

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL**

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE AS QUEIMADAS E OS
SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE UTILIZANDO O *CHATBOT* COMO
FERRAMENTA PEDAGÓGICA**

Julio Cesar de Oliveira

Dissertação de Mestrado



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2025**

Julio Cesar de Oliveira

APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE AS QUEIMADAS E OS
SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE UTILIZANDO O *CHATBOT* COMO
FERRAMENTA PEDAGÓGICA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Química, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Angélica
Martins Costa
Coorientadora: Profa. Dra. Lorena
Oliveira Pires

Araraquara
2025

O48a

Oliveira, Julio Cesar de

Aplicação de uma sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente utilizando o chatbot como ferramenta pedagógica

/ Julio Cesar de Oliveira. -- Araraquara, 2025

201 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara

Orientador: Maria Angélica Martins Costa

Coorientador: Lorena Oliveira Pires

1. Química. 2. Queimada. 3. Ciclos biogeoquímicos. 4. Aprendizagem ativa. 5. Aprendizagem baseada em problemas. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

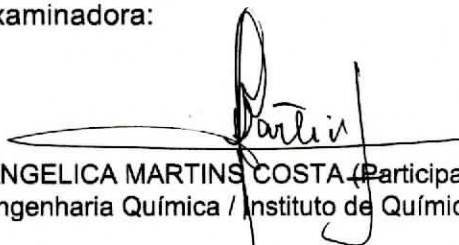
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Aplicação de uma sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente utilizando chatbot como ferramenta pedagógica"

AUTOR: JULIO CÉSAR DE OLIVEIRA

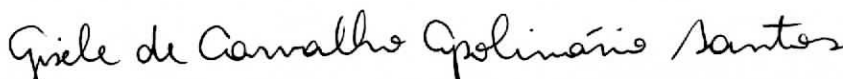
ORIENTADORA: MARIA ANGELICA MARTINS COSTA

COORIENTADORA: LORENA OLIVEIRA PIRES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Química, área: Química pela Comissão Examinadora:



Prof.^a Dr.^a MARIA ANGELICA MARTINS COSTA (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Química / Instituto de Química - UNESP - Araraquara



Prof.^a Dr.^a GISELE DE CARVALHO APOLINÁRIO SANTOS (Participação Presencial)
Departamento de Física e Matemática / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Prof.^a Dr.^a GEISA ALBINI (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Química / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Araraquara, 21 de julho de 2025

Dedico este trabalho às duas pessoas mais importantes da minha vida: minha esposa Daiana e minha filha Alice. Vocês são minha força, minha inspiração e meu maior orgulho.

AGRADECIMENTOS

Por meio destas poucas linhas, quero demonstrar a minha mais profunda gratidão à minha família, que sempre esteve ao meu lado, me dando carinho e incentivo durante essa caminhada. Quero agradecer ao meu pai, senhor Sebastião, em quem sempre me espelhei e que tenho como parâmetro de conduta e caráter, e à minha mãe, dona Maria Marta, mulher forte e de coração enorme.

À minha esposa, Daiana, pela sua gentileza, paciência (muita paciência) e apoio constante; e à minha filha, Alice, cuja luz, alegria e sorriso me motivam todos os dias a ser uma pessoa melhor. Vocês são a minha principal fonte de inspiração.

À minha orientadora, Maria Angélica, e à minha coorientadora, Lorena, agradeço pela orientação cuidadosa e precisa, pelas palavras de incentivo quando eu mesmo não acreditava em mim e pela dedicação em conduzir meu trabalho com excelência.

Ao diretor Ângelo Ricardo Guarnieri, agradeço por possibilitar a realização da pesquisa na Escola Frei Galvão, onde eu iniciei os meus estudos e retornei como professor, contribuindo para o sucesso deste estudo.

Aos professores do PROFQUI, pela dedicação, contribuição no meu crescimento profissional e como ser humano; enfim, vocês enriqueceram a minha trajetória acadêmica.

Aos meus colegas de mestrado, pelo apoio mútuo, pela troca de experiências e por tornarem essa jornada mais agradável e alegre.

A todas as pessoas que, de alguma forma, fizeram parte dessa etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, a quem agradeço pelo suporte e investimento em minha pesquisa.

“A memória, tão preconizada pela escola, não é válida, nem preciosa, a não ser quando está integrada no tateamento experimental, onde se encontra verdadeiramente a serviço da vida.”
— Célestin Freinet.

Resumo

A química é vista pela grande maioria dos estudantes como algo sem sentido e aplicação prática. Isso acontece pela falta de contextualização por parte dos professores, pelo seu apego às aulas ditas tradicionais e pela postura passiva por parte dos estudantes. Dessa forma, o uso de novas metodologias atreladas à tecnologia se faz necessário a fim de tornar o aprendizado de química mais prazeroso e significativo, além de incentivar o protagonismo e a autonomia dos alunos na construção de seus saberes. O presente trabalho tem por objetivo elaborar e aplicar uma sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente, utilizando o *chatbot* com o intuito de explorar as potencialidades dessa ferramenta e os ganhos auferidos pelo processo ensino-aprendizagem, em uma escola pública do estado de São Paulo, tendo como público-alvo os estudantes do 2º ano do ensino médio. Para atingir esse objetivo, dentre outros procedimentos metodológicos, esta dissertação de mestrado aborda um assunto de extrema importância e relevância no cenário nacional e mundial: as queimadas e os seus impactos causados no meio ambiente. A química está intimamente ligada ao entendimento das consequências geradas pelas queimadas que, independentemente de serem controladas ou não, são um problema ambiental grave que causa a destruição da vegetação, a emissão de gases poluentes, o comprometimento da qualidade do ar, doenças respiratórias, mudanças climáticas, intensificação do efeito estufa, dentre muitos outros. Para transpor para o *chatbot* o conhecimento sobre essa ligação entre queimadas e suas consequências, realizamos uma revisão bibliográfica para estabelecermos o estado da arte das pesquisas sobre o uso de sequências didáticas, de tecnologias e do *chatbot* no ensino, e alicerçamos esta pesquisa na metodologia DBR (Pesquisa Baseada em *Design*) com o intuito de utilizar o aprendizado obtido na melhoria da própria metodologia. Ademais, a partir da análise dos resultados, foi possível observar um avanço, ainda que distante do ideal, na aprendizagem dos alunos e identificar os pontos fortes e fracos da metodologia empregada.

Palavras-chave: Ensino de Química. Queimadas. Meio Ambiente. Sequência Didática. *Chatbot*. Aprendizagem Significativa.

Abstract

Chemistry is seen by the vast majority of students as something meaningless and without practical application. This happens due to the lack of contextualization on the part of the teachers, their attachment to the so-called traditional classes, and the passive posture on the part of the students. Thus, the use of new methodologies linked to technology is necessary in order to make the learning of chemistry more pleasurable and meaningful in addition to encouraging the autonomy of students in the construction of their knowledge. The present master's dissertation aims to develop and apply a didactic sequence on fires and their impacts on the environment, using the chatbot application in order to explore the potential of this tool and the gains obtained from the teaching-learning process by high school sophomores of a public school in the state of São Paulo. To achieve this objective, this master's dissertation, among other methodological procedures, addresses a subject of extreme importance and relevance in the national and world scenario: fires and their impacts on the environment. Chemistry is closely linked to the understanding of the consequences generated by fires, which, regardless of whether they are controlled or not, are a serious environmental problem that causes the destruction of vegetation, the emission of polluting gases, the impairment of air quality, respiratory diseases, climate change, intensification of the greenhouse effect, among many others. To transpose to the chatbot application the knowledge about this connection between fires and their consequences, we carried out a bibliographic review to establish the state of the art of research on the use of didactic sequences, technologies and chatbots in teaching, and we based this research on the DBR methodology (Design-Based Research) in order to use the learning obtained in the improvement of the methodology itself. In addition, from the analysis of the results, it was possible to observe some advances, although far from ideal, in the students' learning and to identify the strengths and weaknesses of the methodology employed.

Keywords: Chemistry Teaching. Fires. Environment. Didactic Sequence. Chatbot. Meaningful Learning.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Focos de queimadas nos biomas brasileiros.....	37
Quadro 2 - Tempo de residência e composição média de alguns poluentes atmosféricos	73
Quadro 3 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, forma de penetração no trato respiratório e efeitos na saúde humana (óxidos, monóxido e ozônio)	76
Quadro 4 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, forma de penetração no trato respiratório e efeitos na saúde humana	77
Quadro 5 - Penetração dos poluentes no sistema respiratório.....	78
Quadro 6 - Resumo das atividades	86
Quadro 7 - Categorização da sondagem inicial: o problema das queimadas	106
Quadro 8 - Categoria 1: Impactos ambientais	107
Quadro 9 - Categoria 2: Problemas de saúde	107
Quadro 10 - Categoria 3: Motivos para que haja as queimadas.....	108
Quadro 11 - Categoria 6: Ausência de proposição de hipóteses.....	109
Quadro 12 - Categorização da sondagem inicial – Como resolver?.....	109
Quadro 13 - Categoria 1: Monitorar as regiões de mata	110
Quadro 14 - Categoria 2: Ação governamental	110
Quadro 15 - Categoria 3: Educação ambiental.....	111
Quadro 16 - Informações Gerais	112
Quadro 17 - Conhece o <i>chatbot</i> ?	113
Quadro 18 - Já teve contato com o <i>chatbot</i> ?.....	113
Quadro 19 - O que é o <i>chatbot</i> ?	114
Quadro 20 - Categoria 1: Inteligência artificial.....	114
Quadro 21 - Categoria 2: Programa de computador	115
Quadro 22 - Categoria 3: Assistente pessoal	115
Quadro 23 - Categoria 4: Robô	116
Quadro 24 - Categoria 5: Não se posicionou.....	116
Quadro 25 - O que são as queimadas?.....	117
Quadro 26 - Categoria 1: Queima legalizada	117
Quadro 27 - Categoria 2: Causas.....	118
Quadro 28 - Categoria 3: Incêndios florestais	119
Quadro 29 - Categoria 3: Definição	120

Quadro 30 - Quais as principais causas das queimadas?	120
Quadro 31 - Categoria 1: Prática agrícola	121
Quadro 32 - Categoria 2: Incêndios.....	122
Quadro 33 - Categoria 3: Causas diversas: acidental, criminosa, natural e agrícola	123
Quadro 34 - Categoria 4: Não respondeu	123
Quadro 35 - Quais são as consequências das queimadas?	124
Quadro 36 - Categoria 1: Impactos ambientais	124
Quadro 37 - Categoria 2: Prejudica a saúde humana	125
Quadro 38 - Categoria 3: Impactos econômicos	126
Quadro 39 - Categoria 4: Impacto climático	126
Quadro 40 - Categoria 5: Impacto social	127
Quadro 41 - Qual a diferença entre queima controlada e incêndio florestal?	128
Quadro 42 - Categoria 1: Definição	128
Quadro 43 - Categoria 2: Controle e Impactos	128
Quadro 44 - Categoria 3: Legalidade	129
Quadro 45 - Categoria 4: Planejamento e execução.....	130
Quadro 46 - Categoria 5: Área atingida.....	131
Quadro 47 - A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.....	131
Quadro 48 - Categoria 1: Pode ser natural e antrópica	132
Quadro 49 - Categoria 2: É causada por interferência humana	132
Quadro 50 - Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?	133
Quadro 51 - Categoria 1: Gases.....	134
Quadro 52 - Categoria 2: Gases e material particulado	135
Quadro 53 - Categoria 3: Não sabe.....	136
Quadro 54 - Categoria 4: Não respondeu	136
Quadro 55 - As queimadas alteram os ciclos naturais?	137
Quadro 56 - Categoria 3: Não respondeu	137
Quadro 57 - Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?	138
Quadro 58 - Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?	140
Quadro 59 - Categoria 1: Custo.....	140

