

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
LICENCIATURA EM QUÍMICA  
**RAMON DA CONCEIÇÃO FAGUNDES**

**DO LIXO À SUSTENTABILIDADE:** uma sequência didática para  
aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação  
ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana

RIO DE JANEIRO

2022

Ramon da Conceição Fagundes

**DO LIXO À SUSTENTABILIDADE:** uma sequência didática para  
aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação  
ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, na modalidade EAD, do Instituto de Química - IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

**Área de Concentração:** Ensino de Química

**Orientadores:**

Profa Priscila Tamiasso Martinhon

Profa Célia Regina Sousa da Silva

RIO DE JANEIRO

2022

RAMON DA CONCEIÇÃO FAGUNDES

**DO LIXO À SUSTENTABILIDADE:** uma sequência didática para  
aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação  
ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, na modalidade EAD, do Instituto de Química - IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Aprovado em 21 de dezembro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Priscila Tamiasso Martinhon (orientadora)  
IQ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Célia Regina Sousa da Silva (coorientadora)  
IQ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Grazieli Simões  
IQ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.<sup>a</sup> Alda Ernestina dos Santos  
Instituto Federal de Minas Gerais

*Dedico este trabalho a minha mãe, irmãs, a toda minha família e a Júlia, por todo apoio e incentivo que me fizeram chegar até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o fim de uma árdua jornada, portanto dedico estas páginas àqueles que estiveram ao meu lado ao longo desta senda. Pois não teria chegado até aqui sem o apoio e incentivo dessas pessoas que tanto acreditaram em mim, serei eternamente grato.

Em primeiro lugar agradeço à minha família, que sempre esteve comigo independente do caminho escolhido. Sobretudo a minha mãe, Maria Auxiliadora, obrigado por toda dedicação, por todo esforço na criação da nossa família, por sempre frisar por repetidas vezes que a educação é o caminho. Às minhas irmãs, Renata e Lohrane, que sempre foram compreensivas nas inúmeras vezes que precisei ser ausente e por todo apoio, carinho e incentivo que me forneceram durante esse percurso.

Às minhas orientadoras, Priscila Martinhon e Célia Regina Sousa da Silva, por todo suporte acadêmico, incentivo, compreensão, paciência para que esse trabalho fosse concluído com êxito. Não tenho palavras para agradecê-las por tudo que fizeram por mim. A conclusão desse ciclo só pode ser alcançada graças ao empenho, dedicação, carinho e solicitude das senhoras. Saibam que sempre carregarei e disseminarei, com certeza, os conhecimentos adquiridos no decorrer deste ciclo aos meus futuros alunos, em especial, a postura multiplicadora, libertária e emancipadora na leitura de mundo.

Agradeço a minha grande amiga, Júlia Marinho. Por sempre estar ao meu lado e enfrentar as atribulações diárias, por ser compreensiva, sempre apoiando e compartilhando inúmeros momentos ao longo desse ciclo. Pelas experiências, trocas e colaboração mútua que contribuíram, direta e indiretamente, para nossa lapidação por todo esse percurso.

Aos meus amigos e amigas, sobretudo, Hysdras Nascimento, Igor Dessupoio, Jorge Otávio Aguiar, Adriana Aparecida, Victoria Beatriz, Luciana Almeida e Flávia Sardinha, pelas palavras de motivação e incentivo constantes, obrigado por todo suporte e estímulos ao longo desse percurso, todos são fundamentais para minha chegada até aqui, sou grato pelos momentos indescritíveis que tive o prazer de vivenciar com vocês.

Aos professores integrantes da banca avaliadora, pela disposição e presença. À Universidade Federal do Rio de Janeiro, por terem me proporcionado um ambiente de tanto crescimento e aprendizado. Aos mediadores presenciais e à distância e aos coordenadores das disciplinas que sempre foram muito solícitos em todas as vezes que precisei contatá-los.

*“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

FAGUNDES, Ramon da Conceição. **DO LIXO À SUSTENTABILIDADE:** uma sequência didática para aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana. Orientadores: Priscila Tamiasso-Martinhon; Célia Regina Sousa da Silva. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Na conjuntura atual, o ensino de ciências foi reestruturado para conduzir o desenvolvimento científico. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge com o propósito de apresentar a significância e as dimensões do desenvolvimento das habilidades dos alunos, tencionando a formação de cidadãos ativos, críticos e capazes, e como resultado dispõe de alterações no formato do ensino de química no Brasil. Para tal, o presente trabalho apresenta uma proposta de Sequência Didática (SD) suleada pela abordagem metodológica da educação ambiental crítica, transdisciplinaridade e os princípios da perspectiva discente~docente~aprendente. A SD elaborada é direcionada para o ensino de funções orgânicas em turmas do 2º e / ou 3º ano do Ensino Médio, envolvendo a realização de 4 encontros com duração de 1 hora e 40 minutos cada, totalizando 8 aulas de 50 minutos. A metodologia de ensino foi fundamentada no modelo do planejamento reverso. Para tanto, foi elaborado um material didático textual autoral objetivando apresentar a SD proposta aos professores, os quais poderão aplicá-la de modo presencial. A SD proposta engloba a realização de diversas atividades, dentre elas atividades colaborativas e atividades de letramento científico. Acredita-se que a aplicação da SD possibilitará uma abordagem mais contextualizada, atrativa e motivadora do conteúdo de funções orgânicas, além de viabilizar o desenvolvimento de alunos críticos, responsáveis, sustentáveis, solidários, pautados na justiça social, que buscam o enfrentamento, a resolução de problemas, bem como a transformação ambiental. Através da temática da quitina, quitosana e reaproveitamento dos resíduos de camarão é possível desenvolver a contextualização, tal como a integração dos conteúdos de química com as distintas disciplinas do Ensino Médio, construindo conexões com diferentes assuntos do cotidiano, de modo a possibilitar um maior interesse e motivação dos alunos pelo estudo da química, sendo portanto, um assunto de importância social, econômica e ambiental, que possibilita demonstrar a relevância destes copolímeros naturais.

**Palavras chaves:** Ensino de química, sequência didática, quitina, sustentabilidade, camarão.

## ABSTRACT

FAGUNDES, Ramon da Conceicao. **FROM WASTE TO SUSTAINABILITY**: a didactic sequence for learning chemistry in high school in dialogue with critical environmental education based on the chitosan generator theme. Advisors: Priscila Tamiasso-Martinhon; Celia Regina Sousa da Silva. 122 f. Completion of course work (Bachelor in Chemistry) – Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

In the current situation, science teaching has been restructured to lead scientific development, the National Common Curricular Base (NCCB) emerges with the purpose of presenting the significance and dimensions of the development of students' skills, intending to form active, critical citizens and capable, and as a result it has changes in the format of chemistry teaching in Brazil. To this end, this paper presents a proposal for a Didactic Sequence (DS) guided by the methodological approach of critical environmental education, transdisciplinarity and the principles of the student~teacher~learner perspective. The elaborated DS is directed to the teaching of organic functions in classes of the 2nd and / or 3rd year of High School, involving the realization of 4 meetings lasting 1 hour and 40 minutes each, totaling 8 classes of 50 minutes. The teaching methodology was based on the reverse planning model. For that, an authorial textual didactic material was elaborated aiming to present the proposed SD to the teachers, who will be able to apply it in person. The proposed SD encompasses the performance of several activities, among them collaborative activities and scientific literacy activities. It is believed that the application of SD will enable a more contextualized, attractive and motivating approach to the content of organic functions, in addition to enabling the development of critical, responsible, sustainable, solidary students, guided by social justice, who seek confrontation, resolution of problems, as well as environmental transformation, since through the theme of chitin, chitosan and reuse of shrimp waste it is possible to develop contextualization, such as the integration of Chemistry contents with the different subjects of High School, thus building connections with different subjects of everyday life, in order to enable a greater interest and motivation of students in the study of Chemistry. Therefore, it is a subject of social, economic and environmental importance, which makes it possible to demonstrate the relevance of these natural copolymers.

**Key words:** Teaching Chemistry, didactic sequence, chitin, sustainability, shrimp.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama representativo das bases da educação ambiental crítica .....	25
Figura 2 – ODM da Agenda Global do Desenvolvimento (2000-2015) .....	37
Figura 3 – ODS da Agenda Global de Desenvolvimento (2015-2030) .....	38
Figura 4 – Classificação dos resíduos sólidos através da ABNT NBR 10004/2004 .....	42
Figura 5 – Descrição dos três estágios do Planejamento Reverso .....	50
Figura 6 – Diagrama sobre a dinâmica da perspectiva discente~docente~aprendente ...	59
Figura 7 – Estrutura sequencial e estratégica de grupos focais .....	60
Figura 8 – Produção pesqueira do Brasil por captura e aquicultura (em mil toneladas) .	65
Figura 9 – Esquema representativo da morfologia externa do camarão, cefalotórax e carapaça .....	66
Figura 10 – Resíduos do processamento do camarão .....	68
Figura 11 – Representação esquemática do monômero da quitina .....	71
Figura 12 – Método de obtenção da quitina purificada .....	72
Figura 13 – Intramolecular nas cadeias de quitina e intermoleculares no arranjo antiparalelo das cadeias de $\alpha$ -quitina .....	73
Figura 14 – Representação esquemática das três estruturas polimórficas da quitina .....	74
Figura 15 – Representação esquemática dos monômeros estruturais da quitina e quitosana: $\beta$ -D-glicosamina (GlcN) e N-acetil-D-glicosamina (GlcNac) .....	75
Figura 16 – Reação de produção de quitosana a partir da quitina, mecanismo reacional via alcalina .....	76
Figura 17 – Reação de purificação da quitosana .....	77
Figura 18 – Representação esquemática do monômero da quitosana .....	77
Figura 19 – Tipos de poros da quitosana .....	79
Figura 20 – Micrografia da quitosana reticulada com glutaraldeído .....	80
Figura 21 – Diferentes derivados da quitina e quitosana .....	83
Figura 22 – Aspecto da maçã após 3 dias do corte, face revestida com filme à base de quitosana e superfície sem o filme .....	84
Figura 23 – Aplicativo para construção e representação das estruturas das quitina, quitosana e derivados .....	98
Figura 24 – Representação do jogo Quit's .....	99

Figura 25 – Interface da plataforma Mentimeter .....	102
Figura 26 – Representação de nuvem de palavras .....	103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos de acordo com o PNRS .....	43
Quadro 2 – Classificação dos resíduos sólidos pela ABNT NBR 10004/2004 .....	44
Quadro 3 – Relação entre as propriedades e os parâmetros estruturais da quitosana ....	81
Quadro 4 – Quitosana e suas aplicações .....	87
Quadro 5 – Exemplos de assuntos que podem ser abordados através da temática da quitosana no ensino de química .....	89
Quadro 6 – Descrição dos encontros envolvidos na SD proposta .....	93
Quadro 7 – Detalhamento das atividades do 1º encontro .....	94
Quadro 8 – Detalhamento das atividades do 2º encontro .....	96
Quadro 9 – Detalhamento das atividades do 3º encontro .....	97
Quadro 10 – Detalhamento das atividades do 4º encontro .....	101

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Artigo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CMDS	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável
CN	Ciências da Natureza
DI	Disciplinaridade
EA	Educação Ambiental
EAC	Educação Ambiental Crítica
ED	Engenharia Didática
EM	Ensino Médio
ENPECs	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEAs	Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental
GD	Grau de Desacetilação
GF	Grupo Focal
GlcNAc	N-acetilglicosamina
GlcN	Glicosamina
HDL	High-Density Lipoprotein
ID	Interdisciplinaridade
LDL	Low-Density Lipoprotein
MD	Multidisciplinaridade
NaOH	Hidróxido de sódio
NBR	Norma brasileira
NH <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Grupos amino protonados
NHCOCH <sub>3</sub>	Grupo acetamino
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PD	Pluridisciplinaridade

PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
QT	Quitosana
SD	Sequência Didática
SOFIA	State of World Fisheries and Aquaculture
TAD	Teoria Antropológica do Didático
TD	Transdisciplinaridade
TG	Tema Gerador
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	JUSTIFICATIVA .....	19
1.2	OBJETIVOS .....	21
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	21
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	21
2	<b>REFERENCIAIS TEÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS</b> .....	22
2.1	EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA .....	22
2.2	TRANSDISCIPLINARIDADE NA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA .....	26
2.3	ITINERÁRIOS FORMATIVOS E BNCC .....	31
2.4	AGENDA 2030 DA ONU .....	36
2.5	ABNT NBR 10004/2004 E A LEI Nº 12.305/2010: LIXO, RESÍDUO E REJEITO .....	40
3	<b>REFERÊNCIA METODOLÓGICAS E ABORDAGEM PEDAGÓGICA</b> .....	47
3.1	PLANEJAMENTO REVERSO E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA .....	47
3.2	EMPREGO DE TEMA GERADOR NA CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE QUÍMICA .....	55
3.3	REFLEXÕES DISCENTE~DOCENTE~APRENDENTE .....	58
3.4	DIALOGANDO COM PAULO FREIRE .....	61
3.5	A INDÚSTRIA PESQUEIRA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CAMARÃO .....	65
3.5.1	<b>Quitina e Quitosana: breve delineamento histórico</b> .....	69
3.5.2	<b>Quitina</b> .....	71
3.5.2.1	Obtenção da quitina .....	72
3.5.2.2	Características da quitina .....	74
3.5.3	<b>Quitosana</b> .....	75
3.5.3.1	Formas da quitosana .....	80
3.5.4	<b>Caracterização físico-química da quitina e quitosana</b> .....	81

3.5.5	<b>Alternativas para o reaproveitamento da quitosana .....</b>	82
3.5.6	<b>Quitosana e o ensino de química .....</b>	87
4	<b>METODOLOGIA .....</b>	91
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA GERADOR QUITOSANA .....	91
4.2	ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	91
4.3	ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	92
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	93
5.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	93
5.2	PRIMEIRO ENCONTRO: SUSTENTABILIDADE - UM QUINTAL DE IDEIAS .....	94
5.3	SEGUNDO ENCONTRO: QUITINA E QUITOSANA - ÀS MOLÉCULAS DO FUTURO .....	96
5.4	TERCEIRO ENCONTRO: QUÍMICA ORGÂNICA NA QUITINA, QUITOSANA E DERIVADOS .....	97
5.5	QUARTO ENCONTRO: REUNINDO CONCEITOS .....	101
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	104
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	105
	<b>APÊNDICE A MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL .....</b>	123
	<b>APÊNDICE B PLANEJAMENTO .....</b>	124
	<b>ANEXO: PRODUÇÕES BIBLIOGRÁFICAS EM EVENTOS CIENTÍFICOS.....</b>	125

## 1 INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso compartilha as reflexões discente~docente~aprendente que culminaram na proposição de uma sequência didática (SD) em diálogo com a Educação Ambiental Crítica (EAC), para aprendizagem de química no Ensino Médio (EM), a partir do tema gerador (TG) quitosana suleado pela sentença atratora “do lixo à sustentabilidade”.

Neste enquadramento, apresenta-se a perspectiva discente~docente~aprendente, a qual objetiva a edificação de um indivíduo que seja parte integrante desta trindade. Em outras palavras, um sujeito docente~discente~aprendente, é aquele que se visualiza em uma posição ativa, no sentido de amplificar seu conhecimento de modo integrado e contínuo (TAMIASSO-MARTINHON et al., 2017). Uma vez que o sujeito aprendente, no transcorrer deste processo, aprende ao ensinar e ensina ao aprender, assim correspondendo o docente~discente (FREIRE, 1997).

A grafia que introduz o elemento de ligação, em função da retirada do hífen, faz referência à dualidade onda-partícula, sendo este sujeito docente~discente~aprendente, ora docente, discente, tal como aprendente, possibilitando sua dinamicidade nessa triangulação (MAIA, 2020). Alicerçado pelas considerações supracitadas, observa-se por intermédio da perspectiva discente~docente~aprendente a configuração da linguagem, como um canal de trocas argumentativas, que estabelece os sentidos experienciados pelas relações entre sujeitos, desiguais e combinados, no cenário histórico-social e geopolítico, ou seja, está para além de uma mera alegoria, que personifica a “natureza identitária unitária” dessa tríade (TAMIASSO-MARTINHON et al., 2017).

Por conseguinte, a adjetivação desse indivíduo não necessita ser ou estar vinculado à função social e/ou institucional que esse sujeito discente~docente~aprendente ocupa (TAMIASSO-MARTINHON, 2019). Em outros termos, não é obrigatoriamente que este processo seja centrado em professores e/ou estudantes, e sim, em sujeitos que assumam uma postura tida como multiplicadora, libertária, emancipadora e politizada (multimodal, combinada e desigual) em sua leitura de mundo.

A perspectiva discente~docente~aprendente direcionou as escolhas de referenciais epistemológicos (TAMIASSO-MARTINHON, 2019) e vem sendo adotada para embasar o processo de ensino-aprendizagem. Nesse cenário, há o surgimento de algumas estratégias didáticas, sobretudo, as Sequências Didáticas (SD), que apresentam ampla variabilidade de

aplicações no contexto educacional. Sendo estas descritas, por Peretti e Costa (2013), como um conjunto de propostas, que possuem por objetivo, promover a aprendizagem.

Deste modo, a avaliação acaba por ser gradual, podendo levar dias, semanas ou anos, de maneira que os conteúdos sejam inseridos a uma temática e tornem o conhecimento lógico ao trabalho pedagógico desenvolvido. Assim, a SD pressupõe um trabalho pedagógico, no qual é formado em uma sequência determinada, sendo formulada e organizada pelo docente, promovendo uma modalidade de aprendizagem mais orgânica (NERY, 2007).

Desta forma, a SD busca a promoção de soluções para problemáticas dos alunos, bem como das dificuldades provenientes de temas em específicos. Com isso, tem-se que a construção e a acumulação de conhecimento, são decorrentes do processo de planejamento e execução, as quais são advindas de um extenso período de tempo, em que as atividades se integram entre si (PERETTI; COSTA, 2013).

A SD dispõe como diferencial o aspecto estratégico de melhoria do aprendizado dos discentes, em que estabelece a elaboração e desenvolvimento do conjunto de atividades a partir de uma lógica sequencial no que tange ao compartilhamento e evolução do conhecimento (NERY, 2007), direcionando-se a metodologias ativas e que tornem os alunos o centro de seus processos de ensino e aprendizagem, assim, considerando suas potencialidades.

Igualmente, como todo campo de construção de conhecimento científico, a SD, apresenta disputas políticas nas entrelinhas que a legitima enquanto objeto de pesquisa (HENRIQUES, 2016). Contudo existe um certo consenso de que se trata de um constructo educativo que sistematiza e organiza um conjunto de atividades didáticas, que comungam de um propósito pedagógico previamente definido (ANJOS-SANTOS; LANFERDINI; CRISTOVÃO, 2011).

Deste modo, busca-se uma literatura que compartilha várias SD que dialogam com a EAC, as quais propiciem que os sujeitos envolvidos experienciem uma perspectiva crítico-reflexiva sobre contextos reais, de seu cotidiano (SOUSA; VASCONCELOS; SILVA, 2020; COOPER; DOS ANJOS, 2020). Contudo ainda são raros os trabalhos que empregam a quitosana (QT) em provocações com fins pedagógicos (SALDANHA; NETA; WEBER, 2012). Consequentemente existe um espaço propício para aprendizagem de Química intermediada pela triangulação EAC, QT e Lixo em uma perspectiva discente~docente~aprendente.

Neste enquadramento, com as modificações climáticas advindas das ações antrópicas, e a ocorrência de graves e difusas rupturas na natureza, que impactam na configuração social existente, surge a Cúpula do Milênio das Nações Unidas, em 2000, com o

acolhimento da Declaração do Milênio das Nações Unidas (ONU, 2015).

Face a esse encontro os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) assumiram compromisso frente a um projeto, o qual abrange o processo de evolução de 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) da Agenda Global de Desenvolvimento (2000-2015), de forma a adotar o desenvolvimento sustentável como eixo norteador da cooperação global e esforços de desenvolvimento (ONU, 2015).

Em 2015, dispendo dos aspectos sociais, econômicos e ambientais, os 193 Estados membros da ONU se comprometeram a desenvolver uma nova agenda denominada "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável", que objetiva tornar o mundo mais sustentável (JUBILUT et al., 2020). Assim, surge a admissão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ou Objetivos Globais (PNUD, 2019).

A Agenda 2030 propõe 17 objetivos e 169 metas para serem alcançadas pelos países, visando a erradicação da pobreza e promoção de melhores condições de vida. Sendo que os ODS foram planejados com o propósito de abordar as seguintes áreas: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria (ONU, 2015). Desta forma, com o intuito de alcançar o desenvolvimento sustentável, se faz necessário modificações de aspectos voltados para o pensamento e no modo de agir do indivíduo, e com isso, promover a responsabilidade pelas alterações que conduzem ao caminho da sustentabilidade.

Assim sendo, emerge na ótica escolar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que trouxe uma “nova forma” de desenvolver a educação no Brasil, de maneira que reflita na democratização do conhecimento, na pluralidade e homogeneização na educação básica brasileira (FILIPE; SILVA; COSTA, 2021).

Desta maneira, a BNCC estruturou o conceito de desenvolvimento de habilidades e competências, as quais necessitam ser desenvolvidas por fases na educação básica. Assim, essa base compromete-se na busca pela suplantação do caráter fragmentado e disciplinar dos campos de conhecimento, objetivando incentivar a sua aplicação ao cotidiano, atentando para relevância do contexto, uma vez que propicia sentido ao que se aprende, tal como ao protagonismo do aluno em sua aprendizagem e a edificação do seu projeto de vida. Sendo que esses aspectos estão atrelados diretamente com a Agenda 2030, ODS e seus desdobramentos socioambientais (ONU, 2015).

Portanto, nas entrelinhas deste trabalho levantaremos discussões e reflexões sobre a contextualização do descarte da indústria pesqueira, sobretudo do processamento de camarão, os impactos oriundos da destinação adequada, bem como o reaproveitamento desse material e emprego para produção de quitina e quitosana. Além disso, será abordado sobre a importância

socioambiental, econômica e tecnológica dessas moléculas, apresentando aplicações no cotidiano dos alunos, introduzindo o conteúdo de funções orgânicas por meio dessa temática, de modo que explicita sobre os principais grupamentos funcionais orgânicos por intermédio da quitina, quitosana e derivados, através da estruturação das moléculas.

A partir desses questionamentos, a reflexão sobre o diálogo que emergiu acredita na formação – suleada por vivências prévias e pautada em um conhecimento químico prévio – de um cidadão autônomo, capaz de tomar decisões críticas em situações problemáticas. Portanto, através do TG é proposta uma tentativa de aumentar o interesse do aluno pela aprendizagem da Química.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A produção na indústria pesqueira gera elevadas taxas de resíduos sólidos, sobretudo no ramo de processamento de crustáceos, no qual se depara a problemáticas relacionadas a estes, em razão do processamento industrial que apresenta como objetivo principal a modificação da matéria prima, assim como camarão, em artigos comercialmente aceitáveis (VILLEN, 2001).

Entretanto, no decorrer deste processo são gerados inúmeros componentes indesejados, que apresentam um papel significativo no aspecto ambiental, especialmente, por duas questões: o acúmulo de material, que engloba enormes riscos de contaminação por meio do transporte, assim como a acomodação de modo impróprio, e a ineficácia dos processos de modificação da matéria prima, fatores que colaboram para promoção de impactos socioambientais (FREIRE et al., 2000).

Desta forma, constata-se que o desenvolvimento sustentável apresenta grande relevância, no que tange a implementação dos recursos ambientais, sendo assim, tem-se que os resíduos gerados pelas indústrias sejam tratados, de maneira que busque contemplar os aspectos econômicos e socioambientais (FREIRE et al., 2000). Portanto, percebe-se que a indústria pesqueira se qualifica como um dos setores com amplo potencial para o reaproveitamento de resíduos, no qual podem ser implementados em distintos processos com o objetivo de agregação de valores aos materiais provenientes dessa esfera (MOURA, 2008; WISSMANN et al., 2012).

Assim, no que concerne os aspectos de aplicação de estratégias para minimização dos impactos ambientais e a acumulação dos resíduos advindos de camarão, tem-se a

recuperação de constituintes, como as proteínas, a astaxantina, sais inorgânicos e, sobretudo, a quitina (VÁZQUEZ et al., 2013).

Neste quadro, os resíduos de camarão configuram-se como uma boa alternativa para produção da quitina, tal como quitosana, por meio do seu reaproveitamento. Desta maneira, o descarte desses resíduos ocorre de modo sustentável, aspirando a mitigação de danos socioambientais, que englobam dimensões diversas, tais como: social, educacional, sanitário, tecnológico, ambiental e econômico (SUMATHI et al., 2017).

As problemáticas que abarcam estes resíduos estão associadas a questão que, habitualmente, são aterrados de maneira clandestina ou despejados em recursos hídricos (lagos, rios e mares), proporcionando uma série de repercussões socioambientais, dada sua potencialidade de poluição, assim contaminando esses meios (ROCHA, 2016).

Desta forma, pode-se verificar que aplicação dos temas voltados para a questão do reaproveitamento destes resíduos, da indústria pesqueira (camarão), quitina e quitosana apresentam elevada potencialidade para serem empregues como ponto de delimitação para o ensino de química, no EM. Nesse cenário, observa-se que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) busca pela integração da perspectiva transdisciplinar no cerne do processo de ensino. Deste modo, discorre-se que é essencial a atribuição dos aspectos da BNCC voltados às Ciências da Natureza, sobretudo a disciplina de química, de maneira que sejam inseridas as temáticas geradoras como recurso alternativo para contextualização no ambiente escolar.

Assim, ao observar a temática, pode-se verificar a ampla riqueza que a mesma dispõe, tal como propicia uma perspectiva contextualizada, cidadã e sustentável, por meio da quitina e quitosana, no qual são advindas do processo de reaproveitamento de resíduos e oportuniza o desenvolvimento de conceitos de forma transdisciplinar, visando a conscientização dos estudantes acerca do descarte de resíduos e o emprego consciente do insumo, de modo que influencie o senso crítico e contribua em seu cotidiano.

Além disso, quitina e quitosana são biopolímeros que possuem elevados potenciais de empregabilidade em campos distintos. Sendo assim, é factível a compreensão dos alunos diante das questões de transdisciplinaridade por meio do emprego das moléculas presentes na área de biotecnologia, relacionada ao aspecto de sustentabilidade ambiental (FELIPE et al., 2017).

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto. Estes se baseiam na pressuposição de que sentença atratora “do lixo à sustentabilidade” aliada ao tema gerador quitosana um eixo estruturante promissor para a construção de uma sequência didática de forma a possibilitar uma abordagem contextualizada e transdisciplinar, que pode contribuir para uma aprendizagem significativa, podendo ser orientadas por experiências e vivências discente-docente-aprendente. Cabe pontuar que a proposta elaborada pode ser aplicada em turmas dos 2º e/ou de 3º anos do EM.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma sequência didática em diálogo com a EAC, para aprendizagem de química no Ensino Médio, a partir do tema gerador quitosana sulcado pela sentença atratora “do lixo à sustentabilidade” e pelas reflexões discente~docente~aprendente dos envolvidos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Empregar “quitosana” como tema gerador no processo de aprendizagem de química no EM, a partir de uma proposta de experiência transdisciplinar e contextualizada;
- b) Elaborar a proposição de uma sequência didática a partir do tema gerador;
- c) Propor ferramentas e estratégias pedagógicas específicas para a aplicação da sequência didática elaborada;
- d) Elaborar um material didático autoral de apresentação da sequência didática proposta.

## 2 REFERENCIAIS TEÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS

Nesta seção são apresentados os referenciais teóricos e epistemológicos sustentam esse trabalho.

### 2.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

Hodiernamente, nota-se que há um enfraquecimento sistemático das políticas públicas, em especial, no que se refere à temática do meio ambiente, fato que reflete de maneira direta a sua abordagem na educação brasileira. A partir dos governos Dilma e Temer, este fato ganhou maior notoriedade, causados por “derrotas” políticas nas discussões acerca deste assunto (LAYRARGUES, 2018; MISSIATTO et al., 2021). Porém, com influências e pressões exercidas pelas indústrias pertencentes ao Agronegócio, associado às campanhas eleitorais defensoras da exploração exacerbada dos recursos naturais, percebe-se um agravamento deste processo de enfraquecimento da Educação Ambiental (EA) no Brasil, em 2019 (TOZONI-REIS, 2019).

Bourscheit (2019), defende que as falas do então ministro do Meio Ambiente do governo Bolsonaro, Ricardo de Aquino Salles, que propôs modificações ao regramento ambiental de modo insidioso, em 2019, apresentava um caráter anti-ambientalista, defendendo o avanço de atividades turísticas de modo compulsório em áreas de preservação, ocasionando grandes impactos à esses locais; além de defender a exploração da biodiversidade amazônica, a oferta de reservas ambientais para extrativistas de minerais e madeiras, sem que haja controle e fiscalização destas atividades (MISSIATTO et al., 2021).

Alicerçado a tais fatos, pode-se inferir que essas práticas anti-ambientalistas não trazem prejuízos somente educacionais, mas a própria concepção da sociedade sobre o meio ambiente e sua importância para o contexto econômico, socioambiental e, ainda, para a saúde pública. Estas problemáticas são refletidas no observável que se tem acesso, como as mudanças climáticas, problemas hídricos, energéticos, entre outros, causados pela ruptura do equilíbrio instaurados na relação humano-ambiente (OLIVEIRA, 2018).

Deste modo, torna-se imprescindível que pensemos o meio ambiente de maneira diferenciada, trazendo para uma concepção que a iguale às “necessidades antropogênicas”, em outras palavras, que se equipare a mesma primordialidade de cuidados apresentados pelos seres humanos, assim, conscientizando que a natureza necessita ser zelada e preservada,

objetivando afastar a perda gradual da fauna e flora – características nacionais, bem como a exploração desenfreada dos recursos naturais, que visa apenas lucro e que se apresentam incompatíveis com a disponibilidade destes recursos (OLIVEIRA, 2018).

Por conseguinte, com intuito de amenizar os impactos, é fundamental que se incorpore a temática à educação (OLIVEIRA, 2018) – seja básica, técnica e/ou superior – de forma contextualizada, levando os conteúdos abordados em sala para o cotidiano dos alunos, assim, estimulando-os a buscar mais conhecimento e conscientizar-se sobre a importância da preservação e da educação ambiental, além de incentivá-los a atuarem como multiplicadores destes conhecimentos construídos com o tempo de estudos. Medina (2002, p. 52), afirma que:

A Educação Ambiental é um instrumento imprescindível para a consolidação dos novos modelos de desenvolvimento sustentável, com justiça social, visando à melhoria da qualidade de vida das populações envolvidas, em seus aspectos formais e não formais, como processo participativo através do qual o indivíduo e a comunidade constroem novos valores sociais e éticos, adquirem conhecimentos, atitudes, competências e habilidades voltadas para o cumprimento do direito a um ambiente ecologicamente equilibrado em prol do bem comum das gerações presentes e futuras.

Ao se falar de Educação Ambiental, não basta apenas abordar a natureza e como o homem a trata, e sim deve-se compreender as relações socioambientais e econômicas, que se apresentam frente a esta.

Atualmente, é comum nos depararmos com pessoas equipadas com *smartphones*, *tablets*, computadores, entre outros “apetrechos” eletrônicos, além de embalagens plásticas diversas, metálicas e/ou mistas, caracterizando uma época de inovações e evoluções tecnológicas e que trazem consigo diversos impactos ambientais, tais como: o aumento da produção de resíduos, de rejeitos, maior extração de recursos, contaminação de águas e solos, além de produção de gases tóxicos e prejudiciais à atmosfera.

Em outras palavras, hoje nos encontramos em um mundo capitalista, onde o consumo é quem “comanda” a economia e as decisões que englobam o desenvolvimento da sociedade. Nesse cenário, Layrargues (2009), argumenta que não se trata apenas de uma visão de mundo ou de uma cultura a ser implementada ou, ainda, difundida entre a sociedade, toda esta crise compõe algo material, baseado nas relações homem-natureza e homem-homem, cujo princípio é norteado pela apropriação e utilização desses recursos naturais.

Ademais, é imprescindível que se compreenda a escola e seu papel na sociedade vigente, bem como na Educação Ambiental. Entretanto, entender essas relações e pensar formas de se modificar as atuais estruturas escolares e curriculares já instauradas no ensino brasileiro, para que se possa trabalhar a EA de forma contextualizada e significativa, não é

uma tarefa simples; exige foco, persistência e determinação (SORRENTINO; PORTUGAL, 2015). Para Leff (2001), a escola deve se tornar um local capaz de transpor a teoria e apenas a fala sobre o meio ambiente, esta deve demonstrar o que foi ensinado/aprendido na prática.

Deste modo, busca-se que esse conhecimento, construído a partir da relação aluno-professor, possa ser aplicado na sociedade, abordando os princípios da gestão ambiental e da colaboração participativa, propondo transformações de costumes e de incentivos, além de convergência de conflitos em objetivos em comum (LEFF, 2001). Muitos autores afirmam e sustentam essa ideia da escola sendo um dos, se não o principal pilar da conscientização acerca dos cuidados ambientais e sua significativa contribuição para a melhora da qualidade de vida das pessoas.

Dentre eles, cita-se Segura (2001), que concebe a ideia de que a escola, no que tange a questão ambiental, é um espaço de iluminação do conhecimento e de luta, além de ser primordial para fortalecer as bases da cidadania, em direção à sustentabilidade. Além de Santos e Santos (2016), que mostra a escola como sendo o espaço responsável por instigar o desenvolvimento de conhecimentos e posturas cidadãs dos estudantes, que os tornarão cientes da responsabilidade que possuem para com a sociedade e a natureza, incluída sua manutenção e qualidade.

Dentro desse contexto surge a Educação Ambiental Crítica (EAC), como uma reinterpretção da tradicional EA, que era concebida como sendo uma ideia de cunho tecnicistas, meramente biológico e instrumental, além de ser abordada como sendo comportamentalista (ARRAIS; BIZERRIL, 2020).

Neste contexto, a EAC traz consigo reflexões acerca da ecologia, complexidade e ética socioambiental, entretanto, Layrargues e Lima (2009, 2014), afirmam que a Educação Ambiental Crítica não possui a intenção de aplicar uma uniformização do pensamento ambiental, uma vez que este engloba diversos conhecimentos plurais; e nem se impor como um padrão para a construção do conhecimento, não apresentando-se como superior a outras formas de pensamento. Porém, busca estimular o questionamento, o diálogo, a procura por novos conhecimentos e pensamentos, além de enfrentamento de situações em que a desigualdade social é apresentada como associada ao Meio Ambiente.

