kg de resíduo sólido e 15L de resíduo líquido. Esses valores podem variar dependendo dos experimentos aplicados à escolha do docente, por isso não podem ser comparados exatamente. Mas já demonstram que pequenas mudanças já podem gerar um volume menor desses resíduos, além do fato de mostrar essa importância aos alunos.

O laboratório ainda não possui capacidade para tratar esses resíduos, quem sabe isso possa ser um trabalho futuro, atualmente os resíduos recebem destinação determinada pela Divisão de Gestão Ambiental (DGA) localizada na Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA), no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

QUESTIONÁRIO FINAL

Após as apresentações, os alunos receberam um questionário final (APENDICE 4), que deveriam responder para verificar o quanto haviam se apropriado dos princípios da QV. Todos os alunos responderam e depois receberam as mesmas marcações em relação ao questionário inicial, a fim de verificar respostas iniciais, finais e relações com as atividades diárias e seminário.

- Verificação do quanto os alunos se apropriaram dos princípios de QV

Questão 1. Você sabe qual é a definição de QV?

Nesta primeira questão, 14 dos 17 alunos escreveram uma boa definição do que é a QV (GRÁFICO 2), valendo citar:

Aluno Q: “A Química Verde engloba um conjunto de princípios que visam uma química mais segura, eficiente, com menor produção de resíduos tóxicos e poluentes, respeitando o meio ambiente.”

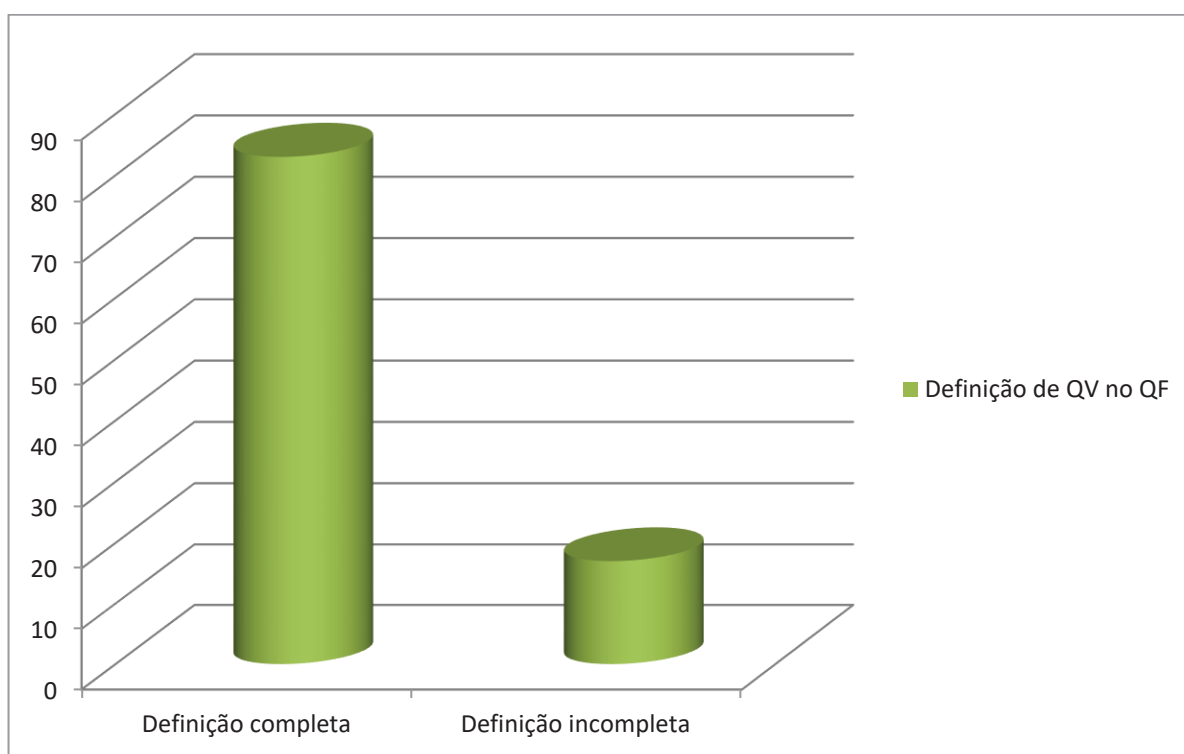
Já 3 alunos nesta questão foram bem sucintos, e responderam somente que:

Aluno O: “É o uso³ da química de forma mais ecológica”.

Aluno P: “São práticas que visam diminuir impactos no meio ambiente e de segurança em laboratórios”.

Aluno K: “Sim, utiliza conceitos químicos com objetivo de reduzir os impactos causados”.

GRÁFICO 2. RESULTADOS OBTIDOS NA PRIMEIRA QUESTÃO/QUESTIONÁRIO FINAL



Questão 2. Você sabe quantos princípios existem como guia na QV?

Se souber algum ou todos, quais são esses?

³ aplicação

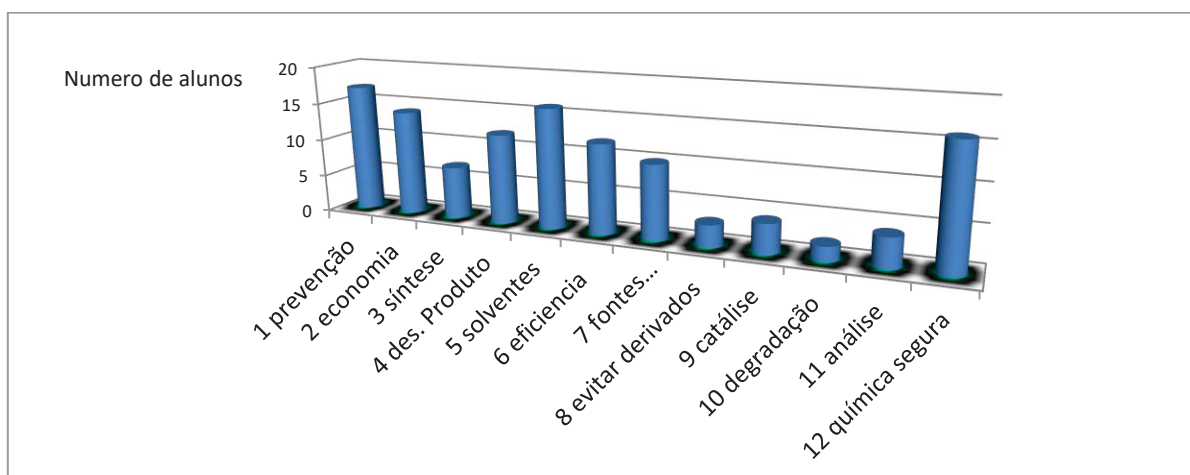
Apenas 2 alunos conseguiram descrever os 12 princípios, mas a média de princípios apropriadas pela turma foi de 6,88. Tendo em vista que os alunos não haviam nem escutado falar sobre os 12 princípios da QV no início do curso, esse resultado é bem notável. Mesmo com alguns experimentos não tenham apresentado taxas de conversão significativas às discussões surtiram efeito positivo nos alunos. Foi notória a diferença de comportamento dos alunos no decorrer dos experimentos testados. A conduta quanto a diminuição de resíduos e as estratégias usadas para minimizar o uso de reagentes tóxicos nas aulas com os alunos mais inexperientes. (TABELA 10).

TABELA 10. TABELA DE RELAÇÃO ALUNO COM PRINCÍPIOS CITADOS

Aluno	Nº de Princípios da QV descritos
A	7
B	8
C	7
D	5
E	6
F	7
G	12
H	7
I	4
J	10
K	4
L	4
M	12
N	6
O	5
P	5
Q	8

Ainda nesta segunda questão, o GRÁFICO 3 apresenta os princípios mais descritos pelos alunos.

GRÁFICO 3. PRINCÍPIOS DESCRITOS PELOS ALUNOS



Através do gráfico pode-se ver que os princípios mais descritos pelos alunos foram: “prevenção de resíduos”, “economia atômica”, “solventes e auxiliares seguros” e “química intrinsecamente segura”. E os princípios menos descritos foram evitar a formação de derivados e desenho para degradação. Esse resultado já era esperado tendo em vista que esses 2 princípios não foram fortemente trabalhados com os alunos.

Quando questionados se durante a disciplina eles conseguiram observar a relação entre os experimentos realizados e a base de QV, 16 alunos responderam que sim, indicando a diminuição de volumes utilizados e a preocupação com a geração de resíduos, assim como o intento para práticas mais seguras. Um aluno, o F respondeu: “Na maioria deles, nos últimos experimentos realizados, senti uma dificuldade em assimilá-los”. Isso pode ser decorrente de que nas primeiras práticas, que envolveram as técnicas, tenham sido mais visíveis as mudanças do que nas sínteses, onde existiu preocupação em eficiência atômica, mas nessas sínteses também se buscou fazer reduções e discutir os princípios com os alunos.

Quando questionados se eles achavam que a abordagem da QV, desenvolvida durante as aulas, seria importante para o curso e o futuro desempenho profissional deles, todos os alunos responderam que sim, citando que é importante pensar na diminuição de resíduos e de sua toxicidade, que com as aulas agora eles conseguem pensar e avaliar se poderiam existir outras alternativas mais limpas e seguras. O aluno O disse: “*Sim, refletir sobre a Química Verde é muito importante para a Farmácia, já que a Indústria Farmacêutica é uma das maiores do mundo, logo, tem um enorme impacto no mundo. Considerando os diversos problemas climáticos que estamos enfrentando, reduzir os impactos no meio ambiente é de extrema importância*”.

Quando perguntado se eles achavam que a QV poderia ou precisaria ser aplicada em outras disciplinas, todos os alunos disseram que sim, alguns falaram que em todas as disciplinas experimentais de química e bioquímica, e não somente para o curso de farmácia, mas também para química e engenharia química. O aluno K disse: “*Sim, pois em muitas aulas práticas que cursei na universidade se desperdiçou muito reagente que não tinha necessidade*.”

Ao final, buscou-se saber se os alunos tinham alguma sugestão na qual a disciplina e a ligação com a QV pudessem melhorar, 12 alunos disseram que não, que a abordagem foi boa.

O aluno G disse: “*Acho que, embora não seja da esfera disciplinar discutir essa questão, acredito que se o governo tivesse mais interesse em investir em laboratórios mais “verdes”, essas questões seriam mais otimizadas. Pois sem recursos, planejar experimentos razoavelmente econômicos é uma tentativa desleal seja financeiramente, seja ecologicamente*.”

O aluno L disse: “*Talvez adaptar mais experimentos levando em consideração os 12 princípios da química verde*”.

O aluno O disse: “*Adicionar às práticas uma tabela comparativa de “prática usual” vs “prática com química verde” para que os alunos possam visualizar o que muda antes de pensar em porque mudou*.”

O aluno P disse: “*Não, a disciplina foi muito bem aplicada e amarrada a QV, mesmo com os erros experimentais, os quais é sempre teste e sempre estamos sujeitos*.”

O aluno Q disse: *“Para química orgânica não. Ademais, em química Analítica poderia ser feito um descarte mais correto, bem como o uso de solventes/auxiliares mais seguros.”*

Fazendo uma análise comparativa entre as respostas contidas no questionário inicial e final, foi possível perceber que os alunos conseguiram compreender o que é Química Verde e como seus princípios nos compelem a arquitetar estratégias ambientalmente amigáveis. Nem todos os alunos souberam descrever os 12 princípios, mas já sabiam que existiam e sabiam apontar alguns, o que mostra o avanço alcançado. Resultar na compreensão a filosofia por trás da QV pode ser aplicada em outras disciplinas e na sua profissão futuramente pelos alunos nos mostra que nesse caminho estaremos formando cidadãos conscientes de suas responsabilidades sociais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo de investigação, compreensão da realidade, assim como, o desenrolar e a avaliação das ferramentas metodológicas qualitativas, necessitam de diálogo, de reflexão e comprometimento com a realidade, ou seja, isso acaba implicando na maneira que o sujeito reconhece o objeto e uma dinâmica de movimentos das partes envolvidas. Nesta perspectiva dinâmica e circular que a pesquisa-ação se sustenta e conquista o espaço e um novo conhecimento no contexto da Química, da Educação e da Química Verde.

A pesquisa-ação como uma ferramenta metodológica aplicada por meio de comunicação e participação, propicia o compartilhar do saber assim como, cria uma relação de confiança e comprometimento entre os sujeitos que participam da pesquisa que visa transformar sua realidade.

A pesquisa-ação tem por objetivo resolver ou ao menos esclarecer problemas de uma situação observada. Neste trabalho, o objetivo da pesquisa-ação era analisar se a implantação dos princípios da Química Verde nas aulas experimentais de Química Orgânica ofertadas pelo Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná ajudaria reduzir os resíduos gerados nessas aulas, bem como auxiliariam os alunos a se apropriarem desses fundamentos. Como apresentado nos resultados a inserção da Química Verde nas aulas experimentais auxiliou positivamente na redução dos resíduos gerados, além de fazer os alunos se apropriarem de seus fundamentos.

Durante o processo da pesquisa-ação, existe um acompanhamento de decisões, ações e quaisquer atividades aplicadas dos sujeitos que participam da situação. Nessa perspectiva, a pesquisa não está limitada somente a uma forma de ação, mas tem em vista elevar o conhecimento dos pesquisadores e o grau de consciência dos sujeitos envolvidos. Assim sendo, a pesquisa não se baseia somente no levantamento de dados ou na intervenção de procedimentos. Nesta pesquisa, além de alterar os procedimentos para que os mesmos atendessem aos princípios da Química Verde, também buscou-se elevar a consciência dos alunos em relação a geração de resíduos gerados nas aulas, através da apresentação dos Princípios da QV, que servem tanto para as aulas práticas quanto para a futura profissão e também para a formação de um cidadão crítico e mais responsável.

Dado ao exposto, esse trabalho surgiu da necessidade em dar maior significado e relevância à Química Verde nos cursos experimentais de Química e seu pouco alcance junto aos docentes serviram de motivação para a realização da pesquisa-ação aqui apresentada. A inserção desta corrente na formação dos futuros profissionais químicos, farmacêuticos, entre outros é por nós compreendida como uma forma de proporcionar aos alunos uma aprendizagem mais relacionada à realidade e demandas atuais da sociedade como agentes de transformação social.

A aplicação de uma unidade didática, elaborada e estruturada a partir dos fundamentos da Química Verde possibilitou aos alunos uma reflexão sobre seu papel dentro do laboratório assim como agentes promotores de transformações sociais.

A análise dos resultados relativos à aplicação da unidade didática proposta se deu através de observação participante, análise de atividades e questionários, no intuito de compreender o processo formativo e de apropriação e crescimento por parte dos alunos. Durante o processo foram identificados aspectos que favoreceram e dificultaram o desenvolvimento dos experimentos afetando o processo de aquisição dos conhecimentos e de discussão crítica enquanto cidadãos.

O objetivo geral do trabalho que era inserir a Química Verde dentro de aulas de Química Orgânica no Ensino Superior foi alcançado, de modo que o objetivo de ação proposto foi criar a Unidade Didática e com sua aplicação existe a possibilidade de melhoria. Enquanto o objetivo de conhecimento também foi claramente alcançado tendo em vista a comparação nas respostas iniciais e finais, que os estudantes conseguiram aprender sobre a Química Verde e seus princípios assim como, perceberem seu papel social na sociedade ao se pensar nessas questões.

Vale destacar que a abordagem da Química Verde associado ao processo de ensino-aprendizagem de química orgânica experimental, gerou transformações sociais, no ambiente laboral bem como nos valores e atitudes dos participantes da ação. Nesse processo desde a identificação e reflexão da situação problema, a pesquisa-ação possibilitou elaborar uma ação, através de levantamento de dados, adequação de experimentos, aplicação da unidade didática, avaliação, reelaboração e transmissão de informações.

Com a finalidade de agregar discussões e explicações a pesquisa-ação possibilita produzir um conhecimento descritivo e mais minucioso em relação à situação vivenciada no espaço social e organizacional. Com o trabalho, podem-se notar quais práticas ainda podem gerar mais resíduos, quais podem favorecer uma discussão mais aprofundada sobre a QV e a sua importância prática, pessoal e profissional, assim como reavaliar e reestruturar a Unidade Didática, de modo que esta atenda melhor os objetivos do trabalho bem como da disciplina.

Através da pesquisa-ação existe a possibilidade de expressão e reflexão com relação aos significados e sentimentos dos sujeitos participantes atribuídos ao processo de avaliação da performance da mesma. A Universidade não pode ter como função somente o ensino técnico-científico de maneira formal restrito ela deve também oportunizar a discussão prática e social dos conhecimentos.

O fazer na área de ensino de Química Orgânica Experimental envolve um agir interativo e intersubjetivo. A perspectiva da pesquisa-ação compõe uma importante ferramenta metodológica que possibilita: agregar valores, ações, sentimentos, permite uma maior interação entre o sujeito e o objeto de pesquisa, assim como amplia a interação de teoria e prática.

Por último, a pesquisa-ação se estabelece como importante ferramenta metodológica no contexto do ensino/química orgânica, pois a mesma não se sustenta na linearidade, mas sim, em abordagens que buscam a integração entre o sujeito e sua existência, entre teoria e ação, fatos e valores e entre o pesquisador e o pesquisado principalmente.

9 SUGESTÃO DE NOVO TRABALHO

Com a aplicação das medidas atendendo aos Princípios da Química Verde, já foi percebida uma diminuição significativa na geração dos resíduos gerados durante as aulas, porém o laboratório não possui capacidade para tratar esse resíduo. Fica como sugestão, avaliar e promover alguma medida que torne possível que o próprio laboratório que gerou o resíduo consiga tratar o mesmo, sem que exista a necessidade de contratação de serviço externo.

10 REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**, Oxford University Press: New York, 1998, p.30.

ANDRE, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Série Prática Pedagógica. Campinas: Papirus; 2000.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências – Unindo a pesquisa e a prática**. Thomson, 2004.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Tradução Lucie Didio. Brasília, DF: Plano Editora, 2002.

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções**. Bauru 20 (3). 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307764844_Atividades_praticas_e_o_ensino-aprendizagem_de_ciencias_mitos_tendencias_e_distorcoes Acesso em 01/12/2020.

BINDEWALD, E.H.; BENTO, M.R. **Análise de aulas práticas de química analítica e os princípios da química verde**. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Química. 2013.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. Notas de campo. In BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução às teorias e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994. p.150-75.

BOGDAN T.S., & TAYLOR, B. (1998.) **Introduction to qualitative research**. New York: Wiley (3ª ed.). John Wiley & Sons Inc.

BRONDANI, P. B. **Cromatografia em coluna: Dicas**. Nuquiocat. UFSC. 2016. Disponível em: <http://nuquiocat.quimica.blumenau.ufsc.br/files/2016/07/Cromatografia-em-Coluna.pdf> Acesso em 03/12/2020.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de ensino de Física. v. 19. n. 3 (2002). Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607> Acesso em 01/12/2020.

BRANDÃO, C. R. (1984). Participar-pesquisar. In C. R. Brandão (Org), **Repensando a pesquisa participante** (pp.7-14). São Paulo: Brasiliense.

BRASÍLIA, O Biodiesel e a Inclusão Social. **Câmara dos Deputados**. CONSELHO DE ALTOS ESTUDOS E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA. Centro de Documentação e

Informação Coordenação de Publicações. 24p. 2003. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/internet/diretoria/caeat/conteudo/07020.pdf> Acesso em 23/03/2020.

BRAVO, R. S. **Técnicas de investigação social: Teoria e exercícios**. 7 ed. Ver. Madrid: Paraninfo, 1991.

BOGDAN, R. BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto, 1994. Coleção Ciências da Educação.

CACHAPUZ, A., et. al. A Necessária renovação do ensino de ciências. São Paulo. Cortez, 2005. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4067072/mod_resource/content/1/A%20necess%C3%A1ria%20renova%C3%A7%C3%A3o%20do%20ensino%20das%20ci%C3%Aancias.pdf acesso 01/12/2020.

CALADO, S.S.; Ferreira, S.C R. Análise de documentos: método de recolha e análise de dados. Disponível em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/ichagas/mi1/analisedocumentos.pdf>. Acesso em 28/06/2020.

CARDIM, R. S. Metodologia alternativa para abordagem introdutória da química orgânica: aplicação e avaliação de uma experiência didática. 2013. 117f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CAREGNATO, R. C. A.; Mutti R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. *Texto contexto-enferm*. 2006;15(4):679-84.

CETESB – **AQuímica Verde no Brasil**. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/wwverde/a-quimica-verde-no-brasil/>, acesso dia 23/03/2020. Uma versão completa da Lei 997 pode ser obtida em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf. E o resumo do Programa de Prevenção à Poluição pode ser encontrado em: http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/manual_implem

COELHO, J. C., MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química. *Rev. Ensaio | Belo Horizonte | v.09 | n.01 | p.59-75 | jan-jun | 2007*. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00059.pdf> Acesso em 01/12/2020.

CONTI, R.; RODRIGUEZ, J.A.R.; MORAN, P. J. S. Biocatálise: avanços recentes. **Quím. Novavol.24no.5** São Paulo, Sept./Oct.2001.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, G. G. Química Verde: Fundamentos e Aplicações. EdufSCar. 1ª Edição. 2009.