Quadro 60 - Categoria 2: Praticidade e eficiência	141
Quadro 61 - Categoria 3: Melhoria do solo.....	142
Quadro 62 - Categoria 4: Falta de conhecimento ou resposta	143
Quadro 63 - Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?	144
Quadro 64 - Categoria 1: Problemas respiratórios	144
Quadro 65 - Categoria 2: Impactos nas pessoas e saúde vulnerável	145
Quadro 66 - Categoria 3: Poluição do ar	146
Quadro 67 - Categoria 4: Falta de resposta ou conhecimento	147
Quadro 68 - O que é combustão?	148
Quadro 69 - Categoria 1: Definições técnicas	148
Quadro 70 - Categoria 2: Descrição simples do processo	149
Quadro 71 - Categoria 3: Conceitos incompletos ou incorretos	149
Quadro 72 - Por que as queimadas em nossa região são um problema?.....	150
Quadro 73 - Categoria 2: Impactos ambientais	151
Quadro 74 - ... como resolvê-las?	152
Quadro 75 - Categoria 4: Soluções	152
Quadro 76 - Categoria 5: Medidas preventivas	153
Quadro 77 - Comparação das respostas da questão problematizadora inicial e final - Por que as queimadas em nossa região são um problema?	156
Quadro 78 - Comparação das respostas da questão problematizadora inicial e final - ...como resolvê-las?	156
Quadro 79 - Questão 1 – metodologia	158
Quadro 80 - Questão 2 – metodologia	160
Quadro 81 - Questão 3 - metodologia	161
Quadro 82 - Questão 4 – metodologia	162
Quadro 83 - Questão 5 - metodologia	163
Quadro 84 - Questão 6 – metodologia	164
Quadro 85 - Questão 7 - metodologia	166
Quadro 86 - Questão 8 - metodologia	167
Quadro 87 - Questão 9 – metodologia	168
Quadro 88 - Categoria 1: Aula prática	169
Quadro 89 - Categoria 2: Satisfação	170
Quadro 90 - Categoria 3: Ambiente	170

Quadro 91 - Categoria 4: <i>Podcast</i>	170
Quadro 92 - Categoria 5: Falta de resposta ou conhecimento	171
Quadro 93 - Questão 10 – metodologia	171
Quadro 94 - Categoria 1: Não mudaria nada.....	172
Quadro 95 - Categoria 2: Falta de resposta ou conhecimento	173
Quadro 96 - Questão 11 - metodologia	173
Quadro 97 - Questão 12 - metodologia	175
Quadro 98 - Questão 13 - metodologia	176
Quadro 99 - Categoria 1: Uso de recursos audiovisuais	177
Quadro 100 - Categoria 2: Aulas práticas e dinâmicas	177
Quadro 101 - Categoria 3: Falta de resposta ou neutralidade	178
Quadro 102 - Questão 14 - metodologia	179
Quadro 103 - Categoria 1: Impactos ambientais	179
Quadro 104 - Categoria 2: Queimadas.....	179
Quadro 105 - Categoria 3: Falta de resposta ou conhecimento	180
Quadro 106 - Questão 15 - metodologia	181
Quadro 107 - Questão 16 – metodologia	182
Quadro 108 - Categoria 1: Satisfação	182
Quadro 109 - Categoria 2: Sugestões	183
Quadro 110 - Categoria 3: Ausência de sugestões	183
Quadro 111 – Categoria 4: Falta de resposta ou conhecimento	184
Quadro 112 – Avaliação do uso do <i>chatbot</i> por parte dos alunos	185
Quadro 113 - Estatísticas resumidas de todas as solicitações por intenção	189

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Percentual dos focos de queimadas nos biomas brasileiros	38
GRÁFICO 2 – Questão 1: Na sua opinião, é possível aprender química utilizando o <i>chatbot</i> ?	159
GRÁFICO 3 - Questão 2: Como você descreve sua experiência geral ao usar o <i>chatbot</i> para aprender sobre as queimadas e seus impactos ambientais?	160
GRÁFICO 4 - Questão 3: Você teve dificuldade em utilizar o <i>chatbot</i> ?	162
GRÁFICO 5 - Questão 4: Houve alguma informação ou tópico que você achou difícil de entender através do <i>chatbot</i> ?	163
GRÁFICO 6 - Questão 5: A metodologia aplicada facilitou ou dificultou a sua aprendizagem?	164
GRÁFICO 7 - Questão 6: Você se sentiu estimulado(a) a realizar	165
GRÁFICO 8 - Questão 7: Você acha que o <i>chatbot</i> auxiliou de maneira satisfatória?	166
GRÁFICO 9 - Questão 8: Por favor, marque apenas o que mais gostou das aulas	167
GRÁFICO 10 - Questão 9: Por favor, indique três coisas de que você não gostou na aula e por quê?	168
GRÁFICO 11 - Questão 10: O que você gostaria de mudar ou modificar na metodologia aplicada?	172
GRÁFICO 12 - Questão 11: O <i>chatbot</i> apresentou alguma vantagem na forma de aprender quando comparado com a forma tradicional?	174
GRÁFICO 13 - Questão 12: Você prefere aprender, sobre as queimadas e seus impactos ambientais ou qualquer outro tema, através do <i>chatbot</i> ou de métodos tradicionais de ensino?	175
GRÁFICO 14 - Questão 13: Por favor, indique três pontos que tornariam a metodologia ainda melhor.	176
GRÁFICO 15 - Questão 15: Você recomendaria o uso deste <i>chatbot</i> para outros alunos?	181
GRÁFICO 16 - Interações dos alunos com o <i>chatbot</i> no período de aplicação da SD	188
GRÁFICO 17 - Análise das informações do <i>chatbot</i>	190

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Tela de login do <i>Dialogflow</i>	88
FIGURA 2 – Termos de Serviço.....	88
FIGURA 3 - Tela de boas-vindas do <i>Dialogflow</i>	89
FIGURA 4 - Configurando o primeiro agente do <i>Dialogflow</i>	89
FIGURA 5 - Menu intenções do <i>Dialogflow</i>	90
FIGURA 6 - Tela de configuração das intenções do <i>Dialogflow</i>	90
FIGURA 7 - Exemplos de frases de treinamento do <i>Dialogflow</i>	91
FIGURA 8 - Respostas de texto predefinidas	91
FIGURA 9 - Respostas de texto predefinidas para entradas desconhecidas	92
FIGURA 10 - Configurando ações e parâmetros	92
FIGURA 11 - Mensagem solicitando o nome do usuário	93
FIGURA 12 - Resposta do robô mostrando o nome do usuário.....	94
FIGURA 13 - Menu do <i>chatbot</i> dentro do <i>Dialogflow</i>	94
FIGURA 14 – Pesquisando e instalando o AutoResponder WA	95
FIGURA 15 - Tela inicial do AutoResponder WA	95
FIGURA 16 - Tela para configuração das regras e envio do arquivo “Json Key”	96
FIGURA 17 - Procedimento para obtenção do arquivo “Json Key”	96
FIGURA 18 -Tela de configuração do <i>chatbot</i>	97
FIGURA 19 - <i>Cloud Hub</i>	97
FIGURA 20 - Seleção da opção “Credenciais”	98
FIGURA 21 - Selecionando a opção “Conta e serviço”	98
FIGURA 22 - Criando a conta de serviço	99
FIGURA 23 - Permissão de Administrador da <i>DialogFlow API</i>	99
FIGURA 24 - Contas de serviços criadas	100
FIGURA 25 - Obtendo a chave de acesso	100
FIGURA 26 - Criando a nova chave.....	101
FIGURA 27 - Gerando o arquivo Json	101
FIGURA 28 - Tela de finalização e salvamento do arquivo Json	102
FIGURA 29 - Selecionando e subindo o arquivo Json no aplicativo AutoResponder WA	102
FIGURA 30 - Finalização e ativação do <i>bot</i> através do AutoResponder WA.....	103

FIGURA 31 - Tela de boas-vindas do <i>chatbot</i> Ernest IA.....	103
FIGURA 32 - Submenu da sequência didática do <i>chatbot</i> Ernest IA	104
FIGURA 33 - Problematização	106
FIGURA 34 - Síntese das respostas dos alunos a partir das categorias mais fortes identificadas no questionário avaliativo	157
FIGURA 35 - Histórico de interação entre o <i>chatbot</i> e o aluno 4	187
FIGURA 36 - Interação entre o <i>chatbot</i> e o aluno 4	187

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	24
1.1. A tecnologia no ensino de química	27
1.2. As sequências didáticas (SD) no ensino de química	30
1.3. A ferramenta <i>chatbot</i> e o ensino	32
1.4. O estado da arte	34
1.5. Uma sequência didática com o programa <i>chatbot</i> para o ensino de química	36
1.6. A organização da dissertação	37
1.7. Justificativa	37
2. OBJETIVOS	39
2.1. Objetivo geral	39
2.2. Objetivos específicos	39
3. REFERENCIAL TEÓRICO	40
3.1. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel	40
3.2. A sequência didática (SD)	47
3.3. O Teste de Turing e o <i>chatbot</i> (Alan Turing, 1950)	49
3.4. O <i>chatbot</i> como ferramenta pedagógica	50
3.5. A química ambiental	53
3.5.1. Combustão	55
3.5.2. Queimadas	57
3.5.3. Ciclos biogeoquímicos	61
3.5.3.1. Os impactos das queimadas no ciclo do carbono	63
3.5.3.2. Os impactos das queimadas no ciclo do nitrogênio	66
3.5.3.3. Os impactos das queimadas no ciclo da água	69
3.6. Poluição atmosférica	71
3.7. Queimadas: consequências para a saúde humana	74
3.8. A tecnologia e as queimadas	79
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	82
4.1. Local da Pesquisa	82
4.2. Descrição dos alunos participantes	83
4.3. Critérios de seleção dos alunos participantes	84
4.4. A coleta de dados por meio de questionários físicos	84

4.5. Critérios para a elaboração das perguntas dos questionários	85
4.6. Elaboração e aplicação da sequência didática (SD).....	85
4.7. Configuração do <i>chatbot</i>	87
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
5.1. Hipóteses levantadas pelos alunos referentes a questão de sondagem: o problema das queimadas.....	106
5.2. Hipóteses levantadas pelos alunos referentes a questão de sondagem: como resolver o problema das queimadas?	109
5.3. Análise do questionário 1: sondagem	111
5.3.1. Análise das seções	112
5.3.1.1. 1ª Seção: informações gerais.....	112
5.3.1.2. 2ª Seção: conhecimentos sobre o <i>chatbot</i>	113
5.4. Análise do questionário 2: avaliação	116
5.4.1. Questão 1: O que são as queimadas?	117
5.4.2. Questão 2: Quais as principais causas das queimadas?	120
5.4.3. Questão 3: Quais são as consequências das queimadas?	123
5.4.4. Questão 4: Qual a diferença entre queima controlada e incêndio?	127
5.4.5. Questão 5: A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.	131
5.4.6. Questão 6: Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?.....	133
5.4.7. Questão 7: As queimadas alteram os ciclos naturais? Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?	136
5.4.8. Questão 8: Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?.....	140
5.4.9. Questão 9: Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?.....	143
5.4.10. Questão 10: O que é combustão?.....	147
5.4.11. Questão 11: Por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?	150
5.5. Avaliação da Sequência Didática	154
5.6. Análise do questionário 3: metodologia	158
5.6.1. Análise da questão 1: Na sua opinião, é possível aprender química utilizando o <i>chatbot</i> ?	158

5.6.2. Análise da questão 2: Como você descreve sua experiência geral ao usar o <i>chatbot</i> para aprender sobre as queimadas e seus impactos ambientais?	159
5.6.3. Análise da questão 3: Você teve dificuldade em utilizar o <i>chatbot</i> ?	161
5.6.4. Análise da questão 4: Houve alguma informação ou tópico que você achou difícil de entender através do <i>chatbot</i> ?	162
5.6.5. Análise da questão 5: A metodologia aplicada facilitou ou dificultou a sua aprendizagem?	163
5.6.6. Análise da questão 6: Você se sentiu estimulado(a) a realizar as atividades propostas?	164
5.6.7. Análise da questão 7: Você acha que o <i>chatbot</i> auxiliou de maneira satisfatória?	165
5.6.8. Análise da questão 8: Por favor, marque apenas o que mais gostou das aulas	166
5.6.9. Análise da questão 9: Por favor, indique três coisas de que você não gostou na aula e por quê?	168
5.6.10. Análise da questão 10: O que você gostaria de mudar ou modificar na metodologia aplicada?	171
5.6.11. Análise da questão 11: O <i>chatbot</i> apresentou alguma vantagem na forma de aprender quando comparado com a forma tradicional?	173
5.6.12. Análise da questão 12: Você prefere aprender, sobre as queimadas e seus impactos ambientais ou qualquer outro tema, através do <i>chatbot</i> ou de métodos tradicionais de ensino?	174
5.6.13. Análise da questão 13: Por favor, indique três pontos que tornariam a metodologia ainda melhor	175
5.6.14. Análise da questão 14: Qual foi a coisa mais importante que você aprendeu ao longo da sequência didática?	178
5.6.15. Análise da questão 15: Você recomendaria o uso deste <i>chatbot</i> para outros alunos?	180
5.6.16. Análise da questão 16: Você tem algum comentário ou sugestão para ajudar a melhorar as aulas?	182
5.7. Avaliação do <i>chatbot</i> por parte dos estudantes	184
5.8. Análise das informações do <i>chatbot</i>	186
6. CONCLUSÕES	191

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193
Apêndice 1 – Registro final do processo de planejamento da sequência didática sobre as queimadas e os impactos no meio ambiente estruturada com base na Prática Baseada no <i>Design</i>	208
Apêndice 2 - Papéis e Momentos na Estrutura Didática (PMED).....	218
Apêndice 3 – Questionário 1	221
Apêndice 4 – Questionário 2	224
Apêndice 5 – Questionário 3	197
Apêndice 6 – Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE)	200
Apêndice 7 – Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE)	202

Apresentação

Meus pais se casaram em 1984, mas somente após três anos me trouxeram ao mundo. Nasci no interior de São Paulo, na cidade de Jaú, conhecida como a capital do calçado feminino, mas cresci em um pequeno distrito que tem por nome Potunduva.