Em outros termos, a EAC apresenta alicerces estruturados por intermédio de um coletivo de pensamento que propõe a introdução das perspectivas política, social, ética, estética, econômica e cultural em diálogo direto com a temática ambiental, isto significa, que EAC está para além dos aspectos biológico, naturalista e conservador. Dado que ela engloba a concepção da educação que se realiza por meio da transformação do indivíduo inserido em

um processo coletivo de modificação da realidade socioambiental, sendo este um somatório dialético dos seus vários níveis (ROCHA GOMES; AGUIAR, 2019). Para tanto, na figura 1 são apresentados os principais alicerçantes da EAC.

Figura 1 – Diagrama representativo das bases da educação ambiental crítica.



Fonte: Autoria própria (2022), elaborado com base na Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA).

Tozoni-Reis (2004), corrobora que a EAC deve ser defendida em debates educacionais, assim como acontece com a educação ambiental tradicional, através dos processos formativos escolares. Dessa forma, ela traz que a educação é o espaço que não apenas compreender, mas é composto por questões que abraçam diferentes juízos acerca do mundo, do ser humano e da sociedade. Tozoni-Reis (2004, p. 145), sustenta que:

[...] a educação e a educação ambiental instrumentalizam o sujeito para a prática social, inclusive em sua dimensão ambiental; instrumentalização que poderá ser tão democrática quanto for democrática a sociedade que a constrói e que é construída pelas relações sociais. O princípio educativo não é a ideologia da harmonia, nem o fetiche do conhecimento científico, mas as efetivas necessidades histórico-concretas da sociedade, expressas pela atividade essencial, o trabalho – compreendido em sua amplitude filosófica – tomando como síntese da produção da vida individual e coletiva.

Carvalho (1995), destaca a centralização de sua ideia na pauta ambiental, mostrando que esta é sua estratégia para uma educação dialógica, ligada intimamente aos movimentos sociais e democráticos, baseando-se em políticas socioambientais sustentáveis. Vale ressaltar que, durante sua participação no III Fórum de Educação Ambiental, a autora enfatiza que “essa ecologização dos movimentos sociais representou igualmente uma maior politização dos movimentos ecológicos” (CARVALHO, 1995, p.61). Em contrapartida, Tozoni-Reis (2004), centra sua concepção de abordagem da EAC no material, atuando no ambiente social, pensando as transformações do sujeito, priorizando as adversidades relacionadas à educação formal e seus aspectos específicos.

As autoras, Arrais e Bizerril (2020), demonstram oposições de ideias quanto aos movimentos sociais relacionados com a escola. Outro ponto central trata da qualificação, ou seja, da definição clara e objetiva do que está sendo chamado de Educação Ambiental Crítica (ARRAIS; BIZERRIL, 2020). Para tal, na busca de uma conclusão, regressamos a uma indagação: “a educação ambiental crítica é crítica de que?”.

Para além de trazer a luz as variadas epistemologias, que fundamentam distintas vertentes do que se convencionou intitular de campo da educação ambiental crítica, se faz preciso compreender, como argumenta Layrargues (2009), às distintas implicações sobre as representações sociais que cada uma dessas vertentes gera. Dado que é componente do compromisso ético-político do pensamento crítico evidenciar que a construção do conhecimento, na qualidade de produção social, não se dissocia de sua dimensão ideológica, tal como de seu compromisso de classe.

## 2.2 TRANSDISCIPLINARIDADE NA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

A sociedade, com o transcorrer dos anos tornou-se mais complexa, ao passo que a racionalização foi se edificando ao corpo social. Para tal, em função da complexidade, campos como a educação em ciências passaram a debruçar-se frente as problemáticas atreladas aos esclarecimentos de alguns paradigmas hodiernos, resultando na demanda pela elaboração de novos modelos de ensino, isto é, visando compreender estas problemáticas. Deste modo, emergem projetos de modificações no conjunto de disciplinas, num processo evolucionar da complexidade, que perpassa a disciplinaridade (DI) até a transdisciplinaridade (TD) (SILVA; SOUZA, 2018).

Inicialmente, se institui a DI, alicerçada na epistemologia cartesiana, sendo um conjunto que decompõe os distintos campos do conhecimento em forma de disciplinas, na

iniciativa de busca por soluções para problemáticas de modo fragmentado (SILVA; SOUZA, 2018).

Todavia, Silva e Souza (2018), argumentam que com o passar do tempo a disciplinaridade torna-se um entrave para o entendimento da realidade, possuindo o conhecimento de modo vedado, fragmentado e isolado, considerando o conhecimento científico como verídico, não fornecendo superfície para as novas descobertas, tornando-se diminuto quando se dialoga sobre as problemáticas hodiernas, que demanda de abordagens mais amplas e maleáveis, com objetivo de fazerem-se compreender.

Neste enquadramento, a aplicação das concepções de multidisciplinaridade (MD), interdisciplinaridade (ID) e TD são capazes de gerar alterações no processo educativo, o que denota uma ruptura de paradigmas. Para Kuhn (1990), modificação alguma é absoluta, tal como não há estabilidade na descoberta no cerne de uma revolução científica. Ainda que se elaborem teorias, o mundo se mantém propriamente o mesmo.

Deste modo, esse novo paradigma, produz incômodo a uma considerada parcela de educadores, ainda que se encontre fundamentado em discussões e estudos em distintos períodos e locais. Kuhn (1990), argumenta que esta acaba por não ser uma verdade, uma vez que mudar de paradigma não é de modo algum como trocar de posição política. Em outros termos, “um paradigma é o fato de conter realizações científicas reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica, como proporcionados os fundamentos para sua prática posterior” (KUHN, 1990, p. 20).

A ruptura dos paradigmas educacionais acaba por englobar de modo mais substancial os conhecimentos prévios dos educandos nas salas de aulas, interligando as questões do cotidiano aos conhecimentos científicos, assim apoiando-se e partindo do conhecimento que o aluno já detém, assim visando o que necessita ser aprendido, do mesmo modo que, possibilita a abertura para que essa aprendizagem ocorra de outros modos e não somente da mesma maneira, ou seja, que expanda a sua ótica acerca de uma determinada perspectiva (CARDOSO, 2014).

Thiesen (2008), argumenta que “quanto maiores forem as relações conceituais estabelecidas entre as diferentes ciências, quanto mais desafiantes e dialéticos forem os métodos de ensino, maior será a possibilidade de apreensão do mundo pelos sujeitos que aprendem” (THIESEN, 2008, p. 252). Deste modo, entende-se que a procura pelo estímulo de práticas integradas entre os distintos componentes curriculares no Ensino Médio é capaz de propiciar a edificação de diversas oportunidades de aprendizagem no âmbito escolar e, conseqüentemente, contribuir para o entendimento dos alunos acerca dos conceitos que

transcorrem as Ciências, sobretudo, as naturais (THIESEN, 2008). Por conseguinte, ao sugerir práticas que ultrapassam o ambiente escolar, ao passo que propiciam o processo de ensino, dispõe de potencial para incentivar os alunos a possuírem interesse fidedigno pelas lições das aulas.

Nessa perspectiva, compreende-se a relevância do emprego de estratégias metodológicas que saiam do molde tradicionalista de ensino, explicitamente sistematizada na DI. Assim, ao dialogar sobre essas estratégias, alguns pesquisadores, tais como Lavaqui e Batista (2007), Fazenda (2008) e Kolling (2017), debruçam-se sobre diferentes artifícios que objetivam unificar os distintos componentes curriculares em favor de uma aprendizagem que proporcione aos alunos compreenderem o sentido do conhecimento.

No decorrer da procura por estratégias de ensino que objetivem englobar distintos componentes curriculares erguem-se variados termos que buscam elucidar como essas práticas se sucedem no processo formativo dos alunos (POMBO, 1993). Deste modo, manifesta-se a expressão interdisciplinaridade, tais como suas variações, sendo a pluridisciplinaridade (PD), multidisciplinaridade e transdisciplinaridade. No que concerne os prefixos dos termos PD, MD e TD, tais como os seus sentidos, Pombo (1993, p. 12) salienta que:

Os prefixos são portadores de significativas indicações semânticas: pluri (vários) e multi (muitos) chamando a atenção para a diversidade e quantidade das disciplinas em jogo, trans (para além de), evocando a passagem qualitativa a um estágio de articulação disciplinar.

Nesse contexto, nos limitamos a tratar aqui da TD como sendo um movimento que perpassa os limites disciplinares e que é capaz de propiciar ao aluno uma leitura ativa, reflexiva e crítica do mundo que o cerca por meio dos conceitos abordados nos distintos componentes curriculares. Portanto, pode-se afirmar que não existe significado na geração de conhecimentos transdisciplinares, no entanto, há o estímulo para que os indivíduos processem a TD em si mesmos (KOLLING, 2017). Por conseguinte, tem-se que ao empregar práticas transdisciplinares pode-se possibilitar uma compreensão que ultrapasse o caráter disciplinar, procurando soluções que transpõem o próprio alcance da ID, nesta ótica, Nicolescu (1999, p. 161) pontua que:

A transdisciplinaridade é complementar à abordagem disciplinar; faz emergir do confronto das disciplinas novos dados que as articulam entre si; e ela nos oferece uma nova visão da natureza e da realidade. A transdisciplinaridade não busca o domínio de várias disciplinas, mas a abertura de todas elas àquilo que as atravessa e as ultrapassa.

Neste quadro, Nicolescu (1999), busca enfatizar o posicionamento de que a TD não se configura como uma nova disciplina. Em outros termos, constata-se que a TD se nutre da investigação disciplinar e expande as possibilidades interpretativas de modo mais abundante e fértil devido aos pesquisadores providos dessa prática encontrarem-se cheias de brechas para o desenvolvimento do autoconhecimento, reconhecendo-se em seu fazer. Deste modo, Nicolescu (1999, p. 52), ressalta que:

A transdisciplinaridade se interessa pela dinâmica gerada pela ação de vários níveis de realidade ao mesmo tempo. A descoberta desta dinâmica passa necessariamente pelo conhecimento disciplinar [...] as pesquisas disciplinares e transdisciplinares não são antagonistas, mas complementares.

Por conseguinte, perante aos fatos supracitados, pode-se denotar que não se tem a existência da TD sem uma aprofundação na DI. A compreensão do que se encontra entre e através das disciplinas inevitavelmente perpassa pelo conhecimento disciplinar. Assim sendo, a atitude transdisciplinar consistirá no encontro das coerências em meios às disciplinas. Nesse alinhamento, Luft (2005, p. 71), pontua que “só o coerente permanece determinado”. Em outros termos, ser coerente é dispor da perspectiva de conexão e, por consequência, é capaz de ser determinado.

Nesse encadeamento a DI refere-se à exteriorização do Múltiplo, ao passo que a TD corresponde ao Uno. Assim, não existe entendimento imaginável sem atentar para o diálogo entre esses dois limiares, isto é, o Múltiplo e o Uno. Neste cenário, no caso de cada disciplina se fechar em si mesma, as suas coerências sem ao menos ter a necessidade de interagir com as demais, configura-se como a multiplicidade extrema e o quadro constituído corresponde a um integral desalinhamento e dissolução do sistema (LUFT, 2005). No entanto, de maneira oposta, o Uno, designado pela TD, acaba por ser a exteriorização permanente para o entendimento do universo, logo tudo encontrar-se-á entregue posto que a diversidade é inexistente e as conexões não são capazes de suceder “já que relação pressupõe a presença de itens ou termos em relação” (LUFT, 2005, p. 67). Assim sendo, não é viável abordar o Uno sem a presença do Múltiplo, ou o oposto.

A TD, que representa a constituição de relações que gradualmente tornam-se mais amplas entre os sistemas, permite a produção de perspectivas mais abrangentes. Todavia, apenas é viável o estabelecimento de relações quando existe a presença de um sistema. Em contrapartida, cada conjunto detém diversidades em relação aos demais expondo suas coerências pontuais. Constata-se que cada um desses conjuntos pode ser denominado como disciplina. Neste seguimento a atitude transdisciplinar oportuniza a corroboração da

disciplina. Deste modo a DI ocorre no âmbito da TD. Assim, pode-se constatar que o aspecto circular entre os fatores específicos e gerais, entre o disciplinar e o transdisciplinar, entre o Uno e o Múltiplo, desta forma, “não há determinação sem relação, não há relação sem a co-presença de uma rede de relações autodeterminada: não há partes sem relações, e não há relações sem o todo” (LUFT, 2005, p. 76).

Ademais, ao destacar que o entendimento das orientações transdisciplinares, no qual englobam os fatores de transposição dos conhecimentos específicos, de maneira que possam interagir de distintas formas de visualizar o mundo, assim, contribuem para inserir as próprias crenças e certezas. Neste contexto, tem-se que autores recomendam que a definição de ultrapassar as disciplinas voltadas para o âmbito da TD, mas acredita-se que seja prudente evitar o emprego de tal terminologia, ou seja, o termo “ultrapassar”. Em razão de apresentar fatores de escalas hierárquicas, em que tais comportamentos implicam nos fundamentos designados pela própria transdisciplinaridade (D’AMBROSIO, 1997).

Neste enquadramento, pode-se discorrer que a disposição transdisciplinar tem como princípio a realização de projetos, com rigor, qualificado, em que apresenta comprometimento com os demais aspectos. Além disso, a TD pretende englobar novas maneiras de conhecer, e de se incluir na sociedade através de ações que promovam a relação das pessoas com o mundo, bem como a relação consigo mesmos, de modo que possibilitem o desenvolvimento de potenciais criativos (D’AMBROSIO, 1997). Assim, a visualização transdisciplinar contribui para a observação dos fatores presentes no mundo, para tal, Nicolescu (1999) ressalta que:

A visão transdisciplinar é resolutamente aberta na medida em que ultrapassa o campo das ciências exatas devido ao seu diálogo e sua reconciliação, não apenas com as ciências humanas, mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência interior. (NICOLESCU, 1999, p. 161).

Desta forma, o ensino de ciências segundo Rocha Filho, Basso e Borges (2007, p. 35), evidencia que o comportamento transdisciplinar abrange o aspecto de superação das limitações, sendo que diante desses fatores pode-se inserir uma educação voltada para os fatores científicos, pois de acordo com a realidade trata-se de um aspecto que não condiz com o momento atual. Sendo assim, entende-se que os autores apresentam como objetivo possibilitar o incentivo dos docentes e pesquisadores atuantes na área de Ciências, de modo que contribuam para o desenvolvimento da área e ultrapassando a separação entre sujeito e objeto, pois essa divisão caracteriza o principal fator fragmentador de percepção da realidade, instigando uma concepção epistemológica puramente empirista indutivista.

Diante disso, destaca-se que a TD se trata de um artifício para o combate à

fragmentação do conhecimento, no qual possibilita a propagação em toda a sociedade, de forma que molde os âmbitos educacionais e sociais. Santos (2008) discorre sobre o fator de fragmentação, com o intuito do entendimento sobre a complexidade do conhecimento.

Sendo assim, no que tange ao fator de TD, pode-se abordar que a unidade do conhecimento, estabelecendo para parâmetros encontrar um sentido para a vida, no qual apresentam distintos saberes que estão relacionados, de modo que os docentes possam compreender que não há disciplina isolada e fragmentada, visto que todas são interligadas em um conhecimento uno. Assim, de acordo com Nicolescu (1999), a TD encontra-se “entre”, “através” e “além” das disciplinas. Nesse cenário, Santos (2008, p.75), argumenta que se pode empregar os temas transversais, no qual podem ser correlacionados com os aspectos sociais, de modo que possam postergar as fronteiras epistemológicas de distintas disciplinas, através de uma visão mais significativa do conhecimento e da vida.

Outrossim, com a formação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tem-se a possibilidade de empregar o processo de TD com ênfase na edificação de rede transdisciplinar, o que alude sobre a efetivação da prática escolar. Sendo assim, verifica-se de acordo com a BNCC a tentativa de promover um ensino inclusivo e uno, desta maneira, as disciplinas são empregadas em um único eixo, ocorrendo assim um entrelaçamento entre os campos da Química, Física e Biologia (BRASIL, 2018).

Eiterer e Barbosa (2021), argumentam que a interlocução presente no conteúdo de química correlacionado com o mundo e as outras ciências é inexorável, desde sua abordagem enquanto disciplina, desta forma, não há a possibilidade de pensar a química de maneira isolada, pois já nos direciona para a TD. Assim, tem-se que a utilização de uma temática envolvendo EAC contribui para a elaboração de uma experiência transdisciplinar. Portanto, o tema além de estar presente na realidade social do estudante, possibilita relacionar com saberes que ultrapassam os conhecimentos químicos.

### 2.3 ITINERÁRIOS FORMATIVOS E BNCC

A educação no Brasil, tal como em outros estados, está diretamente associada a alterações econômicas, políticas e sociais (GHISLENI; BECKER; DE SALLES CANFIELD, 2020). Em outros termos, a educação acaba por ser um ato complementar à conjuntura vigente, objetivando ser um agente de modificação mental, isto é, buscando que os indivíduos se adequem ao modelo educacional implantado, que por vezes não é apropriado.

Fato esse que se verifica para manutenção do sistema, empregue, até o surgimento de um novo modelo que suplante o antecessor. Neste quadro, surge a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que trouxe uma “nova forma” de desenvolver a educação no Brasil. Pensando na democratização do conhecimento, na pluralidade e homogeneização na educação básica brasileira (FILIPE; SILVA; COSTA, 2021). Em suma, a BNCC é descrita como:

[...] um documento plural, contemporâneo, e estabelece com clareza o conjunto de aprendizagens essenciais e indispensáveis a que todos os estudantes, crianças, jovens e adultos, têm direito. Com ela, redes de ensino e instituições escolares públicas e particulares passam a ter uma referência nacional obrigatória para a elaboração ou adequação de seus currículos e propostas pedagógicas. Essa referência é o ponto ao qual se quer chegar em cada etapa da Educação Básica, enquanto os currículos traçam o caminho até lá (BRASIL, 2018, p. 5).

A princípio, o documento apresenta a premissa de um desenvolvimento da aprendizagem baseada em competências e habilidades que objetivam um desenvolvimento humano, com caráter não linear, ou seja, a BNCC busca:

[...] assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades (BRASIL, 2018, p.14).

Diante disso, devido ao cenário contemporâneo, o desenvolvimento do aluno passa a ser participativo e autônomo (ou deveria ser), de forma que ele seja capaz de avaliar, discutir e solucionar problemas de forma crítica. Para tal, a BNCC, estruturou o conceito de desenvolvimento de habilidades e competências, as quais necessitam ser desenvolvidas por etapas na educação básica, o documento:

[...] afirma, de maneira explícita, o seu compromisso com a educação integral. Reconhece, assim, que a Educação Básica deve visar à formação e ao desenvolvimento humano global, o que implica compreender a complexidade e a não linearidade desse desenvolvimento, rompendo com visões reducionistas que privilegiam ou a dimensão intelectual (cognitiva) ou a dimensão afetiva. Significa, ainda, assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades (BRASIL, 2018, p.14).

Desse modo, quando se observa o excerto da introdução da BNCC, é possível notar que este ordenamento apresenta como premissa o desenvolvimento pleno do aluno. Esse fato denota que o educando necessita pensar de modo crítico, ser capaz de estruturar opiniões, participar ativamente de discussões e gerar hipótese e criar maneiras para respondê-las (BRASIL, 2018).

Entretanto, esta estrutura de diálogo não é nova, mas sim o resultado de um extenso período de pesquisa para elaboração de um documento que estabelecesse uma base comum, que objetiva “diminuir a disparidade” entre os estudantes em toda extensão do território brasileiro, atendendo para necessidades e motivações de cada local (BRASIL, 2018). Assim, a BNCC (2018), compromete-se na busca pela suplantação do caráter fragmentar e extremamente disciplinar dos campos de conhecimento, visando incentivar a sua aplicação ao cotidiano, atentando para importância do contexto para propiciar sentido ao que se aprende, tal como ao protagonismo do aluno em sua aprendizagem e na edificação do seu projeto de vida. Além disso, voltando-se para o que necessita ser ensinado, sobretudo no campo das Ciências da Natureza (CN), a BNCC estabelece que:

[...] na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias [...] Significa, ainda, criar condições para que eles possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas (BRASIL, 2018, p. 537-538).

Em específico nas CN e suas tecnologias, é possível analisar a argumentação de Sipavicius e Sessa (2019), a qual recrimina que a natureza científico-reducionista da Base Nacional Comum Curricular se evidencia ao dialogar sobre a necessidade dos alunos de demonstrarem que os conhecimentos científicos obtidos são construídos historicamente, contudo sem ressaltar as discussões presente ao longo dos processos históricos, tal como a relevância destes para edificação de uma sociedade democrática, inclusiva e justa.

A disposição da BNCC no que tange aos aspectos de competências e habilidades, possui como intuito universalizar o currículo para possibilitar a formação de um cidadão com caráter global, deste modo, tem-se que este fator promove a uniformização do ensino favorecendo atingir os padrões que estão excepcionalmente preocupados com o desenvolvimento científico-social do sujeito, ademais, é visto que o aspecto de elaboração para exercer a função de trabalho demanda mais preocupação (SIPAVICIUS; SESSA, 2019). Assim, pode-se discorrer que para possibilitar uniformizar o ensino, de forma que implique nas habilidades dos discentes, afastando-se do processo de ensino investigativo, no qual abrange como objetivo contraditório as competências da BNCC.

Deboer (2006) e Jimenez-Alexandre (2008), buscam explicar que este modelo de ensino se processa quando estudantes são conduzidos a representar a atividade dos cientistas,

em que a atividade didática ocorre tanto por intermédio de experimentos que objetivam fornecer evidências físicas, tal como pela argumentação científica, visando a resolução de problemas.

Os discentes se apropriam do conhecimento científico ao passo que dominam os aspectos históricos, culturais, tecnológicos e sociais (MUNFORD; LIMA, 2007). Embora a BNCC proponha que o educando desenvolva uma série de habilidades nesse cerne, a mesma não as garante quando estrutura eixos temáticos demasiadamente amplos com um conjunto de habilidades limitantes, característica essa que são oriundas do ensino tecnicista (SIPAVICIUS; SESSA, 2019).

Neste enquadramento, pode-se pontuar que a BNCC é estruturada por questões voltadas para carga horária, no qual abordam sobre as etapas, competências específicas, o currículo e os itinerários formativos. Desta forma, se constata que o currículo é formado por um contexto básico, no qual pode-se percorrer durante a trajetória de sua vivência no período do Ensino Médio, bem como os aspectos relacionados aos itinerários formativos. Sendo assim, tem-se que o movimento pela base (MPB, 2020), menciona que “[...] os itinerários formativos são a parte flexível [do currículo], que os jovens poderão escolher cursar de acordo com seus interesses e a capacidade de oferta das redes e escolas” (MPB, 2020).

Desta forma, percebe-se que os itinerários formativos são formados por cinco pilares principais, no qual sugere promover um amplo recinto para escolhas dos discentes, através do Protagonismo Juvenil (BRASIL, 2018), pois é visto que possui como intuito a organização dos componentes curriculares do Novo Ensino Médio dispostos em núcleos de conhecimentos, a fim de que os estudantes realizem suas escolhas, por intermédio dos caminhos que possibilitam enfatizar sobre os componentes curriculares diante das respectivas escolhas dos estudantes. Assim, tem-se que o ensino de química insere-se atrelada às disciplinas de Física e Biologia, no que concerne aos componentes curriculares dispostos no itinerário formativo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Deste modo, se tem que o conjunto dessas alterações possibilitam que os sujeitos inseridos no âmbito educacional, em outros termos, os que atuam na área, bem como os que estão em formação inicial, integralizam-se no que tange aos aspectos de mudança de acordo com a implementação do Novo Ensino Médio, de forma que analisem as possíveis implicações dessas alterações para o contexto profissional, pois se compreende que a base curricular nacional não logrará êxito, caso não seja bem trabalhada pelos profissionais da educação, assim, pode-se analisar que tal fator depende de distintos aspectos, como: trabalho, estrutura, formação e diálogo permanentes, entre outros fatores.

Diante desse fator, percebe-se que a BNCC no que tange o Ensino Médio propõe como objetivo promover a orientação. Para tal, “os itinerários devem garantir a apropriação do conhecimento cognitivo e uso de metodologias que favoreçam o protagonismo juvenil” (BRASIL, 2018, p. 478). Desta forma, tem-se que apesar de esta divisão de conhecimento ter sido recompensada na versão anterior da BNCC, é visto que no contexto atual, os itinerários adquiriram um novo aspecto, pois

[...] os itinerários formativos podem ser estruturados com foco em uma área do conhecimento, na formação técnica e profissional ou, também, na mobilização de competências e habilidades de diferentes áreas, compondo itinerários integrados [...] (BRASIL, 2018, p. 477).

Deste modo, nota-se que devido a flexibilidade dos itinerários, se tem que os mesmos devem ser ofertados pelos espaços de ensino, analisando que:

A oferta de diferentes itinerários formativos pelas escolas deve considerar a realidade local, os anseios da comunidade escolar e os recursos físicos, materiais e humanos das redes e instituições escolares de forma a propiciar aos estudantes possibilidades efetivas para construir e desenvolver seus projetos de vida e se integrar de forma consciente e autônoma na vida cidadã e no mundo do trabalho (BRASIL, 2018, p. 478).

Os itinerários formativos e a BNCC promovem a abordagem através da dualidade estrutural na educação, as quais estavam presentes outrora. No entanto, a enunciação da formação autônoma e autodidata, assim como a prática educativa dos jovens, ou seja, protagonismo juvenil (BRASIL, 2018), está presente no processo de escolha dos itinerários formativos, pois é visto que aproveita-se como argumento demagógico, no qual possibilita esclarecer uma formação escolar de modo à distância, de caráter modular, no qual pode ser submetida aos requisitos da empregabilidade, bem como ser entendida como capacidade de competir no mercado de trabalho por um emprego, a partir dos aspectos desenvolvidos por cada trabalhador. Desta forma, tem-se que “a BNCC é apresentada como uma política para todos, e a exclusão que ela potencialmente promove é decorrência da ação individual daqueles que são excluídos” (MACEDO, 2017, p. 517).

Por conseguinte, é de suma importância destacar que, hodiernamente, nós nos direcionamos para um caminho obscuro, no qual não há uma clara percepção dos rumos e os impactos que podem ser provocadas pela BNCC, em especial no EM. O que nos resta são indagações tais como: qual é o currículo que haverá? Em face das possibilidades que estão nos sendo estabelecidas. Somos capazes de visualizar um futuro para a educação básica? um melhor EM? Quais seriam as consequências na proposta de verticalização do ensino?

Em linhas gerais, constata-se que a BNCC apresenta boas premissas, mas de igual modo, dispõe de uma série de dificuldades, as quais estão relacionadas ao processo de ensino, problemáticas tais como a inexistência do respeito ao tempo de desenvolvimento de cada estudante, mantendo assim a construção de trajetórias em contextos de desigualdades, uma vez que é dependente das condições ofertadas pelo âmbito escolar, ou seja, direcionando-se para uma restrição de possibilidades, em especial os estudantes mais vulneráveis que frequentam escolas que terão severas dificuldades para ofertar todos os itinerários formativos descritos na BNCC.

Sendo assim, faz-se necessário um olhar crítico para o emprego da Base Nacional Comum Curricular, procurando observar o quanto e como cada aluno se aproxima dos objetivos de aprendizagem determinados por meio dos itinerários formativos, bem como estruturar um olhar reflexivo sobre a BNCC e como pode-se desenvolvê-la de maneira inclusiva.

#### 2.4 AGENDA 2030 DA ONU

As alterações climáticas geradas pela raça humana, atualmente, estão desencadeando graves e difusas rupturas na natureza, influenciando diretamente nas vidas de bilhões de pessoas – por todo globo terrestre, embora os esforços para redução desses impactos. Os indivíduos, assim como os ecossistemas, estão menos aptos a lidar com as repercussões e, infelizmente, acabam por ser os mais afetados. Mas com o intuito de frear essa problemática alguns compromissos ambientais foram assumidos por inúmeros países, entre os quais, tem-se a Agenda Global 2030 (UNESCO, 2017).

Na Cúpula do Milênio das Nações Unidas, em 2000, após o acolhimento da Declaração do Milênio das Nações Unidas. Os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), assumiram compromisso frente a um projeto, ao qual aborda a evolução de oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) da Agenda Global de Desenvolvimento (2000-2015), como apresentado na figura 2, adotando o desenvolvimento sustentável como princípio organizador da cooperação global e esforços de desenvolvimento, incluindo governos e partes interessadas, sociedade e setor privado (ONU, 2015).

Figura 2 – ODM da Agenda Global do Desenvolvimento (2000-2015).



Fonte: ONU (2015).

Levando em conta os aspectos sociais, econômicos e ambientais, em setembro de 2015, os 193 Estados membros da ONU se comprometeram a desenvolver uma nova agenda intitulada "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável", que visa tornar a mundo mais sustentável (JUBILUT et al., 2020). Para tal, a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável concluiu as negociações para a admissão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ou Objetivos Globais (PNUD, 2019).

O documento propõe 17 objetivos e 169 metas a serem alcançadas pelos países até 2030, visando erradicar a pobreza e promover uma vida digna para todos. A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em junho de 2012, estabeleceu essa nova direção para o desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2017).

Os ODS, dispostos na figura 3, foram planejados com o intuito de priorizar o contexto presente em cinco áreas: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria. Sendo divididos entre objetivos e metas que abrangem diferentes temas, como erradicação da pobreza, segurança alimentar e agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, água e saneamento, energia, crescimento econômico sustentável, infraestrutura, redução da desigualdade, sustentabilidade urbana, padrões sustentáveis de consumo e produção, mudanças climáticas, conservação e uso sustentável de ecossistemas marinhos e terrestres,

sociedades pacíficas, justas e inclusivas e meios de implementação (ONU, 2015; PNUD, 2019).

Figura 3 – ODS da Agenda Global de Desenvolvimento (2015-2030).



Fonte: ONU (2015).

Os objetivos acima auxiliam as pessoas que vivem em áreas urbanas a enfrentarem os impactos socioambientais da crescente urbanização e a melhorar a qualidade de vida em sua área. No presente, compreender os assentamentos urbanos, sua organização na área, bem como sua interferência no meio ambiente, é um desafio na lógica da sustentabilidade (ONU, 2015). Nesse contexto, entender o processo de urbanização e o impacto que as cidades estão causando em suas regiões é fundamental.

A abordagem desse problema requer uma perspectiva interdisciplinar e sistêmica, buscando o conhecimento necessário para subsidiar a criação de um modelo de metrópole e seu entorno (espaço periurbano) que atenda às necessidades da sociedade por uma melhor qualidade de vida de forma equânime, abrangente e sustentável.

Como supracitado, na atualidade, a agenda não retrata somente a pobreza e a fome, e sim, abrange sobre as causas, dentre os temas que são incluídos no âmbito da mudança global do clima, desigualdade econômica, inovação, consumo sustentável, paz e justiça, entre outros fatores prioritários (ONU, 2015).

Ademais, no que se refere às metas propostas para a concretização dos ODS, certos aspectos estão ligados de forma direta, como os resíduos advindos da atividade pesqueira, assim pode-se destacar as metas 6.3, 12.4, 12.8 e 14.1.

Diante desse fator, destaca-se a meta 6.3, que apresenta como objetivo:

[...] melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente[...] (IPEA, 2018, p.165).

No que concerne a meta 12.4, tem como objetivo:

Até 2030, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente (IPEA, 2018, p. 307).

Por sua vez, a meta 12.8 tem por objetivo: “Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização sobre o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza” (IPEA, 2018, p. 318).

Por fim, a meta 14.1 que objetiva: “Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes” (IPEA, 2018, p. 347).

Desta forma, com o intuito de alcançar o desenvolvimento sustentável, faz-se necessário alteração de fatores do pensamento e na maneira de agir do indivíduo, e com isso, promover a responsabilidade pelas modificações que conduzem ao caminho da sustentabilidade. No entanto, esta questão só é possível através de atitudes, habilidades, valores e conhecimentos proporcionados pela educação que visa a realização do desenvolvimento sustentável. A diretora-geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), Irina Bokova, argumenta que:

É necessária uma mudança fundamental na maneira como pensamos o papel da educação no desenvolvimento global, porque ela tem um efeito catalisador sobre o bem-estar das pessoas e para o futuro do nosso planeta [...]. Agora, mais do que nunca, a educação tem a responsabilidade de se alinhar com os desafios e aspirações do século XXI, e promover os tipos certos de valores e habilidades que irão permitir um crescimento sustentável e inclusivo, e uma convivência pacífica (UNESCO, 2017, p.7).

A agenda mundial (2015-2030), que abrange os ODS, evidencia-se como instrumento que busca preencher as lacunas que perduraram dos ODM, bem como das novas metas e objetivos estipulados, sobretudo no que concerne à “Institucionalização do Desenvolvimento Sustentável”, viabilizando a promoção da educação, saúde, segurança nutricional, a erradicação da pobreza, entre outros aspectos. Todavia, é discutível a vigência do presente modelo de crescimento, dada à ausência de proposição. Em outros termos, de uma proposta que o suceda, uma vez que é nítido nessa agenda que o crescimento econômico se

apresenta como a solução para integralidade dos problemas sociais (LUCENA; FREIRE, 2018).

Esse quadro é capaz de englobar uma educação que abarque a sustentabilidade, sendo alicerçada pela Educação Ambiental Crítica. Possibilitando assim a transformação das mentes, ou seja, da maneira de agir e pensar dos indivíduos com relação ao meio ambiente (LUCENA; FREIRE, 2018). Trabalhar com temáticas, nos currículos escolares, que compreendam a tônica da sustentabilidade não é uma operação simples. Contudo, é necessária a inserção desse tópico na educação básica, sobretudo, de modo crítico e reflexivo para promoção de indivíduos atuantes nessa questão.