COSTA, M. C. S. Abordagem dos princípios da Química Verde por meio do lúdico na formação ambiental de profissionais da química. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8643>, acesso 16/04/2020 as 8:39h.

CUDMANI, L.C.; SANDOVAL, J.S. Modelo físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa; implicações para a aprendizagem. **Caderno catarinense de ensino de física**. V.8, n.3, p.193-204, 1991.

CUNHA, P. V. Resenhas – Metodologia da pesquisa-ação. In: Thiollent M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez-Autores Associados; 1986.

DESLAURIERS, J. P. et. al. A pesquisa qualitativa. Enfoques epistemológicos e metodológicos. Vozes. 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1895937/mod_resource/content/1/04_OB-JACCOUD_MAYER.pdf Acesso 01/12/2020.

FCIENCIAS, 2020. Disponível em: <https://www.fcencias.com/2013/10/10/purificacao-substancia-recristalizacao-laboratorio-online/> Acesso em 01/12/2020.

FELDMAN, A. Erzberger's dilemma: validity in action research and science teachers need to know. **Science Education**. 1994;78(1):83-101.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. Educ. Pesqui. [Internet]. 2005 [cited 2009 jul 30]; 31(3):483-502. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf> Acesso em 01/12/2020.

FREITAS H. Análise de dados qualitativos: aplicações e as tendências mundiais em Sistemas de Informação. São Paulo/SP: **Revista de Administração da USP**, RAUSP, v. 35, nr. 4, Out-Dez. 2000, p.84-102

GARCIA, Carlos Marcelo. Formação de professores. Porto: Porto Editora, 1999

GERHARD, T.E.; SILVEIRA, D.T. Método de pesquisa. EAD. **Série educação a distância**. UFRGS. 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES, P.F.; GALIAZZI, C.M. A natureza das atividades experimentais no ensino de ciências. In: MORAES, R.; MANCUSO, R. **Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores**. Ijuí: Unijuí, 2004. p.237–252.

GOLSALVES, A.A.; ARAÚJO, C.R.M.; FILHO, C.A.L.; MEDEIROS, F.S. **Contextualizando reações ácido-base de acordo com a teoria protônica de Brønsted-Lowry usando comprimidos de propranolol e nimusulida**. Quím. Nova, vol.36, no.8 - São Paulo, 2013.

HAGUETTE, T. M. F. Metodologias qualitativas na sociologia. Vozes. 2003. Disponível em: http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2007/T1-1SF/Canrobert/Medologias_Qualitativas.pdf acesso em 01/12/2020.

IUPAC, P. Fundo et al., Pure Appl. Chem. 72(7), para.1207–1228, 2000.

JACOB, R. G.; OLIVEIRA, D. H.; DIAS, I. F. C.; SCHUMACHER, R. F.; SAVEGNAGO, L. Óleos Essenciais como Matéria-Prima Sustentável para o Preparo de Produtos com Maior Valor Agregado. **Rev. Virtual Quim.**, 2017, 9 (1), 294-316. Data de publicação na Web: 1 de dezembro de 2016.

LABORQUIMI. Disponível em: <https://www.laborquimi.com.br/aparelho-clevenger> acesso em 01/12/2020.

LABVIRTUAL. Disponível em: http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=223&Itemid= Acesso em 01/12/2020.

LEFEHLD, N.A.S.; BARROS, A.J.P. Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. Petrópolis/RJ: Vozes, 1991.

LENARDÃO, E. J.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA C. C. “GREEN CHEMISTRY” – Os 12 Princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LEWIN, K. Teoria de campo em ciência social. São Paulo: Pioneira; 1965. 9.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2ª Ed. 2013.

MANUAL DA QUÍMICA, 2020. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/oxidacao-reducao.htm> Acesso 01/12/2020.

MAXIMIANO, F. A.; CORIO, P.; PORTO, P. A.; FERNANDES, C. Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo. **Educación Química**, v. XX, p. 398-404, 2009

MSPL – Manual de segurança para laboratórios. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Campus Natal Central. 48p. 2016.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

OKA, T. N., NEIVERTH, A. V., MACHADO, G. S. Contribuições da química verde e sustentabilidade para a educação ambiental na região de pontal do paraná. XVI ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. 2017. Disponível em: <http://www.epea2017.ufpr.br/wp-content/uploads/2017/05/89-E4-S8-CONTRIBUI%C3%87%C3%95ES-DA-QU%C3%8DMICA-VERDE.pdf> Acesso 01/12/2020.

OLIVEIRA, R. D. V. L. - **A formação de professores de ciências em uma perspectiva de educação em direitos humanos**. Centro federal de educação tecn. Celso S. da Fonseca. Programa de Ciência Tecnologia e Educação. 2017.

OMdQ – O mundo da química – Transformações da energia. Disponível em: https://www.omundodaquimica.com.br/academica/intro_transfenergia, acesso dia 23/03/2020.

PEREIRA, E.M.A. Professor como pesquisador: o enfoque da pesquisa-ação na prática docente. In: Geraldi, CMG, Fiorentini, D, Pereira, EMA, org. **Cartografias do trabalho docente: professor(a)- pesquisador(a)**. Coleção Leituras no Brasil. Campinas: Mercado das Letras; 2001. p. 153-81.

PEREIRA, Kamila Medeiros. **Inserção dos princípios da Química Verde em uma disciplina Experimental sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade**. 2018. 161 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

POLIT, D. F.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem**. Porto Alegre; *Artes Médicas*; 3 ed; 1995. 391 p.

PRADO, A. G. S. Química verde, os desafios da química do novo milnio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

PRIESTLEY, W. J. **The impact of longerterm intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education**. Dissertation Abstracts International. 58(3), 1997, p. 806.

PRSYBYCIEM, M. M. **A experimentação investigativa em um enfoque cts no ensino das funções químicas inorgânicas ácidos e óxidos na temática ambiental**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em:

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2351/6/PG_PPGECT_M_Prsybyciem%2C%20Mois%C3%A9s%20Marques_2015.pdf. Acesso em dia 08/03/2020.

QCONCURSOS, 2020. Disponível em: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/d652c954-cb> Acesso em 01/12/2020.

QMC, 2020. Disponível em: <http://www.qmc.ufsc.br/organica/exp7/liquido.html> Acesso em 01/12/2020.

ROLIM, K.M.C., BEZERRA, M.G.A., MOREIRA, V.T.A., MARIA, F.M. Mulheres em uma aula de hidroginástica: experienciando o inter-relacionamento grupal. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**. 17(1):8-13. 2004.

SALVÉ, Lucie. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Revista Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, maio/ago. 2005. Disponível em < file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/27979-32450-1-PB.pdf > Acesso em 03/12/2020.

SANDRI, M. C. M; FILHO, O. S.; Os modelos de abordagem de química verde no ensino de química. Educ. quím vol.30 no.4 México oct. 2019 Epub 25-Nov-2019

SANTOS, W., MÓL, G. e colaboradores. Química e Sociedade: Uma experiência de abordagem temática para o desenvolvimento de atitudes e valores. Química Nova na Escola. Química e sociedade. N° 20, NOVEMBRO 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a02.pdf> Acesso 01/12/2020.

SAQUETO, K. C. **Química verde no ensino superior de química: estudo de caso sobre as práticas vigentes em uma IES paulista**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6345/6762.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 08/03/2020.

SATO, M.S. A aula de laboratório no ensino superior de química. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2011.

SÉRE, M.G.; COELHO, S.M.; NUNES, A.P. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno brasileiro de ensino de física**. V.20, n.1, p 31-43, 2003.

SILVA Jr, E. A. S.; PARREIRA, G.G. reflexões sobre a importância da experimentação no ensino da química no ensino médio. In: Revista de educação, ciência e tecnologia do IFG. V.1. n.1. 2016.

SILVA, D. P. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores**. 2011, Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – área Ensino de Química) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, F.M.; LACERDA, P. S. B.; JÚNIOR, J. J. Desenvolvimento sustentável e química verde. **Quím. Nova** vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005

SOLOMONS, T W G; FRUHLE, C B. **Química Orgânica**, 7ª edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro, 2001.

SOUZA, F.L; AKAHOSHI, L.H; MARCONDES, M.E.R.; CARMO, M.P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de Química**. CETEC. In: http://www.cpsctec.com.br/cpsctec/arquivos/quimica_atividades_experimentais.pdf

SPRONKEN-SMITH, R.; ANGELO, T.; MATTHEWS, H.; O’STEEN, B.; ROBERTSON, J. **How Effective is Inquiry-Based Learning in Linking Teaching and Research?** In: An International Colloquium on International policies and Practices for Academic Enquiry, Marwell, Winchester, UK, April, 19-21, 2007.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez; 1986.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1988.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

ZANDONAI, D. P. A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DO DQ-UFSCAR: UM ESTUDO DE CASO. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6651/5407.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acesso dia 08/03/2020.

ZUIN, V.G. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de química**. Campinas-SP: Ed. Átomo, 2011. (p. 24-37).

APENDICES
APENDICE 1 – UNIDADE DIDÁTICA

UNIDADE DIDÁTICA

Esta Unidade Didática é destinada ao professor, nela constam sugestões de textos e de procedimentos experimentais que podem ser aplicáveis a uma disciplina de Química Orgânica Experimental, cuja ementa está descrita abaixo. Fica a critério do professor, utilizar integralmente ou parcialmente os textos indicados, os procedimentos experimentais bem como o modo, que estes serão sequenciados. Essa unidade didática está dividida em dois blocos distintos. No bloco A são abordados experimentos envolvendo as técnicas classicamente utilizadas em química orgânica e, no bloco B, as conversões ou transformações químicas.

Ementa: Introdução experimental à caracterização de funções orgânicas, relação entre estrutura e propriedades, métodos de obtenção, reações e mecanismos de reações de compostos orgânicos. Técnicas básicas de laboratório de química orgânica, voltadas aos fundamentos da Química Verde.

Período do Ensino Superior: 3º período do Curso de Farmácia - Número de aulas: 15 AULAS

Plano de Aula 1

1. Introdução: Esta aula visa primeiramente orientar e ambientar os alunos ao ambiente do laboratório, seu funcionamento e o cronograma de atividades da disciplina. Neste primeiro momento é imperiosa a apresentação da disciplina, do docente, do apoio técnico e da estrutura laboratorial, posteriormente maior ênfase aos perigos associados ao trabalho laboratorial. Bem como também será feito um levantamento sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre a Química Verde e apresentação do tema.

2. Conteúdo Específico: Química Verde.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Conhecer os principais riscos associados ao trabalho laboratorial. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos no laboratório de química.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde e seus fundamentos.

6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento da disciplina, primeiramente o ambiente laboratorial será apresentado aos alunos, mostrando os locais onde poderão encontrar os reagentes, vidrarias, descarte sólido e líquido, capelas, chuveiro de emergência, lava-olhos e demais equipamentos que serão utilizados ao longo da disciplina. Nesse momento o professor pode revisar o nome e a função de cada vidraria existentes no laboratório. Os alunos serão então orientados sobre as peculiaridades existentes no ambiente de laboratório de química orgânica, tais como a importância da utilização de equipamentos de proteção individual, o funcionamento de chuveiro e ducha lava olhos em caso de acidente. Em seguida será apresentada a apostila e como e onde obtê-la, e nesta primeira aula, o aluno poderá acompanhar o texto de apoio que fala sobre a disciplina e sobre as normas de segurança (texto 1). Após essa primeira parte, será explicado aos alunos a ementa da disciplina e o cronograma, assim como a parte experimental geralmente utilizada na disciplina foi adaptada para atender aos princípios da Química Verde. Por se tratar de uma pesquisa de Mestrado, os alunos serão informados que os dados obtidos serão utilizados para composição de dados, caso eles autorizem, mediante assinatura do TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO. E então serão indagados sobre o que sabem a respeito da Química Verde. Para isso será aplicado um Questionário Inicial, para levantamento de conhecimentos prévios dos alunos. Após isso, oportunizar o debate sobre Química Verde com os alunos, e eles poderão ler então um texto de apoio contido na apostila (texto 2).

O professor pode ler mais sobre Química Verde em:

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 13-25. IFPR. 2018

Disponível

em:

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2>.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: Texto 1: “Apresentação da disciplina”, Questionário Inicial, Texto 2: “Química Verde” e TCLE.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e pelo comprometimento ao responder o Questionário Inicial.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 1:

Química Orgânica Experimental com enfoque nos Princípios da Química Verde

TEXTO 1: APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

OBJETIVOS

- Ensinar técnicas básicas e operação de equipamentos típicos usualmente utilizados em práticas de química orgânica.

- Instruir o aluno para buscar as informações necessárias à realização das atividades, assim como os conceitos básicos que contribuem à compreensão das atividades desenvolvidas no laboratório, através da bibliografia disponível.
- Preparar o aluno para que o mesmo consiga se organizar e programar à execução de um experimento de laboratório.
- Apoiar os alunos para o desenvolvimento de atividades em grupo, bem como, na discussão pertinente a cada experimento.
- Discutir conceitos através de abordagens e práticas diferenciadas envolvendo Química Verde.

ORGANIZAÇÃO DA DISCIPLINA

- O conteúdo programático será ministrado em aulas práticas.
- A turma será dividida em equipes entre 2 a 4 alunos.
- Cronograma e equipes serão fixados no laboratório.
- Cada equipe recebe o número da bancada que ocupa no laboratório.
- Os procedimentos experimentais estarão à disposição dos alunos com antecedência.
- Cada aluno, deve se preparar para a aula, lendo o roteiro e montando um fluxograma do experimento. Dúvidas serão esclarecidas no início das aulas. Já os fundamentos e a discussão, durante e no final as aulas, respectivamente.

TODOS OS ALUNOS DEVERÃO COMPARECER USANDO JALECO E ÓCULOS DE SEGURANÇA. NÃO SERÁ PERMITIDA A ENTRADA DE ALUNOS SEM ESSES EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA.

QUALQUER SITUAÇÃO DE RISCO À SAÚDE (ALERGIA, DERMATITE ATÓPICA OU DE CONTATO, GRAVIDEZ, ETC...) DEVEM SER REPORTADAS AO PROFESSOR.

- Tomar nota de todas as observações importantes durante o experimento, para a resolução dos relatórios diários bem como das atividades avaliativas.

FREQUÊNCIA

- Mínimo de 75% na disciplina.
- A disciplina é essencialmente experimental, ou seja, os alunos são avaliados a cada aula.
- A tolerância é de 15 minutos do início da aula, após esse período não será permitida a entrada do aluno no laboratório.

AValiação

O critério de avaliação será dado pela média ponderada das três atividades avaliativas previstas na disciplina:

$$ML = (AD + AV + S) / 3$$

Sendo:

ML = Média de laboratório.

AD = Média das Atividades Diárias.

AV = Média das Atividades Avaliativas.

S = Seminário

OBSERVAÇÕES

As Atividades diárias deverão ser entregues, impreterivelmente, pelas equipes ao final de cada aula. Cabe ao professor corrigi-las e devolve-las na próxima aula. A equipe terá pontos descontados nas atividades diárias caso a bancada seja encontrada fora de ordem ou suja, ao final da aula; ou também quando ocorrerem brincadeiras desnecessárias e prejudiciais ao bom desempenho do trabalho.

As notas serão divulgadas em edital, ao final do semestre.

INSTRUÇÕES GERAIS PARA O TRABALHO NO LABORATÓRIO

Só entre no laboratório depois de vestir o **jaleco** e colocar os **óculos de segurança**. O aluno que não estiver portando esses materiais, não poderá participar da aula. O aluno poderá fazer uso de luvas e/ou máscaras se for necessário. Além disso, não trabalhe sozinho: é conveniente fazê-lo sempre na presença de outra pessoa.

Por medida de segurança é **proibido comer, beber ou fumar** dentro do laboratório.

É proibido o uso de saia, short, sandália ou chinelo dentro do laboratório. Cabelos compridos devem estar presos durante a realização dos experimentos.

A vidraria a ser utilizada é, praticamente, a mesma empregada em outros laboratórios de química, ou seja, supõe-se que já seja do conhecimento dos alunos. O laboratório é um local de trabalho. Brincadeiras serão consideradas inadequadas. Leia atentamente as instruções do experimento antes de vir para o laboratório. Siga corretamente as instruções. Peça autorização ao professor se quiser modificar o procedimento previsto para a execução de qualquer experiência.

Ao ligar qualquer aparelho, verifique antes se a voltagem da rede corresponde à indicada na etiqueta do equipamento. **Observe continuamente qualquer aparelhagem em funcionamento.** Evite fazer **montagens instáveis** de aparelhos, tais como as que utilizam suportes como livros, lápis. Use garras, anéis e suportes apropriados para cada situação.

Verifique cuidadosamente o **rótulo** do frasco que contém um dado reagente, antes de retirar dele qualquer porção. Dessa forma, estará evitando, pegar algum material errado. Para pegar o frasco, colocar a mão sobre o rótulo. Se todos agirem desta forma não haverá contato com conteúdo dos frascos. Quando não estiver manuseando um produto, mantenha o **frasco fechado**. Assim evitará a perda de vapores para o meio ambiente, além de uma possível contaminação ou derramamento do mesmo.

Não pipete com a boca substâncias tóxicas ou corrosivas. Utilize para esse fim **aparelhos adequados de sucção**. Cuidado para não proceder a troca de pipetas utilizadas para medir volumes de reagentes, na dúvida, pegar uma limpa.

Se derramar ácido ou outro material corrosivo, **lave imediatamente** a região com água. **Se um acidente ocorrer com você, chame imediatamente o professor.**

Caso seja solicitada a realização de uma mistura ácido + água (uma diluição do ácido), o ácido deve ser colocado sobre a água e NUNCA ao contrário.

Não toque os produtos químicos com as mãos, a menos que esse procedimento seja indicado e autorizado pelo professor. Faça uso de espátula ou pinça. Se, acidentalmente, algum produto entrar em contato com a pele, lave a região, abundantemente, com água e sabão.

Nunca prove um produto químico puro ou em solução.

Ao sentir cheiro de alguma substância, **não** colocar o rosto diretamente sobre o frasco que a contém. Abanar a mão por cima do frasco aberto na sua direção, fazendo com que possa sentir o cheiro dos vapores.

Cuidado com operações de **aquecimento**. Líquidos inflamáveis, o que, em geral, é uma característica dos solventes orgânicos, não devem ser aquecidos com fogo direto. Nesse caso, utilizar placas de aquecimento elétrico ou manta de aquecimento.

Projeta as mãos ao pegar aparelhagem (ou vidraria) quente. Objetos quentes e frios, em geral, têm a mesma aparência.

Resíduos de reagentes e papéis usados deverão ser colocados em **locais apropriados**. Não descarte produtos químicos na pia, sem antes consultar o professor ou o técnico.

Ao fazer o vácuo, procure utilizar **recipientes capazes de suportar o abaixamento de pressão** (frascos Kitassato, por exemplo).

As substâncias que não chegarem a ser usadas **não** devem ser colocadas de volta no **frasco original**. Nunca introduza qualquer objeto no frasco de um reagente, para que não haja contaminação do material.

Mantenhasempre **limpa** a aparelhagem e a bancada de trabalho. Evite derramar algum material, porém, caso isto ocorra, limpe imediatamente. Ao terminar a aula, deixe limpos e em ordem a bancada e o material utilizado. Deixe o laboratório tão limpo quanto o encontrou. A balança é de uso comunitário. Faça uso dela, mas deixe-a sempre limpa. Desordem e/ou sujeira acarretam em perda de pontos na nota do relatório diário.

Pergunte antes de fazer qualquer descarte na pia. Tecnicamente, é mais conveniente que seja descartado em frascos apropriados de descarte. **Cuidado para não misturar os descartes!** No laboratório estarão identificados as bombonas onde devem ser feitos os descartes de líquidos, de sólidos e de vidrarias quebradas.

- Todas as misturas contendo solventes orgânicos deverão ser acondicionadas em frascos de deposição de resíduos próprios, conforme indicado pelo professor.

- Não descarte seus produtos de aula. Eventualmente, podem ser reservados (os sólidos ou os líquidos obtidos após a purificação) para utilização como insumos em práticas.

Mantenha sempre a calma, principalmente em caso de acidentes. Para evitá-los, trabalhe com o máximo de cuidado.

Lembre-se que organização e limpeza são qualidades essenciais para o trabalho de laboratório.

SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS QUÍMICOS

1. RISCOS MAIS COMUNS:

- Uso de substâncias tóxicas, corrosivas, inflamáveis, explosivas, voláteis, etc...
- Manuseio de material de vidro;
- Trabalho a temperaturas elevadas;
- Trabalho a pressões diferentes da atmosférica;
- Uso de fogo;
- Uso de eletricidade;
- Equipamentos em condições adequadas de uso.

2. RISCOS QUÍMICOS:

2.1. Formas de Agressão por Produtos Químicos:

- Inalação;
- Absorção cutânea;
- Ingestão.

2.2. Limites de Tolerância:

A ação e efeito dos contaminantes dependem de fatores como:

- Tempo de exposição;
- Concentração e características físico-químicas do produto;

- Suscetibilidade pessoal.

3. MEDIDAS BÁSICAS DE SEGURANÇA

3.1. Medidas relativas às instalações;

3.1.1. Laboratório:

- Localização;
- Instalações elétricas e hidráulicas;
- Tubulações para gases;
- Capelas;
- Armazenagem de produtos.