Meu pai começou a trabalhar muito cedo no corte de cana-de-açúcar para ajudar nas despesas de casa e, por isso, cursou até a 8ª série, hoje 9º ano, na idade regular. Já a minha mãe, devido às dificuldades do seu tempo, só estudou até a 2ª série.

Apesar da baixa instrução escolar, meus pais sempre me incentivaram e me deram todo o suporte, dentro das suas possibilidades, para que eu pudesse estudar. Lembro-me perfeitamente das tardes em que a minha mãe me ensinava a fazer a letra “h”, que eu achava muito difícil, e do jeito dela me ensinando a ler. Tenho na memória meu pai me explicando o que era sucessor e antecessor, pois a professora não tinha deixado claro, falando do seu trabalho na usina e como era produzido o álcool que movia os carros.

Comecei os meus estudos na pré-escola e confesso que não tinha muito interesse, pois me sentia perdido, até que um dia, brincando sozinho em casa, comecei a copiar todas as palavras que encontrava e enchi uma folha. Quando vi o trabalho que havia realizado, achei tão bonito que, a partir daquele dia, o meu interesse pelos estudos e pelo conhecimento despertou.

Estudei a minha vida toda em escola pública, a maior parte na Escola Estadual Frei Galvão, e a minha jornada foi relativamente fácil, pois sempre tive ótimas notas e os professores me consideravam um bom aluno. Quando iniciei o ensino médio, me apaixonei pela química, achei tudo aquilo que a professora falava tão interessante e esclarecedor que me envolvi.

No final do 1º ano do ensino médio, vários colegas começaram a dizer que iriam realizar a prova para entrar no CEFAM (Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério). Eu nem sabia o que era, mas, como a maioria ia, fui também. Passei. A partir daí, começou a minha trajetória na educação. Eu tinha quinze anos na época.

No CEFAM, tive contato com diversas disciplinas novas: didática, psicologia da educação, conteúdo de metodologia de matemática, entre outras, mas a química ficou para trás.

Ao chegar ao terceiro ano do ensino médio, peguei-me refletindo e vi que não tinha aprendido quase nada de química. Senti-me frustrado. Foi por causa dessa frustração que tive certeza do que queria fazer. Queria recuperar o tempo perdido, superar-me, e por isso decidi pela graduação em química.

Ao terminar o CEFAM, fui agraciado com uma bolsa de estudos integral pelo Programa Escola da Família, o que me possibilitou entrar no ensino superior e iniciar a Licenciatura em Química pela Universidade do Sagrado Coração (USC/Bauru - jan/2006 a dez/2010). Após ingressar no curso, prestei o ENEM e consegui uma bolsa integral pelo PROUNI.

No segundo ano do curso de Química (ago/2007), comecei a lecionar como professor eventual na E.E. Frei Galvão, escola próxima à minha casa e a qual frequentei a maior parte da minha vida como aluno, o que foi muito benéfico para o meu desenvolvimento profissional. A minha primeira aula foi no dia 23 de agosto de 2007 em uma 6ª série. Não me recordo da disciplina lecionada, pois eu estava como professor eventual, que é aquele que dá a aula do professor que faltou, não importando o componente curricular. Foi um desafio. Se com o professor titular os alunos não dão a devida atenção, imagina com um professor substituto. Fiquei nessa vida por alguns anos, mas não havia estabilidade, pois eu só ganhava pelas aulas dadas e só dava aula quando era chamado.

Assim que terminei a graduação, deixei a educação por conta das incertezas. Como eu era professor eventual e, conseqüentemente, nunca sabia quando ia lecionar, aceitei uma oferta de emprego na Cosan S/A (empresa brasileira com negócios nas áreas de açúcar, álcool, energia, lubrificantes e logística) que, mais tarde, se tornaria Raízen, onde tive a oportunidade de adquirir experiência e traquejo em laboratório, fazendo as mais diversas análises desde a matéria-prima, para a produção do açúcar e do álcool, até o produto final. A rotina era árdua. Eu trabalhava no sistema de turnos e as folgas aconteciam após cinco dias de trabalho (5x1). Fazia análises do teor de sacarose aparente (POL), açúcares redutores totais (ART), cromatografia dos álcoois neutro, industrial e carburante, destilação, filtração a vácuo, teste sensorial, umidade do bagaço, granulometria do açúcar, análise dos ternos da moenda, entre muitas outras. Devido ao meu desempenho, logo passei para a parte administrativa do laboratório, ficando responsável pelo cálculo do rendimento da usina e dando suporte na implantação da ISO 9001.

Como estudei durante toda a minha vida, comecei a sentir falta dos estudos formais e bateu o desejo de cursar Engenharia Química, mas a instituição que oferecia esse curso de forma gratuita era muito distante da minha casa e, portanto, não seria possível conciliar um curso de graduação com o meu trabalho, por isso optei por fazer engenharia de produção mecânica pela Universidade Paulista – UNIP/Bauru (fev. 2011 a dez. 2015), através do financiamento estudantil do FIES.

Cansado da rotina árdua e corrida da empresa, em 2013 pedi demissão e, após passar por um processo seletivo, ingressei novamente na rede estadual com um contrato de dois anos para ministrar aulas de química (fev. 2013 a jan. 2015).

Findado o contrato, era necessário aguardar um período de duzentos dias (duzentena) para abrir um novo. Era inviável ficar todo esse tempo sem trabalho. Comecei a enviar currículos para empresas do setor químico e logo recebi a ligação de um amigo da minha antiga turma de Química, convidando-me para trabalhar em uma empresa que havia obtido a concessão pública para tratar e distribuir a água da cidade de Jaú. Devido ao convite, fui contratado pelo Grupo Águas do Brasil (abr. 2015 a abr. 2019) para fazer parte do quadro de funcionários da estação de tratamento de água como operador de sistemas II, e logo passei a ser o responsável técnico pela captação, tratamento e reservação de toda água distribuída na cidade. Nesse meio-tempo, fui chamado no concurso para professor efetivo de química do estado de São Paulo e tomei posse em outubro de 2017. Conciliei as duas funções por algum tempo.

No ano de 2018, tomei conhecimento do PROFQUI (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional), inscrevi-me e realizei a prova para admissão. Passei, mas não consegui liberação da empresa para frequentar as aulas já que as mesmas eram no horário de trabalho, e acabei declinando da vaga. Senti-me muito frustrado por isso, pois era algo que eu queria muito.

Em abril de 2019, desliguei-me da empresa optando por me dedicar exclusivamente à docência em uma escola pertencente ao Programa de Ensino Integral – PEI.

No PEI, tive a oportunidade de lecionar química, física, matemática, coordenar a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) e participar de formações na cidade de São Paulo, financiadas pelo Governo do Estado e ofertadas pelo Grupo STEM Brasil.

Em meados de 2022, fiquei sabendo da inscrição para o PROFQUI e resolvi tentar novamente, mesmo sabendo que teria que fazer escolhas difíceis caso optasse

por realizar o mestrado. Fiz a inscrição, realizei a prova e novamente passei. E agora, o que fazer? Acabei renunciando ao meu cargo de coordenador no Programa Escola Integral e voltei para a escola de tempo parcial com todas as suas dificuldades e desafios. Não me arrependo, pois finalmente fiz o que há muito desejava. A jornada é árdua, mas cada novo aprendizado foi um alento e uma motivação para continuar.

1. INTRODUÇÃO

A presença da química não se limita aos laboratórios, pois exerce grande influência no dia a dia das pessoas, em seus hábitos e nas interações com o ambiente em que estão inseridas. No entanto, somente em 1931 é que a química foi introduzida no currículo do Ensino Médio no Brasil, buscando se conectar de forma mais prática com a realidade dos estudantes. Nessa época, ela tinha por objetivo “dotar o aluno de conhecimentos específicos, despertar-lhe o interesse pela ciência e mostrar a relação desses conhecimentos com o cotidiano” (Macedo; Lopes, 2002 *apud* Lima, 2012, p. 77). No entanto, com o passar do tempo, a contextualização deixou de ser vista como uma forma de promover o engajamento e a reflexão crítica dos alunos e abriu espaço para a mera transmissão do conhecimento, que passou a ser privilegiada.

Conforme Lima (2012), a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394/96 provocou mudanças acentuadas no cenário do ensino médio nos anos 90, em especial no quesito organização curricular e abordagem pedagógica. No que se refere ao ensino química, naquela época, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) destacaram as habilidades e competências a serem desenvolvidas pelos estudantes ao longo de sua trajetória no ensino médio (Brasil, 1999).

Da mesma forma que a LDB nº 9.394/96, a Lei nº 13.415/2017 trouxe transformações significativas para o Ensino Médio no Brasil, em especial ao propor uma estrutura curricular variada e flexível. Essa reforma impactou a Lei de Diretrizes e Bases, que anteriormente priorizava os conteúdos específicos de cada disciplina sem muita ligação entre as áreas do conhecimento, e passou a permitir a criação de diferentes trajetórias educacionais (itinerários). Nesse cenário, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ganhou importância central ao definir as competências fundamentais que todos os alunos devem adquirir, enquanto os itinerários formativos possibilitam escolhas de acordo com os interesses e projeto de vida de cada um (Brasil, 2018a).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de

aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE) (Brasil, 2018, p.7a).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reestruturou o ensino de ciências no ensino médio e reuniu as disciplinas de Química, Física e Biologia em apenas uma área do conhecimento, conforme o que foi definido pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (Morais, 2022).

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. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (Brasil, 2018, p. 537b).

Esse agrupamento por área de conhecimento pode representar um avanço no quesito interdisciplinaridade e contextualização, já que na teoria possibilita aos professores da área trabalharem a mesma competência e habilidade de forma sincronizada, porém com as nuances e especificidades de cada disciplina, o que permite interligar, a todo momento, o conteúdo apresentado com o conteúdo das outras disciplinas da mesma área e com o dia a dia do aluno.

A química é uma ciência complexa que permite entender em detalhes muitos dos fatos da natureza, por isso não é isolada de outras ciências experimentais, pois seu desenvolvimento permite a explicação de vários processos de maneira integral em áreas vitais para o homem. Assim, a predominância do modelo tradicional de ensino na disciplina de Química, traduziu-se numa aprendizagem baseada apenas na reprodução do conteúdo dado pelo professor, o que favoreceu os alunos apenas na memorização (Valente; Araújo; Zientarski, 2018, introdução).

No entanto, Moraes (2022) destaca que essa junção de disciplinas por área traz sérios desafios para o ensino, pois os professores formados em áreas específicas, como a química, precisam dominar conteúdos que vão além da sua formação original, o que os transforma em educadores da área de Ciências da Natureza. Deste modo, muitas lacunas no processo ensino-aprendizagem

podem vir à tona devido às mudanças na organização dos componentes curriculares e a falta de aprofundamento nos conteúdos específicos, consequentemente, pode levar o professor a abordar o tema proposto de maneira superficial e descontextualizada, tendo como centro apenas a transmissão expositiva, visando cumprir o que é cobrado no currículo.

Atualmente, diversas universidades já possuem em sua grade curricular cursos específicos de ciências da natureza pensados e idealizados exclusivamente para atender à demanda que se colocou, porém, o aprender de hoje não pode esperar a formação do ensinar de amanhã.