## 2.5 ABNT NBR 10004/2004 E A LEI Nº 12.305/2010: LIXO, RESÍDUO E REJEITO

Em 2002, na África do Sul – especificamente em Johannesburgo – foi realizado o então encontro da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (CMDS), igualmente denominado de Rio+10. A finalidade da conferência estava orientada no sentido de alcançar um plano de ação exequível, tal como expresso no The Johannesburg Declaration (2002), adquirido nesta conferência. Em outros termos, esta reunião foi de suma importância para a transformação das metas e compromissos estabelecidos na Agenda 21 em realizações concretas. Proveniente deste encontro, no Brasil, sucedeu o estabelecimento de dois marcos para a classificação dos resíduos, sendo a ABNT NBR 10004/2004 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

No tocante à Norma Brasileira ABNT 10004/2004, constata-se que com a sua implementação se sucedeu uma série de modificações no que concerne à classificação dos resíduos que passou a ser descrita segundo a atividade, tal como processo que lhe deu origem:

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados. A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT/NBR 10004, 2004, p. 2).

O PNRS, instituído pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, em 12 anos de vigência simboliza um grande avanço adquirido pela sociedade brasileira. Em suma, tem-se que a Política Nacional de Resíduos Sólidos:

Reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010, Art. 4)

Em outros termos, pode-se afirmar que este é um marco ao qual buscou delinear as ações estipuladas em torno do desenvolvimento sustentável. Para tal, nesse quadro, constata-se que uma definição mais abrangente e assertiva para resíduo sólido corresponde:

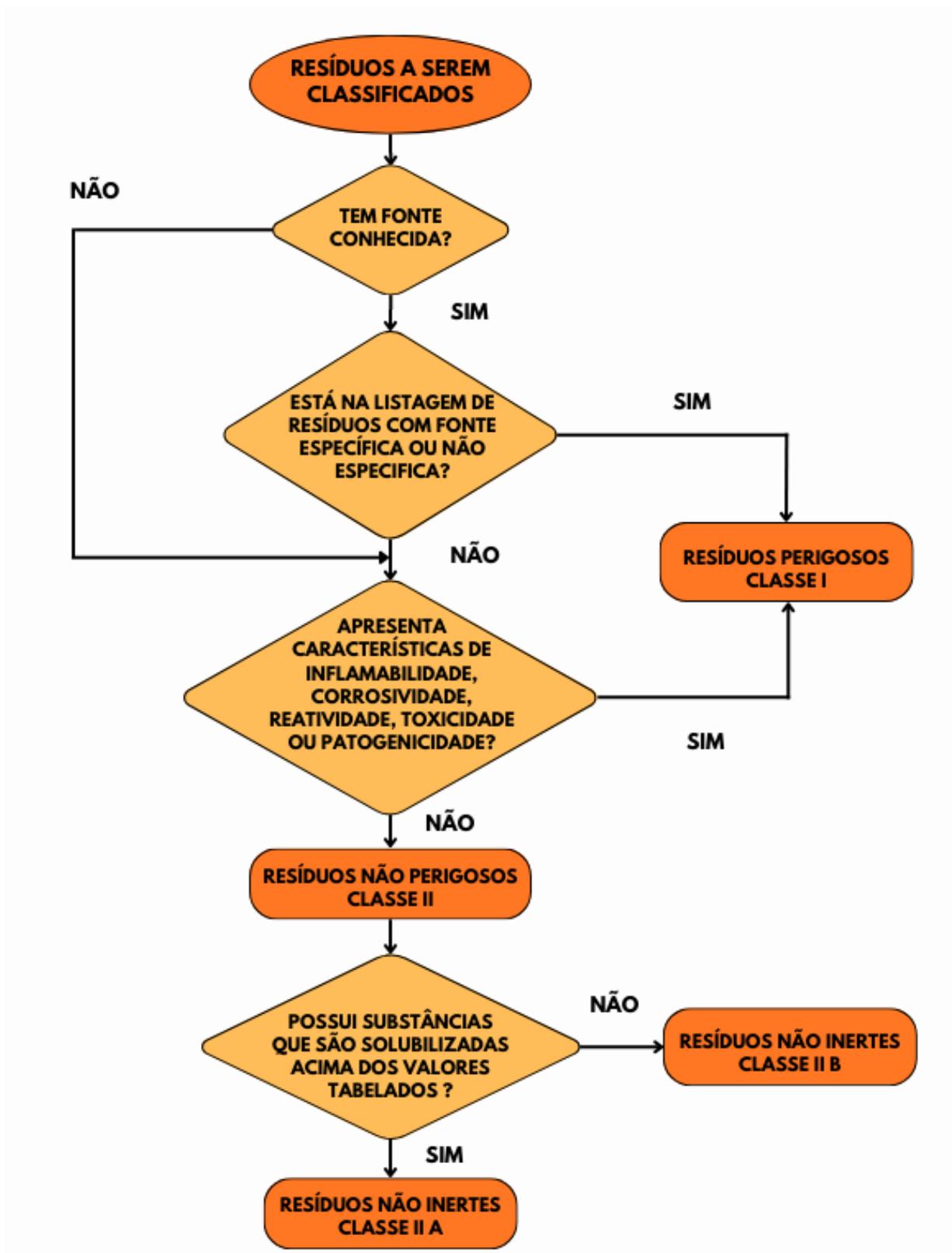
Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art. 3. XVI).

Neste contexto, é de suma importância distinguir os conceitos de lixo, resíduo e rejeito, visto que a diferença entre seus significados é extremamente tênue, apesar de que tendam a denotar o mesmo sentido, ou seja, a mesma coisa. O lixo é definido por materiais descartados, em contrapartida o resíduo é intitulado pelo que restou de um processo produtivo e equipara-se ao rejeito, uma vez que ambos podem se assemelhar em determinadas conceituações, em outras palavras, em uma ótica econômica tem-se que o lixo caracteriza o resto sem valor, descartável, indesejável ou inútil, ao passo que resíduo é tão-somente resto (FIORILLO, 2005; YOSHITAKE; FRAGA, 2010). Por fim, o rejeito é denominado como todo o lixo ao qual não pode ser reaproveitado. Constata-se que a PNRS do Brasil, lei 12.05/10, define rejeitos do seguinte modo:

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, Art. 3. XV).

Deste modo, tem-se que o fator decisório para definir os conceitos de lixo, resíduo e rejeito está na viabilidade do seu reaproveitamento. Posto este cenário, nos debruçamos sobre a questão dos resíduos – ABNT NBR 10004/2004 – para tratar do tocante referente à classificação dos resíduos sólidos, como é analisado por meio da figura 4, que se tornou mais complexa com a implementação desta normativa. Sendo preciso conhecer a origem, tal como função do produto a ser descartado, conforme estabelecido na imagem abaixo.

Figura 4 – Classificação dos resíduos sólidos através da ABNT NBR 10004/2004.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10004/2004.

Nessa conjunção, constata-se que a integração das normas possibilita compreender as definições quanto à origem e periculosidade do resíduo. Esta descrição está estabelecida nos quadros 1 e 2 abaixo.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos de acordo com o PNRS.

<b>POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS): QUANTO À ORIGEM</b>	
Resíduos domiciliares	Compreende os resíduos provenientes das atividades domésticas em residências urbanas.
Resíduos de limpeza urbana	Engloba os resíduos provenientes da varrição, da limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana.
Resíduos sólidos urbanos	Abrange os resíduos domiciliares e limpeza urbana.
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Abarca os resíduos produzidos nestas atividades, com exceção de resíduos oriundos dos serviços públicos, saneamento básico, construção civil e transporte.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Engloba os resíduos produzidos nesta atividade, com ressalva dos resíduos sólidos urbanos.
Resíduos industriais	Compreende os resíduos provenientes dos processos produtivos e instalações industriais.
Resíduos de serviços de saúde	Abrange os resíduos produzidos nos serviços de saúde, em conformidade com o estabelecido em regulamento ou em normas estipuladas pelos órgãos do Sistema de Vigilância Sanitária.
Resíduos de construção civil	Compreende os resíduos produzidos nas construções, reparos, reformas e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da escavação e preparação de terrenos para obras civis.
Resíduos de serviços de transporte	Engloba os resíduos provenientes de aeroportos, portos, terminais rodoviários, ferroviários e alfandegários, bem como em passagens de fronteira.
Resíduos de mineração	Abarca os resíduos produzidos na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Fonte: Adaptado de BRASIL, (2010).

Quadro 2 – Classificação dos resíduos sólidos pela ABNT NBR 10004/2004.

<b>ABNT NBR 10.004: QUANTO AO GRAU DE PERICULOSIDADE</b>	
Resíduos Classe I Perigosos	São aqueles que dispõem de propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas que podem gerar riscos ao meio ambiente e/ou à saúde pública.
Resíduos Classe II A Não perigosos e não inertes	Aqueles que possuem propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidades em água.
Resíduos Classe II B Não perigosos e inertes	Compreende os resíduos que, quando amostrados de modo representativo e submetidos a contato estático e dinâmico a água deionizada ou destilada, em temperatura ambiente, não expõe qualquer um de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, com ressalva dos aspectos cor, turbidez, sabor e dureza.

Fonte: Adaptado de ABNT (2004, p. 3).

No que concerne a questão da responsabilidade legal, tem-se que de acordo com a PNRS, os geradores de resíduos sólidos são pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que produzam resíduos por intermédio de suas atividades, sendo incluso o consumo, aspecto este que posiciona a indústria pesqueira dentro dos termos registrados em lei. Constata-se que o gerador apresenta contínua responsabilidade pelo gerenciamento do modo mais adequado dos seus resíduos, em outros termos, o art. 33 estipula a obrigatoriedade dos geradores de resíduos a se responsabilizar pelo destino final dos materiais após a utilização pelo consumidor, considerando-se o grau de impacto ao meio ambiente, bem como a saúde pública. Esta política igualmente presume a redução da produção de resíduos por meio de hábitos de consumo sustentáveis, assim como a destinação ambiental dos rejeitos de modo apropriado.

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequadas dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e/ou com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, exigidos na forma da PNRS (BRASIL, 2010, Art. 3. X).

Igualmente no art. 3, parágrafo XI, compreende-se por gestão integrada de resíduos sólidos: “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social com controle social e sob a premissa de desenvolvimento sustentável”.

Cabe-se pontuar que a PNRS se fortifica ao passo que proíbe determinadas práticas tida como habituais na atualidade, tais como o despejo de rejeitos em rios, praias, in natura ou queima a céu aberto. Além disso, visando a dignidade humana e animal, assim como a saúde, a PNRS impede que em espaços destinados para deposição final de rejeitos a construção de moradias, retirados, criação de animais ou a retirada de alimentos. Ademais, tem-se que esta normativa criminaliza algumas, sendo o abandono ou o tratamento impróprio de produtos ou substâncias tóxicas, perigosas, ou que promovam danos ao meio ambiente, tal como a saúde humana, pode ocasionar pena de reclusão de 1 a 4 anos e multa.

De acordo com Silva (2007), a responsabilidade por danos ocasionados ao meio ambiente está especificada na Constituição Federal de 1988. Constata-se no art. 225, parágrafo 3º, que existirá incidência cumulativa nas esferas civil, penal e administrativa. Sendo igualmente determinada a quem deve-se direcionar a proteção ao meio ambiente, deste modo, responsabilizando esta proteção a todos os cidadãos. Dado que a utilização ambiental é comum ao povo, de acordo com o trecho seguinte:

O direito que todos temos é à qualidade satisfatória, ao equilíbrio ecológico do meio ambiente. Essa qualidade é que se converteu em bem jurídico. A isso é que a Constituição define como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (SILVA, 2007, p. 86).

Ademais, a sociedade civil dispõe de um papel fundamental no que se refere a PNRS. No art. 3, parágrafo VI, tem-se o delineamento do incentivo à participação da sociedade civil por intermédio do que se define como “controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos”.

Nesta perspectiva, a lei acaba prevendo a efetivação de audiências públicas, geração de órgãos colegiados municipais, bem como garante a conselhos existentes – meio ambiente e saúde – espaços para decisão das diretrizes, objetivos, assim como debate e fiscalização de tais ações políticas.

Em síntese, neste enquadramento, observa-se que os desdobramentos fornecidos pela implementação da ABNT NBR 10004/2004 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos são um marco para sociedade brasileira, em que busca fomentar meios para atenuar as mazelas relacionadas ao tratamento de resíduos. E por intermédio deste novo paradigma, ou seja, a integração das normas, faz-se necessário o desenvolvimento de hábitos de consumo sustentável, tal como o amadurecimento da sociedade em reconhecer a sua parcela de

responsabilidade na produção dos dejetos, visando a mitigação de impactos ambientais, tal qual o desenvolvimento econômico e social.

### 3 REFERENCIAIS METODOLÓGICOS E ABORDAGEM PEDAGÓGICA

Nesta seção são apresentados os referenciais metodológicos e a abordagem pedagógica que sustentam esse trabalho.

#### 3.1 PLANEJAMENTO REVERSO E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Hodiernamente, a educação defronta-se a um enorme desafio: a transmissão de conhecimento, em outras palavras, fazer com que os estudantes compreendam os conteúdos abordados pelos professores em sala de aula. Para tal, é necessário trazer a disciplina junto a realidade dos estudantes, buscando a contextualização do que é ensinado com o cotidiano dos educandos. Permitindo que estes se tornem os principais agentes transformadores da sociedade e, conseqüentemente, da comunidade a qual estão inseridos.

Nesse cenário, vale ressaltar que os documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), orientam a educação para um ensino motivador e significativo, através de conteúdos contextualizados, interdisciplinares e transdisciplinares (BRASIL, 2000). Nas palavras da equipe elaboradora do PCN+:

A proposta apresentada para o ensino de química nos PCNEM se contrapõe à velha ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos. Ao contrário disso, pretende que o aluno reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola (BRASIL, 2000, p. 84)

Assim sendo, uma ferramenta complementar ao processo de contextualização da disciplina – a interdisciplinaridade. Carvalho (1998), a define como uma forma de produção e organização do conhecimento, através da integração das explicações dadas pelas diferentes disciplinas para os conteúdos estudados, assim, superando a fragmentação sistemática do conhecimento, seguindo rumo à interdependência existente entre os fenômenos da natureza e a educação formal (educação escolar). Nessa conjunção, da busca pelo elo entre o cotidiano, ensino e a articulação dos conteúdos das distintas áreas da grade curricular, enfatiza-se a necessidade de um planejamento prévio das aulas a serem ministradas pelo educador responsável.

O planejamento é um recurso didático extremamente importante para a prática docente, tendo em vista que ele nos permite pensar, elaborar e avaliar os conteúdos, o processo de ensino e de avaliação, em outras palavras, ele condiciona o pensar-fazer, com o intuito de organizar e integrar os conhecimentos que serão abordados. Segundo o dicionário Michaelis (2013), uma das definições possíveis para um planejamento, trata da ação de projetar um trabalho, com a determinação de objetivos e metas, assim como os meios e recursos necessários para a conclusão deste. Em uma outra perspectiva, a ação de planejar “[...] é uma exigência do ser humano; é um ato de pensar sobre um possível e viável fazer [...]” (MENEGOLLA; SANT’ANNA, 2008, p. 15).

Os docentes são profissionais que naturalmente planejam suas atividades, sendo este um ato essencial, assim como a elaboração curricular e abordagem das diferentes experiências de aprendizagem, com o objetivo de se atingir propósitos específicos (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Ainda, cabe-nos como docentes, realizar o planejamento de avaliações, que servirão para posterior diagnóstico da aprendizagem dos conteúdos, evidenciando necessidades e dificuldades dos alunos, assim como a avaliação da metodologia adotada. Dessa forma, esse conjunto de planejamentos norteará o ensino aplicado, além de possibilitar aos estudantes, pais e equipe pedagógica – educadores, coordenadores, diretores – avaliar e determinar se os objetivos foram alcançados (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

Outro aspecto de extrema relevância para os educadores, concerne ao seu público alvo, assim como outros planejadores, tais como arquitetos, engenheiro, designers, pensam em seus clientes ao projetarem suas atividades. Wiggins e Mctigue (2019), enfatizam que a eficácia do planejamento está intimamente associada à realização dos objetivos propostos pelo docente.

Deste modo, percebe-se que os alunos são os clientes desta “empreitada”, tendo em vista que o sucesso da atividade do currículo e das avaliações vão depender, em parte, do cumprimento destes objetivos (WIGGINS; MCTIGHE, 2019). Parra (1972), argumenta que o ato de planejar acaba por representar dois verbos, que são “prever” e “decidir”, acerca do que se pretende efetivar; do que vai ser executado; como vai ser efetivado e o que e como se deve analisar a situação com o intuito de verificar se o que foi objetivado é capaz de ser alcançado.

Wiggins e Mctigue (2019), argumentam que o planejamento de aulas são atividades orientadas, que buscam informar e moldar o trabalho projetado, assim como um programador trabalha para aprimorar a facilidade de uso e reduzir os erros, o professor igualmente deve

apresentar tais preocupações, tendo em vista que ele molda o caráter – a educação, em outras palavras, fazem diferença relevante em como seus alunos atuaram na sociedade.

Entretanto, diferente de profissionais da arquitetura, da programação, os docentes são guiados por propostas e planejamentos norteados pelo Estado, Município, Governo Federal, através de normas institucionais orientadoras do que os alunos devem conhecer e executar. Tais orientações fornecem uma base para auxiliar os docentes na identificação dos objetivos prioritários da educação brasileira, assim como orientar o planejamento do currículo e de avaliações, levando em consideração as necessidades e concepções que os alunos podem vir a apresentar sobre os conteúdos programáticos, e o aproveitamento das experiências prévias dos mesmos (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

A função do planejamento está além da organização em si, visto que estabelece a relação de poder presente entre os participantes institucionais da escola. Ao mesmo tempo, Wiggins e McTighe (2019), evidenciam que o plano reflete e interfere na relação entre: orientação, supervisão, docentes, estudantes e suas famílias. Ainda que reconhecendo as mudanças dinâmicas do ambiente escolar e do cotidiano, nunca foram permitidos planos de acompanhamento estritos e rigorosos, podendo-se dizer que este tipo de ação organiza e sistematiza o trabalho docente e evita o imprevisto.

Por conseguinte, do ponto de vista da previsão e da intencionalidade, o planejamento envolve prever os resultados esperados e os meios necessários para atingir esses objetivos. A responsabilidade do docente é imensa e sua efetividade no ensino depende da organicidade, consistência, coerência e flexibilidade de planejamento da organização (TURRA, 1995).

Padilha (2001), infere que a elaboração de planos, planejamentos educacionais e escolares, dispõe da significância em sua edificação de modo deliberado, científico e de caráter, sem neutralidade política e ideológica. Pois, planejar é um processo que objetiva fornecer respostas a perguntas dos seguintes moldes: estabelecendo metas e formas de superar problemas para atingir as metas previamente definidas, sendo necessário pensar e prever o futuro, mas não ignorar as condições atuais e empíricas do passado. Os pressupostos filosóficos e suposições, os aspectos culturais, econômicos e políticos de quem planeja e de com quem se planeja (PADILHA, 2001).

Como apontado pelo corriqueiro adágio, tem-se que “nos melhores planejamentos, a função precede a forma”, isto nos diz que os meios e recursos que utilizamos vão relacionar-se intimamente com a concepção trabalhada e com os resultados que se deseja obter com a aplicação deste plano. Ainda, pode-se pensar de modo a afirmar com absoluta clareza e objetividade, quais são as metas em que se baseiam o trabalho, assim como a visão

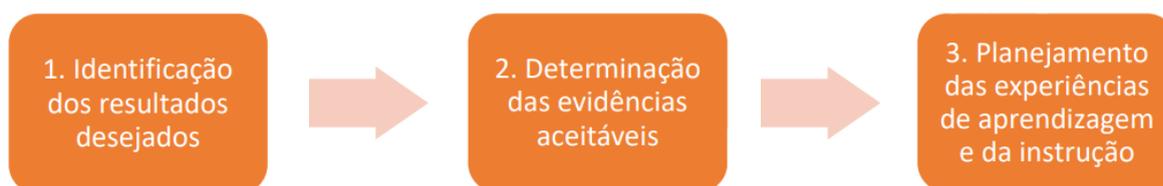
do que é pretendido que os estudantes compreendam e se tornem capazes de aplicar (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

Com base no exposto, pode-se chegar à conclusão que um bom planejamento não se baseia apenas em técnicas e processos de ensino, mas é aprender a ser mais atencioso e específico em relação à educação de seus alunos, assim como moldar o tipo de aluno que se deseja formar para a sociedade que se apresenta diante de todos, seja discente, docente, equipe pedagógica ou pessoas à parte da escola (CONCEIÇÃO, SANTOS, SOBRINHA, OLIVEIRA, 2016).

Além disso, tem-se que o planejamento sequencial deliberado, abrange o aspecto de obrigação, como professores e colaboradores do currículo, a alteração na forma de pensar sobre a natureza do âmbito do trabalho. A alteração compreende sobre o pensar, no qual elucida as aprendizagens específicas desejadas e as evidências dessas aprendizagens, ademais, antes de pensar sobre o que nós, como professores, vamos providenciar no ensino e nas atividades de aprendizagem em ensino (WIGGINS; MCTIGHE, 2019). Sendo assim, observa-se que o planejamento reverso (*Backward design*), tem como principal concepção a aprendizagem baseada em projetos, partindo da ideia de começar pelo fim (FERRAZ; BELHOT, 2010; WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

Desta forma, ao analisar o aspecto relacionado à dificuldade na construção dos planejamentos que tenham como elemento norteador as habilidades, competências gerais e específicas da BNCC (BRASIL, 2018), a proposta de planejamento reverso torna-se um caminho eficaz, uma vez que não desvia da rota de aprendizagem. Nesse contexto, a proposta do planejamento reverso dispõe de algumas etapas, sendo subdividido em três estágios, como apresentado abaixo na figura 5.

Figura 5 – Descrição dos três estágios do Planejamento Reverso.



Fonte: Adaptado de Wiggins e McTighe (2019)

De acordo com Wiggins e McTighe (2019), o estágio 1, representa a análise dos resultados obtidos e desejados, através do processo das Grandes Ideias (Big Ideas), no qual propõe-se desenhar as diversas Grandes Ideias – com o intuito de transcrever as competências

e habilidades da BNCC, por exemplo. Desta maneira, observa-se que o educador possui como foco, conceitos, princípios, teorias e processos centrais que auxilia como ponto focal dos currículos, no aspecto relacionado ao processo e a avaliação (WIGGINS; MCTIGHE, 2019). Ademais, é visto que as Big Ideas fornecem uma base para a definição de prioridades curriculares.

Além disso, no estágio 1, se considera os objetivos, análise das orientações curriculares e revisão das expectativas do currículo. Desta forma, diante da razão de termos mais conteúdo do que a questão de tratar de forma razoável, faz-se necessário estabelecer escolhas, assim, este primeiro estágio do processo de planejamento abrange o aspecto de clareza sobre as prioridades (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

O segundo estágio, aborda sobre a determinação das evidências aceitáveis, de maneira que expresse a metodologia do planejamento reverso, no qual sugere o pensamento das evidências fundamentais, a quais devem ser coletadas para documentar e validar a aprendizagem, e não exclusivamente diante dos aspectos voltados para o conteúdo de uma série de atividades de aprendizagem (VIDAL, 2016).

Ademais, essa abordagem possibilita incentivar os professores e planejadores de currículo, de maneira que contribua para o pensamento como um avaliador, para posteriormente projetar unidades e lições específicas, com isso, considera como determinante se os alunos atingiram as compreensões desejadas (WIGGINS; MCTIGHE, 2019). Esse estágio trabalha as evidências aceitáveis, em outras palavras, significa pensar no acompanhamento do processo, através das avaliações reguladoras que contribuem mediante o percurso metodológico que será proposto através do desenho para que se obtenha a prioridade curricular, isto é, as Grandes Ideias.

O estágio 3, para Wiggins e McTighe (2019), representa o planejamento em decorrência aos fatores das experiências de aprendizagem e da instrução, em outros termos, mediante resultados desejados de forma clara, determinada e com evidências pertinentes da compreensão em mente. Além disso, passa-se ao aspecto de pensar sobre os fatores presentes nas atividades de ensino, no qual consideram-se mais adequadas.

Sendo esta etapa que traça as especificidades do planejamento sequencial, no qual realizam-se escolhas acerca dos métodos de ensino, sequência de lições e recursos materiais, além do que, as escolhas são concluídas com êxito a partir do processo de identificação dos resultados, avaliações desejadas e após a consideração acerca do que estes interferem (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

Deste modo, o planejamento reverso se caracteriza como a concretização do que pode ser considerado como alinhamento a partir de uma orientação construtiva, que dispõe como alicerce o processo de construção de sentido por meio de atividades significativas e a demanda pela configuração de um ambiente apropriado e edificado pelo educador. O alinhamento a partir de uma orientação construtiva busca otimizar as condições para uma aprendizagem de qualidade, tal como de alto nível, tipificada como aquela que procura a mobilização dos domínios cognitivos complexo (BIGGS, 2003; JENSEN, BAILEY, KUMMER, SCOTT WEBER, 2017).

Neste enquadramento, o processo de encadeamento de conteúdos, isto é, a adoção de sequências didáticas acaba por ser uma importante estratégia quando alinhada ao planejamento reverso, uma vez que o educador tem clareza em seus objetivos e propicia uma interação a partir das experiências com os alunos, possibilitando posteriormente a verificação desses objetivos, em outros termos, agir propositadamente em direção aos resultados pretendidos. Sendo esta a razão do planejamento reverso se aplica independentemente dos objetivos de aprendizagem (WIGGINS; MCTIGHE, 2019).

Ademais, considera-se de grande importância um olhar para o processo de produção de planejamentos que contemplem e contribuam com os currículos propostos mediante a BNCC (BRASIL, 2018), uma vez que a leitura sobre a temática possibilita a oportunidade de se aproximar desse conceito para avançar e evoluir na compreensão do que as aulas necessitam pontua diante dos aspectos como espaço, tempo, papéis e, principalmente, avaliação, claramente planejadas e estruturadas.

Na atualidade, tem-se estudado e discutido bastante acerca das metodologias de ensino aplicadas à educação básica brasileira, com o intuito de se buscar novos caminhos que possam servir de auxílio ao professor em sua prática docente. Estes estudos objetivam o afastamento do ensino das metodologias tradicionais – baseadas em repetições e que apenas buscam a valorização do conteúdo pelo conteúdo em si –, direcionando-se a metodologias ativas e que tornem os alunos o centro de seus processos de ensino-aprendizagem, assim, considerando suas potencialidades, além de se tentar diminuir a resistência ao aprendizado de química causado pela abstração que alguns conteúdos podem apresentar (ALTRÃO; NEZ, 2016).

Nesse contexto, vale destacar que ao fazer isso, acaba-se por ferir os conteúdos de química, como ciência formal, fator esse que descaracteriza o ensino de química. Desta forma, apresenta-se o desafio de se entrelaçar ambos os cenários, ou seja, considerar e valorizar as potencialidades dos alunos e a caracterização da química como ciência e, igualmente nesse

quadro, pode-se adotar as sequências didáticas (SD) como um meio de se contornar tais obstáculos educacionais.

Como apontado anteriormente, uma forma de se contornar estas adversidades é o emprego de SD. Para Henriques (2019), esse artifício pode ser compreendido como uma das bases da Engenharia Didática (ED) elaborada por Michele Artigue (1988). A ED é observada como metodologia de pesquisa, a qual “caracteriza-se por um esquema experimental baseado em realizações didáticas em sala de aula, isto é, na concepção, na realização, na observação e na análise sequencial de atividades de ensino” (ARTIGUE, 1988). Em princípio, tem-se que a função do docente na ED:

É como o do engenheiro que vai realizar um projeto. Este projeto evolui na medida em que ocorrem as trocas Professor/alunos em função das escolhas do Professor pela experiência na disciplina [...]. A engenharia é o resultado de uma análise preliminar e, ao mesmo tempo, de adaptação do funcionamento dessa análise em condições dinâmicas na sala de aula (DOUADY, 1993, p. 2-3).

Deste modo, apoiado por essa concepção, assim como por compreender a SD como uma das bases da ED, Henriques (2019) define a SD como:

Um esquema experimental formado por situações, problemas ou tarefas, realizadas com um determinado fim, desenvolvido por sessões de aplicação a partir de um estudo preliminar [análise institucional] em torno de um objeto do saber e de uma análise matemática/didática, caracterizando os objetivos específicos de cada situação problema ou tarefa [tendo uma praxeologia completa]. (HENRIQUES, 2019, p.97).

Mas há inúmeras definições para SD no cerne educacional, entre as quais, pode-se destacar a atribuída por Peretti e Costa (2013), onde as autoras descrevem que:

A sequência didática é um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para aprendizagem de seus alunos e envolvendo atividades de avaliação que podem levar dias, semanas ou durante o ano. É uma maneira de encaixar os conteúdos a um tema e por sua vez a outro tornando o conhecimento lógico ao trabalho pedagógico desenvolvido (PERETTI; COSTA, 2013.p.6).

Neste enquadramento, é de suma importância destacar a Teoria Antropológica do Didático (TAD), estruturada sobretudo pelo matemático francês Yves Chevallard, em que amplia a Teoria da Transposição Didática (CHEVALLARD, 1998) para a esfera da Antropologia, inserindo a manifestação do didático no conjunto das atividades humanas (CHEVALLARD, 2013; CHEVALLARD, 2020). Para mais que estudar a validação de conhecimentos, a TAD dispõe de potencialidade para compreensão da disseminação de conhecimentos entre indivíduos e instituições nas sociedades. Em outros termos, essa teoria disponibiliza uma perspectiva acerca do fenômeno do didático por intermédio das relações

entre pessoas, objetos de qualquer natureza e conhecimentos num panorama institucionalizado (HENDERSON, 2005; HENDERSON; DANCY, 2007; HENDERSON; DANCY, 2008).

Na TAD, as relações as quais uma instância estabelece com objetos são produzidas e alteradas ao passo que ela realiza as atividades que as concernem em um contexto (CHEVALLARD, 2019). Nessa perspectiva, Chevallard (1999, 2019, 2020), argumenta que toda e qualquer atividade humana constantemente empreendida pode ser descrita como um modelo único, conforme componentes de práticas e de conhecimento, assim sendo capaz de ser expressa como praxeologia, palavra está constituída por dois radicais, sendo a *praxis*, que engloba o sentido de *prática*, e *logos*, a qual significa *estudo*.

Constata-se que a praxeologia  $[T/\tau/\theta/\Theta]$  acaba por ser estruturada dos seguintes elementos: tipo de tarefas (T), técnica ( $\tau$ ), tecnologia ( $\theta$ ) e teoria ( $\Theta$ ), em outros termos, as atividades humanas alicerçam-se em desempenhar uma tarefa  $t$  de certo tipo T, por intermédio de uma técnica  $\tau$ , embasada por uma tecnologia  $\theta$ , que se justifica por meio de uma teoria  $\Theta$  (SANTOS; FREITAS, 2017).

Esse ordenamento viabiliza discorrer sobre o motivo em que as solicitações podem exercer ou não, os papéis desenvolvidos em uma determinada instituição, no qual parte-se do princípio que as atividades humanas podem ser distinguidas como complexas. Assim sendo, quando essas quatro concepções são assimiladas e empregadas no âmbito do ensino, tem-se que são condições que favorecem a formulação para o docente confeccionar a SD.

Nesse cenário, observa-se que o planejamento de ensino trata-se de um aspecto de relevância para o campo educacional da área de química, no qual representa um recurso formativo para integração entre a pesquisa e a prática, onde os autores apresentam a proposta de elaboração de modelos para o planejamento, desta forma, pode-se destacar: sequências didáticas, unidades didáticas, unidades de ensino, sequências de ensino e aprendizagem, entre outros (TORMENA, 2010).

Deste modo, com base nas definições apresentadas nos parágrafos anteriores e na bibliografia disponível atualmente, a SD caracteriza-se como uma estratégia em que o educador pode se amparar a fim de aprimorar sua prática, além de permitir que este seja capaz de projetar aulas que aguace os sentidos de curiosidade e questionamento dos alunos, fazendo com que eles passem a ser ativos no processo de construção do conhecimento e, consequentemente, do seu próprio processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, cabe pontuar que as SD apresentam três momentos pedagógicos distintos: a problematização, organização e aplicação dos conhecimentos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). Mais especificamente, no que diz respeito à

problematização, o educador deve nortear os estudantes, buscando abordar um tema gerador que possua alguma relevância para os mesmos; já no que concerne a organização, tem-se que esta seja uma das partes mais complexas, desafiadoras e decisivas para que o processo de ensino-aprendizagem seja eficaz, além do fato de esta poder seguir um padrão sequencial; e a aplicação pode ser definida como sendo a abordagem sistemática do conteúdo, analisando o conhecimento que está sendo incorporado pelo estudante (MUENCHEN, 2010) .

Assim sendo, tem-se que as propostas metodológicas apresentam aspectos relacionados aos conhecimentos presentes no contexto da área de química, no qual pode ser contextualizada através da estruturação do conhecimento científico e da cidadania. Capaz de modificar o modelo didático, assim observa-se que é um fator que contribui para a constituição de fonte de informações, no qual auxilia no comando em frente ao conteúdo que será proposto, de modo que o discente seja levado a aprender o assunto com mais facilidade, bem como tenha uma visualização crítica e consciente dos fatores abordados no que tange o conhecimento diário, trata-se de um instrumento que possibilita uma intervenção pedagógica eficaz no ensino-aprendizagem de química.

### 3.2 EMPREGO DE TEMA GERADOR NA CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE QUÍMICA

O ensino de química, frequentemente, é apontado entre os educadores como uma das disciplinas mais complexas da grade curricular do ensino médio, e a busca por mecanismos que contribuam com a atividade docente neste quadro é fundamental, sobretudo no cerne do processo de ensino-aprendizagem, na medida que esses artifícios são longínquos e remotos, sendo esse fato arraigado na comunidade científica (SILVA; SILVA; PAULA, 2016).

Para Silva et al. (2016), o ensino tradicional em inúmeros momentos acaba por centralizar a memorização dos conteúdos, ação essa que contribui para diversas atribuições na aprendizagem. Em face à multiplicidade de alunos, bem como suas especificidades de aprendizagem, em outros termos, refere-se ao desenvolvimento educacional do aluno – desempenho e velocidade de progressão. O paradigma do ensino tradicional, acaba transformando o estudante em um mero receptor sistemático de informações, não estimulando sua face crítica – sendo esta a superfície construtiva do conhecimento (SILVA; SILVA; PAULA, 2016).

Chassot (1995), argumenta que as principais adversidades encontradas no ensino de química, estão associadas ao elevado nível de abstração demandado, ao dogmatismo presente

nas ciências, a maneira complexa e asséptica da abordagem dos conteúdos, ao tratamento histórico que é dada à ciência, tal como às avaliações do tipo ferreteadoras – na concepção do autor esse gênero de avaliação é elaborado com o objetivo de prejudicar o estudante. Desse modo, o conhecimento científico encontra-se distante da realidade dos alunos, em razão da linguagem empregada e mecanismos, assim repelindo-os em relação à ciência.