3.1.2. Prevenir e contornar emergências:

- Proteção contra incêndios;
- Chuveiros de emergência;
- Lavadores de olhos;
- Sinalização de segurança: Cores adequadas, cartazes, placas, etc...

3.2. Medidas relativas às operações específicas:

- Manuseio de produtos químicos: Pesquisar propriedades químicas, físicas e toxicológicas em fichas de segurança, tabelas e/ou handbooks;
- Rotulagem;
- Operações envolvendo produtos voláteis e tóxicos;
- Operações com vidrarias;
- Despejos de resíduos;

3.3. Medidas relativas ao pessoal:

- Uso de equipamentos de proteção individual (EPI):
 - ✓ Jaleco ou Avental (guarda-pó) de uso obrigatório
 - ✓ Protetores faciais
 - ✓ Óculos de segurança de uso obrigatório
 - ✓ Máscaras para gases, etc...
 - ✓ Luvas

- Treinamentos periódicos;
- Normas pessoais de segurança.

ACIDENTES MAIS COMUNS EM LABORATÓRIOS E PRIMEIROS SOCORROS

▪ QUEIMADURAS

Superficiais: quando atingem algumas camadas da pele.

Profundas: quando há destruição total da pele.

A) QUEIMADURAS TÉRMICAS - causadas por calor seco (chama e objetos aquecidos)

A1) Tratamento para queimaduras graves - elas devem ser cobertas com gaze esterilizada umedecida com soro fisiológico, encaminhar logo à assistência médica.

B) QUEIMADURAS QUÍMICAS - causadas por ácidos, álcalis, fenol, etc.

B1) Por ácidos: lavar imediatamente o local com água em abundância. Em seguida, lavar com solução de bicarbonato de sódio a 1% e, novamente com água.

B2) Por álcalis: lavar a região atingida imediatamente com água. Tratar com solução de ácido acético a 1% e, novamente com água.

B3) Por fenol: lavar com álcool absoluto e, depois com sabão e água.

Atenção: Não retire corpos estranhos ou graxas das lesões - Não fure as bolhas existentes. Não toque com as mãos a área atingida. - Procure um médico com brevidade.

C) QUEIMADURAS NOS OLHOS - Lavar os olhos com água em abundância ou, se possível, com soro fisiológico, durante vários minutos, e em seguida aplicar gaze esterilizada embebida com soro fisiológico, mantendo a compressa, até consulta a um médico.

▪ ENVENENAMENTO POR VIA ORAL

A droga não chegou a ser engolida. Deve-se cuspir imediatamente e lavar a boca com muita água. Levá-lo para respirar ar puro. A droga chegou a ser engolida. Deve-se chamar um médico imediatamente. Dar por via oral um antídoto, de acordo com a natureza do veneno.

▪ INTOXICAÇÃO POR VIA RESPIRATÓRIA

Retirar o acidentado para um ambiente arejado, deixando-o descansar. Dar água fresca. Se recomendado, administrar o antídoto adequado.

ATENÇÃO: "A CALMA E O BOM SENSO DO OPERADOR SÃO AS MELHORES PROTEÇÕES CONTRA ACIDENTES NO LABORATÓRIO".

TEXTO 2: QUÍMICA VERDE

A Química é um campo do conhecimento das Ciências da Natureza, e investiga o mundo através de suas características microscópicas e macroscópicas. Desta forma, fazer a conexão de situações reais com os diversos conteúdos apresentados por ela torna-se mais eficiente no que se refere à compreensão e correlação dos mesmos. À vista disso, a Química possui um papel importante para compreender questões ambientais, tais como: obtenção e gerenciamento de recursos naturais, poluição urbana, poluição das águas, aquecimento global, entre outros (JÚNIOR E PARREIRA, 2016).

Há cerca de 20 anos então nos EUA, uma nova filosofia surge na Química, a fim de solucionar os problemas criados por práticas desenfreadas e inadequadas, e desta maneira surge à Química Verde (QV). Esta nova filosofia aparece para discutir, analisar e reestruturar as práticas químicas sejam elas industriais ou utilizadas na educação, como em universidades ou na educação básica. É imprescindível compreender que é necessário buscar a formação de cidadãos zelosos as questões ambientais.

A Química Verde foi definida pela primeira vez em 1991, por John Warner e Paul Anastas, membros da agência ambiental norte-americana *Environmental Protection Agency*(EPA). Logo após a criação de uma lei nacional de prevenção à poluição.

Warner e Anastas definiram a Química Verde como sendo o “desenvolvimento de produtos químicos e processos que buscam a redução ou eliminação do uso e da geração de substâncias perigosas”. E esse conceito foi aceito pela IUPAC em 1993.

A QV possui alguns princípios que orientam e buscam transformar as ações químicas menos danosas ao ambiente e ao ser humano, e esses são mostrados abaixo:

1.Prevenção. Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou "limpá-lo" após sua geração.

2.Economia de átomos. Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.

3. Síntese de produtos menos perigosos. Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

4.Desenho de produtos seguros. Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.

5. Solventes e auxiliares mais seguros. O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.

6. Busca pela eficiência de energia. A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

7. Uso de fontes renováveis de matéria-prima. Sempre que a técnica é economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não-renováveis.

8. Evitar a formação de derivados. A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.

9. Catálise. Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.

10. Desenho para a degradação. Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.

11. Análise em tempo real para a prevenção da poluição. Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.

12. Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes. As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Fonte: P.T Anastas e J.C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice. New York: Oxford University Press, 1998.

Plano de Aula 2

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno as técnicas de destilação simples e de destilação fracionada, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.
2. Conteúdo Específico: Destilação simples e fracionada, com enfoque da técnica na aplicabilidade da Química Verde.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Conhecer as técnicas de destilação simples e fracionada, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a montagem dos equipamentos. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.
5. Conteúdos privilegiados: Destilação simples, destilação fracionada, processo de separação, propriedades físicas: ponto de ebulição, volatilidade, pressão de vapor e Química Verde.
6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente a aula se dará de maneira dialogada, e deve-se mostrar um frasco contendo uma mistura conhecida de líquidos miscíveis, após o aluno será indagado sobre: Como você pode separar esses dois líquidos? Você consegue olhar para as vidrarias e equipamentos disponíveis no laboratório e determinar quais poderiam ajudar nesse processo? Você sabe qual é o nome dessa técnica? Após essas questões e desdobramentos que podem ocorrer em decorrência das respostas dos alunos, o professor pode falar sobre os diferentes tipos de misturas entre 2 ou mais compostos líquidos e como a Química desenvolveu técnicas onde é possível essa separação. Os alunos podem ler o texto 1: Destilação: “a arte de extrair virtudes”, após a leitura e discussão do texto, os alunos podem então ler o roteiro 1 e montar a aparelhagem de destilação simples e proceder com a destilação da mistura-problema, lembrando aos alunos sempre anotarem os dados de temperatura e volume de destilado, e perguntar quaisquer dúvidas que surjam no decorrer da realização do procedimento experimental. Após terminar a destilação simples enquanto as vidrarias esfriam, os alunos devem ler o roteiro 2 e seguir para a destilação fracionada, destilando a mesma mistura utilizada na simples. Lembrando novamente aos alunos sempre anotarem os dados de temperatura e volume de destilado, e perguntar quaisquer dúvidas que surjam no decorrer do experimento. Após o término das destilações, os alunos devem colocar os líquidos destilados nos locais previamente indicados no laboratório. Lembrando aos mesmos que como estamos trabalhando dentro dos princípios com a QV, todo material utilizado pode e deve ser reutilizado no laboratório de alguma maneira. Depois de lavar vidrarias e guardar materiais, os alunos são novamente chamados a conversar para discutir sobre as observações realizadas, como: Vocês tiveram os mesmos resultados nas duas destilações? Por que você acha que ocorreu tal diferença? Qual das duas destilações se mostrou mais eficaz para separar os dois líquidos? Por que foram utilizadas vidrarias de menor volume para desenvolver pelo experimento? Por que foram escolhidos

líquidos “mais verdes” para esse experimento? E por que podemos reutilizá-los no laboratório? Nessas questões o professor pode abordar juntamente aos alunos o porquê escolheu trabalhar com uma mistura binária, destacando a diferença nos pontos de ebulição, destacar o fato de que a mesma mistura não vai separar da mesma forma devido ao número reduzido de pratos teóricos da destilação simples. Após, os alunos também deverão preencher e responder a atividade diária 2.

Para o professor: Abaixo encontra-se a imagem do aparelho de destilação usado tradicionalmente e o aparelho adaptado, com redução de escala, para atender a minimização de resíduos.



Para o experimento de destilação o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. Volume 1, p. 65-87, 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 118-123. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2>.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: Texto 1: Destilação: “a arte de extrair virtudes”, Roteiro 1: DESTILAÇÃO SIMPLES, Roteiro 2: DESTILAÇÃO FRACIONADA.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

- MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.
- ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005
- DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.
- COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.
- PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.
- SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.
- CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 2:

Experimento 1 – Destilação simples e Destilação fracionada

Objetivo

Separar uma mistura bicomponente miscível através de dois tipos de destilação: a destilação simples e a destilação fracionada. Analisar qual das duas é mais eficiente nesse tipo de situação.

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Interações intermoleculares

Misturas homogêneas

Polaridade de moléculas orgânicas

Ponto de ebulição

Transformação física

Referências para estudo complementar

*PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.*

Revista Química Nova Na Escola. Destilação N° 4, NOVEMBRO 1996.

Material na íntegra disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/historia.pdf>

Alambiques, retortas e fornos estão sempre presentes em imagens para caracterizar alquimistas e químicos em seus laboratórios. Isso indica que tais instrumentos, utilizados no processo de destilação, têm papel destacado no imaginário relativo tanto à alquimia quanto à química. Essa ideia não deixa de ter fundamento, pois a destilação há muito tempo vem sendo utilizada tanto nas artes que envolvem o tratamento e a transformação de materiais quanto por estudiosos que buscavam afirmar ou elaborar ideias sobre a composição da matéria. Hoje em dia, a destilação, processo baseado nas diferenças entre os pontos de ebulição das substâncias, é adequadamente explicada pela ideia de que a matéria é formada por partículas que se movimentam e interagem. O fracionamento do petróleo, a obtenção de álcoois e a extração de essências são apenas alguns exemplos de processos em que a destilação é empregada na indústria. Além disso, a destilação é um dos principais métodos de purificação de substâncias utilizados em laboratório. Assim, a importância desse processo tão bem conhecido e claramente interpretado por meio de modelos sobre as partículas que constituem a matéria justifica sua inclusão em qualquer curso de química de nível médio. Entretanto, nem sempre a destilação foi considerada uma operação tão trivial. Desde suas origens e durante um longo período, a destilação estaria ligada à preparação de poderosas ‘águas’ e à obtenção da ‘pedra filosofal’, do maravilhoso ‘elixir’ que promoveria a cura de todas as doenças dos metais e dos homens. Seria também por meio da destilação que os iniciados extrairiam as ‘quintessências’ de vegetais, minerais e partes de animais, obtendo-se dessa forma puríssimos e poderosos medicamentos (...).

(...) A ideia da destilação como processo que permite extrair as ‘virtudes’ dos materiais aparentemente continua a vigorar ainda hoje, quando se fala, por exemplo, em ‘extrair essências’. Mas essa expressão pode ser considerada apenas um vestígio, uma remota lembrança que ficou dos ‘espíritos’, ‘virtudes’ ou ‘quintessências’ que faziam parte das concepções alquímicas/químicas elaboradas no passado. Há ainda outros termos de uso corrente que também trazem em si reminiscências de concepções hoje abandonadas. Um exemplo é a palavra inglesa whisky, derivada de *usquebaugh*, que significa literalmente ‘água da vida’, ou seja, *aqua vitae*. Entretanto, a destilação, enquanto processo de laboratório, não é só uma reminiscência. De fato, essa arte, talvez tão antiga quanto a própria alquimia, sobreviveu ao abandono daquela forma ancestral de investigação da matéria, estando ainda hoje presente em laboratórios e indústrias químicas. Porém, a destilação foi incorporada pela química moderna apenas enquanto técnica e passou a ser interpretada dentro de uma outra concepção de natureza e de ciência.

Introdução

A destilação é a técnica usada para mostrar o processo de separação de um líquido de uma substância não volátil (um sólido, por exemplo), ou de um ou mais líquidos presentes que possuem diferença no ponto de ebulição.

No balão é colocada a mistura ou substância a ser destilada, essa sofre aquecimento, os vapores produzidos por esse aquecimento passam pelo condensador de Liebig onde são resfriados e transformam-se novamente em líquido através do processo de condensação. Caso haja parte sólida, a mesma fica no balão, pois não é volátil.

ROTEIRO 1: DESTILAÇÃO SIMPLES

Objetivo do experimento

Separar uma mistura bicomponente miscível através de destilação simples.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Balão de fundo redondo	Mistura bicomponente
Condensador de Liebig	Vaselina
Garras	
Manta de aquecimento	
Pérolas de vidro	
Proveta	
Suporte universal	

Cuidados e segurança

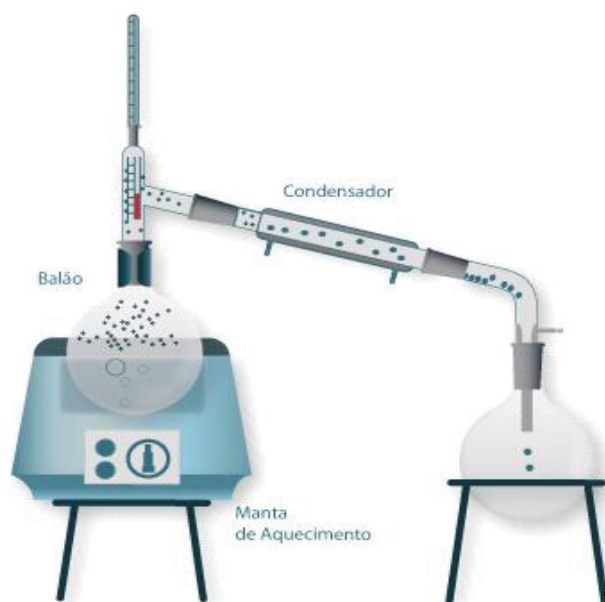
Você irá trabalhar com substâncias voláteis, cuidado ao manipular para não inalar as mesmas. A mistura deve ser colocada no balão fora da manta, para que não seja derramada da mesma e danifique o equipamento.

Verificar a voltagem da manta antes de ligar na tomada.

Ligar o fluxo de água da camisa do condensador.

Determinação experimental

Em um balão de 125mL de fundo redondo, limpo e seco, adicione 50mL da mistura a ser separada. Adicione algumas pérolas de vidro e monte o sistema de destilação simples, conforme a figura mostrada abaixo e não esqueça as recomendações do professor.



Fonte da imagem:

Labvirtual, 2020.

Atenção: Ao usar vidraria de junta de vidro esmerilhado não se esqueça de lubrificar com vaselina.

Aqueça lentamente a mistura, usando aquecimento elétrico (manta de aquecimento) e não se esqueça de abrir a entrada de água para o condensador.

ATENÇÃO: ANTES DE LIGAR O AQUECIMENTO, CHAME O PROFESSOR OU TÉCNICO PARA VERIFICAR A MONTAGEM.

Anote a temperatura inicial de destilação, quando as primeiras gotas do destilado atingirem o condensador. Recolha as primeiras gotas de destilado em um tubo de ensaio. Esse líquido deve ser desprezado. Continue a recolher o destilado em uma proveta graduada, anotando a temperatura a cada 5mL. Após recolher 40mL, interrompa a destilação, desligando a manta de aquecimento e retirando a fonte de calor. A destilação deve ser conduzida a uma temperatura constante (evite aumentos excessivos ou abaixamentos bruscos de temperatura). O resíduo no balão deve ser desprezado (uma destilação nunca é conduzida até a secura).

Monte um gráfico da temperatura em função do volume do destilado (de 5 em 5mL). Considere a primeira gota como sendo V_0 .

Descarte

A mistura bicomponente proposta trata-se de água e acetona, e ambas podem ser reutilizadas para lavagem das vidrarias.

ROTEIRO 2: DESTILAÇÃO FRACIONADA

Objetivo do experimento

Separar uma mistura bicomponente miscível através de destilação fracionada. Estabelecer a composição percentual da mistura.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Balão de fundo redondo	Mistura bicomponente
Coluna de Vigreux	Vaselina
Condensador de Liebig	
Garras	
Manta de aquecimento	
Pérolas de vidro	
Proveta	
Suporte universal	
Tubos de ensaio	

Cuidados e segurança

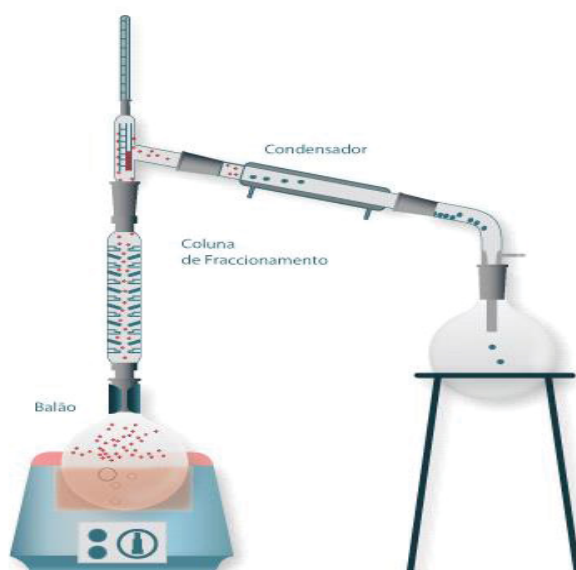
Você irá trabalhar com substâncias voláteis, cuidado ao manipular para não inalar as mesmas. A mistura deve ser colocada no balão fora da manta, para que não seja derramada da mesma e danifique o equipamento.

Verificar a voltagem da manta antes de ligar na tomada.

Ligar o fluxo de água da camisa do condensador.

Determinação experimental

Em um balão de fundo redondo de 125mL, adicione 50mL da mistura problema. Adicione algumas pérolas de vidro e monte o sistema de destilação fracionada, conforme a figura mostrada abaixo e não esqueça as recomendações do professor.



Fonte da imagem: LabVirtual, 2020.

http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=223&Itemid=

Atenção: Ao usar vidraria de junta de vidro esmerilhado não se esqueça de lubrificar com vaselina.

Separe 10 tubos de ensaio aferidos para 5 mL e numere-os, eles serão usados como tuboscoletores. Aqueça a mistura lentamente, usando uma manta de aquecimento (não se esqueça de abrir a entrada de água do condensador). Anote a temperatura inicial de destilação, quando as primeiras gotas de destilado atingirem o condensador. Recolha as primeiras gotas de destilado em um tubo de ensaio. Esse líquido deverá ser desprezado (é a cabeça de destilação). Continue a recolher o destilado nos tubos de ensaio, trocando o coletor a cada 5 mL e anotando a temperatura de destilação correspondente. **Anote qualquer mudança brusca de temperatura da destilação.**

Quando tiver sido recolhido cerca de 40 mL do destilado interrompa a destilação, abaixando a fonte de calor. O resíduo no balão deve ser desprezado (uma destilação nunca é conduzida até a secura).

Monte um gráfico da temperatura em função do volume do destilado (de 5 em 5 mL). Considere a primeira gota como V_0 .

Descarte

A mistura bicomponente proposta trata-se de água e acetona, e ambas podem ser reutilizadas para lavagem das vidrarias.

Você pode ler mais sobre destilação em:

http://www.iq.usp.br/wjbaader/qfl2343/coloquio_destilacao_2014.pdf

ATIVIDADE DIÁRIA 2: DESTILAÇÃO SIMPLES E FRACIONADA

DESTILAÇÃO SIMPLES

Vol. inicial: _____ Vol. destilado: _____ Tempo de duração da destilação: _____

Tabela 1 – Dados de Temperatura em função do volume para Destilação Simples.

Temperatura (°C)	Volume (mL)

1. Esboce um gráfico de temperatura (eixo y) em função do volume total destilado (eixo x).

DESTILAÇÃO FRACIONADA

Vol.inicial: _____ Vol. destilado: _____ Tempo de duração da destilação: _____

Tabela 2 – Dados de Temperatura em função do volume para Destilação Fracionada

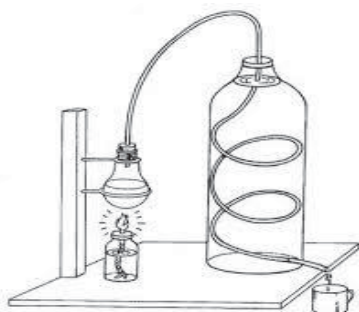
Temperatura (°C)	Volume (mL)

2. Esboce um gráfico de temperatura (eixo y) em função do volume total destilado (eixo x).

3. É possível estabelecer a composição percentual da mistura problema analisando os gráficos de T versus $V_{\text{destilado}}$ para as destilações realizadas?

4. Do seu ponto de vista, a escolha da mistura utilizada nos experimentos atende aos princípios da Química Verde? Por quê?

5. Analise a imagem abaixo:



Esta imagem representa um sistema de destilação. De acordo com o que foi discutido no laboratório e realizado pelo experimento, existem aspectos nesse sistema que poderiam ser modificados pensando nos princípios da Química Verde? Proponha modificações que tornem o sistema mais verde.

6. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.

Plano de Aula 3

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno duas técnicas de extração: simples e múltipla, ressaltando que algumas medidas foram tomadas para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e extração simples e múltipla.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Conhecer as técnicas de extração simples e múltipla, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação da vidraria. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, extração simples, extração múltipla, processo de separação, solubilidade de compostos, transferência de soluto dentre duas fases = coeficiente de distribuição, separação de misturas, coeficiente de partição e otimização de extrações.

6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente a aula se dará de maneira dialogada, e deve-se questionar aos alunos se eles sabem o que é extração? Se eles estão acostumados com métodos de extração. Indagar sobre como eles fariam para extrair um sólido dissolvido em um líquido. Se for possível utilizar outro líquido que consiga fazer isso. Em seguida, sugerir aos alunos a leitura do Texto 1. Após a leitura, discutir os conceitos abordados de modo que toda e qualquer dúvida possa ser sanada. Então os alunos realizam a leitura e discussão do ROTEIRO 1: PREPARO DA AMOSTRA, sanadas as dúvidas podem começar trabalhar. Após realizar essa etapa os alunos podem ler e discutir os dois roteiros seguintes: ROTEIRO 2: EXTRAÇÃO SIMPLES e ROTEIRO 3: EXTRAÇÃO MÚLTIPLA, sanadas as dúvidas podem seguir com o experimento. Ao final do experimento, os resultados e dificuldades são discutidos. Para contemplar aspectos voltados à QV, assuntos como quantidade, tipo e classificação de resíduos e sua destinação devem ser discutidos com os alunos. Ao final eles devem preencher a atividade diária 3.

Para o professor:

Se preparar pra discutir classificação, tipo e riscos de resíduos, defender a utilização de solvente clorado já que os volumes da extração foram alterados e a vidraria precisou estar em escala reduzida. A imagem abaixo mostra o funil de separação tradicionalmente utilizado e o funil com escala reduzida.



Para o experimento de extração o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia Prático de Química Orgânica -Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. Volume 1, p. 96-105. 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 118-123. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2> Acesso 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: Texto 1: Introdução; Roteiro 1: preparo da amostra; Roteiro 2: Extração simples; Roteiro 3: Extração múltipla e Atividade diária 3.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 3:

Experimento 2: Extração simples e múltipla

Objetivo

Extrair a cafeína de chá mate através das técnicas de extração: simples e múltipla, e analisar a eficiência das duas.

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Coeficiente de partição

Solubilidade de compostos orgânicos

Técnica de extração líquido-líquido

Referências para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: Introdução

A extração com solvente é um método amplamente utilizado para separação de substâncias, desde que estas apresentem certa diferença de solubilidade. A extração do produto desejado se dá pela adição de um solvente capaz de solubilizar a substância e, ao mesmo tempo, não ser solúvel em água. Portanto, neste processo, são obtidas duas fases: uma orgânica, contendo o produto desejado, e uma aquosa contendo os subprodutos. Para que a extração seja eficiente, é essencial que haja diferença nos valores de solubilidade dos líquidos imiscíveis e que o soluto seja mais solúvel em um dos solventes do que no outro. Se tivermos um sistema de dois líquidos imiscíveis e adicionarmos uma terceira substância (soluto) solúvel em ambas as camadas, a substância se distribuirá diferentemente nas duas camadas. Esse processo é chamado de partição. A razão entre as concentrações do soluto nos solventes

é uma constante denominada constante de partição K . Assim, no equilíbrio e numa temperatura específica, temos:

$K = C_2 / C_1$, onde:

K = coeficiente de partição, este que é adimensional;

C_1 = Concentração de substância na fase aquosa, este é em mol/L;

C_2 = Concentração de substância na fase orgânica, este é em mol/L.

ROTEIRO 1: PREPARO DA AMOSTRA

Objetivo do experimento

Preparar a amostra para realizar as extrações (simples e múltipla) posteriormente.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Barra magnética	Água destilada
Bastão de vidro	Óxido de magnésio
Béqueres	Ácido sulfúrico 0,1 mol/L
Chapa de aquecimento e agitação	Chá mate
Kitassato e funil de Büchner	
Papel filtro	
Pipetas	
Provetas	

Cuidados e Segurança

A solução diluída de ácido sulfúrico é corrosiva e causa queimaduras quando em contato com a pele. Manipular a solução com cuidado e lavar com água abundantemente caso derrube na pele. Cuidado ao manipular a placa de aquecimento para não se queimar. Verificar a voltagem antes de ligar na tomada.

Determinação Experimental

Em um béquer de 400 mL, pesar 20g de mate instantâneo e dissolvê-lo em cerca de 250mL de água quente. Deixar a solução esfriar um pouco e adicionar 200mL de uma solução 10% em óxido de magnésio e agitar a mistura em banho-maria por cerca de 30 min. Isto faz com que os taninos formem sais insolúveis em água e precipitem da solução. Depois de decorrido o tempo necessário, retirar a mistura do banho-maria e deixar esfriar. Filtrar a suspensão a vácuo e adicionar, ao sobrenadante, cerca de 20mL de uma solução de ácido

sulfúrico 0,1 mol/L para acidificar o meio (medir o pH com um papel indicador e, se necessário, adicionar mais ácido sulfúrico até pH próximo de 1). Em uma placa de aquecimento e agitação, concentrar o sobrenadante até a metade do seu volume original. Deixar esfriar e separar em duas porções iguais (**porção 1 e porção 2**).

ROTEIRO 2: EXTRAÇÃO SIMPLES

Objetivo

Extrair a cafeína de chá mate através da técnica de extração simples.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Argola de metal	Porção 1 de solução de cafeína
Barra magnética	Solução de hidróxido de potássio 0,1 mol/L
Bastão de vidro	Diclorometano
Béqueres	Sulfato de sódio anidro
Chapa de aquecimento e agitação	
Funil de separação	
Kitassato e funil de Büchner	
Papel filtro	
Pipetas	
Provetas	
Rotaevaporador	

Cuidados e Segurança

A solução diluída de hidróxido de potássio é corrosiva e pode causar queimaduras quando em contato com a pele. Manipular a solução com cuidado e lavar com água abundantemente caso derrube na pele. Cuidado ao manipular o funil de separação na hora de liberar a pressão, lembre-se de não apontar o balão na direção dos colegas.

Determinação Experimental

Transferir a solução contendo cafeína (porção 1) para um funil de separação de 125mL (não esquecer de verificar se a torneira do funil está fechada). Utilizando uma proveta de 50mL meça 45mL de diclorometano e adicione ao funil de separação. Coloque a rolha no funil e proceda com o processo de extração. Quando o funil estiver invertido, libere a pressão

abrindo lentamente a torneira. Repita esse procedimento até não ouvir mais o “som do vapor”. Coloque o funil de separação na argola de ferro e deixe em repouso até a total separação das fases. Coloque um béquer de 50mL sob o funil de separação, remova a rolha da parte superior do funil deixe a fase orgânica escoar lentamente, após a abertura da torneira do funil. A torneira deve ser fechada quando a interface entre as fases superior e inferior estiver dentro do orifício da torneira. Ao extrato orgânico, adicionar cerca de 8mL de uma solução de hidróxido de potássio 0,1mol/L. Isto remove parcialmente a coloração amarelada do extrato orgânico. Transferir a camada orgânica para um erlenmeyer e lavar a fase aquosa básica com uma porção de 10mL de diclorometano. Combinar ambos os extratos orgânicos e secar com sulfato de sódio anidro. Filtrar e evaporar o diclorometano em um balão de 50mL previamente tarado.

ROTEIRO 3: EXTRAÇÃO MÚLTIPLA

Objetivo

Extrair a cafeína de chá mate através da técnica de extração múltipla.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Argola de metal	Porção 2 de solução de cafeína
Barra magnética	Solução de hidróxido de potássio 0,1mol/L
Bastão de vidro	Diclorometano
Béqueres	Sulfato de sódio anidro
Chapa de aquecimento e agitação	
Funil de separação	
Kitassato e funil de Büchner	
Papel filtro	
Pipetas	
Provetas	
Rotaevaporador	

Cuidados e Segurança

A solução diluída de hidróxido de potássio é corrosiva e pode causar queimaduras quando em contato com a pele. Manipular a solução com cuidado e lavar com água abundantemente caso derrube na pele. Cuidado ao manipular o funil de separação na hora de liberar a pressão e lembre-se de não apontar o balão na direção dos colegas.

Determinação Experimental

Transferir a solução contendo cafeína (porção 2) para um funil de separação de 125mL (não esquecer de verificar se a torneira do funil está fechada). Utilizando uma proveta de 50mL meça 15mL de diclorometano e adicione ao funil de separação. Coloque a rolha no funil e proceda com o processo de extração. Quando o funil estiver invertido, libere a pressão abrindo lentamente a torneira. Repita esse procedimento até não ouvir mais o “som do vapor”. Coloque o funil de separação na argola de ferro e deixe em repouso até a total separação das fases. Coloque um béquer de 50mL sob o funil de separação, remova a rolha da parte superior do funil deixe a fase orgânica escoar lentamente, após a abertura da torneira do funil. A torneira deve ser fechada quando a interface entre as fases superior e inferior estiver dentro do orifício da torneira. Repetir o procedimento de extração mais duas vezes, utilizando sempre o mesmo volume de solvente, 15mL de diclorometano a cada vez. Combine as fases orgânicas e ao extrato orgânico combinado, adicione 8mL de uma solução de hidróxido de potássio 0,1mol/L. Isto remove parcialmente a coloração amarelada do extrato orgânico. Transferir a camada orgânica para um erlenmeyer e lavar a fase aquosa básica com duas porções de 5mL de diclorometano. Combinar ambos os extratos orgânicos e secar com sulfato de sódio anidro. Filtrar e evaporar o diclorometano em um balão de 50 mL previamente tarado.

Resíduos

O chá mate pode ser descartado no lixo comum. Os demais resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. O diclorometano recuperado no rotaevaporador será separado para uso posterior em outras aulas. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 3

1. Em que princípio se baseia a técnica de extração com solvente?
2. Monte a tabela abaixo com os resultados obtidos nas extrações:

	Porção de solvente	Porção de cafeína (g)	Porção de cafeína (%)
Extração simples			
Extração múltipla			

3. Em relação ao solvente utilizado na extração, o diclorometano, haveria outro solvente que poderia ser utilizado? Sugestão: procure na literatura, outros solventes com solubilidade e polaridade similar. Justifique sua escolha.
4. Quais medidas foram tomadas para que houvesse uma minimização de resíduos gerados pelo experimento em sua opinião?

5. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.

Plano de Aula 4

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno uma técnica de extração usando solvente quimicamente ativo, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.
2. Conteúdo Específico: Química Verde e extração ácido base.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Ilustrar a técnica de extração ácido-base envolvendo compostos orgânicos cotidianos, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamentos e vidrarias. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.
5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, extração ácido base, pureza de compostos orgânicos, solubilidade.
6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente sugerir aos alunos a leitura do texto 1. Em seguida, de maneira dialogada deve-se perguntar aos alunos: De que maneira vocês conseguem extrair componentes de um comprimido? Depois de extrair, como proceder para separar esses componentes? E então sugerir os alunos a leitura do texto 2. Verificar então depois de discutir o texto, ver se os alunos entenderam o processo de extração, e pedir que leiam o ROTEIRO 1: EXTRAÇÃO ÁCIDO-BASE, caso não existam dúvidas sobre o procedimento, os alunos podem realizar pelo experimento. Após pelo experimento os resultados são discutidos. Então a QV entra para explicar o uso dos comprimidos, a escolha dos solventes na aula, o descarte do material gerado. Só então, os alunos podem responder a atividade diária 4.

Para o experimento de extração o professor pode ler mais em:
Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Volume 1. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. P. 100-106. 2004.
Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 13-25. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2> Acesso em 03/12/2020.
7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: Texto 1: O Melhoral[®]; Texto 2: Extração com solventes reativos; Roteiro 1: extração ácido, Atividade diária 4.
8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.
9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.
CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 4:

Experimento 3: Extração ácido-base

Objetivo

Extrair e separar, por diferença de reatividade química, os componentes do medicamento *Melhoral*® utilizando a técnica de extração por solvente quimicamente ativo.

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Solubilidade de compostos orgânicos

Interações intermoleculares

Técnica de extração líquido-líquido

Acidez e basicidade de compostos orgânicos

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

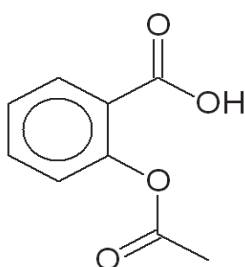
Texto 1: O Melhoral®

O Melhoral[®] é indicado como analgésico e antipirético, especialmente para o tratamento de dores, redução da febre e dor de cabeça. É indicado no tratamento sintomático da gripe do resfriado.

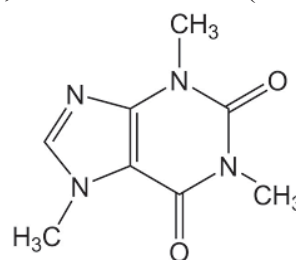
Como o Melhoral funciona? O Melhoral[®] é um analgésico com ação antipirética, portanto, atua aliviando a dor e a febre. Por possuir a substância cafeína potencializa a ação analgésica do ácido acetilsalicílico.

A cafeína apresenta ainda um efeito estimulante no humor, no estado de alerta e na atenção, promove a constrição (diminuição do calibre) dos vasos sanguíneos do cérebro, o que pode contribuir para o alívio das dores de cabeça.

Ácido acetil salicílico (aspirina)



1,3,7-Trimetilxantina (cafeína)



O medicamento *Melhoral*[®] contém, em sua formulação, 2 componentes ativos (aspirina e cafeína) além do excipiente amido e corante.

Texto 2: Extração com solventes reativos

Fonte: Extração com solventes reativos, pg 2-3.

Material na íntegra disponível em:

<http://nuquiocat.quimica.blumenau.ufsc.br/files/2015/03/EXPERIE%CC%82NCIA-3.pdf>

(...) Para o desenvolvimento da técnica de extração pode-se usar um solvente extrator que reaja quimicamente com o composto a ser extraído. A técnica de extração por solventes quimicamente ativos depende do uso de um reagente (solvente) que reaja quimicamente com o composto a ser extraído. Esta técnica geralmente é empregada para remover pequenas quantidades de impurezas de um composto orgânico ou para separar os componentes de uma mistura. Incluem-se, entre tais solventes: soluções aquosas de hidróxido de sódio, bicarbonato de sódio, ácido clorídrico, etc. Pode-se empregar uma solução aquosa básica para remover um ácido orgânico de sua solução em um solvente orgânico, ou para remover impurezas ácidas presentes num sólido ou líquido insolúvel em água. Esta extração é baseada no fato de que o sal sódico do ácido é solúvel em solução aquosa básica. Da mesma maneira, um composto orgânico básico pode ser removido de sua solução em um solvente orgânico, pelo tratamento com solução aquosa ácida.

ROTEIRO 1: EXTRAÇÃO ÁCIDO-BASE

Objetivo

Este experimento tem o objetivo de extrair e separar, por diferença de reatividade química, os componentes do medicamento *Melhoral*® utilizando a técnica de extração por solvente quimicamente ativo.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Argola de metal	Comprimidos de <i>Melhoral</i> ®
Barra magnética	Solução de Bicarbonato de sódio saturada
Bastão de vidro	Diclorometano
Béqueres	Sulfato de sódio anidro
Chapa de aquecimento e agitação	Água destilada
Funil de separação	Solução de ácido clorídrico 3M
Gral e pistilo	
Kitassato e funil de Büchner	
Papel filtro	
Papel tornassol	
Pipetas	
Provetas	
Rotaevaporador	

Cuidados e Segurança

A solução de ácido clorídrico pode causar queimaduras quando em contato com a pele. Manipular a solução com cuidado e lavar com água abundantemente caso derrube na pele. Cuidado ao manipular o funil de separação na hora de liberar a pressão e lembre-se de não apontar o balão na direção dos colegas.

Determinação Experimental

1. Extração dos componentes ativos

Inicialmente, pese e anote a massa inicial de 3 comprimidos de *Melhoral*®. Em seguida, triture os comprimidos utilizando gral e pistilo. Transfira o material para um erlenmeyer de 50 mL identificado como **EF1**. Utilizando uma proveta adicione 10mL de diclorometano ao erlenmeyer **EF1**, agite vigorosamente e aqueça ligeiramente em banho-maria. Filtre a mistura

e lave o sólido no papel de filtro com o mesmo solvente. (*dica: para agilizar o processo de filtração espere o sólido decantar*). Transfira o filtrado para um béquer identificado como **FO1**. Repita o processo de extração por mais 2 vezes com o material contido no erlenmeyer **EF1**, e o filtrado deve ser recolhido no béquer identificado como **FO1**. O excipiente é o que ficou retido no papel filtro. Deixe secar e pese.

2. *Separação da aspirina e da cafeína*

Transfira a fase orgânica (**FO1**) obtida na etapa anterior para um funil de separação de 125mL. Em uma proveta de 50mL meça 10mL de NaHCO₃ saturado e adicione ao funil de separação. Coloque a rolha no funil e proceda com o processo de extração (*dica: não esqueça de liberar a pressão abrindo lentamente a torneira do funil, quando este estiver invertido*). Repita esse procedimento até não ouvir mais o som do CO₂ sendo liberado). Coloque o funil de separação na argola de ferro e deixe em repouso até a total separação das fases. Coloque um béquer de 50 mL sob o funil de separação, recolha a fase aquosa em um béquer rotulado como **FA** (fração ácida). Repetir o procedimento de extração mais duas vezes, utilizando sempre o mesmo volume de solvente, 10mL de NaHCO₃ saturado a cada vez. Combine as fases aquosas no béquer rotulado como **FA** (fração ácida). A fração orgânica que ficou no funil de separação deve ser então lavada com 5mL de água e então escoar em um béquer rotulado como (**FO1**)

2.1. *Recuperação da cafeína (fase orgânica)*

Adicione Na₂SO₄ à fase orgânica da etapa anterior, contida no béquer rotulado como (**FO1**), agite e filtre por gravidade para um balão pequeno de fundo redondo de massa conhecida, e leve este para o rotaevaporador. Pese o balão com o sólido obtido.

2.2. *Recuperação da aspirina (fase aquosa FA)*

Adicione HCl 3M gota a gota, com agitação, à fase aquosa da etapa anterior, contida no béquer rotulado como (**FA**), até o pH se tornar ácido (utilizar papel tornassol). Aqueça a mistura ligeiramente e adicione água, se necessário, para dissolver o sólido. Deixe resfriar à temperatura ambiente e então coloque em um banho de gelo. Filtre a vácuo, seque e pese o sólido obtido.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. O diclorometano recuperado no rotaevaporador será separado para uso posterior em outras aulas. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 4

1. Massa inicial total dos comprimidos: _____
2. Massa total de cafeína prevista nos comprimidos: _____

- 2.1. Massa de cafeína recuperada: _____
3. Massa total de aspirina prevista nos comprimidos: _____
- 3.1. Massa de aspirina recuperada: _____
4. Massa de excipiente final: _____
5. Descrever o que aconteceu em cada etapa, usando reações químicas.
6. Calcule o rendimento para a cafeína e para a aspirina. Explique o rendimento.
7. Pensando na QV, por que o uso dos comprimidos é interessante?
8. Ainda na QV, explique por que na fase de recuperação da cafeína, foi utilizado o rota evaporador.
9. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizada? Explique.

Plano de Aula 5

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno uma metodologia de purificação de um sólido orgânico, através da técnica de cristalização ou recristalização. Também serão abordadas as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e cristalização.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Conhecer a técnica de purificação de sólidos orgânicos por cristalização, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamentos e vidrarias. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, cristalização, filtração a quente, filtração a vácuo, curva de solubilidade, solvente ideal e suas características.

6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, inicialmente a aula começa de maneira dialogada, questionando os alunos se eles sabem: Como purificar um sólido? O que é recristalizar um sólido? Como escolher o melhor solvente? E então, sugerir aos alunos a leitura do texto 1. Em seguida, relembrar e contextualizar os conceitos mais importantes envolvidos no item 05. Só então, os alunos são convidados a ler novamente os roteiros experimentais (roteiro 01, 02 e 03) e então discutir com o professor eventuais dúvidas quanto à execução do experimento proposto. Só então os alunos são liberados para realização da prática. Após o experimento, o professor pode discutir com os alunos o porquê da escolha do solvente mais adequado, levando em consideração abundância, toxicidade, preço. Ao final os alunos devem preencher a atividade diária 5.

Para o experimento de recristalização o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Volume 1. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. p. 90-94. 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 89-93. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2> Acesso em 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: Purificação de um composto orgânico sólido; Roteiro 1: Extração simples do ácido acetilsalicílico de comprimidos; Roteiro 2: cristalização 1 – a escolha do solvente ideal; Roteiro 3: cristalização 2 – purificação de um sólido; atividade diária 5.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 5

Experimento 4: Purificação de um composto orgânico sólido

Objetivo

Purificar o ácido acetil salicílico extraído de comprimidos

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Cristalização

Filtração a quente

Filtração á vácuo

Curva de solubilidade

Solvente ideal

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: Purificação de um composto orgânico sólido através da técnica de recristalização

Fonte: QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL. Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. pg. 90.