Dessa forma, ainda hoje, a química é vista por muitos estudantes como algo sem sentido ou sem aplicação prática. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os alunos não conseguem perceber que coisas básicas do cotidiano e que eles usam diariamente estão intimamente ligadas à química. Não são capazes de associar o conhecimento adquirido na escola às suas vivências (Brasil, 2000). Para eles, a química é muito difícil de entender e demonstram grandes dificuldades de compreensão porque seus conhecimentos prévios não são levados em conta no planejamento e no decorrer das aulas, possuem defasagem nas habilidades de suporte, desmotivação, falta de interesse e, a grande maioria, uma dura realidade social. Isso acarreta uma certa resistência e insatisfação em aprender química.

É muito comum, durante as aulas, surgirem os seguintes questionamentos por parte dos alunos: Por que tenho que estudar química? Onde vou usar isso? Isso acontece devido ao modo expositivo e desestimulante utilizado por grande parte dos professores, pela falta de inovação e contextualização em sala, pela não utilização de metodologias diversificadas como aulas práticas, uso de tecnologia, jogos, entre outras, e por causa da atuação passiva na aquisição de conhecimento por parte dos estudantes.

A falta de aplicabilidade dos conteúdos da Química e a sua dissociação da realidade dos alunos dificulta a aprendizagem, pois, torna esta ciência desinteressante e sem explicação do porquê estudá-la, trazendo sérios atrasos à relação ensino/aprendizagem (Mazzei, 2021, p.1415).

O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da

transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade (Brasil, 2000, p. 78).

1.1. A tecnologia no ensino de química

Diferentes estratégias de ensino passaram a ser possíveis devido aos avanços tecnológicos experimentados nos últimos anos e, em razão disso, as salas de aula começaram a contar com os simuladores e laboratórios virtuais, o que tem permitido que os alunos consigam ver aquilo que antes era invisível aos olhos: o universo minúsculo e complexo das reações e estruturas químicas. Ainda, sites e plataformas de ensino passaram a adaptar os seus conteúdos e a levar em consideração o tempo e o ritmo de aprendizagem de cada aluno ao planejar as aulas ministradas.

Apesar dessas possibilidades valiosas, muitos professores preferiram ficar alheios as essas inovações. Enquanto algumas salas de aula já estão familiarizadas com as telas e cliques, outras seguem apegadas ao tradicional giz e lousa. Na maioria dos casos não é por falta de vontade, mas, muitas vezes, por falta de apoio, formação ou simplesmente por resistência ao novo.

Contudo, a crise sanitária provocada pela pandemia do COVID-19 causou uma mudança radical no uso das tecnologias educacionais por parte dos professores (Costa *et al.*, 2021). Diante da necessidade de manter o contato pedagógico com os alunos impedidos de frequentar as aulas presenciais, houve uma expansão e intensificação do uso de ferramentas digitais nas escolas. Logo, é possível perceber que, apesar do cenário trágico, esse momento contribuiu bastante para que professores mais tecnicistas ou tradicionalistas se apropriassem de saberes tecnológicos que até então eram superficiais ou distantes e aplicassem em suas aulas. Vídeos, jogos digitais, sites educacionais, entre outros, são ferramentas que, aos poucos, passam a compor o repertório do ensino-aprendizagem e, assim como as mais diversas ferramentas digitais, começam a fazer parte da realidade das escolas e do dia a dia dos estudantes.

Essa transformação possibilita quebrar alguns paradigmas educacionais, tornando o aluno como principal responsável pelo seu aprendizado, tornando o professor um mediador para o

alcance e construção do conhecimento. Porém, para que práticas inovadoras como essa tenham sucesso, é extremamente necessário que o professor e a instituição de ensino estejam abertos a transformações, buscando sempre diversificar suas aulas, evitando aulas totalmente expositivas, promovendo atividades centradas nos estudantes, e não simplesmente na reprodução do conteúdo (Silva *et al.*, 2021, considerações finais).

Conforme Tarouco, Silva e Herpich (2020, p. 18), a

“[...] imersão, colaboração, comunicação e interação, podem criar novas possibilidades, em que os estudantes, no momento da realização das atividades educacionais, tornam-se mais ativos e exploram novas oportunidades de aprendizado [...]”.

Corroborando esse argumento, Costa (2018, p. 13) explicita que os alunos “gostam quando são surpreendidos pelo professor que utiliza novas práticas de ensino colocando-os a pensar por que é importante estudar a química e o que ela traz de benefício para a sociedade”.

Segundo Leite (2023), o avanço das tecnologias, em particular o *ChatGPT*, oferece novas maneiras de deixar o aprendizado de química mais prazeroso. Para o autor, mesmo que muitos tenham um pé atrás, essas ferramentas não devem ser vistas como substitutas do papel do professor, mas como recursos complementares que ajudam os estudantes no aprendizado de conceitos químicos, proporcionam interações personalizadas e promovem a construção do conhecimento.

Ainda, é importante compreender como as tecnologias influenciam a maneira de educar, especialmente no ensino de química, pois devido a elas se abrem incontáveis possibilidades que visam colocar os alunos no centro do processo de aprendizagem. Desta forma, o aprendizado se torna mais alinhado com a realidade, com vistas a uma abordagem contextualizada e com o intuito de resolver problemas do cotidiano. Ademais, as tecnologias baseadas em inteligência artificial (IA) precisam ser enxergadas como opções disponíveis a serviço da construção do conhecimento e de uma educação transformadora (Leite, 2023).

Atualmente a inteligência artificial vem ganhando espaço no ensino de química e isso é possível de constatar nos diversos exemplos citados por Correia

(2021). Segundo ela, diferentes pesquisas têm unido a aprendizagem de máquina e a realidade aumentada para construir moléculas virtuais. A autora também destaca um projeto realizado nos cursos de Engenharia Química, que utiliza redes neurais e o *MatLab* para prever as propriedades de compostos orgânicos e, ainda, menciona o tutor inteligente Wohler, que permite testar suposições, manipular algumas estruturas moleculares e se adapta ao ritmo de aprendizagem do estudante. O Prolog, também citado, é um *software* baseado na inteligência artificial com o intuito de resolver problemas da química. Por fim, Correia (2021) aponta a necessidade de promover o uso crítico e consciente dessas tecnologias, considerando também seu impacto social, como é observado por Pence (2020 *apud* Correia, 2021), ao destacar a importância do equilíbrio entre inovação tecnológica e interação social no ambiente escolar, já que a utilização dessas tecnologias acaba isolando os alunos do convívio social.

É lógico que não se pode ser ingênuo e pensar que a tecnologia resolverá todos os problemas da educação e da humanidade, como é bem pontuado por Freire (1996). Logo, é importante manter uma postura crítica diante das inovações tecnológicas e reconhecer nelas as diferentes possibilidades pedagógicas, mas sem lhes atribuir um papel absoluto. Assim, a tecnologia deve ser compreendida como uma ferramenta em prol da prática educativa e não como seu objetivo final.

Desta forma, dia após dia a tecnologia vem sendo inserida no ambiente escolar como uma aliada do professor, visando contribuir das mais diversas maneiras e com diferentes intencionalidades (Descovi *et al.*, 2023).

Com a apropriação dos dispositivos móveis pela maior parte dos estudantes e a presença destes dentro das salas de aula, em grande parte como resquício e consequência da pandemia da Covid-19, onde os celulares, naquele momento, serviram como ponte para facilitar a comunicação entre aluno e professor, viabiliza o uso do *chatbot* como mais uma ferramenta pedagógica que se impõe no processo ensino-aprendizagem de química com o intuito de inovar e dar autonomia aos alunos.

Nos dias de hoje, é normal sermos atendidos de forma automática nas mais diversas plataformas: *WhatsApp*, *sites*, redes sociais, lojas virtuais, entre outras. Ao ser digitado e enviado um simples “oi”, nas diferentes plataformas e aplicativos, é possível que o mesmo seja respondido prontamente por um

chatbot, fornecendo opções referentes à empresa ou instituição que estamos contactando.

Os *chatbots* são tecnologias desenvolvidas para simular conversas com as pessoas, como se outro ser humano estivesse respondendo. Essa ferramenta é capaz de atender a solicitações simples, responder a perguntas frequentes e oferecer orientações básicas (Gomes, 2017). Logo, se trata de um sistema capaz de interagir com os usuários de maneira parecida com uma pessoa, mas tendo como vantagens funcionar de maneira autônoma, sem interrupções e estar acessível a qualquer hora do dia (Blipblog, 2021).

Para um *chatbot* funcionar, são necessários três (3) componentes principais: o canal, onde a conversa acontece (como aplicativos de mensagens ou sites); o conteúdo, onde as informações e formatos usados na interação são reunidos; e o *software*, que define como o *bot* irá reagir às mensagens dos usuários (Blipblog, 2021). Como eles são executados em plataformas que os usuários já utilizam, não há a necessidade de instalar novos programas e, assim, não ocupam espaço nos dispositivos (Cedro *et al.*, 2018).

O *chatbot* não precisa ser baseado em inteligência artificial (IA), no entanto, quando a utiliza, consegue aprender a partir das respostas dos usuários, conforme ressaltado por Barros e Guerreiro (2019, p. 419):

Grande parte dos *chatbots* tem como base a Inteligência Artificial (IA), pois a IA possibilita que eles aprendam através de um padrão nos dados, e isto está a torná-los mais reais que nunca, aumentando a sua capacidade com os humanos de uma forma mais natural, eficaz e inteligente.

Esses robôs são classificados em três tipos principais: os que operam com respostas programadas, os que utilizam inteligência artificial para interpretar e responder de forma independente e inédita, e os modelos híbridos, que combinam as duas funcionalidades para ampliar sua flexibilidade de interação (Blipblog, 2021).

Logo, existem *chatbots* muito simples, capazes de retornarem respostas com apenas uma linha e os mais sofisticados, que aprendem e evoluem à medida que interagem com o usuário.

1.2. As sequências didáticas (SD) no ensino de química

Com o intuito de tornar o aprendizado mais prazeroso, contextualizado e significativo, além de incentivar o protagonismo e dar mais autonomia aos alunos na construção de seus saberes, nos últimos anos, diversas sequências didáticas de ensino, fazendo uso de metodologias ativas e colaborativas, estratégias e ferramentas tecnológicas, foram desenvolvidas e, algumas, trazidas para dentro da sala de aula. De acordo com Zabala (1998), uma sequência didática consiste na organização progressiva de atividades conectadas, pensadas intencionalmente para desenvolver um conteúdo ou tema de forma estruturada e com vistas à aprendizagem. Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 97), em consonância com Zabala, pontuam que a “sequência didática é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”.

No ensino de química, o foco deve estar no aprendizado significativo dos alunos e não há soluções milagrosas para que isso ocorra, mas sim práticas pedagógicas bem planejadas e reflexivas (Pereira e Pires, 2012). Assim, as sequências didáticas se apresentam como estratégias didáticas robustas, pois promovem conexões entre os conteúdos científicos e as experiências cotidianas dos alunos, tornando a aprendizagem mais contextualizada e significativa (Santos, 2015). Silva *et al.* (2015) destacam que, no ensino de química, a organização das atividades em etapas que se relacionam contribui para a construção do conhecimento e ajuda os alunos a superarem as dificuldades. Em contrapartida, o predomínio do modelo tradicional, com base na simples exposição de conteúdos, ainda é identificado como a principal causa da insatisfação dos estudantes.

Para Pereira e Pires (2012), os vínculos estabelecidos entre os professores e os estudantes progrediram para uma relação menos verticalizada e mais participativa. Deste modo, o docente já não ocupa mais o papel de dono do saber e os alunos passaram a ter voz ativa no processo ensino-aprendizagem. Essa mudança permite que o aluno e o professor compartilhem saberes e alternem os papéis de quem orienta e de quem aprende, o que torna a experiência em sala de aula mais dinâmica, dialógica e formativa para todos os envolvidos.

Além disso, segundo os autores, as sequências didáticas apresentam uma estrutura flexível, o que possibilita a inclusão de uma grande variedade de atividades e estratégias pedagógicas. Dentre as estratégias tem destaque o uso de metodologias ativas, as diferentes tecnologias, as demonstrações práticas, os jogos e as simulações. Logo, variar a forma de ensinar deixa as aulas mais dinâmicas, estimula o interesse e promove a participação mais engajada e significativa dos estudantes na construção do conhecimento.