Nesse enquadramento, pode-se incluir outros prováveis obstáculos que dificultam o processo de aprendizagem em química. Para Ros (2001), essas adversidades são: a inexistência de diferenciações na abordagem dos distintos níveis de descrição da matéria – nas dimensões macro e microscópico; a complexidade no que se refere o nível representacional simbólico e gráfico; o emprego necessário de distintos modelos e teorias, e a dificuldade em termos de compressão da natureza dos modelos para empregá-los de forma adequada.

Constata-se que esses aspectos se configuram, de modo geral, como sendo parte integrante da prática “bancária” da educação, visto que é anti-dialógica em sua essência, estando atrelada ao ensino tradicional, por tanto, o educador deposita no educando o conteúdo programático, sendo o aluno um mero receptor de informações (FREIRE, 1987, p. 58).

No entanto, tem-se que o emprego de abordagens contextualizadas, nesse quadro, viabiliza ao docente instituir uma relação entre o cotidiano do estudante e os conhecimentos a serem edificados no transcorrer da aula, adicionando significado aos conteúdos escolares (SILVA et al., 2013; BRASIL, 2000). Em que, de acordo com Freire (1997) influi o estudante a refletir acerca das situações do cotidiano e lhe conduz à edificação de um pensamento crítico. O processo de contextualizar o ensino de química verifica-se mediante ao emprego de situações reais, vivenciadas no cotidiano pelo aluno, englobando conceitos científicos através de distintos processos.

Hodiernamente o ensino de ciências naturais, sobretudo o de química, expõe uma preocupação no que se refere aos fatores inerentes à cidadania que emprega temáticas de relevância social, decorrentes do cotidiano, relacionando fatores socioeconômicos, tais como tecnológicos. Intencionando transmitir o conhecimento químico paralelamente a uma formação crítica, que proporcione a reflexão acerca de suas consequências ambientais e sociais. Nesse cenário, por intermédio dessas considerações constata-se o alinhamento desse viés com o traçado de Santos e Schnetzler (2003), aos quais argumentam que:

Os temas químicos sociais desempenham papel fundamental no ensino de química para formar o cidadão, pois propiciam a contextualização do conteúdo químico com o cotidiano do aluno, além de permitirem o desenvolvimento das habilidades básicas relativas à cidadania, como a participação e a capacidade de tomada de decisão, pois trazem para a sala de aula discussões de aspectos sociais relevantes, que exigem dos

alunos posicionamento crítico quanto a sua solução (SANTOS; SCHNETZLER, 2003, p. 105).

A perspectiva da Educação Ambiental Crítica associada a um plano educacional dialógico-problematizadora (FREIRE, 1987) possibilita que o conhecimento químico possa ser desenvolvido simultaneamente a uma formação crítica, encaminhando a uma reflexão acerca de suas consequências sociais e ambientais. Deste modo, no transcorrer do processo de ensino-aprendizagem, propicia que os estudantes desenvolvam a capacidade de posicionarem-se, de maneira crítica, em face das problemáticas atuais, sejam essas de esfera global ou relacionadas à sua realidade cotidiana, encadeando o conhecimento químico às questões sociais, econômicas, políticas e ambientais.

Ademais, segundo Freire (1987), para que efetivamente tornem-se mobilizadores, tal como significativos para os estudantes, os temas geradores necessitam ser parte integrante da realidade dos educandos, ou seja, precisam ser introduzidos em seu cotidiano, em suas relações no mundo em que vivem, assim com o ambiente que os cerca. Através destas considerações o autor afirma que:

É importante reenfatar que o tema gerador não se encontra nos homens isolados da realidade, nem tampouco na realidade separada dos homens. Só pode ser compreendido nas relações homens-mundo. Investigar o tema gerador é investigar, repitamos, o pensar dos homens referido à realidade, é investigar seu atuar sobre a realidade, que é sua práxis (FREIRE, 1987, p. 98).

Por essa razão, o tema gerado apresenta-se como um relevante artifício no que tange o ensino contextualizado e cidadão, dado que a discussão, em sala de aula, acerca dos fatores ambientais e sociais é fundamental para a significação da aprendizagem, ao passo que beneficia o desenvolvimento da capacidade dos estudantes em se posicionarem frente a situações distintas e a tomarem decisões conscientes. Desta maneira, edificam-se cidadãos capazes de intervir de modo responsável no espaço onde se encontram (CHACON et al., 2016; FOLEIS et al., 2016).

Sendo assim, conseqüentemente pode-se estabelecer que o ensino de química por intermédio de temas geradores, com uma abordagem dialógico-problematizadora, acaba por ser uma proposta exequível. Necessitando ainda, ser objeto de estudos e investigações – visando seu desenvolvimento em favor de todos os envolvidos (SANTOS, DOS SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2016, p. 14).

Considera-se que o emprego de temas geradores em aulas de química, compõem um relevante artifício para se trabalhar a conscientização paralelamente à apropriação dos conteúdos químico-científicos. Compreende-se que a conscientização na perspectiva

freireana, é que excede a mera tomada de consciência, uma vez que se traduz no desenvolvimento, de modo crítico, da tomada de consciência do educando (FREIRE, 1987). A utilização desses temas acaba por produzir a contextualização, tal como sistematização do conhecimento, acarretando como resultado a construção/reconstrução do conhecimento.

### 3.3 REFLEXÕES DISCENTE~DOCENTE~APRENDENTE

Na conjuntura atual, constata-se a ocorrência de uma releitura no que concerne às experiências pedagógicas alicerçadas num âmbito crítico dialógico, que viabilizem e beneficiem o surgimento de um sujeito “discente~docente~aprendente” (MAIA et al., 2019; VIEIRA et al., 2019; BARBOZA et al., 2020). Sim, a grafia está expressa de modo correto, pois em outros termos, um sujeito docente~discente~aprendente se visualiza em uma posição ativa, no sentido de amplificar seu conhecimento de forma contínua – sem interrupção. Em virtude de que o ser aprendente que, no decurso deste processo, aprende ao ensinar e ensina ao aprender, se caracterizando o docente~discente (FREIRE, 1997).

A grafia que introduziu o elemento de ligação em função da retirada do hífen, se alude à onda, que integra o caráter de dualidade onda-partícula (ora onda, ora partícula), tal como o ser que é ora docente, ora aprendente – que na realidade dispõem de ambas as características (MAIA, 2020). Apoiado nestas considerações, tem-se que a linguagem se configura como um canal de trocas argumentativas, que estabelece os sentidos experienciados pelas relações entre sujeitos, desiguais e combinados, no cenário histórico-social e geopolítico.

Tamiasso-Martinhon (2019), destaca em suas pesquisas, palestras e orientações sobre a perspectiva discente~docente~aprendente, a importância de delinear e distinguir a representação gráfica desta triangulação sinérgica, que evoca a ideia de um movimento ondulante, daquilo que à primeira vista parece ser de natureza mais estática e delimitada, ao mesmo tempo que procura uma identidade de incertezas na dinâmica dessa triangulação (TAMIASSO-MARTINHON et al. 2017).

Para mais do que somente uma mera alegoria, que personifica a “natureza identitária unitária” dessa tríade, de acordo com Souki (2006) e Tamiasso-Martinhon (2019), tem-se que a adjetivação desse indivíduo não necessita ser ou estar vinculado à função social e/ou institucional que esse sujeito discente~docente~aprendente ocupa oficialmente e/ou legalmente. Em outros termos, não é obrigatório que este processo seja centrado em professores e/ou estudantes, e sim em sujeitos que assumam uma postura tida como

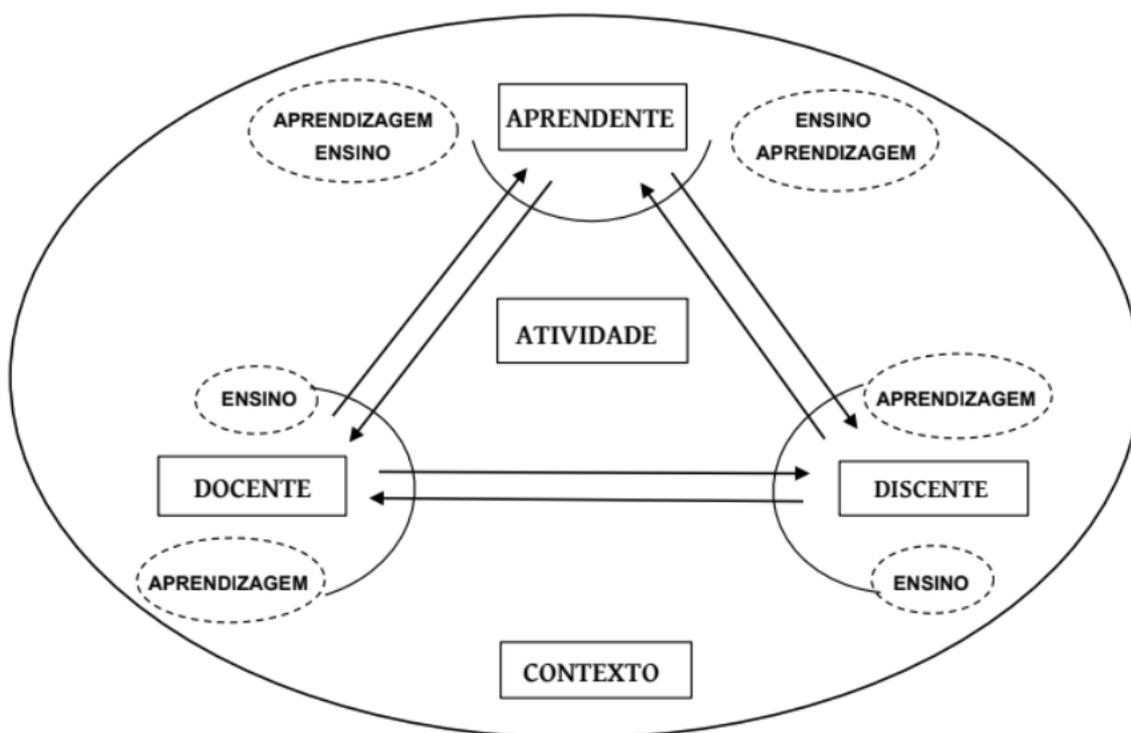
multiplicadora, libertária, emancipadora e politizada (multimodal, combinada e desigual) em sua leitura de mundo.

Em suma, se assinala (ainda que de modo implícito) que o local de fala desse indivíduo é uma ação política de resistência e resiliência ética (MAURA, 2013). Assim sendo, pode-se pontuar que a perspectiva discente~docente~aprendente privilegia o processo de ensino e aprendizagem nas mais diversas áreas do conhecimento, em especial, no que tange a cultura científica e as ciências da natureza. E por intermédio dessas considerações se constata o alinhamento desse viés com o traçado que Bachelard destaca:

Logo, toda cultura científica deve começar [...], por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p.14)

Neste enquadramento, tem-se que os diálogos discente~docente~aprendente propiciam a inserção de temáticas hodiernas que necessitam ser discutidas nos espaços de aprendizagem, sendo estes formais ou não formais (VIEIRA et al., 2019). Gerando assim uma mobilização permanente do conhecimento, de forma dialética e dinâmica. Sendo esse sistema representado abaixo pela figura 6.

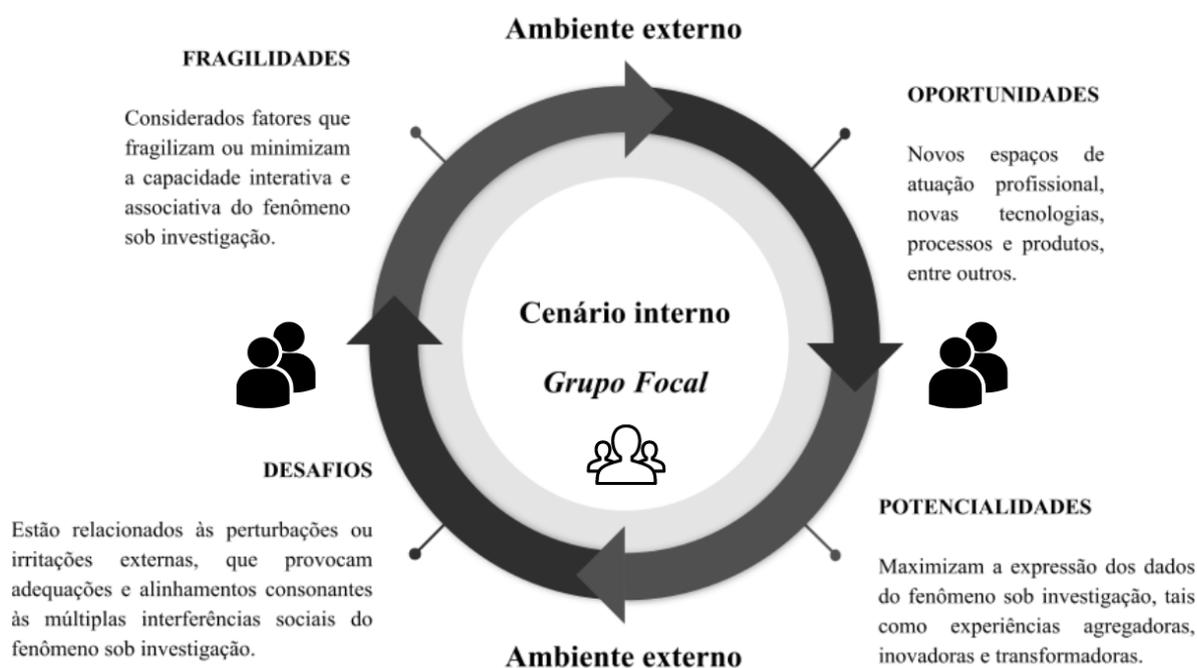
Figura 6 – Diagrama sobre a dinâmica da perspectiva discente~docente~aprendente.



A significância de temáticas atuais é tão elevada, que as mesmas são tratadas de modo transversal, assinalando a relevância social, econômica, cultural, psíquica, política e científica, entrecruzando novos saberes através de um olhar contextualizado, sinérgico, caleidoscópico, bem como significativo do conhecimento e da realidade (AMORIM; SOUSA; SARMENTO, 2018). Consta-se que tal dimensão igualmente se sucede na esfera da aprendizagem de química, e por este motivo, deve ser demarcada.

Rocha et al. (2021), implantaram uma associação metodológica adicional – demasiadamente assertiva – no cerne da perspectiva discente~docente~aprendente em que consiste no emprego de Grupos Focais (GF). Dado que nesse quadro, cada indivíduo pertencente ao GF acaba por contribuir com a sua experiencição discente~docente~aprendente, na atividade proposta (TAMIASSO-MARTINHON et al. 2017). Segue abaixo, na figura 7, a representação estrutural empregada para GF.

Figura 7 – Estrutura sequencial e estratégica de grupos focais.



Fonte: Adaptado de Backes et al. (2011).

Ademais, pode-se salientar que o GF, enquanto um instrumento qualitativo de pesquisa, que possibilita a coleta de informações a respeito de uma dada temática, por intermédio da interação entre os envolvidos, é definido pelas narrativas que surgem no transcorrer das reflexões do grupo. Sendo que este necessita ser realizado ininterruptamente, de forma a dialogar com a construção, a mobilização, a elaboração e a síntese do

conhecimento, sempre respeitando a diversidade funcional dos envolvidos na atividade (ROCHA et al., 2021).

Esse caminho metodológico acaba por propiciar a elaboração de legados discente~docente~aprendente, bem como debates transdisciplinares – que não abrangem somente as impressões discente~docente~aprendente, mas sim cada integrante dos GF, visto que todos os envolvidos assumem – em algum momento – o papel de protagonista (RAMALHO et al., 2018; DOS SANTOS et al., 2018; DE OLIVEIRA et al., 2018; DA ARAÚJO et al., 2018).

### 3.4 DIALOGANDO COM PAULO FREIRE

A perspectiva Freireana, baseia-se nas ideias propostas por Paulo Reglus Neves Freire, (1921-1997) – que nasceu em Recife e foi um marco brasileiro – um educador e filósofo nacional, sendo considerado até a atualidade um dos pensadores mais importantes na história da pedagogia mundial.

Paulo Freire de acordo com a lei nº 12.612, é considerado patrono da educação brasileira, no qual foi aprovada pela Presidenta Dilma Rousseff e pelo Ministro da Educação Aloísio Mercadante em 13 de abril de 2012 (BRASIL, 2012). Freire cursou direito na Universidade do Recife em 1943, no entanto, dedicou-se igualmente aos estudos de filosofia da linguagem. Sendo que, apesar de ter cursado direito, o mesmo não exerceu a profissão.

Assim, priorizando trabalhar como professor em uma unidade escolar de segundo grau, no qual lecionou a disciplina de Língua Portuguesa. No cerne das primeiras experiências no Rio Grande do Norte, tem-se o desenvolvimento de um método inovador de alfabetização, em 1963, onde ensinou 300 adultos a ler e a escrever em 45 dias (UNIFEI, 2020).

No entanto, cabe salientar que a perspectiva Freireana é alicerçada no diálogo entre professores e alunos, no qual possibilita que estes últimos se tornem sujeitos ativos de sua aprendizagem. Deste modo, é visto que a perspectiva de Freire se contrapõe aos métodos de ensino, em que o docente é o único detentor de todo o conhecimento, ao passo que o discente é apenas um receptor, sendo esta abordagem denominada como “educação bancária” (FREIRE, 1987).

Freire (1979, p. 77), argumenta que “a transformação dos alunos em objetos receptores trata-se de uma tentativa de controlar o pensamento e a ação, no qual levam homens e mulheres a ajustarem-se ao mundo e inibir o seu poder criativo”. Por conseguinte, os docentes devem trabalhar de modo em que os alunos desenvolvam um pensamento crítico

e não somente sejam receptores do conhecimento, de maneira que amplie as habilidades do educando.

Nesse enquadramento, de acordo com Freire (1987), ao se discutir sobre o fator de importância da educação para a construção da sociedade, observa-se por meio das metodologias aplicadas e difundidas pelos educadores que os alunos não devem ser desenvolvidos somente de modo decorativo e sem aplicação, sendo conduzidos a mera repetição – ação tida como educação bancária. Portanto, deve-se almejar e possibilitar a aprendizagem aos educandos (FREIRE, 1987).

Além do mais, esta operação contribui para o que o educando faça correlações com os conhecimentos adquiridos durante sua trajetória. Posto isso, é dado que com o conhecimento científico ofertado pelas salas de aula, a escola apresenta um papel fundamental, uma vez que respeita os conhecimentos prévios que os alunos detêm, com o intuito de promover a unificação destas experiências com os conteúdos programados (FREIRE, 1995).

Nesse quadro, Freire (1987), pontua que a construção crítica deve ser formada através dos aspectos da individualidade de cada ser, uma vez que é por essa concepção crítica que se promove as ligações ideológicas que os integram. Desta maneira, os oprimidos se identificam como oprimidos e defrontam-se para que esta opressão não mais se estabeleça sobre eles – assim como em seus semelhantes. Para tal, a educação sistemática torna-se a matriz mais adequada para essa esquematização (FREIRE, 1987).

Desta forma, observa-se que nenhuma pedagogia apresenta um aspecto libertador, de maneira que se distancie dos oprimidos. Em outras palavras, sem a face libertadora estes acabam sendo seres “desgraçados” – que se encontram em desgraça, infelizes e desventurados. Assim, os objetos propostos por um “tratamento” humanista, para tentar, por intermédio de exemplos retirados dos opressores, modelos para a sua “promoção”. Os oprimidos devem ser o exemplo para si mesmos, na luta por sua redenção (FREIRE, 1987).

Em um âmbito educativo, o processo de edificação da consciência é intermediado pela realidade concreta, no qual é capaz de ser criada diante das situações-limite que possam promover problemas e controvérsias a serem enfrentadas. Desta forma, faz-se necessário efetivar o fluxo da consciência ingênua à consciência crítica, o aspecto da problematização e do diálogo diante das situações, através do liame educador-educando e conhecimento (FREIRE, 2001).

No entanto, Freire (1987), argumenta que a adequação do conhecimento se sucede mediante a interação com aspecto não-neutro entre indivíduo e objeto disseminado pelo

mundo. Sendo assim, os estudantes, quando conscientes dessas oposições como problemáticas a serem confrontadas, bem como a função de indivíduo ativo no processo de aprendizagem, englobam modos de enfrentar as situações-limite que impossibilitam o processo das transformações relacionadas aos contextos sócio-histórico-culturais (FREIRE, 1987).

A execução do processo educativo alinhada à perspectiva freireana, caracteriza-se como reguladora do processo de transformação social, através da conscientização dos estudantes, e não como a fomentadora dessa transformação, na lógica salvacionista (FREIRE, 1987).

Segundo Teixeira e colaboradores (2007), Paulo Freire é o terceiro autor mais mencionado nas pesquisas de EA apresentadas nos anos iniciais do EPEAs – Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental (2001, 2003, 2005), bem como no ENPECs – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (2001, 2003, 2005).

Neste quadro, a concepção de Educação Libertadora de Freire, assegura os fundamentos teórico-metodológicos com o intuito de efetivar as dimensões de investigação e ação pedagógica propostos pelos temas geradores, assim, possibilita o encontro do desafio da modificação cultural e social disposta pela vertente da Educação Ambiental Crítica (EAC) e, principalmente, através da provocação por meio da implementação da Educação Ambiental (EA) no âmbito escolar (TEIXEIRA et al., 2007).

Desta forma, no ínterim da última década, o vínculo entre os princípios e objetivos da Educação Ambiental Crítica em um sentido crítico, transformador e emancipatório das bases freireanas de educação, tornou-se um fator recorrente. Posto isto, para Freire (2003), o legado proposto à EA, é possível buscar na sua atividade, assim como em sua práxis, os pressupostos teóricos para amparar a EAC (FREIRE, 2003).

Ademais, esse aspecto relacionado à sociedade e natureza, acaba por contribuir para uma reflexão de natureza filosófica-epistemológica em decorrência da instabilidade ambiental mediante aos fatores como: “situações-limite, percebido-destacado, atos-limite e inédito-viável” (FREIRE, 2003).

Além disso, pelo ideário do autor, observa-se a associação dos temas-problema a uma situação-limite, no qual pode-se estabelecer em um obstáculo a ser suplantado para o prosseguimento da vida, em que destaca-se que tal circunstância necessita ser percebida-destacada se apresentando como percebida e destacada da vida cotidiana, tornando-se os atos-limite as ações imperativas para o rompimento das situações-limite. Além do mais, os atos-limite sobre os fatores percebidos-destacados podem e devem instituir os

inéditos-viáveis-conquistas das ações dialógicas de modo expressamente libertador de homens e mulheres (FREIRE, 2003; TEIXEIRA et al., 2007).

Para além, cabe elucidar o estudo de Teixeira e colaboradores (2007), que manifesta como metodologia central de investigação da Educação Ambiental, qualitativa e como mecanismo educativo, o mapeamento ambiental. Desta forma, conforme indica Carvalho (2001), os aspectos teóricos mais usufruídos na pesquisa em EA, evidenciam a pluralidade de questões teóricas em EA.

Portanto, de acordo com a temática geradora de Freire, se tem uma reformulação de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), no qual pode-se propor as subsequentes dimensões: a epistemológica (i), pelo fato como objeto de conhecimento, no qual se pode abordar o cenário da gênese do conhecimento articulado, gerado sócio-historicamente, datado e transitório, bem como o quadro de apropriação desse conhecimento no processo educativo no que refere-se às mesmas proposições, isto é, as que se estabelecem na não-neutralidade do indivíduo e do objeto do conhecimento.

A educativa (ii), por manifestar a função de objeto de análise do processo educativo, de maneira que oriente tanto a seleção dos conteúdos dos distintos campos do saber para estruturação dos programas educativos, quanto a abordagem articulada desses conteúdos junto aos educandos – de maneira que a seleção da conceituação científica esteja inferior as temáticas geradoras quanto à estrutura do conhecimento científico (DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

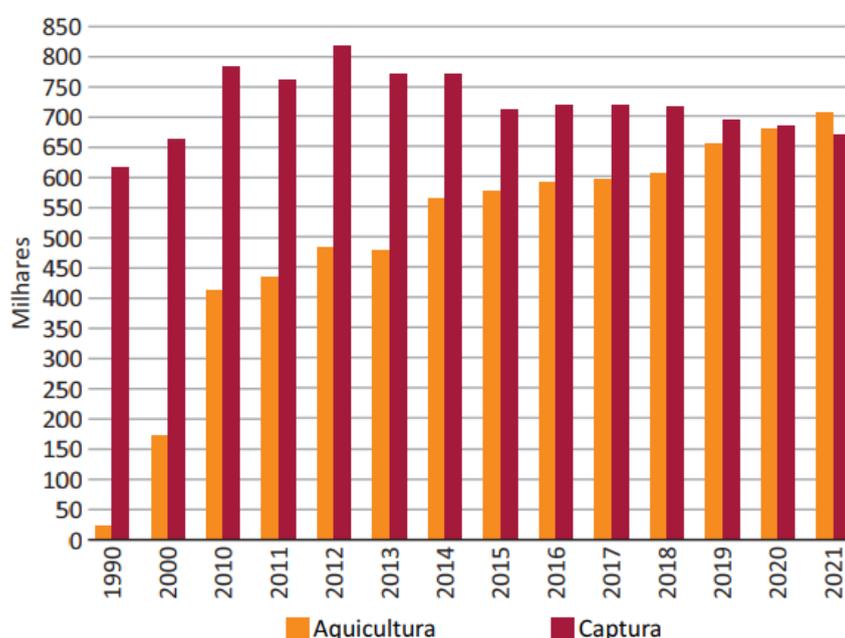
Assim como a didático-pedagógica (iii), correlacionado à percepção e problematização do conhecimento já adquiridos dos estudantes pelos educadores em decorrência as situações/contradições que portam em seu âmbito, dado que orientar a elaboração de problemas pelos educadores, para o aspecto de percepção de conhecimentos científicos pelos educandos sobre estas situações/contradições, no decurso do processo educacional.

Sendo assim, pode-se aludir a dimensão didático-pedagógica adotada pelo tema gerador, no qual retorna ao rompimento do “método-conteúdo” desenvolvido pelos educandos e à compreensão do “método-conteúdo” dos conhecimentos científicos, gerados sócio-historicamente por distintos pesquisadores, e que acaba por alicerçar a EAC (DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

### 3.5 A INDÚSTRIA PESQUEIRA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CAMARÃO

A atividade pesqueira (prospecção marítima, fluvial e aquicultura) apresenta-se entre os mercados que mais se expandem hodiernamente, e partindo deste diagnóstico, constata-se que esse setor possui elevada importância econômica para o cenário nacional e mundial. Por meio dos dados e análises expressas na mais recente edição do relatório da “The State of World Fisheries and Aquaculture” (SOFIA) (FAO, 2020), a qual divulga informações relativas às atividades do setor pesqueiro, entre as quais, expõe os percentuais de pescado em território nacional no período entre 2013 a 2018, em que foram produzidas cerca de 1.294 mil toneladas ao ano, em média, compreendendo a prospecção marítima, fluvial e aquicultura. Mas se tem uma previsão de expansão desta produção para algo em torno de 1.490 mil toneladas por ano, até 2030, valor esse que representa um incremento de 12,9 % para o mercado (FAO, 2020). De igual modo, na figura 8, se tem os quantitativos anuais de captura e aquicultura, de camarão, em território nacional de 1990 a 2021.

Figura 8 – Produção pesqueira do Brasil por captura e aquicultura (em mil toneladas).



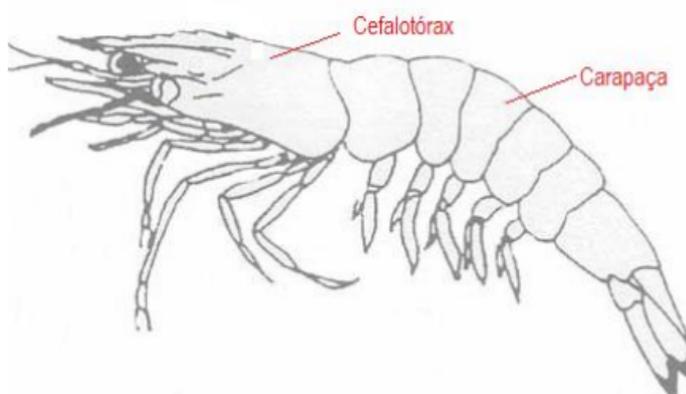
Fonte: Ximenes (2021).

O aumento da produtividade no setor pesqueiro promove, igualmente, enormes frações de resíduos. Neste cenário, sobretudo, o setor de processamento de crustáceos defronta-se a problemáticas relativas à geração de resíduos, visto que o processamento industrial apresenta como propósito central a modificação do insumo, tal como camarão, em produtos

comercialmente aceitáveis (VILLEN, 2001). No entanto, nesse processo são gerados alguns componentes indesejados, e que apresentam um papel expressivo no que se refere a contaminação ambiental, em especial, por conta de três aspectos: o acúmulo de matéria prima, que inclui elevados riscos de contaminação por meio do transporte, tal como a disposição de maneira imprópria e a ineficácia dos processos de modificação do insumo, o que fatalmente resulta na geração de resíduos (FREIRE et al., 2000).

O processamento de camarão, produz enormes quantidades de resíduos, em razão do tratamento empregue para sua comercialização, tais como a extração de alguns componentes, o cefalotórax (cabeça) – 30% a 40% do conteúdo – e o exoesqueleto (carapaça) – 9% a 37%, representado na figura 9. Que após sua remoção acabam por ser descartados, tornando-se lixo orgânico (ROCHA; RODRIGUES, 2004).

Figura 9 – Esquema representativo da morfologia externa do camarão, cefalotórax e carapaça.



Fonte: Antonino (2007).

Diversos são os modos de se classificar os resíduos sólidos provenientes da atividade pesqueira. As mais frequentes são quanto aos riscos potenciais de contaminação, a natureza ou origem, a Norma Brasileira NBR 10004/04, estabelece os principais aspectos físico-químico-biológico destes resíduos. Por intermédio dessa normativa é possível observar as esferas dos impactos ambientais ocasionados por esses resíduos (ABNT/NBR, 2004).

Pode-se classificar os resíduos sólidos das atividades pesqueiras em: Classe I - Perigosos – dispõem de características e propriedades química, físicas ou infectocontagiosas, que apresentam riscos à saúde pública, ocasionando mortalidade, impactos ambientais e incidência de doenças, tal como no caso dos resíduos de pescados contaminados; Classe II - Não Inertes – exibem características e propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água, como resíduos de pescado não contaminados

(ABNT/NBR, 2004). A NBR 10004/04 classifica os resíduos da atividade pesqueira em Classe II B que são:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT/NBR, 2004, p.5).

No período de 2016 a 2021, a produção brasileira de camarão apresentou, em média, 93,6 mil toneladas de matéria prima por ano (ABCC, 2020). Podendo atingir anualmente até 65,52 mil toneladas de resíduos provenientes desse setor. Mas esses resíduos, comumente, são aterrados de maneira clandestina ou lançados em ambientes aquáticos (lagos, rios e mares), gerando uma série de problemáticas socioambientais, visto a sua potencialidade poluidora, contaminando assim o solo e os recursos hídricos,

Por conseguinte, se têm que essas repercussões são resultantes dos elevados percentuais de macronutrientes, tais como fósforo e nitrogênio, oriundas do acúmulo na natureza desses resíduos. Processo esse que promove modificações na teia alimentar, favorece a eutrofização, acarretando em baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, propicia a redução da biodiversidade, bem como atraem vetores (insetos e roedores), razão a qual é capaz de ocasionar uma série de problemáticas à saúde humana, ou seja, o desenvolvimento de doenças (BONINI, 2006; ROCHA, 2016).

Na década de 80, o Relatório Brundtland, igualmente denominado de “Nosso Futuro Comum”, trouxe à luz o conceito de desenvolvimento sustentável. O documento buscou a união entre a conservação da natureza e o desenvolvimento econômico (CMMAD, 1991). Promovendo a conscientização das atividades industriais associadas à preservação ambiental (VEIGA, 2008).

Na conjuntura atual, o desenvolvimento sustentável dispõe de uma grande relevância, sobretudo, quando se analisa o emprego de recursos ambientais. De modo que os resíduos gerados pelas indústrias sejam acompanhados de ações que visem diminuir o grau de contaminação do ambiente (WISSMANN et al., 2012). Desta maneira, os setores da atividade pesqueira apresentam elevados potenciais em relação ao reaproveitamento desses materiais, assim necessitam mover-se no sentido de viabilizar a destinação adequada para esses, de forma a minimizar os impactos ambientais, além de visar o aspecto econômico, visto que hodiernamente, diversos processos são empregados com a intenção de agregar valor aos diferentes resíduos industriais (MOURA, 2008).

Por conseguinte, entre as estratégias aplicadas para mitigação dos impactos ambientais e a agregação de valor dos resíduos oriundos do camarão, está a recuperação de alguns constituintes, tais como astaxantina, proteínas, sais inorgânicos e quitina (CAHÚ et al., 2012; VÁZQUEZ et al., 2013). Tratando-se particularmente da quitina, a recuperação dos descartes de crustáceos, sobretudo de camarão, se evidencia como positiva. Embora a composição do camarão varie de acordo com a espécie e sazonalidade, pode-se classificar esses resíduos em termos de constituintes em 5-7% de quitina, 40-55% de sais inorgânicos – carbonato de cálcio –, aproximadamente 15% de pigmentos carotenóides e 30-40% de proteínas (PETER, 1995; BESSA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2013; SANTOS JUNIOR, 2018).

Em face desta problemática, estão sendo analisadas metodologias que objetivam otimizar os processos de geração, coleta, destinação, tratamento e aproveitamento dos resíduos de camarão. Em outros termos, visam processos eficazes, pouco onerosos e que resultem no abrandamento dos impactos ambientais. De mesmo modo, tem-se que o processamento mínimo da matéria prima, tal como emprego das diversas estruturas do camarão (figura 10) acabam por maximizar o retorno financeiro da produção pela agregação de valor ao produto final por conta, sobretudo, da composição nutricional desses constituintes (VASCONCELOS; SILVEIRA, 2004; NUNES et al., 2013).

Figura 10 – Resíduos do processamento do camarão.



Fonte: Bessa-Junior et al. (2013).