Material na íntegra disponível em: <http://reitoria.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/12/EBOOK-QUIMICA-ORG%C3%82NICA-EBOOK-19-12-4.pdf>

Substâncias sólidas raramente são puras quando obtidas a partir de uma reação. Consequentemente, desde a época dos primeiros alquimistas, substâncias sólidas têm sido purificadas por recristalização, a partir de um solvente adequado. Hoje, sem dúvida alguma, a recristalização continua sendo o método mais útil para a purificação de substâncias sólidas. A purificação através de recristalização baseia-se nas diferenças de solubilidade em diferentes solventes e no fato de que a maioria das substâncias sólidas é mais solúvel em solventes quentes do que em frios. O processo de recristalização consiste na dissolução do sólido a ser purificado em um solvente quente ou até mesmo em ebulição (se necessário, a mistura quente é filtrada para remoção de quaisquer impurezas insolúveis) e, posteriormente, na sua recristalização, à medida que a solução resfria. O sólido cristalino pode ser separado do solvente por filtração e depois secado. Na seleção de um solvente adequado para o processo de recristalização, são feitos testes preliminares com vários solventes para escolher aquele capaz de solubilizar pouco o soluto a frio e solubilizá-lo muito bem a quente. Na escolha dos solventes, deve-se também levar em consideração uma série de características, dentre as quais, a toxicidade dos mesmos.

ROTEIRO 1: Extração do ácido acetilsalicílico de comprimidos.

Objetivo do experimento

Extração o ácido acetil salicílico (AAS) de comprimidos para sua posterior purificação. (Dica: se achar conveniente, o professor pode usar o AAS extraído no experimento da extração ácido-base).

Metodologia

Materiais e Reagentes

Balança analítica	Acetato de etila
Bomba de vácuo	Acetona
Erlenmeyer	Água
Gral e pistilo	Aspirina
Kitassato e funil de Büchner	Carvão ativo

Papel filtro	Etanol
Pinça	Éter de petróleo
Placa de agitação com aquecimento	Gelo
Proveta	solução 50% v/v de água e etanol
Tubos de ensaio	

Cuidados e Segurança

Evite inalar os vapores dos solventes orgânicos. Cuidado com a água quente do banho-maria para evitar queimaduras.

Determinação experimental

Inicialmente, pese e anote a massa inicial de 4 comprimidos de Aspirina ou outro similar, mas de mesma concentração (500mg). Em seguida, triture os comprimidos utilizando gral e pistilo. Transfira o material para um erlenmeyer de 150mL, usando uma proveta adicione 30mL de etanol ao erlenmeyer agite vigorosamente e aqueça ligeiramente em banho-maria. Filtre a mistura e lave o sólido no papel de filtro com o mesmo solvente. (*dica: para agilizar o processo de filtração espere o sólido decantar*). Adicione 120g de gelo picado e mantenha o erlenmeyer em banho de gelo. Com o tempo, o gelo derrete e o ácido acetil salicílico (AAS), insolúvel em H₂O fria, precipitará. Filtrar o sólido a vácuo, usando água gelada para remover o sólido remanescente do erlenmeyer. Quanto mais tempo a trompa de vácuo ficar ligada, mais seco estará o sólido (AAS) para a etapa de recristalização. O excipiente é o que ficou retido no papel filtro. Deixe secar e pese. A diferença de massa será dada como a massa inicial do AAS.

ROTEIRO 2: CRISTALIZAÇÃO DO AAS

Objetivo do experimento

Determinar qual é o solvente ideal e proceder com a purificação do ácido acetil salicílico.

Determinação experimental

1. Escolha do solvente ideal

Separe seis (6) tubos de ensaio de 10mL limpos e rotule-os. Pese aproximadamente 0,1g de AAS e transfira para cada um dos tubos de ensaio. Adicione 1,0mL do solvente a ser testado e agite vigorosamente a solução. Se a amostra se dissolver facilmente em 1,0mL do solvente frio com ligeiro aquecimento, o solvente NÃO é apropriado. Se todo o sólido não dissolver, adicione sucessivamente mais solvente, em porções de 0,5mL, e aqueça ligeiramente após cada adição. Se após a adição de 3,0mL do solvente a substância ainda não se dissolver a

quente, esse solvente também NÃO é adequado. Se a substância não se dissolveu a frio e se dissolveu a quente, o tubo deve ser resfriado para verificar, se após resfriamento aconteceu a formação de cristais. Caso haja a cristalização por resfriamento, o solvente é considerado adequado.

OBSERVAÇÃO: Muitas vezes há certa demora na formação de cristais quando a solução é resfriada. A agitação do tubo de ensaio ou atrito nas paredes do tubo com um bastão de vidro acelera a formação dos cristais. Só realize estes procedimentos caso a deposição dos cristais não seja espontânea.

Para a escolha do solvente devem ser testados água, etanol, acetona, acetato de etila, éter de petróleo e uma mistura 50% v/v de água e etanol. Outros solventes também podem ser adicionados dependendo da substância a ser recristalizada, consulte uma tabela de solubilidade. Anote os resultados obtidos na tabela abaixo. Se estiver em dúvida quanto à escolha o melhor solvente (ideal) para recristalizar a substância, observe os cristais formados e converse com seu professor.

Tubo	Solvente testado	Volume em que ocorreu a solubilização a frio	Volume em que ocorreu a solubilização a quente	Houve formação de cristais após resfriamento
01				
02				
03				
04				
05				
06				

Determinação experimental

2. Purificação do sólido impuro

Pese 2,0g do ácido acetil salicílico a ser purificado e transfira para um erlenmeyer de 250mL. Adicione ao sólido o solvente selecionado, obedecendo a relação massa/volume determinada quando da escolha do solvente ideal. Coloque o erlenmeyer em uma manta de aquecimento e aqueça cuidadosamente até a ebulição, agitando de vez em quando para facilitar a dissolução. (*dica: aqueça uma pequena quantidade do solvente em outro erlenmeyer*). Se o sólido não se dissolver completamente em solução, adicione um pouco mais de solvente. Se houver presença de impurezas visíveis em solução, adicione carvão ativo (em torno de 1% da massa inicial), e aqueça até a ebulição. (*Dica: O carvão ativo não pode ser usado em excesso, pois pode adsorver a substância a ser purificada*).

Quando todo sólido houver se dissolvido, remova o erlenmeyer do aquecimento, resfrie um pouco e adicione carvão ativo (em torno de 1% da massa inicial), e aqueça até a ebulição por mais 2 min. (*Dica: O carvão ativo não pode ser usado em excesso, pois pode adsorver a substância a ser purificada e lembre de nunca adicione carvão ativo a um líquido em ebulição*). Filtre a solução ainda quente com papel de filtro pregueado para o outro erlenmeyer num sistema previamente aquecido. Papel de filtro, funil e erlenmeyer devem estar quentes para evitar cristalização prematura e entupimentos. Caso necessário, coloque um pouco mais do solvente selecionado, para que não haja deposição dos cristais no papel de filtro, durante a filtração a quente. (*Dica: Deixe sempre um pouco do solvente aquecendo sobre a placa*). Deixe esfriar lentamente a temperatura ambiente e depois em banho de gelo. (*Dica: Não agite nem resfrie bruscamente a mistura para a obtenção de cristais maiores e mais homogêneos*). Prepare o sistema de filtração a vácuo e não esqueça de pesar o papel de filtro para filtração a vácuo. Filtre os cristais em funil de Büchner lavando os cristais com pequenas porções do solvente ideal gelado. Recolha o produto em papel de filtro e coloque em um vidro de relógio e deixe na capela até a próxima aula. Pese e calcule o rendimento.

ATENÇÃO: Solventes voláteis devem ser aquecidos sob refluxo, para manter o volume da solução.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 5

1. Massa inicial dos comprimidos: _____
2. Massa usada para purificação: _____
3. Massa purificada: _____
4. Solvente utilizado para purificação: _____
5. Proporção encontrada pelo roteiro 2: _____
6. Por que você escolheu esse solvente? _____
7. Pensando na QV, esse solvente é o mais adequado? Explique. _____

8. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique. _____

Plano de aula 6

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno a determinação do ponto de fusão de um sólido orgânico, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.
2. Conteúdo Específico: Química Verde e ponto de fusão.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Conhecer a técnica de determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamento. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.
5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, ponto de fusão, pureza de compostos orgânicos, propriedades físicas de compostos orgânicos, interações intermoleculares.
6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente sugerir aos alunos a leitura do texto 1. Em seguida, de maneira dialogada deve-se perguntar aos alunos: O que as propriedades físicas podem dizer sobre um composto? Como o ponto de fusão pode indicar a pureza de um composto sólido? Depois buscar saber se os alunos conseguem descrever como se dá o processo para determinar o ponto de fusão de um sólido? E então, sugerir os alunos a leitura do ROTEIRO 1. E após a explicação sobre manuseio do equipamento os alunos podem seguir com a realização do experimento proposto. Após pelo experimento os resultados devem ser discutidos. Então a QV entra para explicar o uso do equipamento, a escolha do sólido na aula, o descarte do material gerado. E após os alunos podem responder a atividade diária 6.

Para o professor: Imagem do aparelho de pf utilizado:



Para o experimento de ponto de fusão o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Volume 1. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. P. 59-63. 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 71-76. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2>. Acesso em 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: Texto 1: Propriedades físicas de compostos orgânicos – Ponto de fusão: ROTEIRO 1: Aferir o Ponto de fusão de um sólido orgânico; Atividade diária 5.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 6:

Experimento 5: Ponto de fusão

Objetivo

Conhecer a técnica de determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Ponto de fusão

Interações intermoleculares

Técnicas de determinação de pf

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: Propriedades físicas de compostos orgânicos – Ponto de fusão.

Fonte: QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL. Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. pg. 72-73.

Material na íntegra disponível em: <http://reitoria.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/12/EBOOK-QUIMICA-ORG%C3%82NICA-EBOOK-19-12-4.pdf>

As constantes físicas ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade, índice de refração e poder rotatório constituem meios rotineiros para se caracterizar os compostos orgânicos e estabelecer critérios de pureza, bem como para separá-los de suas eventuais misturas. O ponto de fusão depende das forças existentes entre as moléculas (ou entre os íons, no caso de cristais iônicos) da substância sólida. Se estiverem fortemente ligadas umas às outras, a temperatura necessária para separá-las deve ser elevada para dispô-las em sua nova forma, o líquido. Os compostos orgânicos podem apresentar-se nos três estados físicos – sólido, líquido ou gasoso – em temperatura ambiente, fator decorrente das diferentes intensidades das forças intermoleculares que os mantêm unidos. Os compostos orgânicos que se apresentam no estado sólido geralmente apresentam pontos de fusão relativamente baixos (abaixo de 300° C), quando comparados com os compostos inorgânicos. Há ainda compostos orgânicos que nem chegam a atingir seu ponto de fusão, sofrendo decomposição.

Nos compostos orgânicos (covalentes), dois fatores influenciam o ponto de fusão: o tipo de força intermolecular existente no composto (quanto mais intensas forem as atrações intermoleculares do composto, maior será seu ponto de fusão) e a intensidade crescente das forças intermoleculares.

Dipolo-dipolo induzido (Van Der Waals) < dipolo-dipolo permanente < ponte de H.

Dessa forma, um composto capaz de estabelecer ligações de H entre suas moléculas deverá ter maior ponto de fusão e ebulição que um composto que apresenta somente interações de dipolo induzido (Van der Waals) ou dipolo-dipolo, pois como as pontes de H são interações fortes, maior energia será necessária para rompê-las.

Em relação ao tamanho das moléculas, pode-se afirmar que, quanto maior o tamanho das moléculas, maior será a sua superfície. Isso propicia um maior número de interações com outras moléculas vizinhas, acarretando um ponto de fusão maior.

O ponto de fusão de uma substância pode ser determinado através do método do tubo capilar, de aquecimento eletrotérmico ou, ainda, através de equipamentos eletrônicos destinados a esse fim.

ROTEIRO 1: Aferir o ponto de fusão de um sólido orgânico

Objetivo do experimento

Determinar o ponto de fusão de um sólido orgânico.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Aparelho de ponto de fusão

Termômetro

Tubo capilar para pf

Sólido orgânico (pode ser o AAS da aula anterior)

Cuidados e segurança

Cuidado ao colocar os tubos capilares e o termômetro no equipamento, evite fazer força ou se apoiar sobre eles para evitar quebra e possíveis lesões.

Determinação experimental

Pegue um tubo capilar para pfe feche usando um isqueiro, uma das extremidades e espere esfriar. Transfira uma pequena quantidade de amostra. A quantidade de amostra é arbitrária pode ser em torno de uns 3 milímetros de altura (Dica: a visualização é muito mais fácil quanto mais compactado estiver a amostra no capilar). Compacte bem a amostra, conforme recomendação do professor. Certifique-se de que toda a amostra estará depositada no fundo de capilar (extremidade fechada).

Coloque o capilar contendo a amostra no orifício central destinado aos capilares. No equipamento de ponto de fusão existem três (3) orifícios pequenos, desta forma, você pode conduzir o aquecimento de até 3 amostras simultaneamente. No orifício maior, coloque o termômetro. Este fica suportado sobre um pequeno pedaço de borracha, o aparelho. Cuidado para não apoiar o braço no termômetro e forçá-lo. Pode provocar a quebra do termômetro. CUIDADO!!!

Ligue o aparelho, após verificar a tensão do equipamento, e coloque no botão “*aquecimento controlado*”. No outro botão (circular) posicione a taxa de aquecimento recomendada, que é de 1 a 2 °C /minuto. Quanto mais lento for o aquecimento, mais precisa será a leitura.

Visualize a amostra pela lente disposta na parte frontal do equipamento. Observe 2 coisas simultaneamente: a amostra, no visor, e a temperatura, na escala do termômetro.

Anote a temperatura inicial e final de fusão. Para efeito de interpretação, a *temperatura inicial* corresponde à temperatura em que os primeiros cristais se fundem (*Dica: é amais próxima a real*) e a *temperatura final* é aquela em que toda a substância passou para o estado líquido. O intervalo entre as temperaturas inicial e final deve ser mínimo, independentemente da quantidade de amostra. (*Dica: deixe o aparelho de ponto de fusão esfriar antes de iniciar outra leitura, isso diminui a diferença de pf normalmente observada*).

Proceda com a determinação, no mínimo, em duplicata para as amostras pura (depois da cristalização) e impura.

Compare os valores obtidos com a literatura, interprete e justifique o seu resultado.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. No caso dos tubos capilares o descarte é no local destinado a vidros. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 6

1. Preencha a tabela abaixo com os valores obtidos em aula.

Tabela 1 – Dados de Ponto de fusão da substância analisada.

	Amostra pura	Amostra impura
PF 1		
PF 2		

2. Porque existe diferença no ponto de fusão de um sólido puro para o mesmo sólido só que impuro?

3. Os dados de pf observados são compatíveis com o esperado?

3. Pensando na QV, qual a importância em se utilizar equipamentos para medir o PF de um sólido ao invés das metodologias que utilizam vidro de Thiële e vaselina para determinação do mesmo?

4. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.

Plano de Aula 7

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno a técnica de extração por arraste de vapor ou hidrodestilação, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.
2. Conteúdo Específico: Química Verde e hidrodestilação.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Conhecer a técnica de destilação por arraste à vapor ou hidrodestilação, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamentos e vidrarias. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.
5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, destilação por arraste à vapor, hidrodestilação, pressão de vapor, ponto de ebulição, substâncias voláteis.
6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente sugerir aos alunos a leitura do texto 1 e o texto 2. Em seguida, de maneira dialogada deve-se perguntar aos alunos: O que são óleos essenciais? Como eles são obtidos? Como vocês conseguiriam extrair óleo essencial de cravo da Índia? Após isso os alunos podem discutir qual método é possível de ser realizado no laboratório com as vidrarias que têm disponíveis. E então, sugerir os alunos a leitura do Roteiro 1. E após a explicação sobre manuseio do equipamento os alunos podem seguir com a realização do experimento proposto. Após pelo experimento os resultados devem ser discutidos. Ao final, o professor envolver a QV na discussão, abordando a quantidade de matéria-prima utilizada com a quantidade final de óleo obtido, que por isso muitos óleos são bastante caros, que existe o desenvolvimento de óleos sintéticos e de diversos recursos para aperfeiçoar a extração e gastar menos. Após os alunos podem responder a atividade diária 7.

Para o professor: Abaixo a imagem do aparelho Clevenger modificado utilizado no experimento.



Recomendamos que um chumaço de algodão seja usado pra vedar a saída de condensador pra que não haja perda de óleo durante o processo de hidrodestilação. Nessa versão, a vidraria permite o refluxo da solução já destilada para dentro do balão, evitando levar o balão até a secura. A hidrodestilação deve ser conduzida pelo maior tempo possível, no mínimo, de 120 min. Foi utilizada a inflorescência do cravo da índia, porque o teor de óleo essencial na matriz vegetal pode chegar até 13%, seguramente um dos valores mais altos relatados na literatura. Outro aspecto importante de ser observado é que alguns óleos essenciais têm um cheiro muito forte quando obtido de forma não diluída, convém realizar testes se a escolha da matriz vegetal for diferente da proposta.

Para o experimento de hidrodestilação o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Volume 1. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. P. 124-130. 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 71-76. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2>. Acesso em 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: Métodos de extração de óleos essenciais, texto 2: Conheça quais são os métodos de extração de óleos essenciais, Roteiro 1: Hidrodestilação, atividade diária 7.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 7:

Experimento 6: Hidrodestilação

Objetivo

Extrair o óleo essencial de uma matriz vegetal

Conceitos e habilidades abordados no experimento

Técnica de extração por hidrodestilação

Substâncias voláteis

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Material na íntegra disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/metodos-de-extracao-de-oleos-essenciais/>

Os óleos essenciais são compostos por substâncias lipossolúveis de baixo peso molecular e alta pressão de vapor, que integram o metabolismo secundário das plantas – aquele que, ao contrário do primário, não está diretamente relacionado com o processo de crescimento, desenvolvimento e reprodução dos vegetais. Em geral, são produzidos por estruturas secretoras especializadas, tais como pelos glandulares, canais oleíferos, células parenquimáticas diferenciadas ou em bolsões, que podem estar por todas as partes da planta ou não.

Características dos óleos essenciais

Sabor: geralmente acre (ácido) e picante;

Cor: quando recém extraídos, geralmente são incolores ou ligeiramente amarelados; são poucos os óleos que apresentam cor, como o óleo essencial de camomila, de coloração azulada devido ao alto teor de azulenos;

Estabilidade: em geral, esses óleos não são muito estáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais;

Refração e atividade óptica: a maioria dos óleos essenciais possui índice de refração e são opticamente ativos, sendo que estas propriedades são utilizadas na sua identificação e controle de qualidade.

Condições ideais de armazenamento: Frasco âmbar de vidro. Para alguns óleos, recomenda-se o uso de geladeira.

TEXTO 2: Conheça quais são os métodos de extração de óleos essenciais.

Material na íntegra disponível em: <http://blog.mundodosoleos.com/metodos-de-extracao-de-oleos-essenciais/>

Destilação por arraste a Vapor: Este é o método mais utilizado no mundo inteiro para extração de óleos essenciais. Consiste em submeter o material vegetal à ação do vapor d'água extraíndo o óleo por meio do “arraste do vapor”. Funciona dessa maneira: o vapor d'água passa através do tecido da matéria prima vegetal retirando o óleo que está dentro de suas glândulas. Logo que o óleo sai, ele sofre um choque térmico vaporizando o que o faz ser arrastado até atingir o condensador onde o hidrolato (nome dado a essa água condensada com nutrientes resultante do processo de extração) resfria-se voltando a fase líquida. Por fim, essa mistura sofre o processo de destilação que separa a água do óleo essencial. É importante lembrar que para se ter uma eficiente e completa extração do óleo essencial, é necessário que o material a ser destilado deva sofrer um processo de eliminação de resíduos (impurezas na biomassa).

Prensagem a Frio: A Prensagem a Frio é a maneira mais empregada na extração de óleo de frutas cítricas como laranja, limão tangerina etc. No Brasil e na maioria dos outros países, este método é muito empregado em empresas produtoras de suco para extrair seu insumo. Ele consiste em colocar a matéria prima em uma prensa hidráulica que esmaga até expelir todo o suco e o óleo essencial delas. O óleo essencial então é separado do suco com ajuda de jatos d'água que formam uma emulsão composta por 1% a 3% de Óleo essencial, fragmentos sólidos e outros detritos, que logo em seguida são separados por um ciclone. Finalizada esta etapa, o óleo passa por um conjunto de centrífugas para clarificação deixando-o em três fases: Uma fase leve (rica em óleo), uma fase intermediária (rica em água) e uma fase pesada (rica em sólidos insolúveis). Por fim a fase leve (que contém até 80% de óleo) é levada para tanques decantadores para separação final.

Hidrodestilação: Esse método é muito utilizado em laboratórios. Ele consiste em mergulhar toda a matéria prima vegetal, o que o diferencia da destilação a vapor. A extração, por sua vez, ocorre a uma temperatura inferior a 100°C, o que, apesar de tornar a destilação mais lenta e com menor rendimento, evita a perda de compostos sensíveis a altas temperaturas. Industrialmente este processo é considerado obsoleto (cunhado até de

artesanal), mas ainda é praticado em diversos países em desenvolvimento onde o acesso as caldeiras a vapor são mais difíceis.