Contudo, o professor deve ter em mente que a atividade que fará parte da sequência didática não deve ser apenas “mais uma atividade”, mas deve haver uma reflexão e uma fundamentação no porquê do uso dessa e não daquela atividade. Deve-se pensar em “onde se está” e em “onde se quer chegar”.

1.3. A ferramenta *chatbot* e o ensino

Apesar de o *chatbot* ser uma ferramenta que tem sido usada há um bom tempo, ele ainda é pouco explorado como recurso pedagógico, principalmente no ensino de química.

O *chatbot* chamado Eliza foi desenvolvido em 1966 e foi o primeiro dessa tecnologia ao simular conversas simples com os usuários. Desde então, os *chatbots* passaram por avanços consideráveis e, atualmente, estão presentes em diversas situações do cotidiano, desempenhando papéis que vão muito além de simples diálogos (Dantas *et al.*, 2019).

De acordo com Georgescu (2018), os *chatbots* se apresentam como uma ferramenta valiosa a ser empregada na educação, pois complementam as práticas pedagógicas e podem ser incorporados em diversas fases do processo ensino-aprendizagem, oferecendo suporte para os conteúdos e tópicos. Além disso, eles facilitam o ensino de conceitos, respondem dúvidas frequentes e indicam recursos adicionais, como jogos e sites educativos. Logo, o *chatbot* funciona como um elo entre professor, aluno e conhecimento.

O uso do *chatbot* pelos estudantes pode enriquecer o processo de aprendizagem, pois essas ferramentas são configuradas visando ensinar um determinado conteúdo. Além do mais, eles estão disponíveis a qualquer momento, possibilitando que o aluno acesse e recorra a informações sempre

que necessário, favorecendo um aprendizado contínuo e autônomo (Kuyven *et al.*, 2018).

Neves, Netto e Ferreira (2021) destacam uma preocupação que é comum entre os pesquisadores sobre a limitação das bases de conhecimento dos *chatbots* que seguem regras. Como esses sistemas funcionam com informações que são programadas de antemão, eles podem ter problemas para compreender as solicitações que não estão inseridas em sua base de dados. Nesses casos, o *chatbot* costuma responder indicando que não entendeu o que foi pedido e isso mostra uma limitação a ser considerada nessa tecnologia. Outro problema identificado pelos autores é a insegurança de alguns professores quanto ao uso do celular em sala de aula. Ainda que muitos docentes já utilizem tecnologias como projetores e outros recursos digitais em suas práticas pedagógicas, o uso de *chatbots* ainda encontra resistência devido ao fato de que a ferramenta exige o uso do celular, o que, segundo alguns professores, pode desviar a atenção dos alunos e comprometer o foco nas atividades propostas. Entretanto, como bem frisado por Silva *et al.* (2016), a tecnologia está cada vez mais presente no ambiente escolar e, por isso, cabe ao professor a responsabilidade de utilizar essas ferramentas de forma planejada e intencional, orientar os alunos para que sejam protagonistas do próprio aprendizado e promover a participação ativa no processo educativo.

Apesar das preocupações apontadas, Holotescu (2016) destaca que os *chatbots* providos de inteligência artificial superam os modelos baseados apenas em regras, o que abre um leque maior de funcionalidades. Assim, no contexto escolar, esses sistemas conseguem oferecer respostas personalizadas, consultar dados atualizados em tempo real, pesquisar cursos e materiais online, enviar alertas aos alunos e atuar como tutores virtuais.

Leonhardt *et al.* (2003) ressaltam que o *chatbot* proporciona uma interação personalizada e intuitiva e isso contribui para que os alunos se sintam mais à vontade ao tirar suas dúvidas, pois esse ambiente privado ajuda a diminuir o constrangimento que alguns estudantes podem sentir ao questionar em público, o que facilita o aprendizado.

Desta forma, acredita-se que o uso destas ferramentas em ambientes virtuais possa se transformar em poderosos recursos de educação. Para isto, é importante que o *bot* seja usado de

forma adequada em ambientes educacionais virtuais, sob uma técnica pedagógica correta, com elementos internos motivadores e recursos didáticos capazes de fazer despertar nos alunos e nos professores a aceitação desse novo paradigma, além da capacidade técnica inteligente de estabelecer uma relação de incentivo à participação do aluno e auxílio ao professor (Sganderla; Ferrari; Geyer, 2003, conclusões).

Ainda que os *chatbots* sejam, de certa maneira, fáceis de desenvolver e utilizar, Cursino *et al.* (2020) ressaltam que sua adoção na educação ainda é ínfima. Logo, é importante que essa tecnologia seja disseminada e alcance os diferentes níveis da pedagogia.

1.4. O estado da arte

Muitos pesquisadores se esforçam com o intuito de colaborar para a melhoria do ensino de química. Seguindo essa linha de pensamento, Soares (2021) desenvolveu uma sequência didática para ensinar o conteúdo sobre os lipídios no ensino médio, através do uso das metodologias ativas e da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Segundo a autora, essas estratégias de ensino ajudam a estimular a aprendizagem dos estudantes, ao mesmo tempo que possibilitam a discussão de temas relacionados à ciência e à tecnologia, ligados ao cotidiano e aos interesses da sociedade.

Magalhães (2023) desenvolveu uma sequência didática com foco no ensino de cinética química para os estudantes do segundo ano do ensino médio. A proposta utilizou a metodologia ativa *Peer Instruction* (PI), sala de aula invertida e a ferramenta digital *chatbot*, batizada de John. A utilização da metodologia sala de aula invertida em formato híbrido fez com que o processo educativo não ficasse delimitado pelos muros da escola e permitisse que os alunos tivessem acesso aos conteúdos e recebessem suporte pedagógico por meio das tecnologias digitais, em momentos e locais diversos, ampliando assim o alcance e a flexibilidade da aprendizagem. Logo, a abordagem adotada se distancia dos métodos tradicionais e propõe uma experiência de aprendizado mais interativa e atraente para os estudantes.

No trabalho de Santos (2015), a medicação sem orientação médica foi utilizada para contextualizar a sequência didática voltada ao ensino das funções orgânicas. Se apoiando nos fundamentos da pedagogia de projetos de John Dewey, essa estratégia permitiu que o conteúdo fosse trabalhado de forma participativa e fizesse com que o aprendizado se aproximasse mais da realidade dos estudantes. Além disso, o autor ressalta que a sequência proposta não trouxe apenas novas formas de ensinar e aprender, como também fez diferença nos resultados pedagógicos, que se mostraram positivos.

Leite *et al.* (2020) desenvolveram uma proposta didática voltada ao ensino de química. A sequência foi iniciada com uma atividade diagnóstica fazendo uso da técnica *brainstorming* com o objetivo de incentivar os estudantes a expressarem livremente suas ideias prévias sobre o tema que seria trabalhado. Em seguida, os autores realizaram um teatro científico, intitulado “História Atômica”, como forma de instigar a imaginação dos alunos e levá-los a refletir sobre a evolução dos modelos atômicos. A sequência também teve aulas expositivas, jogos educativos e a criação de cordéis com a temática química. Desta forma, as atividades contribuíram para o engajamento e a criatividade dos estudantes. Ao final, os autores realizaram uma avaliação para entender se houve a assimilação do conteúdo e a satisfação dos estudantes com abordagem proposta. Através da análise dos resultados, pode-se constatar os avanços expressivos na compreensão conceitual e que a proposta contribuiu para despertar um interesse autêntico pela disciplina.

Diante do desafio de tornar o ensino de química mais atrativo, Tranquilino *et al.* (2019) investigaram o impacto de uma proposta pedagógica que fazia uso das práticas experimentais, de recursos tecnológicos e da metodologia *World Café*. A pesquisa buscou compreender como essas estratégias influenciam o envolvimento dos estudantes com o conteúdo e os resultados apontaram que, quando aplicadas de forma contextualizada à realidade escolar, essas abordagens favorecem uma participação mais ativa dos alunos e fortalecem o processo de aprendizagem.

Lopes (2022) elaborou uma sequência didática interativa (SDI) que usa metodologias ativas e a *internet*. A proposta fez o uso de diferentes plataformas como *Padlet*, *Kahoot!* e *Wordwall* para chamar a atenção, incentivar a participação ativa dos alunos, estimular a resolução de problemas e a construção

do conhecimento de forma colaborativa. O conteúdo sobre o modelo atômico de Bohr foi abordado de forma contextualizada com os fenômenos do cotidiano, como a emissão de luz em fogos de artifício, a fim de tornar o aprendizado mais significativo. Através dos resultados obtidos ficou claro que a sequência didática interativa contribuiu para uma aprendizagem mais dinâmica e eficaz, respeitando a autonomia e individualidade dos estudantes mesmo com o uso expressivo da tecnologia.

Conforme demonstrado, ainda não foi proposta uma sequência didática que utilize, simultaneamente, a metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a abordagem CTSA e o programa *chatbot* para ensinar conteúdos de química relacionados às queimadas e aos seus impactos no meio ambiente. Por essa razão, esta pesquisa de mestrado propõe uma sequência que articula as diferentes metodologias citadas em torno de um único objetivo: promover um aprendizado contextualizado e significativo que instigue, motive e, acima de tudo, inspire os alunos.

1.5. Uma sequência didática com o programa *chatbot* para o ensino de química

Partindo da premissa de que o uso de metodologias e estratégias diversificadas aliado ao uso das tecnologias pode constituir um grande facilitador para o ensino de química e, dessa forma, produzir um ensino inovador, propomos uma sequência didática com o intuito de amenizar os problemas descritos anteriormente, respondendo à seguinte pergunta de pesquisa: Como trabalhar o conteúdo ‘queimadas e seus impactos no meio ambiente’ utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica no ensino de química ambiental, com os alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo?

A sequência didática foi elaborada de modo que a sua aplicação fosse realizada em seis aulas de 45 (quarenta e cinco) minutos cada, ou seja, em 03 (três) semanas, já que cada turma tem duas aulas semanais da disciplina. Ela foi organizada em seis etapas, a saber: 1ª Etapa – Queimadas: Sentindo na Pele o Drama das Florestas; 2ª Etapa – Chamas sem Fronteiras; 3ª Etapa – Compreendendo as Queimadas: Causas, Implicações e Impactos; 4ª Etapa –

Queimadas: Um Problema Crescente; 5ª Etapa – Queimadas: o que podemos fazer para mudar essa realidade? E 6ª Etapa – Avaliação.

A sequência didática é baseada na abordagem CTSA (Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), fazendo uso a) da metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), b) do *chatbot* como ferramenta pedagógica e c) dos princípios de *design* como fundamentação para as atividades propostas.

A dinâmica da aplicação e os papéis de cada agente (professor e aluno) podem ser visualizados por meio dos Papéis e Momentos na Estrutura Didática (PMED): Os impactos das queimadas no meio ambiente (apêndice 2).

1.6. A organização da dissertação

Esta dissertação de mestrado está organizada da seguinte maneira: Introdução; Objetivos; Aportes teóricos; Procedimentos Metodológicos; Resultados e Discussão; Conclusões; Referências bibliográficas e Apêndices 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

1.7. Justificativa

As queimadas são problemas atemporais e de extrema gravidade para o meio ambiente global.

O Quadro 1 dá uma dimensão detalhada da situação do Brasil nos últimos cinco anos em relação aos focos de queimadas nos biomas.