Nesse cenário, o exoesqueleto do camarão torna-se uma ótima alternativa para produção da quitina e posteriormente quitosana, por meio do seu reaproveitamento. Assim sendo, se tem que o descarte desses resíduos acaba por ocorrer de maneira sustentável, visando a redução de danos ao meio ambiente. Ademais, essa questão, igualmente, abrange outras diversas dimensões, tais como a social, sanitária, tecnológica, educacional e econômico (SUMATHI et al., 2017).

Diversas são as aplicações da quitina e quitosana, em razão de sua versatilidade. Compreende-se que essa variedade de emprego ainda se amplia quando são incluídos os variados derivados da quitina e quitosana, alcançados por meio de reações químicas em que são inseridos diferentes grupos funcionais às suas moléculas, originando distintas propriedades e aplicações (KUMAR, 2000; MOURA et al., 2006; MENDES et al., 2011). Por conta das características de biocompatibilidade, biodegradabilidade e hidrofiliçidade, aliado ao fato de ser um recurso natural, renovável e abundante, a quitina e quitosana têm sido amplamente empregadas em estudos dos mais diversos campos (ANTONINO, 2007; TAVARIA et. al., 2013; ALCÂNTARA, 2015; SOUZA, 2016).

### **3.5.1 Quitina e Quitosana: Breve Delineamento Histórico**

Braconnot realizou o primeiro isolamento da quitina em 1811, quando se dedicava ao trabalho com fungos. Em seu estudo, Braconnot declarou que uma substância desconhecida se fazia presente nos fungos e que, ao seu ver, o sistema formado se apresentava de forma especificamente distinta do identificado em madeiras (MATSUI, 2007).

Em 1823, Odier manipulou carapaças de insetos, de modo que isolou uma substância imiscível, e, posteriormente a chamou de quitina, palavra de origem grega que faz referência à cobertura. Ainda que incompleta, uma vez que não identificou a presença de Nitrogênio na molécula da quitina, o estudo de Odier foi pioneiro ao estabelecer analogia entre substâncias que constituíam a carapaça de insetos e tecidos vegetais, porém não houve menção a trabalhos anteriores, fato que fomentou a existência de dúvidas se Odier tinha acesso e/ou conhecimento da substância isolada por Braconnot. A existência da quitina na composição das carapaças de caranguejos foi observada subsequentemente por Odier, propondo, portanto, que essa substância estaria presente, como matéria básica, na composição do exoesqueleto de qualquer inseto, e presumivelmente de aracnídeos. Não obstante, a presença de nitrogênio na composição da quitina só veio a ser constatada em 1843 por Payen (ROBERTS, 1992).

De acordo com relatos de Odier e Children, o isolamento da quitina tornou-se possível após diversos procedimentos com soluções concentradas de hidróxido de potássio. Porém,

nota-se o surgimento de um possível infortúnio durante esse tratamento, posto que, possivelmente, esses pesquisadores tenham isolado quitosana em detrimento da formação da quitina, objetivo estipulado anteriormente. Tal previsão pode ser realizada, visto que a promoção de tratamentos na quitina em meio alcalino concentrado, pode favorecer o processo de desacetilação.

No entanto, a primeira descrição da quitosana foi realizada por Rouget em 1859. Hoppe-Seyler, em 1894, propôs o nome quitosana, em razão da sua correspondente quantidade de nitrogênio quando comparada à quitina (ROBERTS, 1992; NIFANT'EV; CHERNETSKII, 1998).

Em termos estruturais, as moléculas da celulose, quitina e quitosana possuem particularidades similares, fato que corroborou na construção de uma grande confusão no meio científico até o começo do século XX. A vasta exploração científica e tecnológica da celulose, em razão do seu emprego no setor têxtil, se opunha às triviais aplicações de pesquisa com ênfase na quitina (DANCZUK, 2007). Aproximadamente em 1970, a quitina tornou-se objeto ativo e central de estudos, sua aplicabilidade revelou-se então, potencialmente extensível perante seus estados, primário e desacetilado (MATSUI, 2007). Ao passo que, em 1971, o Japão desponta o pioneirismo na formação de produto industrial de quitina, posteriormente, já em 1986, quinze indústrias japonesas já produziam quitina e celulose comerciais. (ANTONINO, 2007).

Constata-se que em meados de 1993 o Brasil, igualmente, iniciou a comercialização de quitina e quitosana em grande escala. No território nacional pode-se salientar duas empresas no que se refere à produção e comercialização destes copolímeros naturais, sendo a Kito Química Fina, estabelecida em Palhoça-SC e a Polymar Indústria Comércio Exportação e Importação, instalada em Fortaleza-CE (SANTOS et al., 2003).

Hodiernamente esses biopolímeros têm apresentado um considerável destaque em pesquisas e aplicações, sendo até apontados como um dos materiais de maior potencial para aplicações tecnológicas em um futuro próximo. Espera-se que em períodos vindouros, inúmeros materiais empregados no presente serão substituídos por esses copolímeros. É possível constatar esta afirmação mediante a ampla versatilidade de aplicações encontradas atualmente para esses polissacarídeos e seus derivados (NIFANT'EV; CHERNETSKII, 1998; CRAVEIRO et al., 2004).

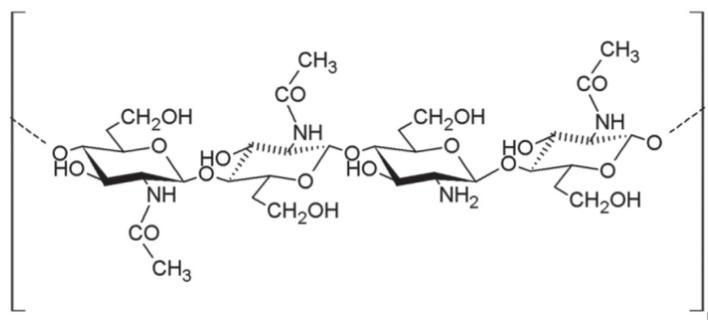
### 3.5.2 Quitina

A quitina, figura 11, trata-se de um polímero linear que apresenta em sua estrutura o dissacarídeo constituído por 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose e 2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose através da união formada pela ligação glicosídica. A quitina e a celulose apresentam características similares em termos estruturais, pois atuam como invólucros protetores, materiais de suporte e defesa nos organismos. A quitina visualmente é um pó amarelado com uma estrutura cristalina, insolúvel em água, sendo este um aspecto característico da celulose (PAVINATTO, 2009; FELIPE et al., 2017).

Constata-se que após a celulose, a quitina é apontada como o biopolímero mais farto e amplamente distribuído na natureza, presente como constituinte estrutural em diversos animais invertebrados, e algas diatomáceas, na maioria dos artrópodes e na parede celular de alguns fungos da ordem Mucorales, sobretudo da classe Zygomycetes (FRANCO et al., 2005; CAMPANA-FILHO et al., 2007; STAMFORD et al., 2008). Lagostas, caranguejos, camarões, ostras e lulas dispõem em sua constituição 5% a 20 % de quitina, ao passo que os fungos da ordem Mucorales apresentam esse biopolímero na constituição de sua parede celular e que varia de 10% a 20% (ANDRADE, 2003; RIANUDO, 2006; PRABU; NATARAJAN, 2012).

Além disso, se tem na quitina a prevalência das repetições de unidades 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose, que ocorre por intermédio do processo de desacetilação de forma parcial, na qual são aplicadas por meio de condições brandas nos períodos de desmineralização e desproteínização. Sendo que, a quitina apresenta uma pequena quantidade de unidades 2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose. Ademais, cabe pontuar que este trata-se de um produto de aspecto natural, em que apresenta variabilidade em sua composição em decorrência ao fator de comprimento das cadeias, de glicosamina acetiladas e desacetiladas, tal como sua distribuição ao longo das cadeias (PAVINATTO, 2009).

Figura 11 – Representação esquemática do monômero da quitina.



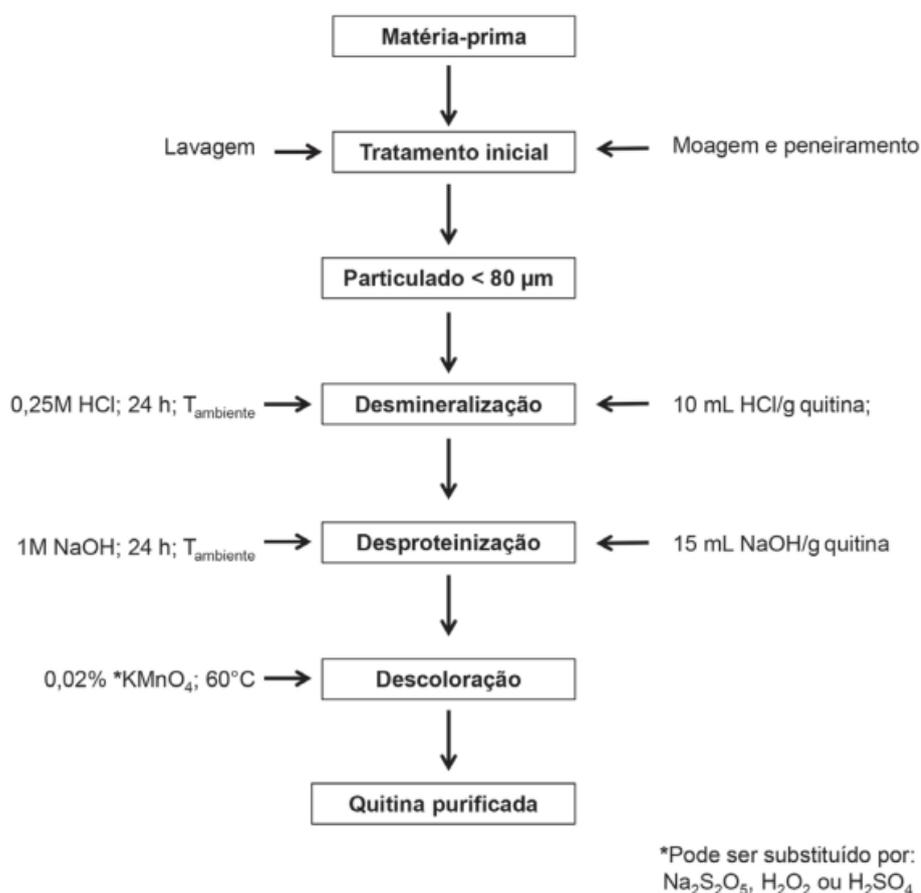
Fonte: Felipe et al. (2017).

Em outros termos, como a quitina é um produto de origem natural, processam-se variações em termos estruturais, tal como em sua composição, tanto no que se refere o tamanho das cadeias, na proporção das unidades N-acetilglicosamina (GlcNAc) e glicosamina (GlcN), assim como as diversas distribuições dessas unidades no decorrer das cadeias poliméricas (PAVINATTO, 2009).

### 3.5.2.1 Obtenção da quitina

A principal fonte de obtenção de quitina na indústria, são as cascas de camarões. Material esse que dispõe de outros componentes além da quitina, tais como proteínas, lipídios, pigmentos e sais minerais – sobretudo de carbonatos, fosfatos e/ou magnésio. Para separação destes constituintes, tal como a extração da quitina, podem ser empregados diversos procedimentos, figura 12. No entanto, um dos mais empregados abrange três etapas, sendo a desmineralização, desproteínização e despigmentação (AZEVEDO et al., 2007).

Figura 12 – Método de obtenção da quitina purificada.

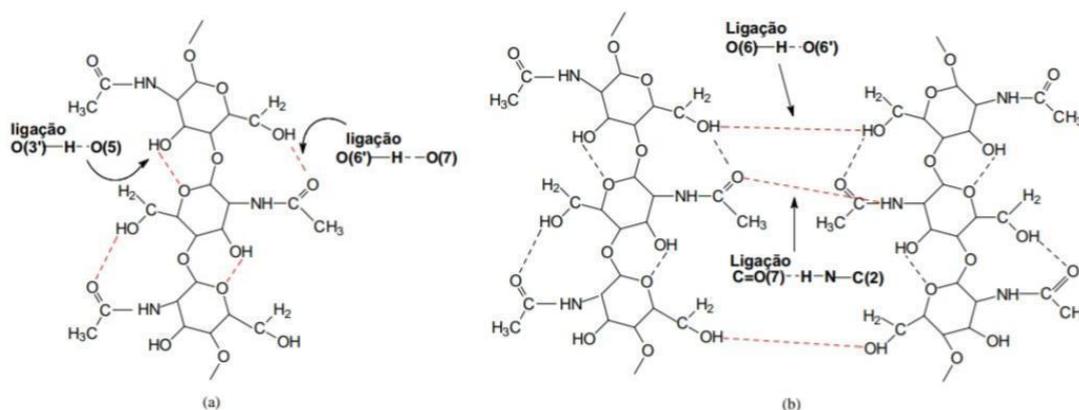


Essas etapas são aplicadas para eliminar, na devida ordem, os sais minerais, as proteínas e os pigmentos. Na desmineralização, o procedimento mais empregado abrange soluções ácidas, em especial o ácido clorídrico, para eliminação dos carbonatos, fosfatos e/ou magnésio. A desproteinização, ou seja, a remoção das proteínas ocorre em soluções alcalinas. Por sua vez, a despigmentação, isto é, a retirada dos pigmentos, se verifica mediante a extração por solventes orgânicos. Constata-se que as condições reacionais nessas etapas devem ser brandas, com o propósito de evitar a despolimerização e a desacetilação da quitina (PAVINATTO, 2009).

A quitina pode apresentar diferentes estruturas polimórficas, sendo denominada,  $\alpha$ -,  $\beta$ - e  $\gamma$ -quitina, no qual a  $\alpha$ -quitina (figura 13) equivale a um empacotamento de caráter denso decorrente da disposição antiparalela das cadeias poliméricas, desta forma, possibilita o favorecimento das ligações hidrogênio inter e intra cadeias. Na  $\beta$ -quitina as cadeias são dispostas de forma paralela, sendo assim, dificultando o estabelecimento das ligações hidrogênio intermoleculares, gerando um material empacotado menos denso.

A  $\gamma$ -quitina apresenta uma correlação das estruturas polimórficas descritas anteriormente, dado que as cadeias de duas lamelas em distribuição paralela são alternadas por lamela em que as cadeias se apresentam antiparalelamente, mas trata-se de uma estrutura menos estudada, no qual visualiza-se como uma distorção das duas estruturas anteriores (CAMPANA-FILHO et al., 2007). No entanto, tem-se que a  $\alpha$ -quitina apresenta aspecto rígido em comparação às outras conformações e conversões da quitina, pois  $\alpha$  ocorre através de uma reação irreversível, além disso, sendo a  $\alpha$ -quitina a conformação mais estável entre as três (CAMPANA-FILHO et al., 2007).

Figura 13 – (a) Intramolecular nas cadeias de quitina e (b) Intermoleculares no arranjo antiparalelo das cadeias de  $\alpha$ -Quitina.



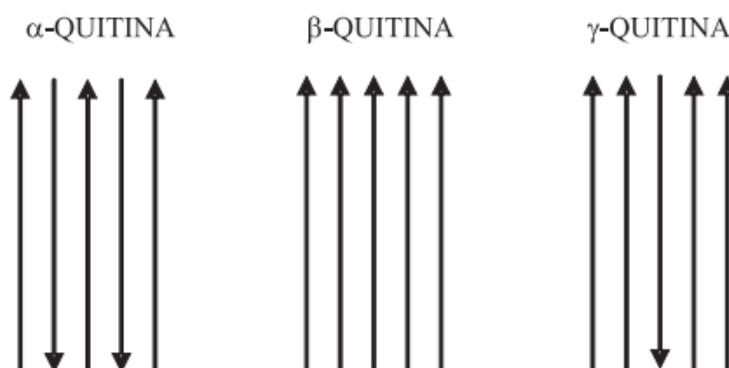
Fonte: Pavinato (2009, p. 26).

Ademais, as extremidades das cadeias poliméricas da quitina apresentam caráter redutor e não redutor, sendo que as distintas disposições destas extremidades possibilitam a determinação dos arranjos polimorfos da quitina (DELEZUK, 2009). Além disso, tem-se que estas extremidades são antiparalelas, em outras palavras, apresentam maior cristalinidade, em decorrência das interações inter/intramoleculares, de maneira que possibilite o empacotamento da molécula (PAVINATTO, 2009).

A estrutura polimérica  $\beta$ -quitina, retrata uma extremidade com caráter paralelo, no qual promove dificuldade no processo de formação de interações inter/intramoleculares, assim, resulta na diminuição da cristalinidade em comparação a estrutura polimorfa  $\alpha$ . Sendo que, a  $\lambda$ -quitina atribui uma disposição diferenciada, ou seja, possui quatro extremidades paralelas separadas por uma antiparalela (CAMPANA-FILHO et al., 2007)

As estruturas polifórmicas da quitina, figura 14, apresentam em sua disposição setas que possibilitam o sentido das cadeias poliméricas no sentido não redutor para o redutor (CAMPANA-FILHO et al., 2007).

Figura 14 – Representação esquemática das três estruturas polimórficas da quitina.



Fonte: Campana-Filho et al. (2007).

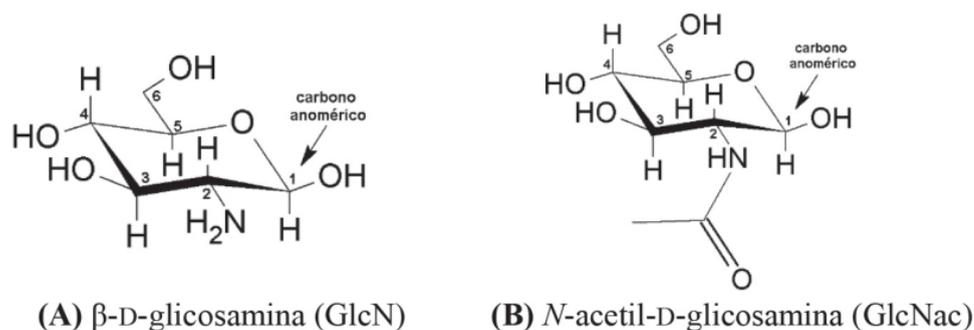
### 3.5.2.2 Características da quitina

Em termos gerais, a quitina se caracteriza por dispor uma baixa reatividade, sendo insolúvel em solventes orgânicos e aquosos (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009). Além disso, apresenta como características: ser rígido, inelástico e apresentar uma coloração esbranquiçada (DUTTA; DUTTA; TRIPATHI, 2004).

O fator que distingue a quitina da quitosana acaba por ser o percentual de unidades GlcNAc, ou seja, grupos acetilados em suas cadeias, figura 15. De modo amplo, quando o conteúdo médio de unidades GlcNAc é menor que 40%, considera-se o biopolímero como quitosana, ao passo que quando o percentual é superior a 50%, o material é tido como quitina.

Sendo esse indicador denominado de grau médio de acetilação (GA) (CAMPANA-FILHO et al., 2003).

Figura 15 – Representação esquemática dos monômeros estruturais da quitina e quitosana:  $\beta$ -D-glicosamina (GlcN) e N-acetil-D-glicosamina (GlcNac).



Fonte: Felipe et al. (2017).

### 3.5.3 Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo gerado por intermédio da reação de desacetilação da quitina em elevadas temperaturas. Sendo que, este processo pode ocorrer através dos seguintes mecanismos: (a) ação enzimática, quitinases, ou ação de microrganismos e pela (b) hidrólise alcalina, sendo este o mais amplamente empregado. Para tanto, diversas metodologias são sugeridas para a desacetilação alcalina (MUZZARELLI, 2013).

Contudo, tem-se que o método consiste na imersão da quitina pré-purificada em NaOH ou KOH concentrado, através do processo de agitação e aquecimento em temperaturas elevadas, no qual ocorre um encadeamento de ações que englobam a filtração de maneira intercalada, o resfriamento e secagem/liofilização (CAMPANA-FILHO et al., 2007).

O processo de desacetilação alcalina acarreta na quebra de parte das ligações N-acetil do copolímero, com geração de unidades de D-Glicosamina (GlcN) que apresenta um grupamento amínico livre, razão essa que viabiliza as aplicações tecnológicas dessa molécula (LERTSUTTHIWONG; CHANDRKRACHANG; STEVENS, 2002).

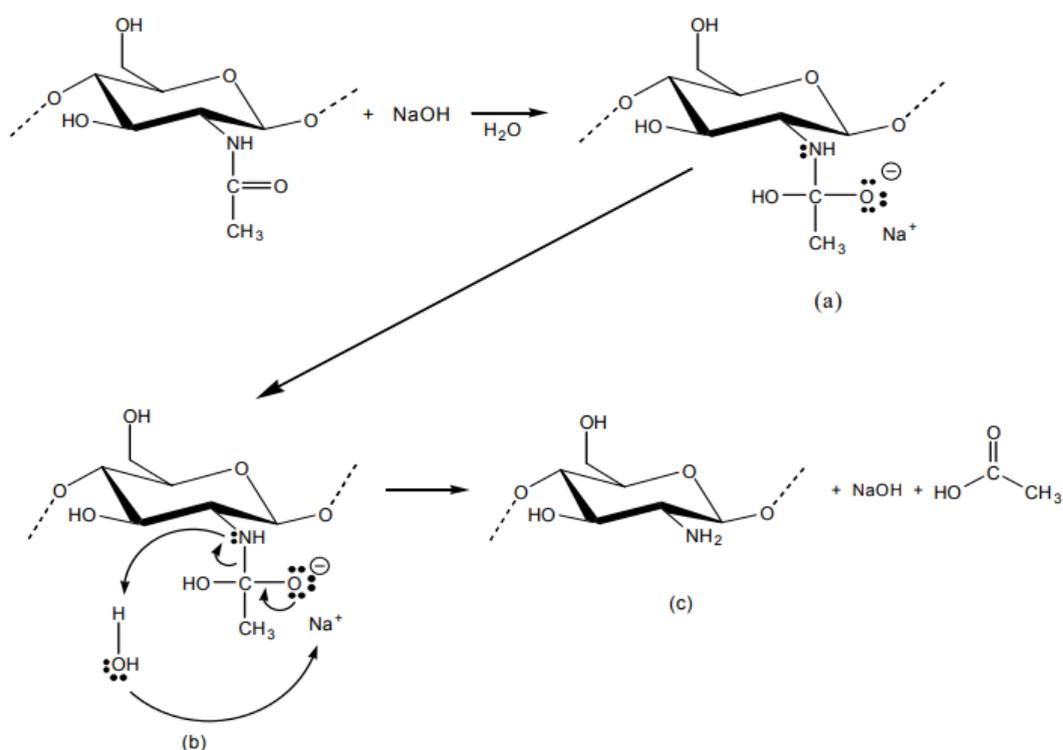
Embora a hidrólise alcalina dos grupos acetamidos dispostos na quitina – que propicia a produção de quitosana – seja uma reação tida como simples, esta não ocorre de modo homogêneo e integral ao longo de cadeia da molécula, (CAMPANA-FILHO et al., 2007). Em outros termos, a quitosana não é uma molécula uniforme, e sim um grupo de polímeros parcialmente desacetilados. Tem-se que a massa molar, bem como o grau de desacetilação da

quitosana são aspectos de extrema importância que estabelecem a aplicação desta, influenciando em diversas características (PINTO, 2011).

Esse processo de desacetilação acaba por ser incompleta, como apontado, produzindo um copolímero composto de repetições de unidades de 2-acetamida-2-desoxi-D-glicopiranosose e 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranosose unidas por ligações glicosídicas  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Constata-se que quimicamente a quitosana assemelha-se com o seu copolímero de origem, quitina, dispondo de uma amina primária ( $-\text{NH}_2$ ) no carbono 2 (BESSA-JUNIOR; GONÇALVES, 2013). Além disso, cabe pontuar que a obtenção do produto integralmente desacetilado é de difícil aquisição, em razão da despolimerização que pode ocorrer na cadeia polimérica, graças ao tempo e temperatura empregues nessa reação (CANELLA; GARCIA, 2001).

O mecanismo abaixo, figura 16, refere-se à produção da quitosana por meio da reação entre a quitina e o hidróxido de sódio. Esta reação representa a hidrólise básica de amida, na qual o grupamento hidroxila ( $-\text{OH}$ ) da base interage com o carbono da acila da amida (a). Como a reação se verifica em meio aquoso, tem-se que o nitrogênio acaba por capturar o íon  $\text{H}^+$  do meio, rompendo a ligação entre o nitrogênio e o carbono (b). Deste modo, se estabelecem as estruturas da quitosana, ácido acético e hidróxido de sódio (c) (SOLOMONS & FRYHLE, 2006).

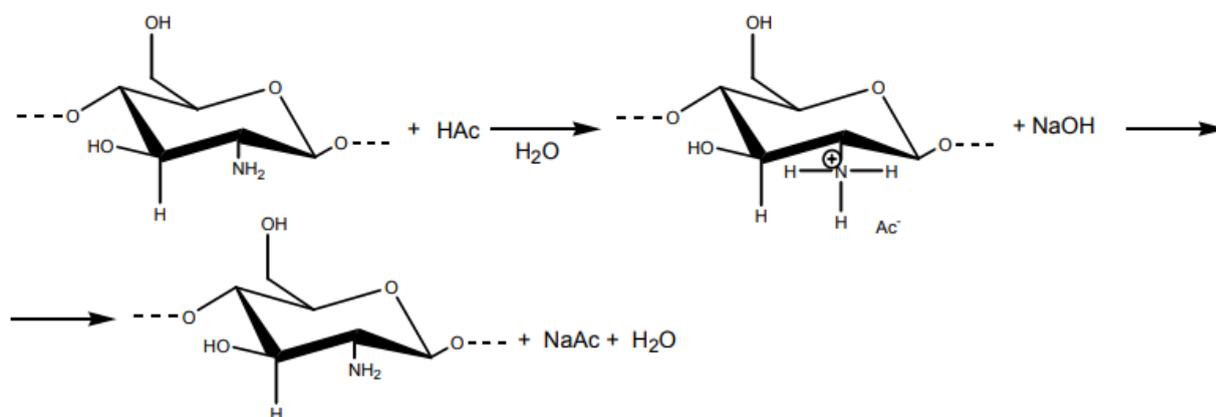
Figura 16 – Reação de produção de quitosana a partir da quitina, mecanismo reacional via alcalina.



Fonte: Henning (2009).

A figura 17, de acordo com Henning (2009), se tem a representação da reação da hidrólise ácida, em outros termos, a reação de purificação da quitosana, no qual reage com o ácido acético, de modo que possibilita a protonação e formação de um sal de quitosana, sendo que, a partir da formação do sal e sua posterior reação com Hidróxido de sódio (NaOH), acaba por possibilitar a formação da estrutura da quitosana, acetato de sódio e água.

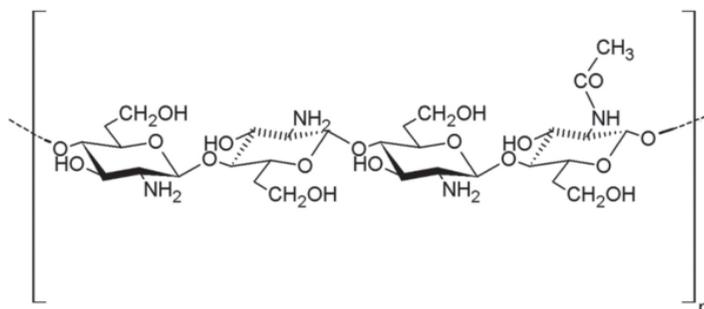
Figura 17 – Reação de purificação da quitosana



Fonte: Henning (2009).

A quitosana, figura 18, trata-se de um polímero que possui uma alta massa molar, no qual há presença de grupos amino, ou seja, de poliaminas que estão disponíveis para reações químicas e formação de sais com ácidos. Sendo que, os grupos hidroxila C-6 (primário) e C-3 (secundário) também podem ser utilizados na formação dos ácidos e na preparação de derivados.

Figura 18 – Representação esquemática do monômero da quitosana.



Fonte: Felipe et al. (2017).

Ademais, se observa que a disparidade entre a quitosana e a quitina é a substituição do grupo acetamino, (-NHCOCH<sub>3</sub>), no qual é localizado na posição 2, pelo grupo amino, assim,

pode-se visualizar que o fator que diferencia a quitosana da quitina é essa substituição entres os grupamentos acetamino e amino (MOURA et al., 2006).

No que tange às características da quitina e quitosana, tem-se que a primeira é insolúvel em água, e a segunda pouco solúvel, todavia, ao passo que a quitina é insolúvel na maior parte dos solventes, a quitosana apresenta solubilidade em soluções de ácidos orgânicos e inorgânicos (ANDRADE et al., 2003; SYNOWIECKI; AL-KHATEEB, 2003). Além disso, observa-se que o ácido acético e o fórmico são aplicados no processo para a solubilização da quitosana. E que determinados ácidos inorgânicos diluídos, como o ácido nítrico, clorídrico, perclórico e fosfórico, podem ser empregados com o intuito de possibilitar a preparação de uma dispersão de quitosana, exclusivamente após prolongado processo de agitação e aquecimento (DAMIAN et al., 2005; SANTOS; DOCKAL; CAVALHEIRO, 2005).

Além disso, é visto que a solubilidade da quitosana está atrelada a quantidade de grupos amino protonados ( $-\text{NH}_3^+$ ) presentes na cadeia polimérica. Sendo que, quanto mais elevado o teor desses grupos, maior será a repulsão eletrostática entre as cadeias, bem como será elevada a solvatação em água. Além do mais, o grau de protonação, é capaz de ser analisado através da variação da concentração de quitosana presente em uma determinada concentração de ácido, em outros termos, o grau de protonação pode ser alcançado por meio do pKa do ácido empregado para solubilizar a quitosana (SANTOS et al., 2003; AZEVEDO et al., 2007).

Nesse contexto, é importante destacar que elevadas temperaturas são capazes de gerar inúmeras alterações físico-químicas, tais como a geração de gases, líquidos e modificação de coloração. Assim sendo, a degradação térmica é definida por uma reação que envolve o rompimento das ligações presente nas cadeias principais e secundárias (LIM; WAM, 1995).

Deste modo, um atributo característico dos polímeros consiste em resistir ao processo de decomposição química gerada pelo aquecimento a elevadas temperaturas, característica esta denominada estabilidade térmica (LIM; WAM, 1995). Em outros termos, essa característica está atrelada a temperatura a qual a decomposição do polímero torna-se explícita pela formação de produtos, tal como a cinética do processo, sendo que um dos fatores determinantes para estabilidade térmica do polímero é a energia das ligações da cadeia principal.

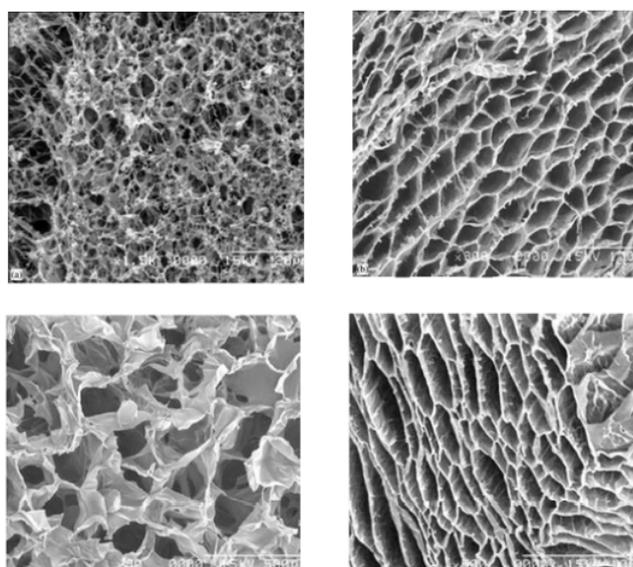
A ligação C-C trata-se de uma das ligações mais resistentes à degradação térmica (LIM; WAM, 1995). Sendo a presença de átomos de hidrogênio na molécula do polímero fundamental para reduzir a energia entre a ligação C-C, no qual são decorrentes dos hidrocarbonetos que apresentam massa molecular superior e seus derivados possuem

relativamente baixa estabilidade, de modo que possibilita a degradação em decorrência ao aquecimento em elevadas temperaturas.

Por meio de estudos aplicando raios-X é possível verificar que a cristalinidade da quitina e da quitosana é dependente do grau de acetilação, tal como do processo de extração empregado. No que tange à estrutura espacial da quitosana, pode apresentar-se na forma anidra, hidratada, em sais de quitosana ou como complexos (ANTONINO, 2007).

Com a utilização de um microscópio eletrônico de varredura, é possível observar a morfologia de distintas variedades de poros presentes na estrutura da quitosana, tal como mostram as imagens abaixo (figura 19).

Figura 19 – Tipos de poros da quitosana.



Fonte: Azevedo et al. (2007).

A quitosana permite ligações com distintas substâncias, desde que o ambiente em que ela se encontra não esteja fortemente ou moderadamente acidificado, assim, pode-se obter filtros, membranas ou colunas sem demandar a adição de adjuntos. Desta forma, em soluções de ácidos fracos diluídos, a quitosana é mais suscetível a ser dissolvida, em decorrência da protonação dos grupos amino (ANTONINO, 2007).

No entanto, em meio neutro, a quitosana apresenta barreiras para o processo de solubilização, sobretudo em água. Com o objetivo de aumentar sua solubilidade, se faz necessário empregar quitosana de baixa massa molecular, pois facilita a homogeneidade e reduz a viscosidade do sistema (SILVA; SANTOS; FERREIRA, 2006). Mas em meio

alcalino, pode-se solubiliza lá quando adiciona-se bicarbonato de amônio ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) ao meio (ANTONINO, 2007).