Enfleurage: Conhecido também como *enfloação* é uma técnica utilizada desde o século XVII para extração de óleos essenciais de matérias primas mais delicadas como rosas, jasmims, violetas, flores emblemáticas cultivadas em Grasse cujo os compostos podem sofrer alterações e perder propriedades quando usados outros tipos de extração. Apesar de ser um processo lento, caro e praticamente inutilizado, o *enfleurage* ainda resiste e é a todo o momento reinventado com uso de novas tecnologias. O método clássico, por sua vez, consiste em picotar as pétalas da flor e colocá-las sobre algumas placas de vidro em contato com uma gordura animal ou vegetal inodora que funciona como espécie de esponja. Passadas 24h as pétalas são substituídas repetindo este processo por semanas até que a gordura assuma um aspecto de “pomada” saturada de óleo. Então esta gordura é destilada obtendo-se um concentrado oleoso aromático que, por fim, é misturado com álcool e novamente destilado formando, por sua vez, o *óleo essencial*.

Extração por Solventes: Algumas plantas e vegetais possuem características que as tornam muito delicadas e sensíveis não podendo ser submetidas a altas temperaturas não podendo, portanto, ser extraídas por destilação a vapor. São os casos das rosas, jasmims e neroli (flor de laranjeira) que precisam de métodos de extração menos agressivos para se obter o máximo de suas propriedades. Nestes casos, o uso de solventes como hexano, benzeno, tolueno ou éter de petróleo acabam por ser uma ótima opção, pois preservam as características e qualidades dos vegetais em questão. Quando acontece a extração por meio de solventes originam-se dois produtos: o *Concreto* e, posteriormente, o *Absoluto*. O *concreto* é a primeira etapa resultante da extração por meio de solventes descrita acima, que são apolares. Nessa etapa, além do óleo essencial, são obtidas parafinas, ceras gorduras, pigmentos e outros compostos oleosos, razão pela qual o composto possui uma consistência pastosa ou semissólida. Já o *absoluto* é obtido quando o *concreto* é submetido a outro solvente, agora polar, como o etanol. Nesse caso o solvente purifica a mistura das substâncias citadas levando a um produto final de consistência mais líquida. Atualmente as novas tecnologias conseguem eliminar consideravelmente o solvente das fases *concreto* e *absoluto*, deixando-os a níveis seguros para uso.

Fluídos Supercríticos: Nos últimos anos o método de extração de óleo essencial usando fluídos supercríticos vem ganhando muito espaço nos processos industriais. Isso porque ele apresenta uma grande vantagem em relação às outras técnicas uma vez que ele usa uma tecnologia atóxica, limpa e não residual que mantém a integridade quase que total da matéria-prima usada. O processo se baseia na ideia de usar gases que, em determinada temperatura e pressão, ficam em um estágio entre o líquido e o gasoso (tornando-se supercríticos) podendo agir como solventes de matéria-prima. O gás mais utilizado para estes processos é o CO₂ supercrítico que, além de ser barato e abundante, apresenta uma densidade relativamente alta (como à de um líquido), baixa viscosidade e alto poder de penetração (característica predominante dos gases) o que lhe confere excelentes qualidades de penetração. Outro destaque fica por conta do fato de que, para obtê-lo, é preciso operar todo o sistema a uma temperatura de 31,04°C à uma pressão de 73,8 bar. Por causa disso, o método não oferece

riscos de reações secundárias como oxidações, reduções, hidrólises e degradações químicas. O método para extração de *óleo essencial* funciona da seguinte maneira: A biomassa é colocada dentro de um cilindro que possui, nas duas pontas, uma capa de metal poroso que tem a função de permitir a circulação do fluido supercrítico e das substâncias que foram dissolvidas. Com isso, o CO₂ passa através da matéria-prima dissolvendo os óleos até certo nível de solubilidade de equilíbrio. Após esse processo a solução gasosa sai do extrator e passa por uma válvula que reduz a pressão, causando o que chamamos de “precipitação dos componentes” dentro do separador. Nesta etapa o CO₂ é separado do óleo e é reciclado dando início a um novo ciclo. São vários ciclos que acontecem, tanto no cilindro quanto no separador, até que todos os componentes sejam extraídos e coletados no separador. A principal razão, talvez a única, que não faz com que este método seja amplamente utilizado, se dá pelo fato de seus equipamentos de extração ser muito caros. Para se ter uma ideia, uma unidade industrial dessas chega a custar milhões de dólares.

ROTEIRO 1: Hidrodestilação

Objetivo do experimento

Extrair o óleo essencial de cravo da índia através da técnica de hidrodestilação.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Algodão	Água
Aparelho Clevenger	Éter etílico
Balança analítica	Sulfato de sódio anidro
Balão de fundo redondo	Vaselina
Funil de separação	
Gral e pistilo	
Manta de aquecimento	
Pérolas de vidro	
Proveta	
Suporte universal e garras	

Cuidados e segurança

Verificar se o aparelho Clevenger está bem fixado. Cuidado ao aliviar a pressão do funil de separação, lembre-se de não direcionar o mesmo para os colegas.

Determinação experimental

Pesar 10g de cravo da Índia moído (*Dica: sugere fortemente que a maceração o material vegetal seja feito no momento da extração*) e, em seguida transferir para um balão de 125mL, adicionar 100mL de água além de duas ou três pérolas de vidro. Adaptar o balão a um aparelho Clevenger modificado (*Dica: não se esqueça de colocar algumas pérolas de vidro no balão, usar vaselina nas juntas esmerilhadas e de colocar um pequeno chumaço de algodão na saída do Clevenger*). Acoplar a manta de aquecimento e destilar vagarosamente por, no mínimo, 2 horas. Ao final, desligar a fonte de aquecimento e esperar o resfriamento a vidraria. Enquanto isso, recolher o destilado (água+ óleo) em uma proveta graduada e anotar o volume obtido. Transferir o destilado para um funil de separação, adicionar 15mL de éter, proceder com extração e separação das fases orgânica e aquosa. Adicionar a fase orgânica, um pouco de sulfato de sódio anidro a fim de secá-lo. Pesar e medir o volume de óleo essencial obtido. Calcular o rendimento em relação a massa inicial do material vegetal.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. No caso do cravo-da-índia o mesmo pode ser descartado no lixo comum. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 7

1. Volume total da solução destilada (água + óleo): _____
 2. Volume de óleo essencial obtido: _____
 3. Dada a densidade do eugenol $1,06 \text{ g/cm}^3$, calcule o rendimento obtido:
 4. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.
 5. Neste experimento utilizou-se a hidrodestilação, mas poderia ser utilizada a técnica de arraste de vapor. Assista ao vídeo indicado abaixo:
LINK DO VÍDEO DO FUNCIONAMENTO DE UM DESTILADOR DE PEQUENO PORTE EM FUNCIONAMENTO: <https://youtu.be/os7PE0Z-fxA>
 6. Após assistir ao vídeo, sugira como construir um extrator de pequeno porte para destilação por arraste utilizando materiais de baixo custo.
-

Plano de Aula 8

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno duas técnicas complementares de cromatografia por adsorção: Cromatografia em Coluna e em Camada Delgada, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e cromatografia

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Conhecer duas técnicas complementares de cromatografia por adsorção: cromatografia em coluna e em Camada Delgada, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamento. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.

5. Conteúdos privilegiados: Química verde, cromatografia por adsorção, cromatografia em coluna, cromatografia em camada delgada, fase móvel, fase estacionária, separação de substâncias.

6. Orientação didática: Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente a aula se dará de maneira dialogada, questionando aos alunos: Como vocês fariam para extrair os pigmentos dessas folhas? Como vocês separariam os pigmentos? Sugerir aos alunos então a releitura do texto 1 e 2 e dos roteiros 01, 02 e 03. Em seguida, uma nova rodada de discussão abordando os conteúdos previstos no item 05 e também como conduzir a preparação do extrato vegetal, da pastilha, da coluna e finalmente, das placas de CCD. Só então, após todas as dúvidas sanadas, os alunos podem dar início ao procedimento experimental. Após o término de cada etapa recomenda-se que o professor vá discutindo os resultados obtidos, em especial as diferenças observadas, culminando com a escolha das melhores frações para aplicação nas cromatoplas. Nesta etapa a QV pode ser abordada explicando a utilização de pouca sílica gel na fase estacionária, o uso do empacotamento a seco ao invés de empacotar usando fase móvel. Bem como o porquê o extrato foi preparado anteriormente, para que o mínimo de solvente fosse utilizado. Ainda aqui, pode-se explicar a minimização na quantidade de fase móvel para eluir a coluna e a fase móvel escolhida. Ao final deve-se explicar aos alunos a destinação das fases móveis utilizadas, aquelas que puderem ser reutilizadas no laboratório devem ser reservadas. Após os alunos podem responder a atividade diária 8.

Para o professor: Esse procedimento experimental é demasiadamente longo, recomendamos que em turmas grandes, a extração do material vegetal seja suprimida e que o extrato pronto seja entregue aos alunos de modo a agilizar do tempo. Caso a escolha recaia em entregar o extrato pronto aos alunos este deve ser preparado no dia anterior e ficar guardado na geladeira bem fechado. Se a escolha recair em fazer o extrato partindo-se das folhas frescas, deve tomar

cuidado com a fase de secagem (com Na₂SO₄ anidro), pois a sílica é inativada na presença de H₂O. Qualquer folha verde, a princípio, pode ser usada na prática, mas é sempre bom evitar vegetais com altos teores de H₂O, pois o processo de secagem pode ser muito moroso.

Para o experimento de cromatografia o professor pode ler mais em:

Dias, A. G. et. al. Guia prático de Química Orgânica. Volume 1. Técnicas e procedimentos: aprendendo a fazer. p. 107-115. 2004.

Sandri, M.C. Química Orgânica Experimental - Aplicação de Métricas Holísticas de Verdura: Estrela Verde e Matriz Verde. p. 131-148. IFPR. 2018. Disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHMPqxPsSMmzDpzHBqMtHbgBCV?projector=1&messagePartId=0.2>. Acesso em: 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: TEXTO 1: Folha de beterraba faz bem, emagrece, é antioxidante e evita doenças; saiba consumir; TEXTO 2: Cromatografia em Coluna: Dicas; ROTEIRO 1: Procedimento para extração dos pigmentos (EXPLICATIVO); ROTEIRO 2: Separação dos pigmentos por cromatografia em coluna; ROTEIRO 3: Acompanhamento da separação do extrato de folhas de beterraba por Cromatografia de Camada Delgada (CCD), Atividade diária 8.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 8:
Experimento 7: Cromatografia

Objetivo

Conhecer duas técnicas complementares de cromatografia por adsorção: cromatografia em coluna e em Camada Delgada

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Cromatografia em coluna

Cromatografia em camada delgada

Fase móvel

Fase estacionária

Interações intermoleculares

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: Folha de beterraba faz bem, emagrece, é antioxidante e evita doenças; saiba consumir

Fonte: site: www.vix.com

Material na íntegra: <https://www.vix.com/pt/saude/540131/folha-de-beterraba-faz-bem-emagrece-e-antioxidante-e-evita-doencas-saiba-consumir>

As propriedades da folha de beterraba são ótimas para quem deseja emagrecer com saúde. Ricas em fibras, vitaminas e com propriedades antioxidantes, auxiliam no funcionamento do intestino, afastam a fome e ainda previnem doenças, como problemas do coração. De acordo com os nutricionistas, todas as partes da beterraba fazem bem para o corpo igualmente, tanto a raiz avermelhada quanto o caule e as folhas, já que cada uma possui nutrientes importantes. Entretanto, muitas pessoas esquecem destes últimos fragmentos, que podem ser aproveitados para benefício da saúde.

Para que serve?

Os nutrientes da folha de beterraba são essenciais para manter as funções do organismo. Rica em fibras que são lentamente digeridas inibe a fome ao enviar uma mensagem para o cérebro dizendo que estamos saciados, o que ajuda a não sair da dieta. As fibras também auxiliam no trânsito intestinal, o que contribui para eliminar toxinas e reduzir a gordura do abdômen.

É um dos que entra na lista de alimentos de baixo índice glicêmico, ou seja, que não eleva o açúcar no sangue significativamente, e pouco calórico, contendo apenas 3,3 Kcal por colher de sopa. Além destes componentes, possui ferro, mineral que transporta oxigênio no corpo e previne a anemia, e vitamina K, que auxilia a coagulação sanguínea.

Os benefícios da folha de beterraba incluem poder antioxidante, que ocorre por conta da vitamina C e dos carotenoides, principalmente o betacaroteno. Eles inibem a ação dos

radicais livres, que são organismos que oxidam células do corpo, evitando e prevenindo doenças do coração, alguns tipos de cânceres e até mesmo o envelhecimento da pele.

O cálcio presente na folha de beterraba é vital para a manutenção de ossos e dentes, além da queima de calorias, conforme explica a nutricionista Gisele Carvalho. “Estudos indicam que a ausência desta substância aumenta os níveis do hormônio calcitriol. Ele estimula a produção de enzimas que criam gorduras e diminui o efeito das queimam”, explica a especialista. "Portanto, é importante ter uma dieta rica em laticínios de baixo teor de gordura, que têm cálcio".

TEXTO 2: Cromatografia em Coluna: Dicas

Fonte: BRONDANI, P. B, p 1. 2016.

Material na íntegra disponível em:

<http://nuquiocat.quimica.blumenau.ufsc.br/files/2016/07/Cromatografia-em-Coluna.pdf>

A cromatografia em coluna é comumente utilizada para purificação de substâncias orgânica ou, para remover o material de partida ou isolar o produto desejado de uma reação. Para tal, a mistura é passada através de um tubo de vidro vertical preenchido com uma substância adsorvente denominada de fase estacionária (sílica ou alumina) e é coletada em pequenas frações. Os vários componentes de uma amostra podem ser separados através da interação diferenciada com o solvente (fase móvel) e a fase estacionária. Para uma fase estacionária contendo sílica, compostos polares irão interagir mais fortemente que compostos não polares, ficando mais retidos e sendo eluídos posteriormente. Quando a polaridade dos componentes da amostra é similar, a separação/purificação se torna um desafio. Se feita de maneira correta, a cromatografia em coluna pode levar a compostos com alto grau de pureza. No entanto, em muitos aspectos do ponto de vista prático, a sua realização pode apresentar alguns desafios.

ROTEIRO 1: Obtenção do extrato vegetal de folhas de beterraba

Objetivo do experimento

Extrair os pigmentos presentes nas folhas da beterraba (roteiro 01) e separá-los usando a técnica de cromatografia em coluna (roteiro 02 e 03).

Metodologia

Materiais e Reagentes

Algodão	Acetato de etila
Bastão de vidro	Água
Béquer	Cicloexano

Chapa de aquecimento	Clorofórmio
Coluna de vidro	Diclorometano
Cromatoplacas	Folhas de beterraba
Estufa	Sílica
Gral e pistilo	Tolueno
Proveta	
Tubos capilares	

Cuidados e segurança

Cuidado para não inalar os solventes orgânicos nem a sílica utilizada na coluna.

Determinação experimental

Triture em um almofariz cerca de 3,0g de folha de beterraba secas em estufa de circulação de ar à 40°C até peso constante. Transfira o macerado para um béquer de 50mL e adicione 10mL de diclorometano. Agite bem com o bastão de vidro e deixe em maceração por 5 minutos. Filtre o extrato com o auxílio de um funil de vidro e um chumaço de algodão ou uma folha de papel filtro. Colete o filtrado e concentre o mesmo em banho-maria localizado na capela até mais ou menos 2mL (*Dica: se o dia estiver quente, o diclorometano evapora rápido não sendo necessária a realização da etapa de redução de volume.*)

ROTEIRO 2: Separação do extrato de folhas de beterraba por cromatografia em coluna

Objetivo do experimento

Separar os pigmentos extraídos das folhas de beterraba usando a técnica de cromatografia em coluna

2.1 Preparo da coluna

Coloque no fundo da coluna um pequeno chumaço de algodão (*Dica: não aperte o algodão isso retardará muito o processo de eluição*). Em seguida prenda a coluna em um suporte universal e adicione aos poucos 2,0g de sílica previamente pesado. Bata levemente na coluna para empacotar bem o adsorvente. O extrato que será utilizado deve ser solubilizado em uma pequena quantidade de diclorometano (aproximadamente 0,5mL). A “*pastilha*” é obtida incorporando o extrato líquido à cerca de 0,2g de sílica e, em seguida, seco. (*Dica: fica um pó verde escuro, fino e completamente solto*). Este preparo deve ser transferido para o topo da coluna e protegido com um pequeno chumaço de algodão.

2.2 Eluição

Com o auxílio de uma pipeta Pasteur faça a eluição da coluna, usando como fase móvel, com uma mistura de hexano: acetato de etila (7:3, v/v). (*Dica: Observe as separações, desenhe ou fotografe a eluição das manchas no sistema cromatográfico*)

Recolha cada mancha separadamente e não se esqueça das orientações dadas pelo professor. Observe se algo ficou retido na coluna.

Após o solvente ser evaporado, o material deve ser pesado para cálculo de rendimento.

ROTEIRO 3: Acompanhamento da separação do extrato de folhas de beterraba por Cromatografia de Camada Delgada (CCD)

Objetivo do experimento

Observar a separação do extrato utilizando CCD

3.1 Preparação de cromatoplasas

O preparo das cromatoplasas demanda inicialmente da preparação de uma suspensão de sílica G, em água, na proporção aproximada de 7:15. Após a homogeneização da suspensão, esta deve ser aplicada usando um espalhador cromatográfico sobre as lâminas de vidro (7,5 cm x 2,5 cm) previamente limpas e bem secas. (*Dica: recomenda-se o uso de acetona*). Após preparadas, as placas precisam secar e, só então, ir para estufa.

3.2 Delimitação das placas cromatográficas

As placas devem ser usadas conforme a indicação dada pelo professor.

3.3 Teste de concentração da mistura problema

Faça três aplicações, usando um tubo capilar, da mesma amostra, uma será o extrato puro de folha de beterraba e a outra de uma das fases recolhidas da coluna e a terceira, no centro da placa, será o ponto misto. As aplicações devem ser equidistantes entre si. A quantidade de amostra aplicada deve ser a mais ou menos a mesma. Para cada mancha ou fase eluída, você precisa fazer uma nova placa.

Correr a amostra nos eluentes estabelecidos pelo professor.

Lembre-se: a quantidade de eluente deve ser estabelecida antes da plaquinha ser colocada para eluir. Para cubetas (frasco de Borel) pequenas, algo em torno de 3mL é suficiente.

Eluentes disponíveis: cicloexano, acetato de etila, clorofórmio, tolueno e mistura cicloexano:acetato de etila (9:1).

3.4 Cálculo do R_f (fator de retenção)

Escolha, no mínimo, uma mancha e calcule o R_f (relação entre a distância percorrida pela amostra desde o ponto de aplicação dividido pela e a distância total que o solvente eluiu). Seu professor pode ter ajudar na escolha.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 8

Coluna:

1. Massa de adsorvente utilizado: _____
2. Número de frações recolhidas: _____
3. Vazão da coluna (em gotas/minuto): _____
4. Rendimento das frações: _____

CCD:

5. Eluentes utilizados: _____ por quê?
6. Cálculo da relação entre a distância percorrida pela amostra e a distância total (eluição).
7. O valor de R_f é maior ou menor conforme aumenta-se a polaridade do eluente?
8. Quais outros extratos poderiam ser analisados seguindo essa metodologia?
9. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.

Plano de Aula 9

1. Introdução: Esta aula visa através de exercícios, verificar o que o aluno entendeu das técnicas aplicadas a QV, fazendo uma revisão dos conteúdos vistos até o momento.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e técnicas já vistas entre as aulas 1 à 8.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Auxiliar no processo de aprendizagem das técnicas envolvendo a QV e conteúdos teóricos visto nas aulas anteriores.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, técnicas de separação abordadas até o momento na disciplina: destilação, extração, propriedades físicas, cristalização, hidrodestilação e cromatografia.

6. Orientação didática: Nesta aula os alunos deverão resolver alguns exercícios, que abordam os conteúdos vistos nas aulas anteriores. Essa atividade pode ser desenvolvida em grupos e discussão entre os alunos e professor.

Para o professor: É um espaço de compartilhamento e trocas de saberes, dúvidas e questionamentos. Esse momento deve ser explorado ao máximo para mostrar as possíveis correlações entre as técnicas vistas até agora. Deve ajudar os alunos a compreender as técnicas e teorias vistas de maneiras isoladas em aplicações reais nos processos de síntese ou conversão química. Recomenda-se também mostrar como serão abordados os conteúdos durante o processo de avaliação.

7. Recursos didáticos: Lista de exercícios

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da atividade avaliativa proposta no dia.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 9: Questões escolhidas pelo professor.

Plano de Aula 10

1. Introdução: Esta aula visa através de uma atividade avaliativa, verificar o que o aluno assimilou das técnicas abordadas no bloco A e consegue transpô-las para situações cotidianas, tendo sempre como temática central a QV.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e técnicas já vistas entre as aulas 1 à 9.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Descobrir se os alunos se apropriaram das técnicas e teorias vistas nas aulas anteriores.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, destilação, extração, propriedades físicas, cristalização, hidrodestilação e cromatografia.