Quadro 1 - Focos de queimadas nos biomas brasileiros

Biomass	2020	2021	2022	2023	2024
Amazônia	103161	75090	115033	98639	140346
Cerrado	63819	62728	56885	50713	81468
Mata Atlântica	22116	18832	15538	21550	21328
Caatinga	17512	17917	10916	11702	20235
Pantanal	14504	8258	1637	6580	14498
Pampa	1685	1256	754	717	424
Total	222797	184081	200763	189901	278299

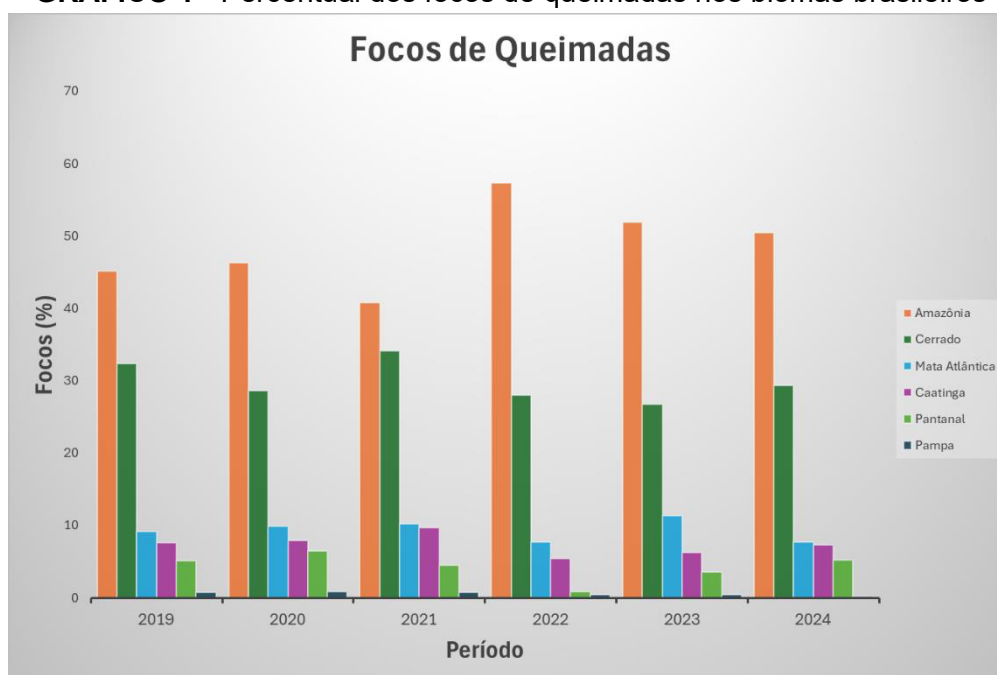
Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do INPE, 2025. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>. Acesso em: 1 fev. 2025.

Dia após dia, os jornais e noticiários do mundo todo mostram desastres alarmantes causados pelo fogo. No Brasil, a situação segue a mesma tendência, com aumento constante no número de focos de queimadas.

Como é possível verificar, Quadro 1, a quantidade de focos de queimadas é alarmante. Há pequenas quedas em determinados anos e uma piora nos seguintes, girando em torno de uma média de 215.168,2 focos de queimadas no período analisado.

No GRÁFICO 1, é possível visualizar o bioma mais afetado pelo fogo no período selecionado.

GRÁFICO 1 - Percentual dos focos de queimadas nos biomas brasileiros



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados do INPE, 2025. Disponível em:
<https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/>.
 Acesso em: 1 fev. 2025.

A partir dos dados apresentados acima, é possível perceber que a realização deste trabalho se justifica pela importância e relevância do tema para a sociedade e para o meio ambiente.

Os impactos ambientais causados pelas queimadas precisam ser, de alguma forma, freados e, para isso, somente o trabalho árduo e incansável de conscientização, adoção de tecnologias alternativas ao fogo e educação da sociedade pode trazer alento para o meio ambiente que arde em chamas. Além disso, a temática "queimadas" está prevista no escopo de habilidades essenciais do Currículo do Estado de São Paulo, e a região da escola, alvo da pesquisa e

atuação do pesquisador, sofre intensamente com as queimadas originadas por ações de vândalos e pessoas que utilizam o fogo para limpar terrenos baldios, devido à falta de instrução e conhecimento dos prejuízos que esse ato traz para todos.

Por fim, a elaboração de uma sequência didática apoiada pelo uso de um *chatbot* justifica-se pelo potencial dessa tecnologia em tornar as aulas mais dinâmicas, interativas e engajadoras. Considerando que o celular é um dos principais focos de interesse dos estudantes, o professor frequentemente enfrenta uma disputa desigual pela atenção e participação dos alunos. Nesse contexto, o uso do *chatbot* possibilita ao docente ocupar o espaço digital em que o aluno já está inserido, um ambiente muitas vezes inacessível por meio dos métodos tradicionais de ensino.

2. OBJETIVOS

A pesquisa teve como norte a seguinte questão-problema: Como trabalhar o conteúdo 'queimadas e seus impactos no meio ambiente' utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica, no ensino de química ambiental, com os alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo? A partir do problema apresentado surgem os objetivos gerais e específicos abaixo:

2.1. Objetivo geral

Aplicar e avaliar uma sequência didática sobre os impactos das queimadas no meio ambiente para alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo.

2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver um produto educacional, uma sequência didática, para o ensino dos conceitos sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente utilizando o *chatbot* como ferramenta;
- Aplicar e avaliar a sequência didática elaborada;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel

Conforme a teoria cognitivista, a aprendizagem ocorre a partir da capacidade do indivíduo de atribuir sentido às experiências vividas, conseguir diferenciar padrões e construir relações entre o que já conhece e o que está aprendendo. Deste modo, a realidade deixa de ser apenas observada e passa a ser interpretada e os significados atribuídos tornam-se, então, referenciais internos, o que Ausubel chama de “pontos de ancoragem”, dando suporte ao aprendizado de novos conhecimentos. Assim, a estrutura cognitiva se firma como uma rede de significados interligados que aumenta à medida que novas informações são integradas de maneira significativa (Moreira; Masini, 1982).

[...] os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si que do número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de maneira que a estrutura cognitiva é compreendida, fundamentalmente, como uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização (Pelizzari *et al.*, 2002, p. 38).

Segundo Moreira (2010), a aprendizagem significativa se apoia em uma estrutura cognitiva que possui conhecimentos prévios que estão organizados em níveis e em constante mudança. Nesse contexto, existem duas formas de o cérebro organizar os novos conteúdos mediante ao que já se sabe chamadas de diferenciação progressiva, que possibilita refinar e ampliar os significados já existentes à medida que novas informações são incorporadas, e a reconciliação integradora, que atua eliminando as contradições e promovendo uma integração mais coerente entre as ideias novas e antigas.

Assim, o que já se sabe serve de base para os novos aprendizados, e os novos conhecimentos, por sua vez, ajudam a reorganizar o que já foi aprendido, tornando-o mais claro e estruturado.

Quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre

eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciarmos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva [...] (Moreira, 2010, p. 7).

O grande problema das escolas é que, após a abordagem dos conteúdos programados, os assuntos trabalhados são cobrados de forma pontual em uma avaliação somativa e, posteriormente, trancados na gaveta do esquecimento, como se fosse algo superado e que não é mais necessário para nada. Raramente os significados adquiridos são utilizados como ponto de partida para os novos significados, culminando em uma aprendizagem meramente mecânica e sem sentido. A aprendizagem significativa, e em específico na química, só ocorre quando os novos conteúdos assimilados pelos estudantes se conectam a situações concretas do cotidiano e funcionam como base para compreender conteúdos mais difíceis. Quando os alunos veem sentido naquilo que aprendem, eles passam a perceber a utilidade do conhecimento, o que contribui para o engajamento nas aulas e para a construção contínua de novos significados (Oliveira; Gouveia; Quadros, 2009).

Deste modo, promover uma aprendizagem realmente significativa exige que o ensino leve em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e suas individualidades. Assim, o processo educacional deve objetivar a formação integral, abrangendo não apenas o aspecto cognitivo, mas também as dimensões afetiva, social e ética do estudante. Logo, para alcançar esse objetivo, é de extrema necessidade que os conteúdos sejam cuidadosamente planejados e organizados, de modo que se apresentem de forma lógica, coesa e alinhada com as experiências cotidianas dos alunos, além de atender às demandas e desafios da sociedade atual (Costa Júnior *et al.*, 2023).

Assim, é dever da escola, conforme preconizado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

[...] possibilitar aos alunos o domínio de instrumentos que os capacitem a relacionar conhecimentos de modo significativo, bem como a utilizar esses conhecimentos na transformação e construção de novas relações sociais (Brasil, 1997, p. 41).

A aprendizagem significativa não depende apenas dos métodos utilizados pelo professor, mas também da postura do estudante que precisa estar aberto e interessado em aprender o que é ensinado. Na ausência dessa disposição, o aprendizado tende a ser mecânico, baseado na simples repetição e memorização fragmentada de informações. Além disso, é essencial que o próprio conteúdo possua relevância e significado para o aluno, pois somente assim o processo educativo pode se tornar verdadeiramente eficaz e conectado à realidade do aprendiz (Pelizzari *et al.*, 2002).

A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é potencialmente significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. O material de aprendizagem pode consistir em componentes já significativas (tais como pares de adjetivos), mas cada uma das componentes da tarefa da aprendizagem, bem como esta como um todo (apreender uma lista de palavras ligadas arbitrariamente), não são 'logicamente' significativas. Além disso, até mesmo o material logicamente significativo pode ser apreendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo (Ausubel, 2003, p. 1).

A teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta pelo psicólogo David Ausubel que defende que o novo saber só é verdadeiramente assimilado quando se conecta, de maneira compreensível e de forma estruturada, com aquilo que o estudante já conhece. É essa articulação com o conhecimento prévio que permite a construção de novos sentidos e o aprofundamento da aprendizagem (Costa Júnior *et al.*, 2023).

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (Moreira, 2010, p. 2).

O princípio central da teoria de Ausubel é o conhecimento prévio, onde, segundo ele, “se tivéssemos que reduzir a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a

aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p.137).

A aprendizagem significativa, ainda que muito valorizada por promover ligações entre o novo e os conhecimentos prévios dos estudantes, não garante que o que foi aprendido seja sempre lembrado ou que esteja livre de erros. Conforme destaca Moreira (2010), é possível apropriar-se de maneira significativa até mesmo de conceitos incorretos. Além disso, o simples fato de um conteúdo estar vinculado as estruturas cognitivas já existentes não quer dizer que o processo de aprendizagem ocorrerá de forma automática ou descomplicada, muitas vezes é um percurso difícil que exige tempo e esforço para se estabelecer.

Portanto, dizer que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora (Moreira, 2010, p. 7).

Segundo Moreira (2010), o conhecimento que já existe na estrutura cognitiva de uma pessoa (conhecimento prévio) e que possibilita dar novas significações a um novo conhecimento por ela adquirido é, por Ausubel chamado de subsunçor. Logo, a significação de novas aprendizagens depende da comunicação dessas com conhecimentos anteriormente adquiridos.

A construção do saber se dá quando as novas aprendizagens estabelecem ligações com as estruturas cognitivas já formadas e isso permite ao estudante dar sentido às informações recebidas. Essa união entre o novo e o pré-existente confere significado à aprendizagem. No entanto, quando essas conexões não acontecem, o conteúdo tende a ser armazenado de maneira fragmentada e decorada, o que caracteriza um aprendizado mecânico, desprovido de significado real e duradouro (Pelizzari *et al.*, 2002).

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem mecânica ocorre quando o estudante realiza conexões superficiais entre os novos conteúdos e sua estrutura cognitiva, sem que essas relações sejam fixadas em conhecimentos pré-existentes. Esse tipo de aprendizagem tem como ponto forte a memorização dos conteúdos e isso limita a compreensão, memória de longo prazo e o desenvolvimento da criticidade do aluno.

Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação (Pelizzari *et al.*, 2002, p. 38).

Ainda que a aprendizagem significativa seja o objetivo almejado pelas escolas, o que se vê na prática é o predomínio da aprendizagem mecânica, nascida da simples memorização e com foco nas avaliações, sem que haja, de fato, preocupação com a memória de longo prazo. Essa prática é popularmente conhecida como “decoreba” (Moreira, 2010, p. 12). Ela é amplamente adotada pelos estudantes e, não raro, incentivada pelas próprias escolas. Ainda assim, vale destacar que a aprendizagem mecânica e a significativa não são fenômenos totalmente distintos ou opostos, mas sim fases ou dimensões que acabam coexistindo no processo educativo.

Moreira (2010) enfatiza que é uma grande ilusão pensar que a aprendizagem que ocorreu de forma mecânica se transformará em significativa naturalmente. Segundo o autor, ainda que essa mudança possa acontecer, ela depende de inúmeros elementos, como a presença dos conhecimentos prévios necessários, a utilização de conteúdos que tenham potencial significativo, o interesse real do estudante em querer aprender e a atuação reflexiva e intencional do professor. Como essas condições nem sempre estão reunidas na sala de aula, essa mudança tende a ser a exceção e não a regra.

A teoria proposta por Ausubel diferencia de maneira clara os modos de apresentação dos conteúdos, aprendizagem por recepção e por descoberta, das formas como esses conteúdos são processados na estrutura cognitiva, de maneira significativa ou mecânica. É um erro comum supor que aprender por descoberta garante uma aprendizagem significativa e aprender por recepção se limita a uma aprendizagem mecânica. No entanto, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), esses pares de conceitos são independentes: tanto o ensino receptivo quanto o ensino por descoberta podem resultar em aprendizagem significativa ou mecânica, vai depender da forma como o aluno estabelece (ou não) conexões com o conhecimento prévio.