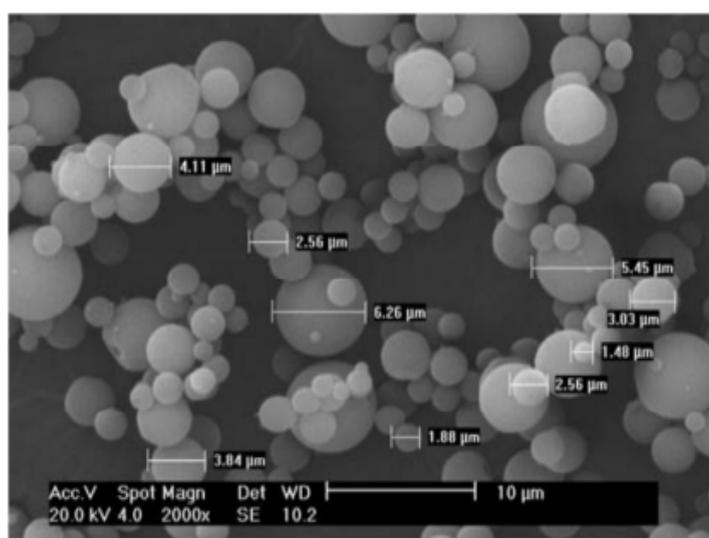
Ademais, cabe pontuar que a quitosana é um copolímero antialérgico, atóxico, biocompatível, biodegradável, anticolesterolêmico e apresenta propriedades coagulantes e analgésicas. (DIAS et al., 2013; NAKAMATSU, 2013; XING; ZHU; PENG, 2015). Por conta de suas propriedades, hodiernamente, tem se empregado a combinação entre quitosana, outros polímeros e materiais inorgânicos para produção de compósitos (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

### 3.5.3.1 Formas da quitosana

A quitosana dispõe de diversas vantagens e apresenta a possibilidade de ser preparada de inúmeras formas. Pode-se obter esse biopolímeros em forma de “pós, flocos, microesferas, nanopartículas, membranas, esponjas, colmeias, fibras e fibras ocas” (LARANJEIRA; VALFREDO, 2009). Para elevar sua estabilidade química e física, tem-se empregado a técnica de reticulação com distintos agentes de ativação (MENDES et al., 2011).

Na figura 20, produzida com o emprego do microscópio eletrônico de varredura, é possível observar microesferas de quitosana reticuladas obtidas mediante ao *spray drying*, consciente na transformação de um fluido em um material com características sólidas, atomizando-o em um meio de secagem quente. Por exibirem uma maior área superficial, em comparação às partículas em pó, as microesferas de quitosana acabam por melhor adsorverem os íons metálicos.

Figura 20 – Micrografia da quitosana reticulada com glutaraldeído.



Fonte: Vitali et al. (2008).

### 3.5.4 Caracterização físico-química da quitina e quitosana

O grau de desacetilação (GD) é um parâmetro que se refere a fração de grupos amino (-NH<sub>2</sub>) presentes na cadeia polimérica, juntamente com a massa molar, e assume grande importância para as características da quitosana em solução, além de desempenhar ampla influência nas propriedades físico-químicas desse biopolímero, tal como em suas possíveis aplicações (ARANAZ, et al., 2009).

Constata-se que os fatores centrais que influenciam as características das quitosanas obtidas, tal como a eficácia da desacetilação são respectivamente, concentração da solução de álcali e adição de diluente; temperatura e tempo de reação; razão quitina/álcali da reação; tamanho das partículas de quitina; pressão e presença de agentes que evitem a despolimerização. A caracterização é de fundamental importância para o delineamento de aplicações tecnológicas deste copolímero (CAMPANA et al., 2001; AZEVEDO et al., 2007; DASH et al., 2011).

Pode-se destacar como características centrais presente no conjunto de polímeros formado por quitina e quitosana, respectivamente: (a) o grau médio de acetilação, (b) o grau médio de polimerização, (c) a polidispersibilidade e (d) a distribuição de unidades acetiladas e desacetiladas no decorrer das cadeias poliméricas (ASSIS et al., 2008). O quadro 3 apresenta as características centrais que a quitosana é capaz de dispor dependendo do seu grau de desacetilação (TORRES et al., 2005; ARANAZ et al., 2009).

Quadro 3 – Relação entre as propriedades e os parâmetros estruturais da quitosana.

<b>Propriedades</b>	<b>Característica estrutural*</b>
Biodegradabilidade	↓GD ↓Peso molecular
Biocompatibilidade	↑GD
Solubilidade	↑GD*
Cristalinidade	↓GD
Viscosidade	↑GD

Fonte: Adaptado de Dash et al. (2011).

\*↑ = Diretamente proporcional a direção; ↓ = Inversamente proporcional a direção.

\*GD = Grau de desacetilação

### 3.5.5 Alternativas para o reaproveitamento da quitosana

Para além de uma estratégia de gerenciamento ambiental, o reaproveitamento de resíduos da atividade pesqueira (prospecção marítima, fluvial e aquicultura), apresenta-se de modo positivo para produção de quitina, quitosana e seus derivados. Principalmente por suas vantagens, sendo a grande disponibilidade de matéria e a viabilidade econômica, dado que é uma fonte de baixo custo e renovável, pois além de eliminar os resíduos oriundos dessa atividade, o custo final de produção é reduzido em mais de 50% (HUDSON; SMITH, 2013).

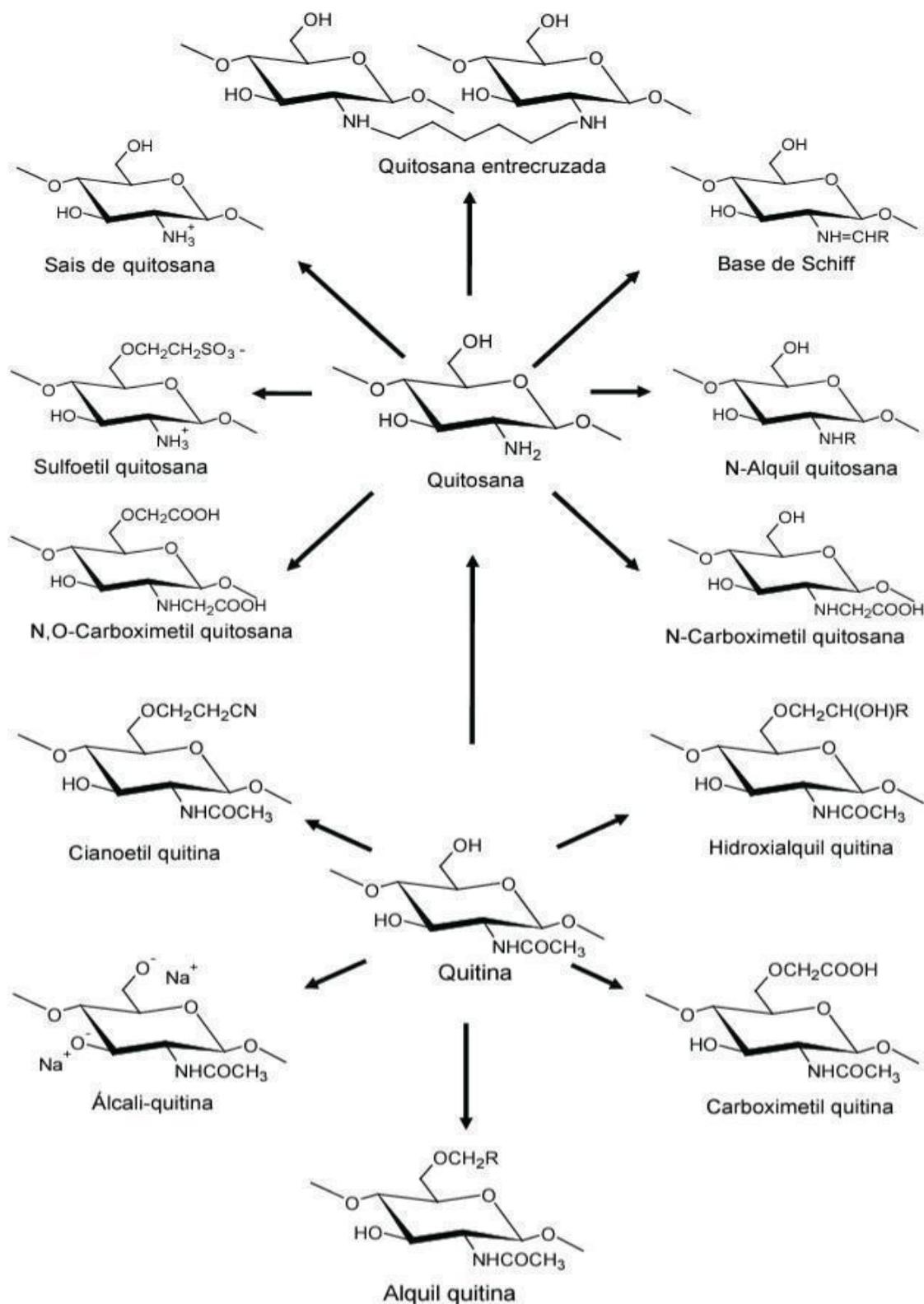
Hodiernamente, a quitosana tem atraído grande interesse devido às suas aplicações tecnológicas, tanto na indústria química, biomédica, alimentícia entre outras. Esse copolímero apresenta três tipos de grupos funcionais reativos, um amino e/ou acetamido e os grupos primário e secundário de hidroxila nos C-2, C-3 e C-6. Sendo que dispõe, igualmente, de propriedades físico-químicas como a floculação, quelação e biológica (MIRANDA, 2004).

Neste contexto, a quitosana vem sendo estudada a partir da variedade de aplicações, sendo um biopolímero biocompatível, biodegradável (TANADA et al., 2005), o qual possui propriedade antimicrobiana (BERGER et al., 2004), emulsificante (JAAFARI et al., 2001), capaz de atuar como quelante de metais – empregados no tratamento de efluentes (KHOR; LIM, 2003), bem como utilizada para formação gel (ASSIS; LEONI, 2003).

Sendo assim, a quitosana torna-se eficaz, sobretudo, para formação de filmes e membranas em soluções de caráter ácidos diluídas e distintas aplicações, dentre elas a formação de um filme semi-permeável ou gelatinosos, que pode ser empregado como envoltório protetor de alimentos (PARK; MARSH; RHIM, 2002; ASSIS; SILVA, 2003; CASARIEGO et al., 2008; 2009; GÓMEZ-ESTACA et al., 2010).

Ademais, cabe salientar que a variedade de aplicações se expande quando há inclusão dos derivados da quitina e quitosana (figura 21) por meio de algumas reações químicas, em que são adicionados distintos grupos funcionais às suas moléculas, assim conferindo diferentes propriedades e aplicações (DAMIAN, 2005; ZIVANOVIC; CHI; DRAUGHON, 2005; XIA et al., 2011).

Figura 21 – diferentes derivados da quitina e quitosana.

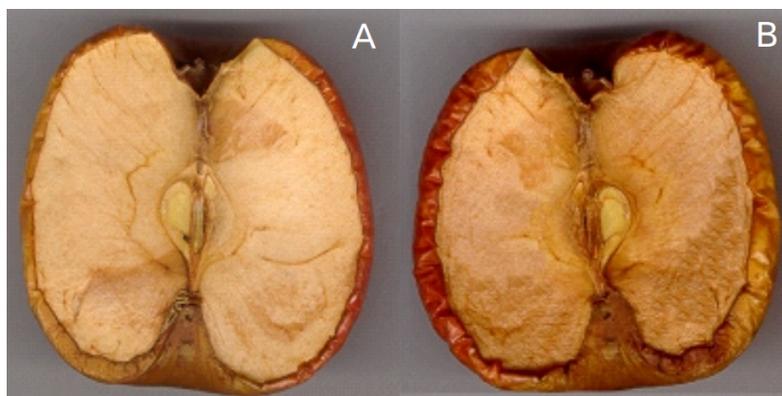


Fonte: Campana Filho et al. (2007).

Além do mais, analisa-se que as possibilidades de aplicações acabam por ser enriquecidas pelo emprego da quitosana, viabilizando a preparação de soluções de viscosidade controlada, géis, filmes e membranas, microesferas e nanopartículas (FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008; DASH et al., 2011). Igualmente, esse fator propicia outras aplicações, tais como no processo de recuperação de íons de metais pesados no tratamento de efluentes; cosméticos; empregos biotecnológicos e biomédicos (DOTTO et al., 2008; COCOLETZI et al, 2009).

No entanto, o aspecto relacionado à aplicação no ramo alimentício, a quitosana pode ser empregada no processo de obtenção de coberturas ideais para frutos frescos, em decorrência das suas propriedades bioquímicas, tais com a formação de barreira contra gases e a constituição de filmes, aliada à sua ação antimicrobiana (CAMILE et al., 2007). Devido à sua capacidade de formar revestimentos semipermeáveis, a quitosana pode modificar a atmosfera interna minimizando a senescência dos frutos e prolongando seu armazenamento, tal como na figura 22 (FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008).

Figura 22 – Aspecto da maçã após 3 dias do corte. (A) face revestida com filme à base de quitosana e (B) superfície sem o filme.



Fonte: Assis e Alves (2002).

As ações filmogênica, bactericida e fungicida da quitosana estão associadas a sua interação às organelas das estruturas membranares, de modo a garantir a destruição ou inibição desses microrganismos (KIM; SON IN-SOOK, 2004; ZIVANOVIC; CHI; DRAUGHON, 2005; OLIVEIRA; NUNES, 2011). Sendo que, esses atributos característicos dos géis de quitosana possibilitam que eles possam ser empregados como conservantes naturais alimentícios.

Deste modo, a preocupação com o fator da segurança alimentar vem gerando questionamentos, em especial, na agricultura moderna. Assim, promove uma elevada demanda pela produção orgânica, a qual contribui para a preservação dos agroecossistemas através da utilização adequada dos recursos naturais, como o emprego de polímeros naturais que apresentam vantagens tais como: simples obtenção, biocompatibilidade e biodegradáveis. Propiciando a geração de alimentos de maior qualidade, aspecto de vital importância para os avanços das ciências, econômicos e sociais (AZEVEDO et al., 2007; MAIA et al., 2010).

No contexto atual, emprega-se a quitosana como revestimento protetor e biofungicida para o processo de pulverização em frutas, vegetais e sementes, em que atua contra a deterioração por microrganismos. Em outros termos, busca-se proteger a planta contra ataques patogênicos, favorecendo assim o seu crescimento e conseqüentemente o aumento de sua produção. Para tanto, cabe pontuar que os Estados Unidos América, dispõe de um vasto registro de pesticidas à base de quitosana, sendo um dos países que mais emprega essa estratégia (RAMOS, et al., 2011).

Ademais, há duas propriedades farmacológicas da quitosana que, no presente, vêm sendo exploradas pela comunidade científica. Das quais, se tem o emprego como redutora de peso através da captura de gordura ingerida, tal como a capacidade de reduzir os níveis de colesterol LDL (*Low-Density Lipoprotein*), sem que a mesma afete de maneira significativa os teores de colesterol HDL (*High-Density Lipoprotein*) e outros nutrientes essenciais (CHEREM; BRAMOSRKI, 2008).

Constata-se que esse polissacarídeo amino desperta grande interesse para aplicações médicas e farmacêuticas, dado que uma das suas propriedades é de suma relevância para esse setor, ou seja, a sua biocompatibilidade com células humanas, acabam por viabilizar o seu emprego em diversas aplicações médicas, tais como bactericidas, membranas, anticoagulantes, transportadores farmacológicos, meios microbiológicos, entre outros. Cabe salientar que a quitosana é metabolizada por algumas enzimas humanas, sobretudo a lisozima, característica essa que atribui a biodegradabilidade a esse copolímero (BERGER et al., 2004).

Além disto, observa-se que por meio de sua capacidade de floculação, a quitosana com seus grupamentos amino quando protonados ( $\text{NH}_3^+$ ) é capaz de interagir com colóides carregados negativamente. Bem como apresenta a capacidade de aderência a outros polímeros naturais, assim como cabelo e pele, em que são constituídos por proteínas e mucopolissacarídeos que dispõe, igualmente, de cargas negativas. Neste enquadramento, é visto que a propriedade bioadesiva da quitosana trata-se de um atributo característico que a torna atraente para a aplicação em cosméticos, como cremes e loções (KUMAR, 2000).

Os biomateriais fundamentados a base de quitosana são constituídos a partir de uma classe emergente com relação aos fatores de aplicação em distintos âmbitos do campo biomédico, tais como: regeneração tecidual – particularmente para cartilagem; dispositivos de liberação controlada de fármacos e sistemas de imobilização de células em gel (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009; DASH et al., 2011). Sendo que essas aplicações têm sido tradicionalmente empregadas em países orientais, e que auxiliam no tratamento de queimaduras, na cicatrização de feridas, incluindo o processo de inibição de células tumorais, apresenta efeito antifúngico, atividade antiácida e antiúlcera, tal como ação hemostática e hipocolesterolêmica (DAMIAN et al., 2005).

Neste enquadramento, segundo Assis et al. (2007), as propriedades de biocompatibilidade e biodegradabilidade da quitosana possibilitam que a mesma seja empregue para cicatrização de fraturas ósseas, visto que com o passar do tempo acaba sendo substituída devido a regeneração óssea, acarretando em uma melhor recuperação. Igualmente, pode ser utilizada como revestimento curativo ou como suporte para crescimento de células e recuperação de tecido animal.

Além do mais, os polímeros de quitosana são constituídos por arranjos paralelos de pontes de hidrogênio que verificam propriedades mecânicas, com alta resistência a cargas, bem como estabilidade ao enxerto (SPIN-NETO et al., 2008). Por conta da sua versatilidade, a quitosana tem igualmente sido empregada para imobilizar, não somente enzimática, mas também em células, sobretudo pelo aprisionamento e confinamento de membranas (ARANAZ et al., 2009).

Constata-se que a imobilização de enzimas, por quitosana, para efetuação de biocatalisadores é de amplo interesse, dado que pode ser aplicada na biotransformação de proteínas, modificação de gorduras e óleos, tal como materiais lignocelulósicos, retirada de contaminantes em águas residuárias, síntese de compostos de elevado valor agregado utilizados nas indústrias alimentícia e farmacêutica, purificação de enzimas, geração de energia – promovido pela preparação de biossensores para medições *in situ* em águas residuárias – e quantificação de metabólitos produzidos pelo organismo humano no controle de enfermidades (MENDES et al., 2011).

Hodiernamente, observa-se estudos relacionados ao contexto ambiental, que envolve o emprego da quitina e quitosana, com aplicações voltadas aos sistemas de tratamento de água: na remoção de metais pesados, ácidos e corantes em sistema de tratamento de efluente de indústrias têxteis, remoção de  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  e  $Fe^{3+}$  de águas naturais e efluentes

industriais, bem como na recuperação de proteínas (SHAHIDI et al., 1999; BARROS et al., 2006).

Dada as suas propriedades únicas, a quitosana dispõe de uma ampla versatilidade de aplicações (quadro 4) nos mais diversos campos de estudo, assim viabilizando importantes desenvolvimentos científicos.

Quadro 4 – Quitosana e suas com aplicações.

Área	Utilização
Indústria de alimentos	Aditivos Alimentares; Nutrição Animal; Embalagens; estabilizante de aromas.
Indústria Farmacêutica	Agente cicatrizante; Aditivo; Controle de colesterol; Controle de drogas no organismo; lentes de contato; agente osteogênico; tratamento da artrite, ação analgésica; anti-inflamatório; atuação hemostática.
Indústria Biomédica	Biomembranas artificiais; sutura cirúrgica, pele artificial.
Indústria Cosmética	Umectante; Fungicida; Bactericida; base para produtos capilares e dermatológicos; Loções e cremes protetores; Produtos dentários; encapsulação de fragrâncias.
Indústria Têxtil	Tratamento de superfície.
Indústria de Biotecnologia	Imobilização de enzimas celulares; separação de proteínas; cromatografia; antibactericida; fortificação de fibras para papel.
Agricultura	Biocidas em sementes (revestimento); controlador de mobilidade de pesticidas; Fertilizantes; adsorvedor de metais pesados e corantes; Estabilizante de frutas e verduras perecíveis.
Tratamento de Efluentes	Agente de floculação.
Indústria de eletroeletrônicos	Vibradores para alto-falantes.

Fontes: Johnson, 2002; Antonino, 2007; Mendes et. al., 2011; Tavarina et. al., 2013; Alcântara, 2011; de Souza, 2016; Nakano, 2016.

### 3.5.6 Quitosana e o ensino de química

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) objetiva efetivar a integração do viés interdisciplinar e transdisciplinar no que tange o processo de ensino, de modo que, no documento as disciplinas que integram o campo das Ciências da Natureza (CN), tal como física, química, e a biologia, acabam por esta organizadas em um encadeamento uno, ou seja, representada em um único bloco (BRASIL, 2018).

No entanto, o advento BNCC gerou uma série de discussões no que se refere a educação no Brasil, visto que expôs, pela primeira vez, a concepção de competências e desenvolvimento de habilidades, alicerce esse que necessita ser desenvolvido por estágios no que concerne a educação básica, em outros termos, tem-se que essa organização objetiva o desenvolvimento integral do estudante.

Em outros termos, a BNCC busca superar a fragmentação disciplinar do conhecimento, objetivando o fomento de sua prática no mundo concreto, salientando a importância do contexto para gerar sentido ao que se aprende, tal como torna o estudante o principal autor de sua aprendizagem, isto é, protagonista da edificação de seu projeto de vida (BRASIL, 2018).

Constata-se, deste modo, que o conhecimento escolar necessita dispor de significado por meio da contextualização, bem como da concepção de transdisciplinaridade. Para tal, nesse aspecto a BNCC no que se refere às CN versa que:

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias [...] Significa, ainda, criar condições para que eles possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas. (BRASIL, 2018, p. 537-538).

Portanto, fundamentando por esses aspectos da BNCC referentes às CN, sobretudo a química, tem-se uma possibilidade no escopo da química para o emprego da quitosana como temática geradora de conhecimento contextualizado, em especial no campo da química orgânica, com enfoque em biopolímeros, mas é capaz de transitar entre inúmeros assuntos e conteúdos das CN. Além desta questão pode ser trabalhada em sala de aula o estudo das propriedades da quitosana, tal como a capacidade de gerar filmes transparentes biodegradáveis, que são capazes de ser utilizados como adesivos térmicos, bem como revestimentos de frutos (FELIPE et al, 2017).

De acordo com Felipe et al. (2017), filmes a base quitosana podem ser obtidos adicionando-se uma solução de quitosana 1% (massa/volume) em solução de ácido acético 1% (volume/volume) em placas de Petri de poliestireno. Sendo necessário que essas placas fiquem abertas até a secagem integral da solução e a geração do filme a base de quitosana, que posteriormente é capaz de ser retirado com certa facilidade da placa. Esses filmes podem ser empregados para revestir frutos, sendo uma boa alternativa de experimento, visto que se

pode efetuar uma comparação entre as frutas e o tempo de degradação, com e sem o filme a base de quitosana. Igualmente, o quadro 5, apresenta alguns conteúdos que podem ser tratados por intermédio dessa temática para o ensino de química.

Quadro 5 – Exemplos de assuntos que podem ser abordados através da temática da quitosana no ensino de Química.

Série	Conteúdo	Assunto
1ºano	Atomística	Estrutura e modelo atômico; História da evolução atômica; Configuração eletrônica.
	Notação dos elementos químicos	Átomos, moléculas e íons; Número atômico e de massa.
	Tabela periódica	Grupos e períodos da tabela periódica; Classificação dos elementos; Propriedades periódicas.
	Ligações químicas	Ligação glicosídica, covalente, coordenada, iônica.
2ºano	Reações químicas	Reação de decomposição, substituição, adição etc.
	Soluções	Classificação de soluções; Solubilidade e concentração das soluções.
	Equilíbrio Químico	Constante de equilíbrio: $K_c$ .
3ºano	Compostos orgânicos	Classificação dos átomos de carbono; Classificação de cadeias carbônicas.
	Funções orgânicas	Conceito, Classificação, fórmula geral e nomenclatura das funções; Grupos funcionais orgânicos.
	Polímeros	Polímeros naturais; Cadeia polimérica.

Fonte: Autoria própria (2022)

Deste modo, a quitosana como tema gerador propicia uma perspectiva contextualizada, cidadã e sustentável da obtenção e caracterização a partir do reaproveitamento de resíduos da indústria pesqueira e carcinicultura, esse biopolímero dispõem de elevado potencial de empregabilidade em áreas distintas. Assim sendo, é viável que os estudantes visualizem e compreendam a transdisciplinaridade que está presente na área de biotecnologia, atrelada ao enquadramento da sustentabilidade ambiental. E por meio desta temática pode-se fomentar a elaboração de práticas didático metodológicas no ensino de Química, direcionadas à formação de cidadãos críticos e modificadores das condições socioambientais correntes em nosso cotidiano (FELIPE et al., 2017).

Assim, em virtude do crescimento da atividade pesqueira e a expansão da indústria de beneficiamento de crustáceos, sobretudo de camarão, é de suma importância a busca por alternativas que almejam a diminuição de impactos ambientais oriundos do descarte dos resíduos produzidos por esse setor (FELIPE et al., 2017). Deste modo, o emprego da casca de camarão para geração de quitina e quitosana apresenta-se como uma possibilidade de baixo custo para o gerenciamento e o aproveitamento desses resíduos.

Por meio dessa temática é possível evidenciar a importância de um dos copolímeros estruturais mais fartos na natureza, tal como seu derivado, a quitosana. Essa macromolécula dispõe de características e propriedades singulares, que proporcionam uma versatilidade de aplicação em inúmeras áreas, que transitam da indústria química, biomédica, comerciais nos alimentos até o tratamento de efluentes, entre muitas outras áreas.

Por conseguinte, é possível observar a vultosa potencialidade que esse polissacarídeo apresenta para o desenvolvimento de pesquisas científicas em torno do seu emprego, sobretudo, partindo do reaproveitamento de resíduos oriundos da atividade pesqueira, alicerçada na sustentabilidade ambiental.

No que tange a contextualização do ensino de química, se tem o aspecto interdisciplinar, dado que por meio desta temática é possível capacitar o estudante a compreender, aplicar, analisar e avaliar o conhecimento científico no sentido de melhorar a qualidade de vida do corpo social. Objetivando assim a formação de cidadãos críticos, que busquem alterar as condições socioambientais presentes em nosso cotidiano.

## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser caracterizado epistemologicamente como qualitativo com contorno descritivo-bibliográfico, e empregou a sequência didática (SD) como metodologia de pesquisa sustentadas na Teoria Antropológica do Didático (TAD) (HENRIQUES, 2016).

### 4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA GERADOR QUITOSANA

Visando o levantamento de informações e referenciais sobre a temática abordada, realizou-se uma pesquisa qualitativa, que procurou destacar o reaproveitamento de resíduos da indústria pesqueira, sobretudo, de camarão para produção de quitina e quitosana. Para tanto, foi conduzido um levantamento bibliográfico, em que foram empregues descritores a fim de favorecer a busca por referências e simultaneamente, restringir o material a ser estudado com o tema tais como: “quitosana”, “quitina”, “resíduos da indústria pesqueira”, “biopolímero”, “ensino de química”.

Os estudos foram realizados mediante ao acesso em bases de dados como SciELO, Science Research e Google Acadêmico. Para tanto, foram selecionadas apenas as produções mais expressivas dispostas no período entre 1995 e 2020, que contemplam a utilização de informações sobre a extração, caracterização e aplicações, com enfoque no reaproveitamento de resíduos da atividade pesqueira (prospecção marítima, fluvial e aquicultura), sobretudo do processamento de camarão, da quitosana. Dado que a busca não se restringiu somente a produções em português, mas em inglês. Após a seleção, foi realizada uma leitura completa das obras, sendo estas, livros, sites, artigos científicos, dissertações e teses. Sendo consideradas apenas publicações que mencionam, de modo direto, a palavra quitosana e que apresentavam esse termo no título, com intuito de organizar as informações e elaborar uma pesquisa conclusiva.

### 4.2 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Objetivando incentivar a aplicação pelos professores da SD proposta, foi estruturado um material didático autoral intitulado “Reaproveitamento de resíduos de camarão para produção de quitina e quitosana: uma proposta didática para o ensino e aprendizagem de funções orgânicas suleada pela perspectiva da educação ambiental crítica”, que conduz ao

educador uma proposta metodológica para o ensino do conteúdo de funções orgânicas em turmas do EM, numa abordagem contextualizada e transdisciplinar deste conteúdo, apresentando como alicerce a temática do reaproveitamento dos resíduos de camarão.

Ademais, para além da SD proposta, o material didático autoral dispõe de um texto introdutório que apresenta aspectos relacionados à indústria pesqueira, reaproveitamento de resíduos de camarão, produção de quitina e quitosana entre outros aspectos, e busca traz à luz informações importantes que podem auxiliar o educador na aplicação da SD. Embora o material seja direcionado prioritariamente a educadores, se optou pelo emprego de um layout visualmente atrativo igualmente aos estudantes, de modo que o material, sobretudo o texto introdutório, possa ser empregado como fonte de consulta por eles, quando da aplicação da SD pelo educador.

#### 4.3 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A SD foi elaborada para ser aplicada em aulas da disciplina de química a partir do diálogo com a educação ambiental crítica, abrangendo os fatores de sustentabilidade, bem como os aspectos relacionados à temática central "quitosana", de modo que seja implementado através do eixo da química orgânica em turmas do 2º e/ou de 3º ano do Ensino Médio, sendo dividida em 4 encontros de 2 aulas cada, em outros termos, abrangendo cerca de 50 minutos cada, totalizando 8 aulas. Para tanto, propõe-se o desenvolvimento da SD no formato presencial. As atividades propostas são divididas em quatro estágios, as quais são identificadas por: 1º encontro, 2º encontro, 3º encontro e 4º encontro, no qual encontra-se no quadro 6, presente no tópico intitulado Sequência Didática na página. 93, sendo que o mesmo contém a divisão de atividades, objetivos e recursos utilizados em cada momento de aula.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção dispõe os resultados e discussões envolvidos no trabalho. São inicialmente apresentados os resultados do desenvolvimento da proposta de sequência didática para o ensino de funções orgânicas a partir da temática quitosana.

### 5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conforme apresentado no Quadro 6 a SD proposta engloba distintas metodologias de aprendizagem, possibilitando uma maior interação dos estudantes com o ensino de química e a contextualização da temática com as suas vivências. Dentre as estratégias adotadas, destaca-se o emprego de um jogo didático, aplicativo educacional, texto complementar e a realização de aulas interativas, assim motivando e despertando o interesse dos alunos.

Quadro 6 – Descrição dos encontros envolvidos na SD proposta.

Encontro	Título	Objetivos	Recursos/materiais
I	Sustentabilidade: um quintal de ideias	Introduzir a problematização do descarte da indústria pesqueira, processamento de camarão, os impactos, a destinação, o reaproveitamento e emprego para produção de quitina e quitosana	Quadro branco e/ou slides, computador, texto complementar, roda de conversa e material impresso
II	Quitina e Quitosana: às moléculas do futuro	Abordagem dos aspectos socioambiental, econômica e tecnológica dessas moléculas, suas aplicações no cotidiano e a introdução de funções orgânicas por meio dessa temática	Quadro branco, slides e material impresso
III	Química Orgânica na Quitina, Quitosana e derivados	Abordagem dos principais grupamentos funcionais orgânicos por meio da quitina, quitosana e derivados, pela estruturação das moléculas	Quadro branco e/ou slides, computador, KingDraw Chemical Structure Editor e Jogo
IV	Reunindo Conceitos	Confecção de um mural coletivo, pautado na EAC, capaz de retratar as interfaces trabalhadas ao longo dos encontros	Computador e/ou Smartphones, Quadro entre outros materiais

Fonte: Autoria própria (2022)

## 5.2 PRIMEIRO ENCONTRO: SUSTENTABILIDADE - UM QUINTAL DE IDEIAS

Nesse encontro, é realizada uma abordagem inicial do conteúdo a ser desenvolvido na SD, pautada na contextualização do setor da atividade pesqueira, enfatizando sobre a destinação de resíduos de camarão e as implicações socioambientais em decorrência, por vezes, do aterramento de modo clandestino ou despejo em recursos hídricos (lagos, rios e mares). Tal cenário gera uma série de problemáticas, dada a sua potencialidade de contaminação, sobretudo pelos elevados percentuais de macronutrientes, tais como fósforo e nitrogênio, proveniente do acúmulo na natureza desses resíduos, que propiciam alterações na teia alimentar, favorecendo a eutrofização, promovendo a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água, suscitando a redução da biodiversidade, tal como atraindo vetores.

Desse modo, pretende-se evidenciar a classificação destes materiais, sua destinação, os responsáveis legais por meio da implementação da ABNT NBR 10004/2004 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, marcos para sociedade brasileira, em que buscam meios para atenuar as mazelas relacionadas ao tratamento desses resíduos.

Para tanto, com a ascensão de um novo paradigma, isto é, do desenvolvimento sustentável, e com a integração das normas acima, se faz necessário o desenvolvimento de hábitos que objetivem o consumo sustentável, visando a mitigação de impactos socioambientais, tal qual o desenvolvimento econômico e social. Assim, nesse contexto, surgem algumas as estratégias que podem ser empregues para atenuar esses impactos, tal como para agregar valor a esses resíduos de camarão, tendo como opção a recuperação de alguns constituintes, em especial a quitina, biopolímero que dá origem a quitosana.

Assim, com o objetivo de possibilitar ao aluno uma abordagem com caráter motivador e dinâmico do conteúdo, propõe-se o emprego de alguns recursos, tais como: texto complementar, projetor e discussão em grupo, conforme representado no quadro 7.

Quadro 7 – Detalhamento das atividades do 1º encontro.

<b>Atividade</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Ferramentas</b>
Recepção dos estudantes e exposição do conteúdo	40	Quadro branco e/ou slides
Leitura de texto complementar	15	“Resíduos de Camarão, Agenda 2030 e ODS”
Discussão do texto complementar	15	Formato de roda de conversa
Atividades diagnóstica / fixação	30	Material impresso

Em um primeiro momento sugere-se que o professor faça a aplicação de uma rápida atividade diagnóstica, posteriormente, o mesmo deve problematizar junto aos estudantes a questão do setor pesqueiro, sobretudo do processamento de crustáceos, enfatizando a geração de resíduos sólidos por essa área, em especial do camarão. Pontuando os seus impactos socioambientais e repercussões.

Posteriormente, deve discorrer sobre a ABNT NBR 10004/2004 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, expondo a classificação desses resíduos (camarão), estabelecendo a diferenciação entre lixo, resíduo e rejeito, tal como evidenciar as medidas legais estabelecidas por lei para o transporte, armazenamento e destinação final, bem como as responsabilizações por toda e qualquer ação oriunda desses dejetos. Para tanto, a partir dessa abertura, propõe-se inserir a questão da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Desenvolvimento Sustentável, tal como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Assim, nessa configuração, deve-se abordar a questão das diferentes estratégias que são capazes de mitigar tais problemáticas, principalmente por meio do reaproveitamento desses resíduos, pela extração de alguns constituintes, sobretudo a quitina.

Posteriormente a primeira aproximação, sugere-se a leitura de um texto complementar com o intuito de trabalhar a questão da sustentabilidade atrelada aos resíduos de camarão, material esse que será empregue como embasamento para uma discussão em grupo, propiciando interações diversas entre os estudantes e professor – em uma perspectiva discente~docente~aprendente.