6. Orientação didática: Aplicação de atividade avaliativa de maneira individual.

Para o professor: A avaliação deve ser um momento de verificação de quanto o aluno assimilou e não o contrário. Use e abuse de gráficos, figuras, tabelas, dados obtidos pelas próprias equipes. Formule questões que instiguem o raciocínio e a interpretação dos fatos.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: atividade avaliativa 1

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da atividade avaliativa 1.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 10: Questões propostas pelo professor. ATIVIDADE AVALIATIVA 1

BLOCO B: CONVERSÕES QUÍMICAS

Neste bloco, foram escolhidas algumas conversões químicas de baixa complexidade para serem apresentadas aos alunos. É fundamental a articulação entre necessidade reacional com as técnicas apresentadas e discutidas no bloco A.

Plano de Aula 11

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno as reações de transesterificação através da obtenção do biodiesel, abordando as medidas tomadas no laboratório para que a experimentação adotada esteja mais adequada aos fundamentos da QV.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e transesterificação.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Conhecer e realizar a reação de transesterificação catalisada por base, a partir do óleo de soja para obter biodiesel, bem como os cuidados que devem ser tomados no ambiente do laboratório envolvendo a manipulação de equipamentos e vidrarias. Possibilitar a discussão sobre a Química Verde e a importância de seus fundamentos na experimentação desenvolvida.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, alcoólise de óleo de soja, transesterificação, catálise básica, ensaios sobre biocombustíveis.

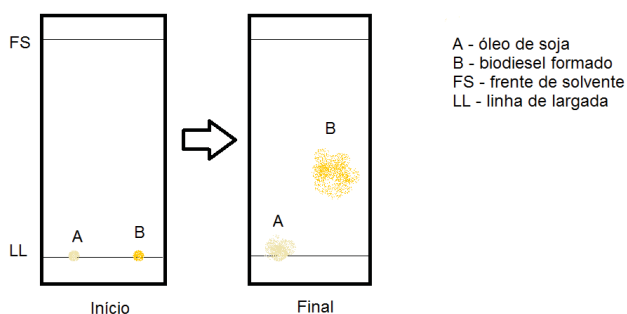
6. Orientação didática:

Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente sugerir aos alunos a leitura do texto 1 e texto 2. Em seguida, de maneira dialogada deve-se buscar saber o que os alunos sabem sobre novos combustíveis no Brasil, o que constitui um biocombustível, de que tipos de fontes eles são obtidos e quais as vantagens do uso desse tipo de combustível obtidos de fonte renováveis. Saber se os alunos acham que é possível sintetizar um combustível no laboratório em que estão. Após isso os alunos podem discutir qual método é possível de ser realizado no laboratório com as vidrarias que tem disponíveis. E então, sugerir os alunos a releitura do Roteiro 1. E após a explicação sobre manuseio do equipamento os alunos podem seguir com a realização do experimento proposto. Após pelo experimento os resultados devem ser discutidos. Ao final, o professor envolver a QV na discussão, abordando a utilização de óleo já usado como matéria-prima, na questão de obtenção de um combustível mais limpo. Após a discussão os alunos podem fazer a atividade diária 11.

Para o professor: É importante uma abordagem relativa à matriz energética de fonte renovável brasileira (biocombustíveis) além da química envolvida. Este experimento não deve ser realizado, pelo menos da maneira aqui descrita, em T ambiente ≤ 25 °C, em dias frios, deve-se substituir a partição líquido-líquido por centrifugação. O hidróxido de sódio deve ser seco durante a noite, em estufa, a 100°C. A substituição eventual do óleo de soja pode ser realizada

desde que as características químicas do óleo sejam mantidas. Gorduras ou óleos sólidos devem ser aquecidos. A CCD pode ser usada para diferenciar o óleo vegetal de partida e o éster etílico produzido. Normalmente é usado o IV.

Abaixo a imagem de uma CCD e de um esquema mostrando a diferença de Rf entre o óleo de soja e o biodiesel produzido.



7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: O que é biodiesel? Roteiro 1: procedimento experimental para obtenção de biodiesel e texto 2: Vantagens e desvantagens do uso de biocombustíveis; atividade diária 11.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 11:

Experimento 8: Transesterificação

Objetivo

Obter biocombustível através do óleo de soja

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Reação de esterificação e transesterificação

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: O QUE É BIODIESEL?

Texto na íntegra disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel>

O biodiesel é um combustível para ser utilizado nos carros ou caminhões com motores diesel, feito a partir das plantas (óleos vegetais) ou de animais (gordura animal).

O biodiesel só pode ser usado em motores a diesel, portanto este combustível é um substituto do diesel. Para produzir biodiesel, o óleo retirado das plantas é misturado com etanol (ou metanol) e depois estimulado por um catalisador. O catalisador é um produto usado para provocar uma reação química entre o óleo e o álcool. Depois o óleo é separado da glicerina (usada na fabricação de sabonetes) e filtrado.

Existem muitas espécies vegetais no Brasil que podem ser usadas na produção do biodiesel, como o óleo de girassol, de amendoim, de mamona, de soja, entre outros. Mas atualmente 75% da produção brasileira é feita com óleo de soja, 20% com gordura animal e o restante com diversas outras fontes, como o dendê, o óleo de algodão e a canola.

Segundo a legislação brasileira, o Biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. Biodiesel é o nome de um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos domésticos, renováveis. O Biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Pode ser usado em um motor de ignição a compressão (diesel) sem necessidade de modificação. O Biodiesel é simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos.

O Biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação onde a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal. O processo gera dois produtos, ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (produto valorizado no mercado de sabões). O biodiesel de qualidade deve ser produzido seguindo especificações industriais restritas, a nível internacional tem-se a ASTM D6751. Nos EUA, o biodiesel é o único combustível alternativo a obter completa aprovação no *Clean Air Act* de 1990 e autorizado pela Agência Ambiental Americana (EPA) para venda e distribuição. Os óleos vegetais puros não estão autorizados a serem utilizados como óleo combustível.

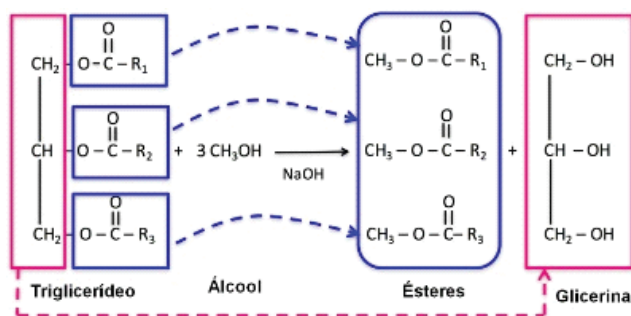
O biodiesel pode ser usado puro ou em mistura com o óleo diesel em qualquer proporção. Tem aplicação singular quando em mistura com o óleo diesel de ultrabaixo teor de enxofre, porque confere a este, melhores características de lubricidade. É visto como uma alternativa excelente o uso dos ésteres em adição de 5 a 8% para reconstituir essa lubricidade.

O biodiesel é perfeitamente miscível e físico quimicamente semelhante ao óleo diesel mineral, podendo ser usado em motores do ciclo diesel sem a necessidade de significantes ou onerosas adaptações. Por ser biodegradável, não-tóxico e praticamente livre de enxofre e aromáticos, é considerado um combustível ecológico. Como se trata de uma energia limpa, não poluente, o seu uso num motor diesel convencional resulta, quando comparado com a queima do diesel mineral, numa redução substancial de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos não queimados.

As reações de alcoólise seguem mecanismos idênticos aos de hidrólise de ésteres, contudo, tanto em meio ácido como em meio básico, existe excesso de álcool e, portanto, a ocorrência de reações de transesterificação.

Transesterificação é o termo geral usado para descrever uma importante classe de reações orgânicas na qual um éster é transformado em outro através da troca dos grupos alcóxidos. Na transesterificação de óleos vegetais, um triglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador produzindo uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos e glicerol (Figura 1).

Figura 1 – Transesterificação de um triglicerídeo



fonte: <https://www.todamateria.com.br/transesterificacao/>

Durante a reação, os triglicerídeos transformam-se em monoésteres de ácidos graxos, os quais compõem o biodiesel. Além disso, também surge a glicerina como um subproduto da reação. Para a produção de biodiesel, o metanol e o etanol são os álcoois mais utilizados, sendo o metanol mais eficiente para o processo. Os catalisadores da reação podem ser ácidos ou bases. O hidróxido de sódio (NaOH) é um dos mais utilizados.

ROTEIRO 1: PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL

Objetivo do experimento

Preparar biodiesel partindo de óleo de soja

Metodologia

Materiais e reagentes

Balão de fundo redondo	Etanol
Béquer	Hidróxido de sódio
Condensador de refluxo	óleo de soja
Funil de separação	Solução gelada de H ₂ SO ₄ 1%
Placa de agitação magnética	Sulfato de sódio anidro
Suporte universal e garras	

Cuidados e segurança

Verificar se a temperatura ambiente favorece a realização do procedimento. Não esquecer de lubrificar as juntas do condensador. Cuidado ao manipular o hidróxido de sódio e a solução de H₂SO₄ 1%, ambas em contato com a pele podem causar lesões. Lavar imediatamente e em abundância a região com água caso aconteça.

Procedimento experimental

Em um béquer de 25mL sob agitação magnética, adicionar 5mL de etanol absoluto. Em seguida, adicionar 0,47g de hidróxido de sódio previamente seco em estufa e moído e deixe agitando até a completa dissolução do NaOH (*Dica: caso a dissolução não ocorra em cinco minutos, utilize o aparelho de ultrassom para solubilizar o NaOH no etanol. A solução fica turva, não se assuste.*).

Em seguida, verta a solução etanol + NaOH em um balão de fundo redondo de 125mL já contendo 25mL de óleo de soja. Acople ao balão um condensador de refluxo (*Dica: não é necessário ligar a água, somente encher o condensador com ela*) e deixe suspenso uns 10-20cm da placa de agitação. Agite vigorosamente (agitação magnética) por 30 minutos. Após esse tempo, transferir o conteúdo reacional para um funil de separação e deixe separar as fases reacionais. (*Dica: Caso forme emulsão, converse com seu professor ele irá sugerir uma alteração no procedimento experimental*)

A glicerina ficará na fase inferior e o éster etílico e NaOH remanescente na fase superior. Remova a fase inferior e coloque-a no frasco limpo e rotulado.

A fase superior (orgânica) deverá ser o biodiesel, lave-a com 20mL de solução gelada de H₂SO₄ 1% três vezes. Para finalizar, adicione 5g de Na₂SO₄ anidro ao biodiesel e filtre. (*Dica: Se a solução de biodiesel apresentar cheiro de etanol esse material residual deve ser retirado antes de pesá-lo, basta aquecer a solução a 70°C por 15 min.*) Depois de frio, pese o líquido e calcule a massa do biodiesel produzido.

Análise

Realize análise de cromatografia em camada delgada comparando o óleo de soja e o biodiesel obtido. (Metodologia utilizada na aula 7)

Fase móvel: hexano: acetato de etila 9,5:0,5.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

Texto 2: Vantagens e desvantagens do uso de biocombustíveis

Fonte: <https://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/biocombustiveis.asp>

Os biocombustíveis são fontes de energia renováveis, o que significa dizer que permitem a ciclagem da matéria na natureza. São obtidos a partir da cana-de-açúcar, do milho, de oleaginosas, resíduos agropecuários, dentre outras fontes.

Os biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol (álcool etílico), têm aparecido com frequência na mídia como alternativas para contenção do aquecimento global. Isso acontece porque os biocombustíveis permitem uma ciclagem do gás carbônico (CO₂), apontado como um dos vilões do aquecimento global. Veja no quadro abaixo o que ocorre quando se usa um biocombustível.

Como se pode ver na figura abaixo, o CO₂ eliminado pelo veículo é reutilizado pelas plantas para a produção de mais biomassa, através da fotossíntese. Parte dessa matéria orgânica produzida é usada para a produção de mais biocombustível, com devolução de CO₂ para a atmosfera. Dessa forma, o equilíbrio consumo-liberação de CO₂ pode ser estabelecido e a concentração do CO₂ pode estabilizar. Com os combustíveis fósseis (gasolina, óleo diesel, carvão, gás natural) esse equilíbrio não acontece.



Entenda o porquê:

O petróleo foi formado há milhões de anos (período Carbonífero), provavelmente de restos de vida aquática animal acumulados no fundo de oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. Com ação da alta pressão e temperatura, o material depositado sofreu uma grande quantidade de reações químicas, originando massas viscosas, de coloração negra – as jazidas de petróleo. Quando queimado ocorre, então, liberação de CO₂ que foi retirado da atmosfera do planeta há milhões de anos. Como não há nenhum mecanismo atual para capturar esse CO₂ para produção de mais petróleo (que é considerado um recurso não renovável), o uso desses combustíveis acaba promovendo um aumento na concentração de CO₂ na atmosfera. Como curiosidade, para cada 3,8 litros de gasolina queimados, 10kg de CO₂ são liberados para a atmosfera.

1. Vantagens do uso dos biocombustíveis

- Possibilita o fechamento do ciclo do carbono (CO₂), contribuindo para a estabilização da concentração desse gás na atmosfera (isso contribui para frear o aquecimento global);
- No caso específico do Brasil, há grande área para cultivo de plantas que podem ser usadas para a produção de biocombustíveis;
- Geração de emprego e renda no campo (isso evita o inchaço das cidades);
- Menor investimento financeiro em pesquisas (as pesquisas de prospecção de petróleo são muito dispendiosas);

- O biodiesel substitui bem o óleo diesel sem necessidade de ajustes no motor;
- Redução do lixo no planeta (pode ser usado para produção de biocombustível);
- Manuseio e armazenamento mais seguros que os combustíveis fósseis.

2. Desvantagens do uso dos biocombustíveis

- Consome grande quantidade de energia para a produção;
 - Aumento do consumo de água (para irrigação das culturas);
 - Redução da biodiversidade;
 - As culturas para produção de biocombustíveis consomem muitos fertilizantes nitrogenados, com liberação de óxidos de nitrogênio, que também são gases estufa;
 - Devastação de áreas florestais (grandes consumidoras de CO₂) para plantio das culturas envolvidas na produção dos biocombustíveis;
 - Possibilidade de redução da produção de alimentos em detrimento do aumento da produção de biocombustíveis, o que pode contribuir para aumento da fome no mundo e o encarecimento dos alimentos;
 - Contaminação de lençóis freáticos por nitritos e nitratos, provenientes de fertilizantes. A ingestão desses produtos causa problemas respiratórios, devido à produção de meta-hemoglobina (hemoglobina oxidada);
 - A queima da cana libera grandes quantidades de gases nitrogenados, que retornam ao ambiente na forma de “chuva seca” de fertilizantes, segundo pesquisa do químico ambiental Arnaldo Cardoso e publicada na revista “Unesp Ciência, edição de fevereiro de 2010. Nos ambientes aquáticos, o efeito é muito rápido: proliferação de algas, com liberação de toxinas e consumo de quase todo oxigênio da água, o que provoca a morte de um grande número de espécies.
-

ATIVIDADE DIÁRIA 11

1. Calcule o rendimento da reação.
2. Quais as etapas de produção do biodiesel?
3. Quais os produtos obtidos pela reação de obtenção do biodiesel?
4. Qual o motivo de adicionar um catalisador na reação de transesterificação?
5. Qual o método de separação utilizado para separar a glicerina e o éster (biodiesel)?
6. Por que a produção de biocombustíveis pode ser considerada uma alternativa sustentável? O biodiesel sendo uma substância orgânica renderá CO₂ ao sofrer combustão de forma similar a qualquer outro combustível. Dessa maneira, qual a vantagem de se utilizar biodiesel como combustível?
7. Por que se optou por usar o etanol na reação ao invés do metanol, sendo que este teria um rendimento maior?
8. Você teria alguma sugestão para simplificar o procedimento experimental com vistas a uma maior adequação à Química Verde?

Plano de Aula 12

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno as reações de redução de cetonas mediadas por agentes biológicos.

2. Conteúdo Específico: Química Verde e redução de cetona em álcool secundário.

3. Duração: 240 min.

4. Objetivos: Mostrar aos alunos que existem outros métodos capazes de realizar uma reação sem utilizar reagentes danosos ao meio ambiente. Neste caso, realizar a redução da acetofenona (cetona) utilizando cenouras como agente de redução biológico ao invés de boroidreto de sódio.

5. Conteúdos privilegiados: Química verde, reações de redução de cetonas, reduções mediadas por agentes biológicos, catalise enzimática.

6. Orientação didática:

Para oportunizar o entendimento do experimento, primeiramente sugerir aos alunos a leitura do texto 1. Em seguida, de maneira dialogada deve-se buscar saber o que os alunos sabem sobre uso de enzimas vegetais como reagente biológicos de redução/oxidação e se possível utilizar uma cenoura para realizar uma reação? Após isso os alunos podem discutir qual método é possível de ser realizado no laboratório com as vidrarias que tem disponíveis. E então, sugerir os alunos a releitura do Roteiro 1. E após a explicação sobre manuseio do equipamento os alunos podem seguir com a realização do experimento proposto. Após o experimento os resultados devem ser discutidos. Ao final do procedimento o professor ainda pode discutir os aspectos verdes, indicando que o resíduo da cenoura pode ser descartado no lixo normal, não havendo geração de resíduos que precisem de tratamento mais específico. Após os alunos podem responder a atividade diária 12.

Para o professor: O uso de reagentes biológicos em detrimento de reagentes de redução clássicos tais como LiAlH_4 ou NaBH_4 permitem que essa classe de reações seja abordada com bastante tranquilidade para alunos com pouca ou nenhuma prática laboratorial. Como existem variações de cenouras de região para região, e o tempo de reação pode variar entre 24h ou até 7x24h, recomendamos um teste prévio da reação para verificar se o experimento se adequa ao tempo disponível de aula. Os resíduos da cenoura podem ser descartados no lixo comum com total segurança. O solvente éter dietílico pode ser recuperado depois da etapa de evaporação, no rotaevaporador. Recomendamos a leitura do site do Grupo de Química Orgânica e Biocatálise (GQOB) disponível em: <http://biocatalise.iqsc.usp.br/> acesso em 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: Redução de cetonas utilizando cenouras como agentes de redução biológicos; roteiro 1: Redução de cetonas utilizando cenouras como agentes de redução biológicos, atividade diária 12.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e por uma atividade diária que deverá ser entregue.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 12:

Experimento 9: Reação de redução de cetona

Objetivo

Realizar a redução da acetofenona (cetona) utilizando cenouras como agente de redução biológico ao invés de boroidreto de sódio.

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Agentes enzimáticos

Catálise enzimática

Redução de cetona

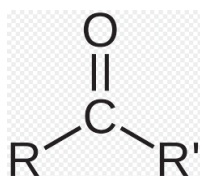
Seletividade

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: REDUÇÃO DE CETONAS UTILIZANDO CENOURAS COMO AGENTES DE REDUÇÃO BIOLÓGICOS

Na química orgânica uma reação muito comum é a redução de cetona para álcool secundário.



Representação do grupo funcional cetona

Quando os hidrogênios nascentes são colocados no mesmo recipiente que uma cetona, atacam a ligação π presente na carbonila, rompendo essa ligação e formando duas valências livres (uma no carbono e outra no oxigênio).

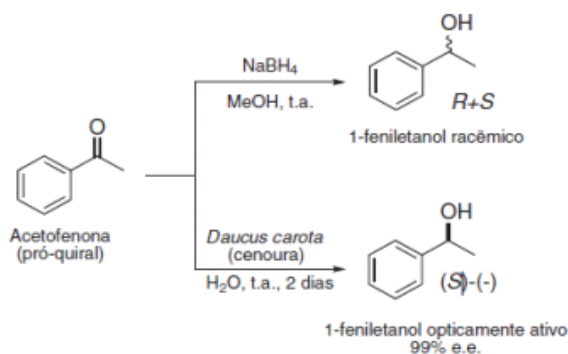
Em seguida, cada uma das valências livres criadas é ocupada por um átomo de hidrogênio nascente ([H]), dando origem a um álcool secundário (aquele em que o carbono que possui o grupo OH liga-se também a outros dois carbonos).

Essa redução de cetona à álcool secundário pode ser realizado por agentes de redução, os mais amplamente utilizados são: hidreto de lítio e alumínio, boroidreto de sódio e hidrogenação catalítica. Tal reação ocorre em meio à solvente orgânico, tais como metanol ou éter dietílico.

Agentes de redução biológica também podem ser usados para provocar a redução de cetona em álcool secundário.

Um simples exemplo disso é comparar a redução da acetofenona utilizando um agente redutor de cetonas pró-quirais sintético (boro hidreto de sódio – NaBH_4) e um agente redutor natural proveniente da cenoura (enzima desidrogenase). Os agentes pró-quirais são substâncias que levam a produção de moléculas com centros quirais. Uma vez que o sintético produz uma mistura de álcoois racêmicos, com 50% para o enantiômero S e 50% para enantiômero R, a partir da acetofenona, a cenoura forma um produto dominante em relação ao outro (Figura 1). Em alguns casos, pode ser gerado um excesso enantiomérico (ee) de até 99%, em razão disso é considerada como um eficiente biocatalisador (ZUIN, V.G.; CORREA, A.G., 2009; OMORI et al., 2011).