Conforme Moreira (2010), na aprendizagem receptiva, o estudante entra em contato com o conhecimento já sistematizado, ou seja, em sua forma final.

Isso, no entanto, não significa que o processo seja passivo ou limitado aos métodos tradicionais, como as aulas expositivas. O acesso ao conhecimento através dessa abordagem pode ocorrer de diversas maneiras, como a leitura independente de um texto, a realização de atividades experimentais no laboratório, através do uso de simulações computacionais ou até mesmo por meio dos recursos audiovisuais. Tudo só depende de como o aluno interage cognitivamente com as informações que já estão prontas, de modo que consiga ligá-las aos saberes que já possui para produzir novos significados. Assim, mesmo que o conteúdo não faça uso da aprendizagem por descoberta, se ele exigir um esforço ativo na construção e reorganização do conhecimento, a aprendizagem será significativa.

Aprender receptivamente significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender. Mas isso não implica passividade. Ao contrário, a aprendizagem significativa receptiva requer muita atividade cognitiva para relacionar, interativamente, os novos conhecimentos com aqueles já existentes na estrutura cognitiva, envolvendo processos de captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Moreira, 2010, p. 13).

A aprendizagem por descoberta exige do estudante a construção do conhecimento por meio de sua própria investigação, diferente da aprendizagem por recepção, onde as informações são previamente organizadas e apresentadas de forma pronta. No entanto, Moreira (2010) adverte que não se deve pressupor que a aprendizagem por descoberta leve, por si só, à aprendizagem significativa. Esse tipo de aprendizagem também depende de condições únicas, como a existência de conhecimentos prévios e a disposição pessoal do aluno em aprender. Na realidade educacional, especialmente entre adultos e jovens, a aprendizagem significativa tende a ocorrer com mais frequência por recepção, devido ao volume e à complexidade dos saberes disponíveis atualmente. Assim, imaginar que todo conhecimento deva ser descoberto pelo aluno seria impraticável. O mais sensato, segundo o autor, é compreender que uma forma de aprender não exclui a outra, mas que elas fazem parte de uma mesma dimensão, onde diferentes estratégias podem ser adotadas conforme o contexto, a faixa etária e os objetivos pedagógicos.

A fim de facilitar a aprendizagem significativa, é importante que, antes do início da abordagem de um novo tema, o estudante tenha acesso a recursos que preparem sua estrutura cognitiva, principalmente quando ele ainda não possui conhecimentos prévios relacionados ao assunto. Esses recursos são chamados de organizadores prévios e funcionam como uma introdução, visando facilitar a assimilação dos conteúdos que virão na sequência, criando, assim, uma base para a construção de novos saberes (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980; Moreira, 2010).

Os organizadores antecipatórios ajudam o aluno a reconhecer que elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos relacionando-os com os aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva existente (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p. 143).

[...] a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p. 144).

Assim, é papel do professor elaborar previamente organizadores antecipatórios relevantes, utilizando seu conhecimento para planejar recursos que facilitem a aprendizagem dos alunos (Jesus; Silva, 2004).

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (Moreira, 2010, p. 11).

Em sua teoria da aprendizagem, Ausubel incentiva os educadores a repensarem a forma de organizar o currículo e as práticas pedagógicas, dando ênfase ao diálogo entre o que vai ser ensinado e os conhecimentos prévios dos estudantes (Costa Júnior *et al.*, 2023). Essa conversa entre o que se sabe e o que se deve saber é de extrema importância, já que a aprendizagem significativa,

conforme discutida por Moreira (2010), envolve mais do que simplesmente a apresentação de conteúdos: requer uma intencionalidade pedagógica que considere tanto a estrutura sequencial dos conhecimentos - sequência didática - quanto a qualidade da aprendizagem já realizada. Ao organizar as atividades de forma progressiva, o professor cria condições para que seja possível o diálogo entre os saberes anteriores e os novos. Entretanto, quando a atenção é excessivamente voltada a fixação dos conteúdos pode resultar em práticas voltadas apenas à memorização. O autor ainda destaca que, ao contrário da aprendizagem mecânica, a aprendizagem significativa costuma deixar memórias de longo prazo, possibilitando que, mesmo após o esquecimento de certos conteúdos, a recuperação e a reconstrução do conhecimento se tornem mais fáceis.

Se a aprendizagem foi mecânica, a sensação (ruim, de perda de tempo no passado) é a de que esse conhecimento nunca foi aprendido, e não tem sentido falar em reaprendizagem. No início, a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica é a compreensão, o significado, a capacidade de transferência a situações novas (na aprendizagem mecânica o sujeito é capaz de lidar apenas com situações conhecidas, rotineiras). Mais tarde, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprendizagem (que praticamente não existe quando a aprendizagem é mecânica) em muito menos tempo do que a aprendizagem original (Moreira, 2010, p. 17).

Logo, aprender de forma significativa é muito mais do que decorar conceitos ou memorizar fórmulas, assim como ensinar é muito mais do que a mera transmissão de informações.

[...] Ausubel apresenta uma aprendizagem que tenha como ambiente uma comunicação eficaz, respeite e conduza o aluno a imaginar-se como parte integrante desse novo conhecimento através de elos, de termos familiares a ele. Através da palavra, o educador pode diminuir a distância entre a teoria e a prática na escola, capacitando-se de uma linguagem que ao mesmo tempo desafie e leve o aluno a refletir e sonhar, conhecendo a sua realidade e os seus anseios (Pelizzari *et al.*, 2002).

3.2. A sequência didática (SD)

Assim como na música, onde os acordes se encadeiam e se combinam com o intuito de alicerçar a melodia através da harmonia, ou na tabela periódica, onde os elementos químicos estão dispostos de forma sequencial de número atômico, analogamente, a sequência didática pode ser entendida como um encadeamento de atividades previamente pensadas e preparadas pelo professor com um claro objetivo: a compreensão e aprendizado do aluno.

As sequências de atividades de ensino/aprendizagem, ou sequências didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhes atribuir (Zabala, 1998, p. 20).

As sequências didáticas funcionam como roteiros pedagógicos planejados a fim desenvolver aprendizagens específicas ao longo do tempo. A sua estrutura é dividida em etapas que se complementam e vinculam diferentes estratégias de ensino, como investigações orientadas, dinâmicas coletivas, leituras mediadas e experimentações. Ao longo de algumas semanas, esse tipo de abordagem permite que os alunos se envolvam de forma gradual com os conteúdos e aprofundem sua compreensão no tema estudado. Para o professor, as sequências representam uma oportunidade de acompanhar o progresso da turma com maior proximidade, sendo possível realizar ajustes e intervenções conforme as necessidades vão aparecendo no processo (Kobashigawa *et al.*, 2008). Ao analisar essas sequências é possível identificar seus elementos essenciais, que são um conjunto de ações planejadas e interligadas, elaboradas para promover um ensino significativo (Zabala, 1998).

A sequência didática tem uma duração maior que um plano de aula e menor que uma unidade didática, conforme citado por Pessanha (2023, p. 17):

O planejamento de ensino é aquele elaborado pelo professor, de forma mais individual, ou por um conjunto de professores (por exemplo, em ações interdisciplinares). Esse planejamento envolve a organização das atividades a serem desenvolvidas

pelos alunos em sala de aula, com o intuito central de proporcionar aprendizagens e o desenvolvimento de habilidades e atitudes. Trata-se de um detalhamento do plano curricular para uma turma específica e para um prazo bem definido: um prazo um pouco maior, como no caso do planejamento de uma unidade didática; um prazo médio, como ocorre no planejamento das sequências didáticas; ou menor, no caso dos planejamentos semanal ou de aula.

Segundo Zabala (1998), ao elaborar uma sequência didática, o professor precisa ir além da simples escolha de atividades: é necessário considerar com sensibilidade e criticidade o que de fato contribui para o avanço da aprendizagem dos alunos. Quando o objetivo é construir conceitos, é importante entender como o estudante raciocina ao resolver determinada atividade, reconhecer suas particularidades e ajustar as intervenções pedagógicas de forma a respeitar seus diferentes níveis de compreensão. O professor não deve recorrer a tarefas repetitivas e sem contexto, mas selecionar propostas que dialoguem com a realidade dos estudantes e os levem a uma aprendizagem mais reflexiva e significativa. De acordo com Leite *et al.* (2020), espera-se que o professor atue como mediador crítico do processo de aprendizagem e promova práticas pedagógicas que ultrapassem a simples exposição de conteúdo. Logo, é necessário planejar práticas de ensino que estimulem a participação dos alunos, onde seja possível que eles reconheçam nos conceitos científicos os elementos que fazem parte de suas vivências cotidianas e, assim, ampliem o significado do que aprendem.

Dessa forma, seguir um planejamento sequencial torna-se relevante porque favorece a aprendizagem gradativa do estudante e respeita seu ritmo de aprendizagem. Para o professor, essa organização contribui para que as atividades didáticas estejam mais articuladas entre si, o que amplia o sentido do que é ensinado e possibilita um aprendizado mais consistente e significativo.

3.3. O Teste de Turing e o *chatbot* (Alan Turing, 1950)

Alan Turing foi um cientista britânico com formação em matemática, lógica e criptografia. Um de seus principais trabalhos foi publicado em 1950, no artigo *Computing Machinery and Intelligence*, no qual ele propôs o chamado “jogo da

imitação”, um experimento teórico criado com o objetivo de discutir se uma máquina poderia pensar como um ser humano (Pacheco; Venske, 2012).

Segundo Turing (1950), para realizar o teste, seriam necessárias três pessoas, sendo um interrogador do sexo masculino ou feminino, um homem e uma mulher em ambientes separados. O homem foi chamado de A, a mulher de B e o interrogador de C. No jogo, o papel do interrogador era o de fazer perguntas a fim de descobrir quem era o homem e quem era a mulher. Para que a pessoa interrogada não fosse reconhecida pela voz, as suas respostas eram digitadas. No entanto, o jogador A tinha que responder de forma a tentar enganar o interrogador com a ajuda do jogador B, sem que ele soubesse. Após essa primeira parte, tem início a segunda com a introdução da pergunta “O que acontecerá quando uma máquina assumir o papel de A neste jogo?” (Turing, 1950, p. 434), e por conta dessa substituição, o teste ficou conhecido como o Teste de Turing.

Ainda, Turing fez a previsão de que, em cerca de cinquenta anos, os computadores seriam tão sofisticados que poderiam enganar um interrogador em cerca de 30% dos casos durante uma conversa breve, simulando, desta forma, o comportamento humano com sucesso razoável.

De acordo com Onody (2021), inspirado no Teste de Turing, Hugh Loebner criou em 1991 uma competição anual para reconhecer os sistemas computacionais mais eficazes em simular diálogos humanos, mas somente em 2016 um *chatbot* alcançou um desempenho expressivo, enganando 30% dos avaliadores ao se apresentar como um adolescente ucraniano.

Diferente de como o teste original foi proposto, ainda de acordo com o autor, atualmente milhares de internautas avaliam os *chatbots*, o que mostra a crescente presença desses sistemas em diferentes plataformas digitais, como redes sociais, serviços de mensagens, comércio eletrônico, entre outras. É importante ter em mente que há algumas diferenças importante entre os *bots* criados para simular os seres humanos e os assistentes pessoais, como a Siri, a Alexa e o Google Assistente. O primeiro visa responder de forma aproximada, como uma pessoa, quanto que os demais trazem respostas exatas.

3.4. O *chatbot* como ferramenta pedagógica

A relação entre a educação e a tecnologia tem se mostrado fundamental para impulsionar as transformações sociais e culturais. Mendes (2016) ressalta que essas duas dimensões do conhecimento não apenas compartilham o mesmo espaço, mas também se combinam como agentes de transformação e se mostram inseparáveis na construção das práticas educativas que acompanham o ritmo da vida moderna.

A educação é o “processo de desenvolvimento da capacidade física, intelectual e moral da criança e do ser humano em geral, visando à sua melhor integração individual e social” (Kenski, 2007, p. 43). A autora ainda defende que a presença das tecnologias no ambiente escolar deve ir além da simples abordagem como conteúdo, ou seja, não se deve apenas ensinar sobre tecnologia, mas usá-las para ensinar. Assim, elas precisam ser entendidas como instrumentos que ampliam as possibilidades da prática pedagógica, favorecendo o ensino significativo, colaborativo e alinhado aos desafios atuais da educação.