Concluída essa etapa, faz-se necessária uma atividade de fixação, sendo esta um questionário que conecta aspectos do cotidiano do aluno com a temática a ser tratada, ou seja, o reaproveitamento de resíduos de camarão, igualmente no material consta um espaçamento destinado para o aluno redigir um texto, de 7 a 10 linhas, sobre qual é a relação dos resíduos com a química e o seu cotidiano

Por meio das das estratégias e recursos sugeridos para este encontro, é de se esperar que os alunos sejam capazes de compreender a relevância dessa temática, bem como saber dimensionar os impactos oriundos da destinação inadequada desse material, tal como a importância de buscar o reaproveitamento desses constituintes, visando tantos os aspectos socioambientais, econômicos e tecnológico, sobretudo pela produção de quitina e quitosana.

### 5.3 SEGUNDO ENCONTRO: QUITINA E QUITOSANA - ÀS MOLÉCULAS DO FUTURO

No segundo encontro, inicia-se a abordagem do conteúdo associado a obtenção da quitina e quitosana por meio do reaproveitamento dos resíduos de camarão, bem como da sua relevância socioambiental, econômica e tecnológica. Por conseguinte, entre as estratégias empregadas para diminuição dos impactos ambientais e a agregação de valor dos resíduos de camarão, está a extração da quitina e posteriormente a quitosana. O detalhamento desse encontro apresenta-se no quadro 8.

Quadro 8 – Detalhamento das atividades do 2º encontro.

<b>Atividade</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Ferramentas</b>
Recepção dos estudantes	5	–
Explicação da obtenção e emprego da quitina e quitosana	30	Exposição no quadro branco e/ou slides
Introdução sobre funções orgânicas	40	Exposição no quadro branco e/ou slides
Atividade de fixação	25	Material impresso

Fonte: Autoria própria (2022).

Nesse cenário, o professor deve evidenciar aos estudantes que o exoesqueleto do camarão constitui uma ótima alternativa para produção desses biopolímeros, mediante o seu reaproveitamento. Dado que o descarte desses resíduos acaba por ocorrer de maneira sustentável, visando a redução de danos ambientais.

Sendo assim, o educador pode apresentar aos estudantes quais são os meios para obtenção de quitina, proveniente das cascas de camarões, pontuando que estes rejeitos apresentam demais componentes, tais como proteínas, lipídios, pigmentos e sais minerais. Deste modo, por intermédio dessa questão pode-se destacar a separação destes constituintes, e os processos envolvidos, sobretudo o mais usual, o qual engloba três etapas, sendo a desmineralização, desproteínização e despigmentação. Sendo que essas etapas são aplicadas para eliminar, na devida ordem, os sais minerais, as proteínas e os pigmentos dos resíduos para extração da quitina.

Concluída essa etapa, o professor pode adentrar na obtenção da quitosana, gerada por meio da reação de desacetilação da quitina em elevadas temperaturas. Sendo que, este

processo pode ocorrer por meio de duas vias, ou seja, por ação enzimática (quitinases), tal como a atuação de microrganismos e por intermédio da hidrólise alcalina.

Estabelecida essa interface entre os resíduos de camarão, sua obtenção e a sustentabilidade, o professor é capaz de introduzir para os estudantes algumas das inúmeras aplicações da quitina e quitosana, sobretudo por conta de sua versatilidade e características como atoxicidade, biocompatibilidade, biodegradabilidade entre outras, portanto sendo empregue em distintas áreas.

Assim sendo, por meio dessa temática pode-se introduzir brevemente o estudo de funções orgânicas e nomenclatura através da quitina e quitosana, utilizando alguns de seus grupamentos funcionais, tais como hidroxila (-OH) e amino (-NH<sub>2</sub>), almejando uma maior contextualização do conteúdo. E de forma a complementar o estudo das funções orgânicas e reforçar a aprendizagem dos estudantes é proposto o emprego de uma atividade de fixação que é composta por uma lista de exercício, bem como o emprego de uma atividade de palavra cruzada com termos trabalhados ao longo desse encontro, que transitam desde a geração de resíduos, impactos, produção de quitina e quitosana, bem como algumas funções orgânicas.

#### 5.4 TERCEIRO ENCONTRO: QUÍMICA ORGÂNICA NA QUITINA, QUITOSANA E DERIVADOS

No terceiro encontro da SD propõe-se uma breve revisão sobre as principais funções orgânicas, sobretudo as nitrogenadas e oxigenadas, dando continuidade ao encontro anterior. Para tanto, sugere-se a realização das atividades propostas e a utilização das ferramentas listadas no quadro 9.

Quadro 9 – Detalhamento das atividades do 3º encontro.

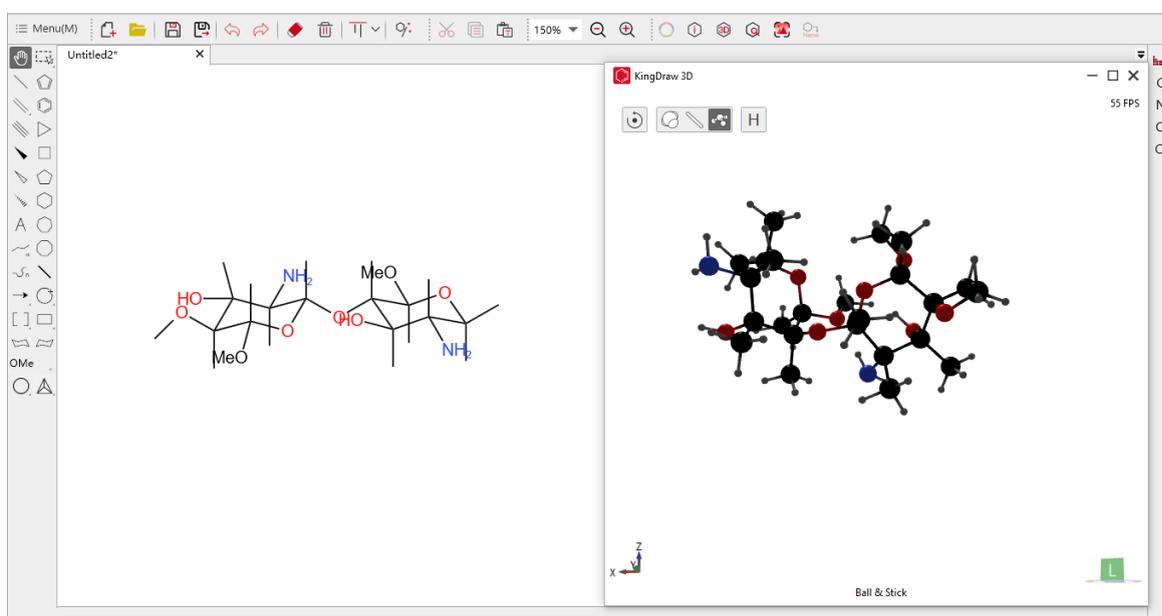
<b>Atividade</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Ferramentas</b>
Recepção dos estudantes	5	–
Revisão de funções orgânicas	20	Exposição no quadro ou slides
Estruturação das moléculas da quitina, quitosana, derivados, e identificação de seus grupamentos funcionais	45	Projetor, computador e/ou celular e/ou table e KingDraw Chemical Structure Editor
Aplicação do jogo Quit's	30	Jogo

Fonte: Autoria própria (2022).

Em um primeiro momento, com objetivo de relembrar os estudantes sobre as principais funções orgânicas e as nomenclaturas, propõe-se uma breve revisão, buscando a massificação da compreensão desses conceitos básicos. Dando continuidade a esse encontro, tem-se o emprego de dois recursos didáticos.

O primeiro recurso didático empregado será o aplicativo “King Draw Chemical Structure Editor”(figura 23), tendo como objetivo promover a construção de estruturas de moléculas de quitina, quitosana, sobretudo dos seus derivados, em 3D, tal como a identificação de alguns seus grupamentos funcionais e diferenciação das nomenclaturas dados a esses compostos.

Figura 23 – Aplicativo para construção e representação de estruturas da quitina, quitosana e derivados.

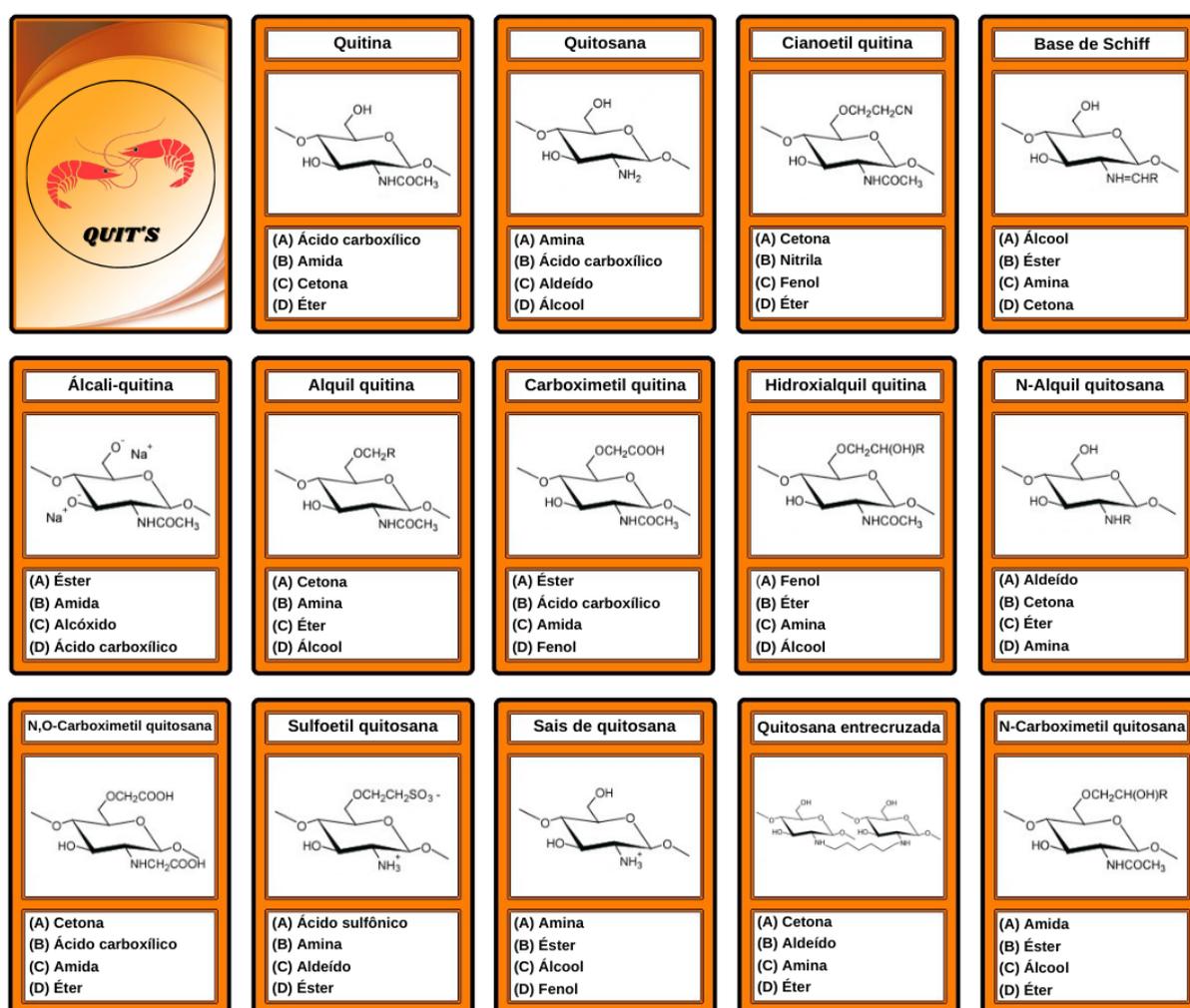


Fonte: King Draw Chemical Structure Editor (2022).

Assim, o aplicativo será proposto com o objetivo de promover a compreensão sobre esse conteúdo. No qual será empregado pelos alunos, com o intuito de possibilitar uma aprendizagem que supere as dificuldades do ensino de química, visto que trata-se de uma disciplina amplamente abstrata, dado que necessita recorrentemente que educadores e estudantes estejam imaginando situações práticas de conceitos abstratos de uma representação microscópica, entre os quais tem-se a organização das moléculas no espaço (arranjo tridimensional), a distribuição de seus grupamentos funcionais e ligações químicas. Deste modo, busca-se uma harmonia nesse aspecto para assimilação do conteúdo, almejando um processo de aprendizagem eficiente.

O segundo recurso didático será a implementação do jogo da memória intitulado “Quit’s” (figura 24), no qual tem como intuito a identificação das funções orgânicas, através de uma atividade dinâmica que busca a experimentação entre os participantes. Uma vez que esta metodologia empregada busca promover a motivação dos discentes, de modo que, possibilite facilitar o processo de aprendizagem, visto que a utilização do uso de jogos abrange uma alternativa para o ensino, em outros termos, uma estratégia pedagógica que desperta o interesse através da proposta.

Figura 24 – Representação do Jogo Quit’s.



Fonte: Autoria própria (2022).

Descrição e regras do jogo:

- O jogo será disputado por em duplas;
- O jogo conterà 14 pares de cartas;

- As duplas devem encontrar os respectivos pares das cartas;
- Cada dupla terá 60 segundos para identificar ao menos duas funções presente nas moléculas e devem apontar onde elas estão na estrutura da molécula;
- Se uma das duplas localizar um par de cartas, identificar e apontar onde está situada ao menos duas funções ela obterá 10 pontos;
- Caso a dupla não identifique e aponte sua localização ao menos duas funções, passará a vez para a outra dupla, que caso nomeie corretamente os grupamentos e aponte sua localização terá direito a 5 pontos;
- Na hipótese da segunda dupla não souber responder, passará a vez para primeira dupla que se identificar um grupamento obterá 2,5 pontos, caso contrário, a segunda dupla terá o direito de tentar reconhecer ao menos um grupamento, acertando obterá 1,5 pontos;
- Se após essa alternância nenhum dos grupos souber responder, tem-se que o grupo que encontrou o par de cartas ganhará 1 ponto;
- A dupla que apresentar a maior pontuação vence a partida.

Assim, por meio do jogo da memória, objetiva-se a retenção dos conteúdos trabalhados. Nesse quadro, Matias, Nascimento e Sales (2017), argumentam que o emprego de jogos no âmbito do ensino de química, contribui para a diversidade de benefícios no contexto da aprendizagem do estudante, pois auxilia na estruturação, promovendo uma atividade mais dinâmica, prazerosa e divertida, com isso, desperta o interesse pelo aprender, através do alcance ao final do jogo.

Desta forma, constata-se que este trabalho tem relevância para o contexto da sala de aula, pois a inserção dos recursos alternativos, bem como as metodologias alternativas no ambiente escolar, possibilita a compreensão de maneira eficaz na prática o que foi desenvolvido na teoria, com isso, promove a estimulação do entendimento e importância da disciplina de química para o cotidiano.

Assim, a proposta visa possibilitar a inovação das aulas de química, de maneira que contribua para o incentivo dos docentes no que tange o aspecto de recursos alternativos para o processo de ensino e aprendizagem, de modo que enriqueça o ensino das escolas da rede pública. Nesse contexto, observa-se que a inserção das novas metodologias no sistema de ensino, promove a contribuição de um ensino diferenciado, em outros termos, que garanta a motivação dos alunos e o interesse pelo aprendizado.

## 5.5 QUARTO ENCONTRO: REUNINDO CONCEITOS

No quarto encontro da SD propõe-se, como modo de interação de todo conteúdo abordado, a confecção de um mural coletivo, pautado na perspectiva da educação ambiental crítica, que seja capaz de retratar as interfaces entre a geração e destinação inadequada dos resíduos de camarão, os impactos socioambientais oriundos desse material, as estratégias empregadas para o reaproveitamento desses resíduos, as aplicações tecnológicas da quitina, quitosana e derivados, tal como a conexão destas com a química orgânica, em especial os seus grupamentos funcionais, sendo de extrema importância ressaltar quais relações que essa temática tem com seu cotidiano e suas ligações com a Agenda 2030 e aos ODS. Assim, sugere-se a realização de atividade e a utilização dos recursos didáticos listados no quadro 10.

Quadro 10 – Detalhamento das atividades do 4º encontro.

<b>Atividade</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Ferramentas</b>
Recepção dos estudantes	5	–
Proposta do Professor	5	–
Discussão de ideias e pesquisa entre os alunos	15	Computador e/ou celular e/ou tablet
Confecção de Mural coletivo	50	Cartolinas; pilotos; lápis de cor, régua entre outros materiais que estejam disponíveis
Apresentação coletiva do Mural	20	–
Discussão coletiva e elaboração de uma nuvem de palavras	10	Quadro ou celular e/ou tablet e/ou computador

Fonte: Autoria própria (2022)

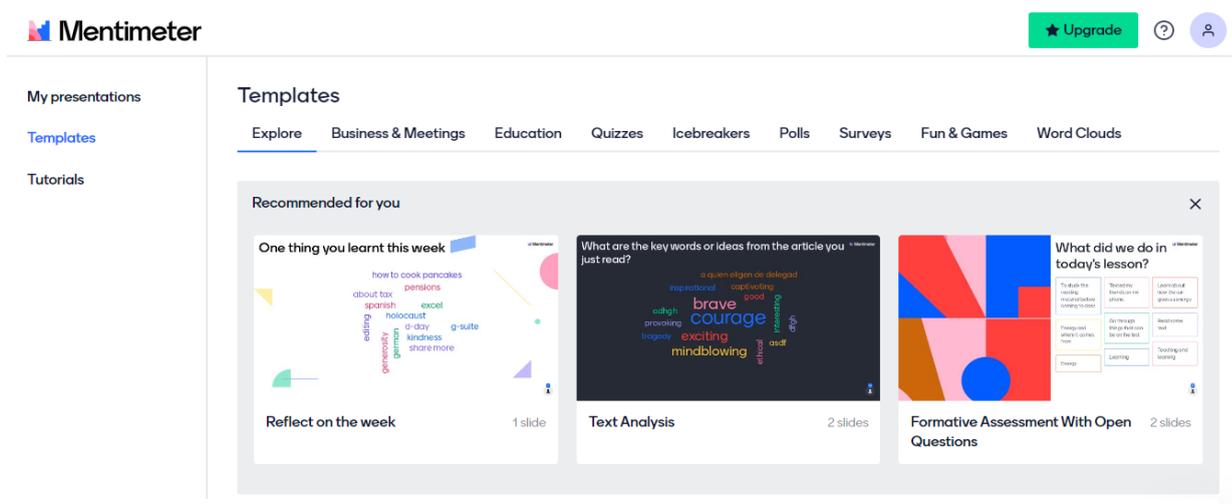
Deste modo, inicialmente o educador deve expor a proposta para os alunos, bem como fornecer um tempo para discussão de como será construído esse mural; como serão abordadas as questões solicitadas; para organização entre os próprios estudantes, isto é, na delegação de tarefas para montagem do mural entre outros pontos.

Fornecido esse espaço para o estabelecimento da organização a turma terá 50 minutos para confecção do mural coletivo. Sendo que esta ação acaba por ser uma ferramenta didática extremamente versátil, sendo um espaço de compartilhamento das produções, onde se pode valorizar as criações da turma.

Após a produção do mural, deve-se solicitar uma apresentação coletiva da produção pela turma, essa ação contribuirá para formar integralmente os estudantes. Dado que por intermédio dessa proposta os alunos experienciaram a troca de ideias e vivências, entrando em contato com percepções distintas das suas, tal como a edificação conjunta do conhecimento, desenvolvimento do senso de cooperação, construção de tolerância em relação às limitações, habilidades próprias e alheias, bem como incentivar à reflexão. Ademais, cabe-se pontuar que todo esse espectro é parte integrante da perspectiva discente~docente~aprendente.

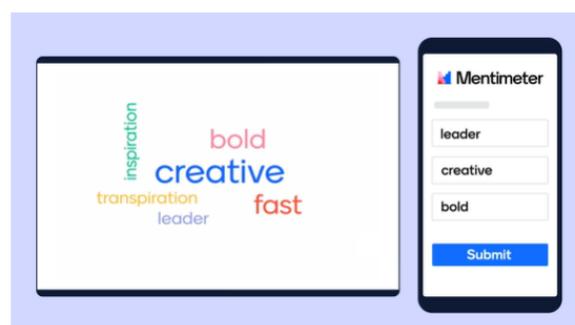
Concluída essa etapa, propõe-se o emprego da plataforma *online* “Mentimeter” para criação (figura 25), de modo interativo, de uma nuvem de palavras (figura 26), sendo esta uma representação visual da frequência das palavras trabalhadas ao longo dos encontros, mas caso o educador não possa empregar esse recurso, digitalmente, o mesmo poderá utilizar o próprio quadro branco para fazer uma nuvem de palavras de forma coletiva.

Figura 25 – Interface da plataforma Mentimeter.



## Crie apresentações únicas

- Use uma ampla variedade de slides interativos para fazer perguntas, obter feedback e conectar-se com seu público.
- Crie apresentações em minutos, adicione um quebra-gelo perspicaz ou encontre outras maneiras criativas para envolver seu público!



Fonte: Mentimeter (2022).



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da temática da quitina, quitosana e reaproveitamento dos resíduos de camarão é possível desenvolver a contextualização, tal como a integração dos conteúdos de química com as distintas disciplinas do Ensino Médio, assim construindo conexões com diferentes assuntos do cotidiano, de modo a possibilitar um maior interesse e motivação dos alunos pelo estudo da química. Sendo assim, é possível demonstrar a relevância destes copolímeros naturais.

Por tratar-se de uma temática atual, e que apresenta relevância com o cotidiano dos estudantes, a abordagem da quitosana, oriunda do reaproveitamento dos resíduos de camarão, no ensino de química é capaz de contribuir de modo significativo para compreensão, assim como a assimilação dos distintos conteúdos desta disciplina, pois é considerado um tema que engloba diferentes campos, tais como social, educacional, sanitário, tecnológico, ambiental e econômico, bem como em diversas outras disciplinas além da química, sendo viável uma abordagem transdisciplinar.

Deste modo, o emprego do reaproveitamento dos resíduos de camarão para produção de quitina e quitosana acaba sendo uma temática oportuna e de suma relevância para construção de uma perspectiva contextualizada, cidadã e sustentável do estudante, no âmbito da disciplina de química.

Além disso, como a SD proposta abrange a realização de atividades diversas, dentre elas atividades de fixação, jogo didático, emprego de recursos virtuais, tais como KingDraw e Mentimeter, compreende-se que a aplicação futura desses meios apresentará a possibilidade de uma abordagem mais motivadora e instigante do conteúdo, sobretudo de funções orgânicas, além de auxiliar no desenvolvimento do senso crítico, tal como o pilar argumentativo dos alunos, dado que envolve a temática de importância social, econômica e ambiental.

Por fim, a abordagem da temática, quitina, quitosana e reaproveitamento de resíduos de camarão em diálogo com Educação ambiental crítica, no ensino de química, apresenta como enfoque o desenvolvimento de indivíduos críticos, responsáveis, sustentáveis, solidários, pautados na justiça social, que buscam o enfrentamento, a resolução de problemas, bem como a transformação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ABCC. **Produção Brasileira de Camarão Marinho Cultivado por Estado: dados reais de 2016 a 2019.** 2020. Disponível em: < <https://abccam.com.br/wp-content/uploads> >. Acesso em: 11 ago. 2022.
- ALCÂNTARA, L. O. **Avaliação de Propriedades de Superfície de Revestimentos Aplicados à Filés de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Camarão (*Litopenaeus vannamei*).** 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia de Recursos Naturais, Fortaleza, 2015.
- ALCÂNTARA, S. R. C. **Utilização de quitosana como biocida na agricultura em substituição aos agrotóxicos.** 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. João Pessoa, 2011.
- ALTRÃO, F.; NEZ, E. Metodologia de Ensino: um re-pensar do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Panorâmica On-Line**, Barra do Garças – MT, v. 20, p. 83-113, 2016.
- AMORIM, M. A. C.; SOUSA, A. B.; SARMENTO, E. C. D. Importância dos temas transversais para o Ensino de Química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 58<sup>o</sup>, 2018, São Luís – MA. **Anais [...]**. São Luís: Centro de Eventos Paulo Freire da Universidade Federal do Maranhão, 2018. Disponível em: < <http://www.abq.org.br/cbq/2018/trabalhos/6/1224-26330.html> >. Acesso em: 5 jun. 2022.
- ANDRADE, V.S.; BARROS, N.B., FUKUSHIMA K., CAMPOS-TAKAKI, G.M. Effect of medium components and time of cultivation on chitin production by *Mucor circinelloides* (*Mucor javanicus* IFO 4570) – A factorial study. **Revista Iberoamericana de Micologia**, v. 20, p.149-153, 2003.
- ANJOS-SANTOS, L. M.; LANFERDINI, P. A. F.; CRISTOVÃO, V. L. L. Dos saberes para ensinar aos saberes didatizados: uma análise da concepção de sequência didática segundo o ISD e sua reconcepção na revista Nova Escola. **Linguagem em (Dis)curso**, v. 11, n. 2, p. 377-400, 2011.
- ANTONINO, N. A. **Otimização do Processo de Obtenção de Quitina e Quitosana de Exoesqueletos de Camarões Oriundos da Indústria Pesqueira.** 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica). Departamento de Química – Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Química, Paraíba, João Pessoa, 2007.
- AQUINO, L. F. **Biorremediação de sedimentos de manguezal contaminados com n-hexadecano por consórcio de actinobactérias imobilizado em esferas de quitosana.** 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

ARANAZ, I.; MENGÍBAR, M.; HARRIS R.; PAÑOS, I.; MIRALLES, B.; ACOSTA, N.; GALED, G.; HERAS, Á. Functional Characterization of Chitin and Chitosan. *Current Chemical Biology*, v. 3, n. 2, p. 203-230, 2009.

ARRAIS, A. A. M.; BIZERRIL, M. X. A. A Educação Ambiental Crítica e o pensamento freireano: tecendo possibilidades de enfrentamento e resistência frente ao retrocesso estabelecido no contexto brasileiro. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 145–165, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.14295/remea.v37i1.10885> >. Acesso em: 26 jun. 2022.

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches en Didactique de Mathematiques**. França, v. 9, n. 3, p. 245-308, 1988.

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas. Instrumentação Agropecuária, São Carlos/SP. **Comunicado Técnico - Embrapa**. n. 49, p. 5, 2002.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Processo básico de extração de quitinas e produção de quitosana a partir de resíduos da carcinicultura. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, Embrapa v.14, n.1, p. 91-100, 2008.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M.; NOVAES, A P. Avaliação do efeito cicatrizante da quitosana por aplicação tópica em ratos. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, documentos, P. 16, 2007.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana: Ação biofungicida sobre frutas fatiadas. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 30, p. 33-38, 2003.

ASSIS, O. B. G.; SILVA, V. L. Caracterização estrutural e da capacidade de absorção de água em filmes finos de quitosana processados em diversas concentrações. **Polímeros**, São Carlos, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 223-228, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004: Classificação de Resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, V. V. C.; CHAVES, S. A.; BEZERRA, D. C.; FOOK, M.V. L.; COSTA, A. C. F. M. Quitina e Quitosana: Aplicações Como Biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processo**, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.

BACHELARD, G. A Formação do Espírito Científico: Contribuições para uma psicanálise do conhecimento, 9. ed., **Contraponto**: Rio de Janeiro, 1996.

BACKES, D. S.; COLOMÉ, J. S.; ERDMANN, R. H.; LUNARDI, V. L. Grupo focal como técnica de coleta e análise de dados em pesquisas qualitativas. **O Mundo da saúde**, São Paulo: v. 35, n. 4, p. 438-442, 2011.

BARBOZA, R. S.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SILVA, C. R. S. S. A importância do trabalho colaborativo e transdisciplinar na educação a distância. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14024-14034, 2020.

BARRETO, C. S. G.; REIS, M. B. F. Educação inclusiva: do paradigma da igualdade para o paradigma da diversidade. **Revista Polyphonia**, v. 22, n. 1, p. 19-32, 2011.

BARROS, F. C. F.; CAVALCANTE, R. M.; CARVALHO, T. V.; DIAS, F. S.; QUEIROZ, D. C.; VASCONCELLOS L. C. G.; NASCIMENTO, R. F. Produção e caracterização de esfera de quitosana modificada quimicamente. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 7, n. 4, 2006.

BERGER, J.; REIST, M.; MAYER, J.M.; FELT, O.; GURNY R. Structure and interactions in chitosan hydrogels formed by complexation or aggregation for biomedical applications. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 57, n. 1, p. 35-52, 2004.

BESSA-JUNIOR, A. P.; GONÇALVES, A. A. Análises econômica e produtiva da quitosana extraída do exoesqueleto de camarão. **Actapesca**. v. 1, n. 1, p. 13-28, 2013.

BIGGS, J. **Aligning Teaching and Assessment to Curriculum Objectives**, (Imaginative Curriculum Project, LTSN Generic Centre). Disponível em: < <https://s3.eu-west2.amazonaws.com> >. Acesso em: 24 out. 2022.

BONINI, Roberta Santos. **Carcinicultura**: problemas de saneamento que podem desestabilizar a atividade: estudo de caso no Rio Grande do Norte. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BOURSCHEIT, A. **Desrespeitar a política de segurança é uma marca dos 100 dias de governo Bolsonaro**. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/reportagens> >. Acesso em: 23 de ago. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução CNE/CEB nº 2. Brasília, 2012. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br> >. Acesso em: 4 junho. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei 9.795/1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm) > . Acesso em: 09 de nov. 2022.

BRASIL. Lei Federal 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) >. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.612, de 13 de abril de 2012. **Declara o educador Paulo Freire patrono da educação brasileira**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/) >. Acesso em: 20 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC> >. Acesso em: 11 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

CAHÚ, T. B.; SANTOS, S. D.; MENDES, A.; CÓRDULA, C. R.; CHAVANTE, S. F.; CARVALHO Jr., L. B.; NADERB, H. B.; BEZERRA, R. S. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste. **Process Biochemistry**. v. 47, n. 4, p. 570-577, 2012.

CAMILI E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinérea*. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215-221, 2007.

CAMPANA-FILHO, S. P., SIGNINI, R.; CARDOSO, M. B. Propriedades e Aplicações de Quitosana. **Revista Processos Químicos**, v. 1, n. 2, p. 9-20, 2007 Disponível em : < <https://doi.org/10.19142/10.19142/rpq.v01i02.p09-20.2007> >. Acesso em: 20 set. 2022

CAMPANA-FILHO, S. P.; BRITTO, D.; CURTI, E.; ABREU, F. R.; CARDOSO, M. B.; BATTISTI, M. V.; SIM, P. C.; GOY, R. C.; SIGNINI, R.; LAVALL, R. L. Extração, Estruturas e Propriedades de  $\alpha$  e  $\beta$  quitina. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2007.

CAMPANA-FILHO, S. P.; CAVALHEIRO, É. T. G.; SANTOS, J. E.; SOARES, J. P.; DOCKAL E. R. Caracterização de Quitosanas Comerciais de Diferentes Origens. **Polímeros: ciências e tecnologia**, v. 13, n. 4, p. 242-249, 2003.

CAMPANA-FILHO, S. P.; SIGNINI, R. Efeito de Aditivos na Desacetilação de Quitina. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 169-173, 2001.

CANELLA, K. M. N. C.; GARCIA, R. B. (2001). Caracterização de quitosana por Cromatografia de Permeação em Gel-Influência do método de preparação e do solvente. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 13-17, 2001.

CAPELLINI, V. L. M. F.; MENDES, E. G. **História da Educação Especial: em busca de um espaço na história da educação brasileira**. UNESP/Bauru, 1995.

CARDOSO, K. K. **Interdisciplinaridade no ensino de química: uma proposta de ação integrada envolvendo estudos sobre alimentos**. 2014. 68 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Exatas), Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

CARVALHO, I. C. M. **A invenção ecológica: narrativas e trajetórias da educação ambiental no Brasil**. UFRGS, Porto Alegre: Universidade, 2001.

CARVALHO, I. C. M. **Em direção ao mundo da vida: interdisciplinaridade e educação ambiental / Conceitos para se fazer educação ambiental – Brasília : IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas**, 1998.

CARVALHO, I. **Movimentos sociais e políticos de meio ambiente: a educação ambiental onde fica**. In: Cadernos do III Fórum de educação ambiental. SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; BRAGA, T. (orgs.) São Paulo: Gaia, 1995.

CASARIEGO, A.; SOUZA, B. W. S.; CERQUEIRA, M. A.; TEIXEIRA, J. A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R.; VICENTE, A. A. Chitosan/clay films' properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles' concentrations. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1895-1902, 2009.

CASARIEGO, A.; SOUZA, B. W. S.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R. Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1452-1459, 2008.

CHACON, E. P; BORGES, M. N; SOARES H. L. B. N; COTELO, P. F. S. M. Ensino de química: água e suas implicações na qualidade de vida. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 9, n. 19, p. 281-291, 2016.

CHASSOT, A. I. **Catalisando transformações na educação**. 3 ed. Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 1995. Disponível em: < <http://periodicos.uea.edu.br/index.php> >. Acesso em: 25 out. 2022.

CHEREM, A. R.; BRAMORSKI, A. Excreção de gordura fecal de ratos (*Rattus norvegicus*, Wistar), submetidos a dietas hiperlipídicas e hipercolesterolêmicas suplementadas com quitosana. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 4, p. 701-706, 2008.

CHEVALLARD, Y. **Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique**. In: L'UNIVERSITE D'ETE, 1998, p. 91-118. Actes de l'Université d'été La Rochelle. Clermont-Ferrand, France: IREM, 1998.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Lyon, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

CHEVALLARD, Y. Enseñar Matemáticas en la Sociedad de Mañana: Alegato a favor de un contraparadigma emergente. **Journal of Research in Mathematics Education**, online, v. 2, n. 2, p. 161-182, 2013.

CHEVALLARD, Y. Introducing the Anthropological Theory of the Didactic: an attempt 94 at a principled approach. **Hiroshima Journal of Mathematics Education**, Hiroshima, v. 12, p. 71-114, 2019.

CHEVALLARD, Y. Some sensitive issues in the use and development of the anthropological theory of the didactic. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 13-53, 2020.