Figura 1: Redução da acetofenona através de um agente sintético e um agente natural.



ROTEIRO 1: Redução da acetofenona utilizando cenoura como agente de redução biológicos.

Objetivo do experimento

Realizar uma reação de redução de uma cetona em álcool secundário, utilizando a enzima desidrogenase de cenouras como agentes de redução biológico.

Metodologia

Materiais e Reagentes

Algodão	Acetofenona
Chapa de agitação magnética	Água destilada
Erlenmeyer	Cenoura
Funil simples	Éter dietílico
Kitassato e funil de Buchner	Sulfato de sódio anidro
Ralador	
Rotaevaporador	

Cuidados e segurança

Verificar se o erlenmeyer foi disposto corretamente na chapa de agitação, para que a mesma não superaqueça e interrompa a agitação.

Procedimento experimental

Ralar uma cenoura crua para obter aproximadamente 25g de cenoura ralada e lave o material resultante com água destilada. Pese a cenoura ralada em um erlenmeyer de 125mL e adicione 75mL de água destilada e uma barra magnética de agitação. Adicione ao frasco 50mg de acetofenona, tampe o frasco com uma rolha e fixe-o acima do agitador magnético. Deixe a mistura agitar por pelo menos 24 horas. (*Dica: certifique-se que o espaço entre o erlenmeyer e o agitador magnético seja de pelo menos uns 10cm, o aquecimento provocado pelo motor de agitação pode interromper a reação*)

Após a agitação ser interrompida, filtre a mistura da reação através de uma camada de gaze para remover os pedaços maiores de cenoura. Remova o resíduo remanescente de cenoura através de filtração a vácuo.

O filtrado deve então ser lavado três vezes com porções de 10mL de éter dietílico. Secar o extrato contendo éter com sulfato de sódio anidro. Transfira a solução seca para um balão de fundo redondo e remova o solvente através de evaporação (rotaevaporador).

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. A cenoura pode ser descartada no lixo comum. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 12

1. A metodologia se mostrou eficaz para redução de cetona utilizando agente de redução biológico?
2. Pensando na Química Verde por que é melhor utilizar cenouras no lugar de NaBH_4 ?
3. Quais princípios da QV você relaciona pelo experimento realizado? Explique.

Plano de Aula 13

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno as reações de Substituição Nucleofílica do tipo S_N1 com enfoque da QV.
2. Conteúdo Específico: Química verde, reações de substituição nucleofílica uni e bimolecular.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Preparar cloreto de *t*-butila, partindo do *t*-butanol, utilizando um procedimento mais verde reduzindo reagentes.

5. Conteúdos privilegiados: Química Verde e síntese de cloreto de *t*-butila.

6. Orientação didática: Para oportunizar o conhecimento, primeiramente a aula se dará de maneira dialogada, e deve-se perguntar aos alunos: De que maneira podemos reduzir resíduos? De qual maneira podemos tornar uma manipulação mais segura? Em seguida a turma pode discutir sobre redução de quantidades para minimizar resíduos e acidentes. Após os alunos podem ler o Texto 1 e reler o Roteiro 1, caso não existam dúvidas podem iniciar pelo experimento. Ao final os resultados obtidos são discutidos e os alunos podem preencher a atividade diária 13.

Para o professor: As reações de substituição nucleofílica uni e bimolecular são tradicionalmente abordadas nas disciplinas iniciais de química orgânica por ser de baixa complexidade e fácil execução. Se houver tempo disponível recomenda-se a obtenção do cloreto de *n*-butila via S_N2 , pois enriqueceria a discussão.

O professor pode ler mais em:

Reações de Substituição Nucleofílica Alifática ao Carbono Saturado. Autor: Brondani, P. B. <http://nuquiocat.quimica.blumenau.ufsc.br/files/2015/08/Reac%CC%A7o%CC%83es-de-Substituic%CC%A7a%CC%83o-Nucleofi%CC%81lica-Alifa%CC%81tica-ao-Carbono-Saturado.pdf> Acesso 03/12/2020.

7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: Cloreto de *t*-butila. Roteiro 1: Obtenção do 2-metil-2-propanol. Atividade diária 13.

8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e atividade diária.

9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 13:

Experimento 10 – Reação de Substituição nucleofílica

Objetivo

Realizar uma reação de substituição nucleofílica do tipo S_N1.

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

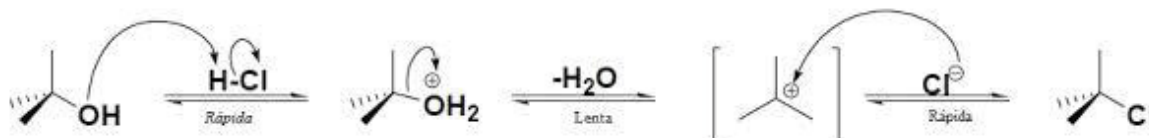
Substituição nucleofílica uni e bi molecular

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: Cloreto de *t*-butila

O haleto de alquila terciário pode ser preparado permitindo que o álcool terc-butílico reaja com o ácido clorídrico concentrado, de acordo com a equação abaixo:



Fonte da imagem:

https://www.google.com/search?q=cloreto+de+terc+butila+rea%C3%A7%C3%A3o&rlz=1C1PRFC_enBR685BR687&sxsrf=ACYBGNRjhdIeaMCnlTsf96fjNDUf3qcmw:1579025004

[176&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj1hNzD1oPnAhVWK7kGHWsQCnMQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1366&bih=608#imgref=h0OoxASOCuwg5M](https://www.researchgate.net/publication/336666088#imgref=h0OoxASOCuwg5M): acesso dia 14/01/2020.

A reação é concluída simplesmente agitando os dois reagentes no funil de separação. Conforme a reação prossegue, o produto de haleto de alquila insolúvel forma uma fase superior. A reação do substrato terciário ocorre por meio de um mecanismo S_N1 .

ROTEIRO 1:Obtenção do 2-metil-2-propanol

Objetivo do experimento

Realizar uma reação S_N1 para obter o cloreto de *t*-butila.

Metodologia

Materiais e reagentes

Condensador de Liebig	Ácido clorídrico concentrado
Funil de separação	Cloreto de cálcio anidro
Pipeta	Solução de NaHCO_3 5%
Proveta	Solução de AgNO_3
	<i>t</i> -butanol

Cuidados e segurança

Cuidado ao manipular o HCl, essa etapa deve ser realizada dentro da capela de exaustão.

Procedimento experimental

Observação: A primeira etapa deve ser realizada na capela de exaustão.

Em um funil de separação de 125mL, coloque 10mL de *tert*-butanol (MM 74,12; $d=0,78\text{g.mL}^{-1}$) e 25mL de HCl ($d=1,18\text{g.mL}^{-1}$) e agite a mistura de vez em quando, durante 20 minutos. (*Dica: não se esqueça de liberar a pressão do funil*). Separe e descarte a fase inferior (aquosa) e lave a fase orgânica com NaHCO_3 5% (10 mL) e depois com água (10mL). Transfira a fase orgânica para um erlenmeyer e seque a solução com cloreto de cálcio anidro. Filtre e destile o produto (p.e. 51°C), recolhendo a fração entre $49\text{-}51^\circ\text{C}$. Meça o volume e calcule o rendimento da reação de obtenção do cloreto de *t*-butila. (Dados: MM 92,57; $d=0,84\text{g.mL}^{-1}$).

Pode usar o teste para haletos de alquila como ensaio-controle ou espectroscopia de IV se houver disponibilidade.

Teste de haletos de alquila com AgNO_3 : coloque cerca de 0,1mL do produto em um tubo de ensaio e adicione 2 gotas de solução de AgNO_3 . O que aconteceu?

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 13

1. Volume inicial de álcool t-butílico: _____ Massa: _____
2. Volume final de cloreto de t-butila: _____ Massa: _____
3. Rendimento da reação. Explique.
4. Escreva a equação da reação. Por que deve ser usado HCl concentrado?
5. Que subproduto poderia ser formado?
6. Em que se baseia o teste de haleto de alquila realizado?
7. Qual é o mecanismo da reação?
8. Se o teste de RX tivesse sido negativo que outros produtos poderiam ter sido formados?
9. Quais são os princípios da QV relacionados à prática.

Plano de Aula 14

1. Introdução: Esta aula visa apresentar ao aluno as reações de condensação aldólica com controle estequiométrico através da obtenção da dibenzalacetona.
2. Conteúdo Específico: Química Verde, reação de condensação aldólica.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Sintetizar a dibenzalacetona de forma a obter a maior eficiência atômica.
5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, condensação de Claisen-Schmidt, controle estequiométrico.
6. Orientação didática: Para oportunizar o conhecimento, primeiramente a aula se dará de maneira dialogada, e será perguntado aos alunos: De que maneira podemos aumentar o rendimento de uma reação e reduzir seus resíduos? Em seguida a turma pode discutir sobre redução de quantidades para minimizar resíduos e acidentes e sobre reações que utilizem 100% de seus reagentes, reações que possuam alto valor de eficiência atômica. Após os alunos podem ler o Texto 1, então a reação de síntese pode ser discutida com os alunos e os cuidados que devem ser tomados. Em seguida os alunos devem reler o Roteiro 1: Síntese da dibenzalacetona, caso não existam dúvidas os alunos podem seguir com a realização do experimento. Ao final os resultados obtidos devem ser discutidos e os alunos devem preencher a atividade diária 14.
O professor pode ler mais em:
Utilização dos conceitos da Química Verde nas aulas práticas de laboratório. – Economia atômica. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0965-1.pdf>
7. Recursos didáticos: Roteiro do estudante: texto 1: Eficiência atômica. Roteiro 1: Síntese da 1,5-difenil-(E,E)-1,4-pentadien-3-ona. Atividade diária 14.
8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise da participação dos alunos durante a aula e atividade diária.

9. Referências:

- PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.
- MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.
- ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.

CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 14:

Experimento 11 – Reação de condensação de aldólica

Objetivo

Sintetizar a dibenzalacetona

Conceitos e habilidades abordados nesse experimento

Condensação de Claisen-Schmidt

Controle estequiométrico

Referência para estudo complementar

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. *Química Orgânica Experimental*, tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

TEXTO 1: EFICIÊNCIA ATÔMICA

A condensação de Claisen-Schmidt é um ótimo exemplo de economia atômica, tratado no segundo tópico da Química Verde, onde as metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final.

Fonte: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0965-1.pdf>

O conceito de economia atômica foi introduzido por Trost em 1991, e é um parâmetro para medir a eficiência sintética de uma reação: “a reação ideal é aquela em que toda a massa dos reagentes está contida no produto”.

Desta forma, existe um melhor aproveitamento de matérias-primas gerando menos resíduos como subprodutos reacionais.

Fonte: http://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Semin%C3%A1rio-Qu%C3%ADmica-Verde_2S2015.pdf

ROTEIRO 1: SÍNTESE DA 1,5-DIFENIL-(E,E)-1,4-PENTADIEN-3-ONA

Objetivo do experimento

Realizar a Síntese da 1,5-difenil-(E,E)-1,4-pentadien-3-ona

Metodologia

Materiais e reagentes

Béquer	Água destilada
Chapa de agitação	Acetona
Condensador de refluxo	Benzaldeído
Erlenmeyer	Etanol
Kitassato e funil de Büchner	Hidróxido de sódio

Cuidados e segurança

Cuidado ao manipular o NaOH, em contato com a pele pode gerar lesões. Lavar imediatamente e abundantemente com água caso ocorra exposição.

Procedimento experimental

Dissolva 4,0g de hidróxido de sódio (cáustico) em 40mL de água em um béquer de 100 mL. Adicione 30mL de etanol resfriando a solução à 20°C. Junte 4,2g de benzaldeído (CUIDADO: pode causar dermatites) e 1,2g de acetona em frasco erlenmeyer de 125mL. Agite o frasco erlenmeyer para homogeneizar a solução.

Adicione aproximadamente a metade da solução de benzaldeído (solução do erlenmeyer) à solução de hidróxido (solução do béquer) sob agitação vigorosa (agitação magnética pode ser utilizada). Agitar por 10 minutos. Adicionar o restante da solução benzaldeído-acetona após esse período. Deixar agitando por mais 30 minutos.

O sólido amarelo deve ser filtrado a vácuo. Após transfira os cristais amarelos para outro béquer limpo. Adicione ao mesmo 100mL de água e agite até verificar a formação de uma pasta. O pH da pasta deve ser verificado, caso esteja muito alcalino, filtre essa pasta a vácuo e repita o procedimento com água novamente.

A cristalização do produto é feita com etanol (1,8mL/0,1g de amostra). A recristalização deve ser feita em refluxo, e não se esqueça de adicionar 0,1% de carvão ativo. A dibenzalacetona (MM 234,28g/mol) é um sólido cristalino amarelo-canário.

Resíduos

Os resíduos devem ser descartados nos recipientes indicados pelo professor ou técnico, que estarão separados por tipo. Em caso de dúvida antes do descarte peça orientação.

ATIVIDADE DIÁRIA 14

1. Proponha o mecanismo de reação para formação da dibenzalacetona.
2. Neste experimento, qual o rendimento da dibenzalacetona? Explique.
3. Sugira uma modificação do procedimento experimental para obtermos a benzalacetona em vez da dibenzalacetona.
4. Quais os princípios da QV você relaciona pelo experimento realizada? Explique.

Plano de Aula 15

1. Introdução: Esta aula visa através de apresentação de seminários, verificar o que os alunos assimilaram das técnicas e sínteses voltadas a Química Verde, fazendo com que eles consigam transpor para situações dentro da sua área de atuação profissional.
2. Conteúdo Específico: Química Verde, técnicas e sínteses voltadas às práticas farmacêuticas.
3. Duração: 240 min.
4. Objetivos: Avaliar o processo de aprendizagem através da aplicação dos conteúdos vistos ao longo da disciplina em seminários apresentados pelos alunos.
5. Conteúdos privilegiados: Química Verde, técnicas, sínteses e farmácia.
6. Orientação didática: Nesta aula os alunos deverão apresentar seminários correlacionando aos processos e/ou aspectos verdes na indústria farmacêutica. É facultado a apresentação de processos de síntese ou experimentos alterados em vista dos princípios da Química Verde. Roteiro do aluno na apostila, texto: seminários.
7. Recursos didáticos: Atividade avaliativa 2 (seminário).
8. Avaliação: A avaliação será realizada através da análise do seminário.
9. Referências:

PAVIA, D.L., ENGEL, R.G., KRIZ, G.S. LAMPMAN, G.M. **Química Orgânica Experimental**. Tradução da 3ª edição americana. Editora Cengage Learning, 2012.

MARQUES, J.A., BORGES, C.P.F., **Práticas de Química Orgânica**. 1ª edição, Editora Átomo, 2007.

ZUBRICH, J.W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica**. 6ª edição, Editora LTC, 2005

DIAS, A.G., COSTA, M.A., CANESSO, P.I. **Guia Prático de Química Orgânica**. vol. 1, 1ª edição, Editora Interciência, 2004.

COLLINS, C.H., BRAGA, L., BONATO, P.S. **Fundamentos da Cromatografia**. Editora Unicamp, 2006.

PAWLOWSKY, A.M., SÁ, E.L., MESSERSCHMIDT, I. SOUZA, J.S., CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F., SIERAKOWSKI, M.R., SUGA, R. **Experimentos de Química Geral**. 1ª edição. Editora da UFPR, 1994.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A., **Química Orgânica: Teoria e Técnicas de Preparação, Purificação e Identificação de Compostos Orgânicos**. 1ª edição, Editora Guanabara, 1988.
CRC – Handbook of Physics and Chemistry, CRC Press (qualquer edição).

Roteiro do estudante AULA 15:

Seminários

Cada equipe deverá apresentar um seminário correlacionando aos processos e/ou aspectos verdes na indústria farmacêutica. É facultado a apresentação de processos de síntese ou experimentos alterados em vista dos princípios da Química Verde. Tais como:

Setor Cosméticos: Na busca de produtos inovadores, a bioprospecção de novas moléculas e princípios ativos de componentes da biodiversidade brasileira é uma atividade promissora. Ex.: Cosméticos orgânicos (livres de parabenos, sulfatos e agrotóxicos).

Setor Farmacêutico: Tem como desafio atual produzir fármacos e seus intermediários de síntese de maneira mais segura e eficaz, economicamente viável, sem os efeitos colaterais adversos para o ambiente. Ex.: síntese da sitagliptina.

APENDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, ANA LUÍSA LACAVALLO e TAMIRIS KOSTIANOVICZ, pesquisadores da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, aluno (a) do curso de Farmácia, devidamente matriculado na disciplina de Química Orgânica Experimental, da Universidade Federal do Paraná a participar de um estudo intitulado “Experimentação investigativa com enfoque na apropriação dos fundamentos da Química Verde no Ensino Superior a partir de apostila com experimentos adaptados”. Que busca discutir a importância da apropriação dos conceitos de Química Verde por parte dos alunos.

- a) O objetivo desta pesquisa consiste em analisar como o aluno entende a apropriação dos fundamentos da Química Verde ao longo de uma disciplina de caráter experimental.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário que responda a dois questionários, preencha as atividades diárias e realize três atividades avaliativas, sendo uma delas a apresentação de um seminário e duas atividades escritas.
- c) Para tanto você deverá comparecer no Laboratório de Química Orgânica 1, localizado no Departamento de Química da UFPR para realizar as atividades práticas e teóricas programadas pelo período de 08/07/2019 até 26/07/2019, no horário agendado, entre 07:30h às 11:30h.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado aos questionários inicial e final, podendo sentir-se constrangido em responder alguma(s) questão(ões) do questionário, por isso, poderá escolher não responder a(s) referida(s) questão(ões).
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser classificados como indiretos, por exemplo, risco de constrangimento durante a participação ao responder os questionários. Entretanto, para diminuir estes riscos serão apresentados os objetivos e a metodologia da pesquisa de forma clara. Você terá o contato telefônico e de e-mail da pesquisadora para a qualquer momento sanar suas dúvidas.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são: Diminuição nos resíduos gerados nas aulas práticas de laboratório, utilização de solventes menos tóxicos, sendo você diretamente beneficiado por sua participação neste estudo interagindo com as propostas fundamentadas na Química Verde.

- g) Os pesquisadores Prof.^aDr.^a Ana Luísa Lacava Lordello, poderá ser contatada na Universidade Federal do Paraná, Campus Politécnico, Setor de Exatas, Sala da Direção do Setor de Exatas, situado na Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, pelo e-mail: lordello@ufpr.br e telefone (41) 3361-3397 e a pesquisadora mestranda TamirisKostianovicz, poderá ser contatada na Universidade Federal do Paraná, Campus Politécnico, Departamento de Química, Laboratório de Química Orgânica 1, situado na Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, pelo e-mail: tkostianovicz@gmail.com e telefone (41) 3361-3396, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas, como a Prof.^a Dr.^a Ana Luísa Lacava Lordello – orientadora. No entanto, se qualquer informação que for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.
- j) O material obtido – respostas dadas aos questionários, atividades diárias e atividades avaliativas – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído ao término do estudo, dentro de até 5 anos.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa – reproduções de textos e materiais utilizados no projeto relacionados com esta pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código ou nome fictício.

Eu, _____ li esse termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios e as alternativas de minimização como a aplicação previa do questionário diagnóstico e do questionário final. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha

decisão e sem qualquer prejuízo para mim. Fui informado que não serei receberei nenhum recurso financeiro.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, _____ de _____ de 2019.

[Assinatura do Participante de Pesquisa]

TamirisKostianovicz

Pesquisadora Responsável que aplicou o TCLE

Prof^a. Dr^a. Ana Luísa Lacava Lordello

Orientadora

APENDICE 3 – QUESTIONÁRIO INICIAL

QUESTIONÁRIO INICIAL PARA OS ALUNOS

ALUNO: _____
IDADE: _____ GÊNERO: _____
CURSO: _____ PERÍODO: _____

1. Você sabe qual é a definição de Química Verde?
2. Você sabe quantos princípios existem como guia na Química Verde? Se souber algum ou todos, quais são esses?
3. Durante as disciplinas que envolvem química que você já cursou, existe algum contato com a filosofia de Química Verde?
4. Você acha importante ter contato com essa filosofia de Química Verde no seu curso?
5. Você já cursou essa disciplina anteriormente? Sim ____ Não ____

APENDICE 4 – QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO FINAL PARA OS ALUNOS

ALUNO: _____

IDADE: _____ GÊNERO: _____

CURSO: _____ PERÍODO: _____

1. Você sabe qual é a definição de Química Verde?
2. Você sabe quantos princípios existem como guia na Química Verde? Se souber algum ou todos, quais são esses?
3. Durante a disciplina você conseguiu ver relação entre os experimentos realizados e a filosofia de Química Verde?
4. Você acha que a abordagem da Química Verde desenvolvida durante as aulas foi importante para seu curso e futura profissão?
5. Você acha que a Química Verde poderia/precisaria ser aplicada em outras disciplinas?
6. Você possui alguma sugestão em que a disciplina e essa ligação com a Química Verde poderiam melhorar?