COCOLETZI, H. H.; ALMANZA E. Á.; AGUSTIN, O. F.; NAVA, E. L.V.; CASSELLIS, E. R. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. **Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales**. v. 22, n. 3, p. 57-60, 2009.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Tradução de "Our common future". 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONCEIÇÃO, J. S.; DOS SANTOS, J. F.; SOBRINHA, M. C. A. M.; OLIVEIRA, M. A. R.; **A importância do planejamento no contexto escolar**, 2016. Disponível em: < <https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads> >. Acesso em: 12 out. 2022.

COOPER, A. F. S. C.; DOS ANJOS, M. B. Sequência Didática como Produto Educacional: em foco os recursos audiovisuais e a educação ambiental crítica. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 10, n. 2, p. 236-245, 2020.

CRAVEIRO, A. A.; CRAVEIRO, A. C.; QUEIROZ, D. C. **Quitosana**: a fibra do futuro. Parque de desenvolvimento Tecnológico – PADETEC, 2 ed., 2004.

DAMIAN, C.; BEIRÃO L. H.; FRANCISCO, SANTO, A.; M. L. P. E.; TEIXEIRA, E.; Quitosana: Um Amino Polissacarídeo com Características Funcionais. **Alimento e Nutrição**. v. 16, n. 2, p. 195-205, 2005.

DANCZUK, M. **Eletrólitos sólidos poliméricos à base de quitosana. 2007**, Dissertação. (Mestrado em Ciências na área de Físico-Química) – Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos. São Carlos, SP: 2007.

DASH, M.; CHIELLINI, F.; OTTENBRITEB, A. R. M.; CHIELLINI E. Chitosan-A versatile semi-synthetic polymer in biomedical Applications. **Progress in Polymer Science**. v. 36, p. 981-1014, 2011.

DE ARAÚJO, Y. M.; PINHEIRO, J. M. L.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; da SILVA, C. R. S.; Determinação e elucidação do conceito de calor específico de álcoois. **Anais da I Jornada da Rede Rio de Ensino de Química**, Rio de Janeiro, 2018.

DEBOER, G. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. IN: FLICK, L.D., LEDERMAN, N. G. **Scientific inquiry and nature of science**: Implications for teaching, learning and teacher education. Netherlands: Springer, 2006.

DELEZUK, J. A. M. **Desacetilação de Beta-Quitina Assistida por Ultra-Som de Alta Intensidade**: Estudo dos Efeitos da Amplitude e do Tempo de Irradiação e de Temperatura de Reação. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DIAS, K. B.; SILVA, D. P.; FERREIRA, L. A.; FIDELIS, R. R.; COSTA, J. L.; SILVA, A. L. L.; SCHEIDTET, G. N. Chitin and chitosan: Characteristics, uses and production current perspectives. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.3, p.184-91, 2013.

DOS SANTOS, I. T.; SANTOS-JUNIOR, A. A.; ROCHA, A. R.; SILVA, C. R. S.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; Uso de um jogo para trabalhar conceitos de termodinâmica no ensino superior. **Anais da I Jornada da Rede Rio de Ensino de Química**, Rio de Janeiro, 2018.

DOTTO, G. L.; GREVINELI, A. C.; OLIVEIRA, A.; PONS, G.; PINTO, L. A. A. Uso de Quitosana como Filme Microbiológico para o Aumento da Vida Útil de Mamão Papaia. **XVII Congresso de Iniciação Científica. X Encontro de Pós – Graduação**, 2008.

DOUADY, R. **L'Ingénierie Didactique**. Cahier de DIDIREM, Paris, v. 2., n. 19, 1993.

DUMITRIU, S. **Polysaccharides**: Structural Diversity and Functional Versatility. 2° Ed. Nova York: CRC Press, 2004. 1224 p.

DUTTA, P. K.; DUTTA, J.; TRIPATHI, V. S. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 63, p. 20- 31, 2004.

D'AMBROSIO, U. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 1997.

EITERER, C. L.; BARBOSA, G. C. M. Ensino de química e projetos interdisciplinares: o que dizem os professores. **Quaestio - Revista De Estudos Em Educação**, v. 23, n. 3, p. 645-661, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.22483/2177-5796.2021v23id3954> >. Acesso em: 21 de set. 2022.

FAI, A. E. C; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista iberoamericana de polímeros**. v 9, n. 5, 2008.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome. Disponível em: < <https://doi.org/10.4060/ca9229en> >. Acesso em: 03 jun. 2022.

FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade de professores. **Revista do Centro da Educação em Letras da Unioeste**, v. 10, n. 1, pp. 93-103, 2008.

FELIPE, L. O.; RABELLO, L. A.; JÚNIOR, E. N. O.; SANTOS, I. J. B. **Quitosana: da Química Básica à Bioengenharia**. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 4, 2017.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015> >. Acesso em: 11 out. 2022.

FILIPE, F. A.; SILVA, D. S.; COSTA, Á. C. Uma base comum na escola: análise do projeto educativo da Base Nacional Comum Curricular. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 112, p. 783-803. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0104-40362021002902296> >. Acesso em : 14 nov. 2022.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2005.

FOLEIS, B. L. M.; ISHIBA, L. F. L.; LIU, A. S.; JUNIOR P. M. O tratamento de água no contexto do ensino de química. **Sinergia**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 70-73, 2016. Disponível em: < <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/80> >. Acesso em: 12 jun. 2022.

FRANCO, L. O.; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, N. P.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. **Revista Analytica**, v. 4, n. 14, p. 40-44, 2005.

FREIRE, A. M. A. O legado de Paulo Freire à Educação Ambiental, In: NOAL, F. O.; BARCELOS, V. H. L. (orgs.). **Educação ambiental e cidadania: cenários brasileiros**. Santa Cruz do Sul, RS: EDUNISC, 2003.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação - uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. 3 ed. São Paulo: Centauro, 2001.

FREIRE, P. **Educação e mudança**. 12 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FREIRE, P. **Educação na Cidade**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 1995.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 9 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz na Terra, 1987.

FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Quim. Nova**, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.

GHISLENI, T. S.; BECKER, E. L. S.; DE SALLES CANFIELD, G. Lifelong Learning e sua Contribuição para o Ensino Emancipatório. Saber Humano: **Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti**, v. 10, n. 16, 2020.

GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ DE LACEY, A.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; MONTERO, P. Biodegradable gelatine-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. **Food Microbiology**, v. 27, p. 889-896, 2010.

GORTARI, M. C.; HOURS, R. A. Biotechnological processes for chitin recovery out of crustacean waste: A mini-review. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 16, 2013.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Physics faculty and educational researchers: Divergent expectations as barriers to the diffusion of innovations. **American Journal of Physics**, online, v. 76, n. 1, p. 79-91, 2008.

HENDERSON, C.; DANCY, M. Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, online, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2007.

HENDERSON, C. The challenges of instructional change under the best of circumstances: a case study of one college physics instructor. **American Journal of Physics**, online, v. 73, n. 8, p. 778-786, 2005. Disponível em: < <https://doi.org/10.1119/1.1927547> >. Acesso em: 05 nov. 2022.

HENNIG, E. L. **Utilização de quitosana obtida de resíduos de camarão para avaliar a capacidade de adsorção de íons  $Fe^{+3}$** . 2009. f. 73. Dissertação (Mestrado em Química Tecnológica e Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande-RS, 2009.

HENRIQUES, A. Análise Institucional & Sequência Didática como Metodologia de Pesquisa. *In*: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE DIDÁTICA DA MATEMÁTICA, I., 2016, Bonito. **Anais [...]**. Bonito, 2016.

HENRIQUES, A. Saberes Universitários e as suas relações na Educação Básica: Uma análise institucional em torno do Cálculo Diferencial e Integral e das Geometrias. **Editora Via Litterarum**, Ibicará-Bahia, 2019.

HUDSON, S. M.; SMITH, C. Polysaccharides: Chitin and Chitosan: Chemistry and Technology of Their Use As Structural Materials. *In*: KAPLAN, D. L. (ed.). Springer Science & Business Media. **Biopolymers from Renewable Resources**. Cap. 4, p. 96-118, 2013.

IPEA. Agenda 2030: ODS – metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Brasília: IPEA, 2018.

JAAFARI, K.; ELMALEH, S.; COMA, J.; BENKHOUSA, K. **Equilibrium and kinetics of nitrate removal by protonated cross-linked chitosan**. *Water SA*, v. 27, n. 1, p. 9-13, 2001.

JENSEN, J. L.; BAILEY, E. G.; KUMMER, T. A.; SCOTT WEBER, K. S. Using Backward Design in Education Research: A Research Methods Essay. **Journal of Microbiology & Biology Education**, v. 18, n. 3, p. 1-6, 2017. Disponível em: <<https://journals.asm.org/doi/epdf/10.1128/jmbe.v18i3.13672017>>. Acesso em: 20 out. 2022.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research. **Dordrecht: Springer**. p.179-200, 2008.

JOHNSON, H. M. Market Outlook in the International Fish & Seafood Sector Alternative Products/Uses and Food Safety Issues. [S. l.]: **H. M. Johnson and Associates**. n. 3, 2002.

JUBILUT, L. L.; LOPES, R. O.; GARCEZ, G. S.; FERNANDES, A. P.; SILVA, J. C. J. **Direitos humanos e vulnerabilidade e a agenda 2030**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2020.

KHOR, E.; LIM, L.Y. Implantable applications of chitin and chitosan. **Biomaterials**, v. 24, n. 13, p. 2339-2349, 2003.

KHUN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 3 ed. Trad Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1990.

KIM, M.; SON IN-SOOK. Evaluation of microbiological, physicochemical and sensory qualities of Chitosan tofu during storage. **Journal of Food Quality**. v. 27, p. 27-40, 2004.

KINGDRAW. Professional chemical structure editor. **KingDraw**, 2022. Disponível em: <<http://www.kingdraw.com/indexen?name=index>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

KOLLING, D. **Como a transdisciplinaridade se manifesta no Ensino de Ciências e Matemática na licenciatura em pedagogia EAD**. 2017. 67 f. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC - RS, 2017.

KUMAR, M. N. V. R. A review of chitin and chitosan applications. **Reactive and Functional Polymers**, v. 46, p. 1-27, 2000.

LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T. Quitosana: Biopolímero funcional com potencial industrial biomédico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 672-678, 2009.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e matemática no Ensino Médio. **Ciências & Educação**, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LAYRARGUES, P. P. Educação ambiental com compromisso social: o desafio da superação das desigualdades. In: LOUREIRO, C. F. B (org.) **Repensar a educação ambiental: um olhar crítico**. São Paulo: Cortez, p. 11-31, 2009.

LAYRARGUES, P. P. LIMA, G. F. C. As macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**. v. 17, n. 1, p. 23-40, 2014. < <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n1/v17n1a03.pdf> >. Acesso: 06 nov. de 2022.

LAYRARGUES, P. P. Quando os ecologistas incomodam: a desregulação ambiental pública no Brasil sob o signo do Anti-ecologismo. **Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**, 2018. Disponível em: < <https://periodicos.unb.br/index.php/rp3/article/view/16812> > . Acesso: 06 nov. de 2022.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LERTSUTTHIWONG, P.; HOW, N C.; CHANDRKRACHANG, S.; STEVENS, W. F. Effect of Chemical Treatment on the Characteristics of Shrimp Chitosan. **Journal of Metals, Materials and Minerals**. v. 12 n. 1 p. 11-18, 2002.

LIM, L. Y.; WAN, L. S. C. Heat treatment of chitosan films. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, v. 21, p. 839-846, 1995.

LIMA, G. F. C. **Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis**. Educação e Pesquisa, v. 35, n. 1, p. 145-163, 2009. < <http://www.scielo.br/pdf/ep/v35n1/a10v35n1.pdf> >. Acesso: 06 nov de 2022.

LUCENA, M. M. A.; FREIRE, E. M. X. Percepção Ambiental e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) em Região Semiárida: Estado da arte e perspectivas. **Anais do I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido - CONADIS**. João Pessoa PB: Realize Editora, 2018.

LUFT, E. **Sobre a coerência do mundo**. São Paulo: Record, 2005.

MACEDO, E. **As demandas conservadoras do movimento escola sem partido e a Base Nacional Curricular Comum**. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 38, n. 139, p. 507-524, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/es0101-73302017177445> >. Acesso em: 23 de nov. 2022.

MAIA, A. E.; ROCHA, A. S.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SOUSAS, C.; Jogo didático sobre energias renováveis como legado discente~docente~aprendente. **Revista Scientiarum História**, v. 2, 2019.

MAIA, A. E. **O emprego de metodologias ativas de ensino a partir do tema gerador energia**. Rio de Janeiro, 2020. 163 f., Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

MAIA, A. J.; BOTELHO, R. V.; FARIA, C. M. D. R.; LEITE, C. D. Ação de quitosana sobre o desenvolvimento de Plasmopara viticola e Elsinoe ampelina, in vitro e em videiras cv. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 203-209, 2010.

MATIAS, F. S.; NASCIMENTO, F. T.; SALES, L. L. M. Jogos lúdicos como ferramenta no ensino de Química: teoria versus prática. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 1, n. 2, p. 452-464, 2017.

MATSUI, M. **Correlações entre estrutura química, superestrutura macromolecular e morfologia das blendas e redes poliméricas à base de quitina e poliuretano**. 2007. 136 f. Tese (Doutorado Engenharia e Ciências dos Materiais ) – Universidade Federal do Paraná, Pós-graduação em engenharia, Área de concentração: Engenharia e Ciências dos materiais, Setor de tecnologia. Curitiba, 2007.

MEDINA, N. M. **A formação de multiplicadores em educação ambiental**. In: PEDRINI, A.G. (Org.). O Contrato Social da Ciência, unindo saberes na Educação Ambiental. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002, p. 69-90.

MENDES, A. A.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F.; GIORDANO, R. L. C. Aplicação de quitosana como suporte para a imobilização de enzimas de interesse industrial. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 831-840, 2011.

MENEGOLLA, M. SANT'ANNA, I. M. **Por que Planejar? Como planejar? Currículo, área, aula**. 16 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

MENTIMETER: **Interactive presentation software**, 2022. Disponível em: < <https://www.mentimeter.com/pt-BR> >. Acesso em: 24 de nov. 2022.

MICHAELIS – **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, (Dicionários Michaelis). 2259 p.,2018.

MIRANDA, M. E. S.; **Caracterização físico-química, bioquímica, microscópica e sensorial da Ncarboximetilquitosana em solução e filme**. 2004. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2004.

MISSIATTO, L. A. F.; SILVA, L. G.; CARVALHO, F. R.; DENES, D. M.; MISSIATTO, H. M. A Colonialidade nas Políticas Ambientais do Governo Bolsonaro e a inversão dos Órgãos de Defesa do Meio Ambiente. **MARGENS - Revista Interdisciplinar, Dossiê Margens, Poder e Insurgência na América Latina**. Versão Digital – ISSN: 1982-5374, v. 15, n. 24. p. 85-102, 2021.

MOURA, C.; MUSZINSKI, P.; SCHMIDT, C.; ALMEIDA J.; PINTO, L. A. A. **Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto**. Vetor, v. 16, p. 37-45, 2006.

MOURA, C. M. **Avaliação da reação de desacetilação da quitina e estudo da secagem de pellets de quitosana para a aplicação em filmes poliméricos**. 2008. 105 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2008.

MOURA, R. S. D.; Alteridade e responsabilidade: a interrupção da solidão do Il y a a hipóstase como emancipação do eu-cidadão que busca na presença do outro a configuração ética do estado de direito. **Revista de Estudos Jurídicos UNESP**, v. 17, p. 1-20, 2013.

MPB, Movimento Pela Base. **Monitoramento da implementação do Novo Ensino Médio**, 2021. Disponível em: < <https://movimentopelabase.org.br> >. Acesso em 23 nov. de 2022.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ameaça ao bem-estar humano e à saúde do planeta. **Nações Unidas**, 2022. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/173693-mudancas-climaticas> >. Acesso em: 21 de out. 2022.

MUENCHEN, C. **A disseminação dos três momentos pedagógicos**: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS. 2009. 272 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**. v. 7, n. 1, 2007.

MUZZARELLI, R. A. A. Deacetylation of chitin. Chitin. **Elsevier**: Cap. 3, p. 96, 2013.

NAKAMATSU, J. La quitosana. **Revista de Química**, v. 26, n. 1, p. 10-2, 2013.

NAKANO, F. P. **Obtenção de microesferas quitosana/taninos extraídos da casca de Eucalyptus urograndis para utilização piloto na tratabilidade físico-química de água bruta com turbidez entre 100-110 NTU**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo. Lorena, 2016.

NERY, A. Modalidades organizativas do trabalho pedagógico: uma possibilidade In: BEAUCHAMP, J. PAGEL, S. D. NASCIMENTO, A. R. (Org.). **Ensino fundamental de nove anos: orientações para a inclusão da criança de seis anos de idade**. 2a ed. Brasília: MEC/SEB, p. 109-135, 2007.

NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 1999.

NIFANT'EV, N. E.; CHERNETSKII, V.N. **Mendeleev Chem**. J. 1998.

NUNES, R.; VIANA, A.; SON, C.; BRUM, L.; OLIVEIRA, L.; COSTA, H. Aproveitamento de Resíduos de Pescado na Região dos Lagos: Uma Questão Ambiental. **Revista Saúde, Corpo, Ambiente & Cuidado**, v. 1, n. 1, p. 58-70, 2013.

OLIVEIRA, L. A. **Educação Ambiental Crítica**: Círculos de Cultura na Formação Continuada Docente. 2019. 178 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2018.

OLIVEIRA, B. P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; TAMIASSO-MARTINHON, P. Confeção de um jogo de roleta: uma maneira divertida de fixar conceitos de termodinâmica. **Anais da I Jornada da Rede Rio de Ensino de Química**, Rio de Janeiro, 2018.

OLIVEIRA, B. S.; NUNES, M. L. Avaliação de quitosana de caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) como biofilme protetor em caju. **Scientia Plena**. v. 7, p. 4, 2011.

ONU. Guia sobre desenvolvimento sustentável: 17 objetivos para transformar o nosso mundo. **Organização das Nações Unidas**, 2015. Disponível em: < [https://www.instituto-camoes.pt/images/ods\\_2educacao\\_web\\_pages.pdf](https://www.instituto-camoes.pt/images/ods_2educacao_web_pages.pdf) >. Acesso em: 23 de out. 2022.

PADILHA, P. R. **Planejamento Dialógico**: Como construir o projeto político pedagógico da escola. São Paulo: Ed. Cortez, 2001.

PARK, S.Y.; MARSH, K.S.; RHIM, J.W. Characteristics of different molecular weight chitosan films affected by the type of organic solvents. **Journal Food Science**, v. 67, n. 1, p. 104-197, 2002.

PARRA, N. Planejamento de currículo. **Revista Nova Escola**. n. 5, 1972.

PAULINO, A. T. **Produção de Adsorventes não-Convencionais e Aplicação na Remediação de Água e Efluentes Industriais**. 2008, 181 f. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, 2008.

PAVINATTO, A. **Efeitos de Características Estruturais da Quitosana Sobre sua Interação com Filmes de Langmuir como Modelo de Biomembrana**. 2009. 105 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PERETTI, L. COSTA, G. M. T. Sequência didática na matemática. **Rei – Revista de Educação do Ideau**, Bage, Semestral, v. 8, n. 17, p.1-14, 2013

PETER, M. G. Applications and environmental aspects of chitin and chitosan. **Journal of Macromolecular Science**. Pure and Applied Chemistry, v. 32, p. 629-640, 1995.

PIMENTEL, G. C.; TAVARES, Y. V.; SOARES, M. M.; SOUZA, C. O.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SOUSA, C.; SILVA, N. AL. Relato discente~docente~aprendente: reflexões sobre atividades de iniciação científica desenvolvimentistas em 2020 / Relatório discente~docente~aprendizagem: reflexões sobre as atividades de iniciação científica desenvolvidas em 2020. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50344-50364. Disponível em: < <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30048> >. Acesso em: 23 de out, 2022.

PINTO, L. A. A. Quitina e Quitosana obtidas de rejeitos de pescado e aplicações no tratamento de efluentes. In: Gonçalves, A. A. (Ed.). **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo: Atheneu. Cap. 4.8, p. 435-444, 2011.

POMBO, O. Interdisciplinaridade: conceitos, problemas e perspectivas. In.: POMBO, O. (Org.). **A Interdisciplinaridade: reflexão e experiência**. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa, p. 8-14, 1993.

PRABU, K.; NATARAJAN, E. Bioprospecting of shells of crustaceans. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do Desenvolvimento Humano 2019. **Além do rendimento, além das médias, além do presente: Desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI**. Nova York: PNUD, 2019. Disponível em: < <https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr2019ptpdf.pdf> >. Acesso em: 12 de ago. 2022.

RAMALHO, A. L. O.; CORDEIRO, Y.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SOUSA, C.; Elaboração de um jogo didático para o ensino de termodinâmica. **Anais da I Jornada da Rede Rio de Ensino de Química**, Rio de Janeiro, 2018.

RAMOS, L. R. B.; STAMFORD, T. C.; MONTENEGRO, STAMFORD, N. P. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**. v. 12, p. 4, 2011.

Revista da ABCC, Edição Digital – Ano XXIII N. 3 – Junho de 2021. Disponível em: < <https://abccam.com.br/2021/07/revista> >. Acesso em: 04 jun. 2022.

RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. **Progress in Polymer Science**. RINGSDORF, H. A Moment of Reflection: Sixty Years After the Nobel Prize for Hermann Staudinger. In: PERCEC, V. (ed.). v. 31, n. 7, p. 603-632, 2006.

ROBERTS, G. A. F. **Chitin Chemistry**, Macmillan, London, v. 14, n. 3, p. 166-169, 1992.

ROCHA, I. D. P.; RODRIGUES, J. A. A carcinicultura brasileira em 2003. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, n. 6, p. 1, 2004.

ROCHA, L. K. S. **Produção de quitosana a partir da fermentação da casca de camarão**. 2016. 63 f. Monografia. (Graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2016.

ROCHA. A. S.; LOPES. E. G. M.; PAZUTTI. L. V. B.; VITAL, N. A. A.; TAMIASSO-MARTINHON. P.; SOUSA. C. Planejamento Pedagógico Reverso Aplicado ao Experimento “Método da Fronteira Móvel”. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, p. 621-634, 2021. Disponível em: < <https://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20210034> >. Acesso em: 21 ago. 2022.

ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R. D.; BORGES, R. M. R. Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica. Porto Alegre: **Edipucrs**, 2007.

ROCHA GOMES, S. R.; AGUIAR, J. C. S. **Por** uma educação ambiental crítica no contexto escolar: reflexões a partir das representações dos alunos. **Revista Monografias Ambientais**, v. 18, n. 12, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.5902/2236130838391> > . Acesso em: 21 de out. 2022.

ROS, A. C. La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. **Revista Educación Química**, v.12, n.1, p. 07-17, 2001.

SALDANHA, T. C. B.; NETA, M. S. S.; WEBER, K. C. A abordagem de medicamentos e automedicação em aulas de química no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, XVI., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: XVI ENEQ, 2012.

SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinariedade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. **Rev. Bras. Educ.** ISSN 1413-2478, vol.13, n.37, p.71-83, 2008.

SANTOS, A. G.; SANTOS, C. A. P. A inserção da educação ambiental no currículo escolar. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v. 15, n. 1, p. 369-380, 2016.

SANTOS, A. H.; DOS SANTOS JÚNIOR, B.; DE OLIVEIRA SANTOS, A. O ensino de química e a metodologia temas geradores: uma análise comparativa entre dois métodos aplicados ao ensino de química com dois educadores parceiros. **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, v. 9, n. 1, 2016.

SANTOS, C. M.; FREITAS, J. L. M. Contribuições da teoria antropológica do didático na formação de professores de matemática. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v. 13, p.51-66, 2017.

SANTOS, J. E.; DOCKAL, E. R.; CAVALHEIRO, E. T. G. Synthesis and characterization of Schiff bases from chitosan and salicylaldehyde derivatives. **Carbohydrate Polymers**. v. 60, p. 277–282, 2005.

SANTOS, J. E.; SOARES, J. P.; DOCKAL, E. R.; CAMPANA-FILHO, S. P.; CAVALHEIRO, E. T. G. Caracterização de Quitosanas Comerciais de Diferentes Origens. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 4, p. 242-249, 2003.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química**. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANTOS JUNIOR, J. **Aproveitamento do resíduo do processamento do camarão (Litopenaeus vannamei) no desenvolvimento de um novo produto**. 2018. 75 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2018.

SEGURA, D. S. B. **Educação Ambiental na Escola Pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica**. São Paulo: Annablume/FAPEESP, 2001.

SHAHIDI F.; ARACHCHI, J. K. V. ; JEON, YOU-JIN. Food applications of chitin and chitosans. **Trends in Food Science & Technology**. v. 10, p 37-51, 1999.

SILVA, A. D. L.; VIEIRA, R. E.; FERREIRA, P. W. Percepção de alunos do ensino médio sobre a temática conservação dos alimentos no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo cinética química. **Educação Química**, v. 24, n. 2, p. 44-48, 2013.

SILVA, D. M. SOUZA, E. D. A importância da transdisciplinaridade na formação de professores de química licenciatura. *In*: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás (CEPE/UEG): Ciência para redução de desigualdades, V, 2018, Goiás. **Anais eletrônicos [...]** Goiás: Open Journal Systems , 2019.

SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.

SILVA, J. A. Direito Ambiental Constitucional. **Editora Malheiros**, São Paulo. 2007, p. 86.

SILVA, N. M. R.; SILVA, W. D. A.; PAULA, N. L. M. O ensino de química frente à experimentação: conhecendo diferentes realidades. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 2, p. 70-78, 2016. Disponível em: < <http://www.journals.ufrpe.br> >. Acesso em: 29 set. 2022.

SIPAVICIUS, B. K. A.; SESSA, P. S. A Base Nacional Comum Curricular e a área de Ciências da Natureza: tecendo relações e críticas. **Atas de Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 7, p. 03-16, 2019.

SOLOMONS, T. W. GRAHAM, 1934 – **Química Orgânica**, 8ª. ed. v. 2:/ T.W. GRAHAM SOLOMONS, CRAIG B. FRYHALE; tradução de Robson Mendes Matos; revisão técnica Délio Soares Raslan - Rio de Janeiro: LTC. 2006.

SORRENTINO, M.; PORTUGAL, S. Escolas na transição para sociedades sustentáveis. In: DOURADO, J.; BELIZÁRIO, F.; PAULINO, A. **Escolas Sustentáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SOUKI, Z. **Alegoria**: a linguagem do silêncio. *Mediação*, n. 5, p.92, 2006.

SOUZA, T. A. **Hidrogel de quitosana em diferentes graus de desacetilação na cicatrização de feridas cutâneas de ratas diabéticas**. 2016, 97 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

SOUSA, K. P.; VASCONCELOS, S.; SILVA, M. B. Educação Ambiental e Ensino de Ciências: o lixo como tema gerador de uma sequência didática nas aulas de química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 6, p. 268-288, 2020.

SPIN-NETOS, R.; PAVONE, C.; FREITAS, R. M.; MARCANTONIO, R. A. C.; MARCANTONIO-JÚNIOR, E. Biomateriais à base de quitosana com aplicação médica e odontológica: revisão de literatura. **Revista de Odontologia da UNESP**. v. 37, n. 2, p. 155-161, 2008.

STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M.; FRANCO, L. O. **Produção, propriedades e aplicações da quitosana na agricultura e no ambiente**. Cap. 21 p 487-506. In: *Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. FIGUEIREDO, M. V. B; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C.E.R.S. (Editores), Agro livros, p. 568, 2008.

STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M.; FRANCO, L. O. **Produção, propriedades e aplicações da quitosana na agricultura e no ambiente**. Cap. 21 p 487-506. In: *Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. FIGUEIREDO, M. V. B; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C.E.R.S. (Editores), Agro livros, p. 568, 2008.

SYNOWIECKI, J.; AL-KHATTEB, N. A. A. **Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 43, p.144-171, 2003.

TAMIASSO-MARTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C. Químicas aprendentes no pipas: quem tem medo de tunelar? Portfólio (Projeto de Extensão PIPAS-UFF) - **Grupo Trabalho, Ensino, Pesquisa e Extensão em Pedagogia Social, Universidade Federal Fluminense**, 2017.

TAMIASSO-MARTINHON, P. interdisciplinaridade no Ensino de Química. Seminários e Atividades em Ensino de Química, Seminários PEQui, **Programa de Pós Graduação em Ensino de Química**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

TAMIASSO-MARTINHON, P.; MARTINS-FILHO, A. M.; ROCHA, A. S.; SILVA, C. R. S.; Memorial acadêmico e o empoderamento docente. **Anais do I Encontro da Rede Rio de Ensino de Química**, Macaé, 2017.

TANADA-PALMU, P.; PROENÇA P. S. P.; TRANI, F. A. P.; GROSSO, C. R. F. **Recobrimento de sementes de brócolis e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis**. *Bragantia*, v. 64, n. 2, p. 291-297, 2005.

TAVARIA, F. K.; COSTA, E. M.; PINA-VAZ, I.; CARVALHO, M. F.; PINTADO, M. M. A quitosana como biomaterial odontológico: estado da arte. **Rev. Bras. Eng. Biom.**, v. 29, n. 1, p. 110-120, 2013.

TEIXEIRA, L. A.; NEVES, J. P.; SILVA, F. P.; TOZONI-REIS, M. F. C.; NARDI, R. **Referenciais teóricos da pesquisa em Educação Ambiental em trabalhos acadêmicos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis. 2007.

THE JOHANNESBURG DECLARATION **on Sustainable Development**, Johannesburg, United Nations, 2002.

THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545-598, 2008.

TORMENA, A. A. **Planejamento**: a importância do plano de trabalho docente na prática pedagógica. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2010. Curitiba: SEED/PR.

TORRES, M. A.; VIEIRA, R. S.; BEPPU, M. M.; SANTANA, C. C., Produção e Caracterização de Microesferas de Quitosana Modificadas Quimicamente. **Polímero: Ciência e Tecnologia. Associação Brasileira de Polímeros**, v. 15, p. 306-312, 2005.

TOZONI-REIS, M. F. C. Sobre educar e transgredir. **Editorial. Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 25, n. 1, p. 3-4, 2019.

TOZONI-REIS, M.F. de C. **Educação ambiental**: natureza, razão e história. Campinas: Autores Associados, 2004.

TURRA, C. M. G.; ENRICONE, D.; SANT'ANNA, F. M.; ANDRÉ, LENIR CANCELLA. **Planejamento de ensino e avaliação**. 11. ed. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzato, 1995.

UNESCO. **Educação para os objetivos de desenvolvimento sustentável**: objetivos de aprendizagem. Brasília: Unesco, 2017.

UNIFEI. **Personalidades do muro**: Paulo Freire. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 2020. Disponível em: < <https://unifei.edu.br/personalidades-do-muro/extensao/paulo-freire/> > Acesso: jul. 2022.

VASCONCELOS, M.M.M. & SILVEIRA, V.M.M.A. Rendimento e composição química dos componentes estruturais do camarão branco, *Litopenaeus vannamei*, cultivado no município de Acaraú/CE. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos; 19, 2004, Recife. **Anais [...]** Recife: SBCTA, CD ROM.

VÁZQUEZ, J. A.; RODRIGUEZ-AMADO, I.; MONTEMAYOR, M. I.; FRAGUAS, J.; GONAZÁLEZ, M. P.; MURADO, M. A. Chondroitin Sulfate, Hyaluronic Acid and Chitin/Chitosan Production Using Marine Waste Sources: Characteristics, Applications and Eco-Friendly Processes: A Review. **Marine Drugs**. v. 11, n. 3, p. 747-774, 2013.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento Sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, p. 219-200, 2008.

VIDAL, T. C. **PBL-tutor Canvas**: uma ferramenta de planejamento do ensino de computação na abordagem PBL baseada no modelo backward design. 2016. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2016.

VIEIRA, H. V.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; SIMÕES, A. L.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C. O Uso de Aplicativos de Celular como Ferramenta Pedagógica para o Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, p. 125, 2019.

VILLEN, R.A. Tratamento biológico de efluentes. In: LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANE, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia industrial**: processos fermentativos e enzimáticos. São Paulo: Edgard Blücher, v. 3, 2001.

VITALI, L.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T.; GONÇALVES, N. S. Microencapsulação do agente quelante sulfoxina em microesferas de quitosana preparadas por spray dryer como novo adsorvente para íons metálicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1400-1404, 2008.

WIGGINS, G. J.; MCTIGHE, J. **Planejamento para a compreensão**: alinhando currículo, avaliação e ensino por meio da prática do planejamento reverso. 2. ed. Porto Alegre: Penso, p. 364, 2019.

WISSMANN, M. A.; HEIN, A. F.; FOLLMANN, J.; RACHOW, N. I. P. Custos ambientais: análise de sua incidência e importância na busca da ecoeficiência em uma indústria de queijo. **Revista Custos e Agronegócio Online**. v. 8, n. 3, p. 2-23, 2012.

XIA, W.; LIU, P.; ZHANG, J.; CHEN J. Biological activities of chitosan and chitooligosaccharides. **Food Hydrocolloids**. v. 25, p. 170-179, 2011.

XIMENES, L. F. **Produção de pescado no Brasil e no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.150. 2021.

XING, K.; ZHU, X.; PENG, X. Chitosan antimicrobial and eliciting properties for pest control in agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 569-88, 2015.

YOSHITAKE, M.; FRAGA, M. S. O custo social e o controle de resíduos sólidos urbanos. **Corpo Editorial por Secção**, v. 1, n. 1, p. 35-45, 2010.

YOUNES, I.; RINAUDO, M. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources: Structure, Properties and Applications. **Marine Drugs**. v. 13, n. 3, p. 1133-1174, 2015.

ZIVANOVIC, S; CHI, S.; DRAUGHON, A. F. Antimicrobial Activity of Chitosan Films Enriched with Essential Oils. **Journal of food Science**. v. 70, n. 1, p. 45-51, 2005.

## APÊNDICE A

Material didático autoral – Reaproveitamento de resíduos de camarão para produção de quitina e quitosana: uma proposta didática para o ensino e aprendizagem de funções orgânicas suleada pela perspectiva da educação ambiental crítica.

Para acessar o conteúdo basta escanear o QR Code abaixo.



## APÊNDICE B

### Planejamento

Para acessar o conteúdo basta escanear o QR Code abaixo.



**ANEXO: PRODUÇÕES BIBLIOGRÁFICAS EM EVENTOS CIENTÍFICO**

Para acessar o conteúdo basta escanear o QR Code abaixo.