Incluir as tecnologias no dia a dia da escola requer muito mais do que a simples compra de equipamentos, ela exige uma transformação profunda nas formas de pensar e ensinar dos docentes. Conforme Queiroz (2018), não se trata apenas de adotar recursos inovadores, mas de repensar a prática docente com base em ações intencionais que favoreçam o engajamento dos alunos e aproxime o aprendizado de sua realidade cotidiana.

Além do mais, o desafio reside na utilização dessas ferramentas com o objetivo de criar ambientes de aprendizagem dinâmicos e de colaboração, onde o conhecimento possa ser construído de forma significativa.

Para que a parceria entre a tecnologia e o ensino de química seja auspiciosa, é preciso direcionar o fazer educativo de forma que o conhecimento/saber seja significativo e útil para os discentes, através de uma educação cujo processo de ensino e aprendizagem atinja o objetivo almejado (Lima; Moita, 2011, p. 133).

A intenção por traz do uso da tecnologia está acima de qualquer dispositivo tecnológico. Quando existe um propósito e uma finalidade no uso dessas ferramentas, o processo ensino-aprendizagem é facilitado e a educação efetiva dos estudantes realmente acontece (Dantas, 2019).

Assim sendo, o uso intencional do *chatbot* como ferramenta pedagógica pode trazer para o ambiente escolar mais uma possibilidade de inovação e interação, possibilitando um estudo dirigido e direcionado aos alunos para além dos muros da escola e, aos professores, uma nova maneira de ensinar.

As novas tecnologias fornecem instrumentos imprescindíveis para essa empreitada, pois os recursos que elas disponibilizam são capazes de facilitar e agilizar a vida da sociedade contemporânea e de fornecer formação educacional, no campo da química, permitindo, assim, a atualização de conhecimentos, a socialização de experiências e a aprendizagem através dos recursos tecnológicos (Lima; Moita, 2011, p. 133).

Magalhães (2023) observa que os *chatbots*, quando adicionados ao cotidiano escolar, podem oferecer suporte personalizado aos estudantes, indicar conteúdo para estudo após as aulas e automatizar algumas rotinas, como o envio e a correção de atividades. Logo, mais do que ferramentas operacionais, esses agentes virtuais podem colaborar para uma mediação mais eficiente entre o aluno e o processo de aprendizagem.

Os *chatbots*, inicialmente foram utilizados em áreas como comércio, saúde, turismo e serviços financeiros e agora estão sendo, aos poucos, incorporados à educação. Isso se deve, sobretudo, ao seu potencial de oferecer interações dinâmicas e adaptáveis, beneficiando tanto o ensino presencial quanto a distância. Logo, a expansão dessa tecnologia reflete a busca por formas inovadoras de mediação do conhecimento (Barros; Guerreiro, 2019).

Diante do exposto, o *chatbot* Ernest foi utilizado como ferramenta pedagógica para potencializar o processo ensino-aprendizagem sobre queimadas ao ser combinado com as metodologias ativas e inserido em uma sequência didática.

Assim, as tecnologias na educação, como papel social, visam aproximar, conectar diretamente o estudante com o mundo a fim de ampliar seu acervo cultural; para tanto, é necessário trazer para dentro da escola as novas tecnologias. Exemplo dessas tecnologias são as plataformas de ensino à distância, a robótica, a diversidade de aplicativos que melhoram a atenção, interação, raciocínio lógico e autonomia do estudante; a Inteligência Artificial como os *chatbots* (agentes virtuais de conversação que utilizam uma linguagem mais próxima do natural). Os *chatbots* podem ser usados como um orientador do aluno em atividades

em casa ou na escola, ou em plataformas virtuais como assistentes (Paz, 2022, p.14-15).

3.5. A química ambiental

Há muito tempo, o meio ambiente vem sofrendo como consequência das ações antrópicas. O consumo desenfreado, produção em massa para obtenção de lucro, a emissão de poluentes, o descarte irregular de resíduos, a exploração de recursos naturais, o desmatamento e as queimadas são alguns exemplos das ações humanas que, dia após dia, causam sérios impactos ambientais.

Ainda que a Revolução Industrial tenha ocorrido no século XVIII e dado início a profundas transformações sociais e econômicas, apenas por volta das décadas de 1960 e 1970 que a problemática ambiental passou a ser reconhecida como um tema relevante, ganhando espaço nas discussões acadêmicas e políticas (Estrela; Pott, 2017). Essa defasagem temporal evidencia a demora em perceber as consequências ambientais do desenvolvimento industrial, o que reforça a necessidade de se pensar a sustentabilidade de forma integrada às atividades econômicas.

Desde cerca de 1970, a ciência da química do ambiente – química ambiental – surge como ciência forte e dinâmica, que trouxe contribuições expressivas para o entendimento do ambiente e dos processos químicos e físicos transcorridos nele (Manahan, 2013, p. 7).

A consolidação da Química Ambiental no cenário brasileiro só ocorreu de maneira formal em 1994, quando foi estabelecida, na Sociedade Brasileira de Química, uma divisão dedicada especificamente a essa área. Ainda que os avanços nessa disciplina já fossem expressivos, só a partir da década de 1990 que ela começou a ser gradualmente incluída nas grades curriculares das instituições de ensino superior, o que sinalizou uma ampliação no interesse acadêmico e a importância crescente das questões ambientais no âmbito científico (Canela; Fostier; Grassi, 2017). Apesar de ser recente como área formal de estudo, a química ambiental está alinhada com a antiga inquietação humana em compreender os fenômenos naturais e suas origens.

Não há apenas uma definição para química ambiental, conforme é pontuado por Baird e Cann (2014, p.12):

Há muitas definições de química ambiental. Para alguns não é mais que a química dos processos naturais da Terra que tem lugar no ar, na água e no solo. O habitual, tal como faz o presente livro, é considerar que a química ambiental trata principalmente sobre os aspectos químicos relativos aos problemas ocasionados pelo homem no meio natural.

A química ambiental tem por premissa compreender como ocorrem as transformações químicas nos diferentes compartimentos do planeta, como o ar, a água, o solo e os ambientes modificados pela ação humana, bem como os efeitos dessas interações (Manahan, 2013).

O meio ambiente sadio é um direito de todos e é responsabilidade do Poder Público e da sociedade preservá-lo, conforme explicitado no artigo 225 da Constituição Federal:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 2016, p.131).

Promover a consciência ambiental é um passo essencial para construir uma educação verdadeiramente cidadã, que forme indivíduos capazes de compreender e interagir de forma responsável com o planeta que habitam (Alexandre; Arrigo; Assai, 2018). O desenvolvimento de uma consciência ambiental crítica entre os estudantes deve partir da realidade em que eles estão inseridos. Dessa forma, valorizar a escola, o bairro e a comunidade como espaços de pertencimento é essencial para promover ações concretas que visem a preservação ambiental. Logo, para que essa preservação aconteça a contento, é indispensável articular o ensino de ciências, matemática e linguagens ao dia a dia, capacitar os alunos para enfrentar os desafios ambientais de seu cotidiano e contribuir ativamente com soluções sustentáveis (Brasil, 2000).

Com isso, a química ambiental tem papel de destaque, pois desenvolve a criticidade nos alunos, além de conscientizá-los e engajá-los nas questões ambientais que os circundam, à medida que buscam entender os impactos das substâncias liberadas pelo ser humano na água, no ar, no solo e nos seres vivos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz, em seu escopo, a habilidade EM13CNT203:

Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p. 557a).

A habilidade citada objetiva que o aluno possa fazer previsões dos efeitos das ações do homem nos ecossistemas e entender os impactos que isso gera para os seres vivos, além de promover uma visão crítica e o poder argumentativo nos estudantes. Assim, se espera que o aluno do ensino médio seja capaz de se posicionar de maneira autônoma e protagonista na busca de soluções para a problemática apresentada.

3.5.1. Combustão

Segundo Turns (2013), no processo de combustão ocorre a quebra das ligações químicas presentes nas moléculas do combustível e do agente oxidante. Essa ruptura viabiliza a reorganização dos átomos presentes e permite que novas ligações se formem dando origem a substâncias diferentes. Enquanto o processo acontece é liberado energia térmica, possível de perceber na forma de calor e luz. Essa energia é utilizada e possibilita o desenvolvimento econômico e social da humanidade, além de estar no centro de diversas aplicações industriais e cotidianas.

A combustão, em concordância com Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 105), é:

[...] a queima de um material com o oxigênio do ar – processo que libera como produtos gases e partículas. Ela pode ser representada pela seguinte equação: Combustível + ar [O₂ e N₂] → gases [p. ex., NO + SO₂ + CO₂] + [partículas].

Ainda, os autores ressaltam que a combustão gera partículas de diferentes tamanhos. As maiores compõem a fumaça que conseguimos ver,

enquanto as menores são os gases que não são perceptíveis visualmente. Muitos desses gases também não apresentam cheiro, o que dificulta sua detecção pelos sentidos humanos e, por essa razão, identificá-los exige o conhecimento prévio da composição química do material queimado. Desta forma, combustíveis formados por carbono, hidrogênio e oxigênio, por exemplo, tendem a liberar dióxido de carbono e vapor d'água. Quando há presença de enxofre, ocorre também a emissão de dióxido de enxofre. É importante destacar que os óxidos de nitrogênio são liberados em todo tipo de combustão, independentemente dos elementos constituintes do combustível.

A queima de matéria orgânica produz primariamente água e dióxido de carbono, de acordo com a seguinte reação química: $[\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, onde o elemento $[\text{CH}_2\text{O}]$ representa a composição média da biomassa. Além destes elementos, também são produzidas outras espécies químicas, tais como monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO_x), hidrocarbonetos, e partículas de aerossóis, os quais são incorporados à atmosfera, sendo a ela misturados e transportados (Andreae, 1991 *apud* Freitas *et al.*, 2005, p. 167).

Freitas *et al.* (2005) reforçam que a combustão traz inúmeros benefícios para o ser humano e é de extrema importância no mundo moderno. Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 104), em consonância com Turns (2013), destacam que a humanidade se vale dos processos de combustão dos materiais para atender suas necessidades cotidianas, como: “cozimento de alimentos, transporte em veículos movidos por motores à combustão, produção industrial, preparo de terrenos para a agricultura etc.” De modo complementar, a indústria se beneficia da combustão de maneira variada, pois a utiliza em “caldeiras, aquecedores de fluidos em indústrias químicas e refinarias, fornos de fusão de vidro, secadores de sólidos, fornos e estufas de secagem e cura de revestimentos, filmes e papel, incineradores e muitos outros exemplos” (Turns, 2013, p. 1). Já no meio rural, a combustão é muito utilizada pelos agricultores para a limpeza de áreas agrícolas, controle de pragas e a abertura de novas áreas para cultivo. Além disso, essa prática contribui para preparação do solo para o plantio (Bonfim *et al.*, 2003; Redin *et al.*, 2011).

Apesar de o uso da combustão ter alavancado diversos avanços tecnológicos e sociais, ela também provoca sérios impactos ambientais em diferentes escalas, desde a local até a global. Logo, tais efeitos, que muitas das

vezes podem ser percebidos a curto prazo, tendem a se agravar com o tempo. No entanto, uma parcela expressiva da população ainda não é capaz reconhecer a relação entre esses danos e os processos de combustão. Mesmo entre as pessoas que identificam os prejuízos ambientais é comum a ausência de conhecimento sobre estratégias efetivas para minimizar ou acabar com o problema (Farias, 2007).

A consequência direta disso é a deterioração das condições ambientais, resultando na mudança da composição da atmosfera, compartimento este que recebe diretamente os produtos da combustão. O aumento dos processos de combustão, em função da crescente demanda energética, deverá ter implicações ambientais imediatas e também em um futuro próximo (Rocha; Rosa; Cardoso, 2009, p. 104).

O processo de combustão possui estreitos laços com a poluição ambiental, sendo estes os principais poluentes gerados:

[...] hidrocarbonetos não queimados ou parcialmente queimados, os óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO₂), óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) e os particulados em suas várias formas (Turns, 2013, p.4).

Essa poluição resulta em “problemas de saúde específicos, até o nevoeiro químico (*smog*), a chuva ácida, o aquecimento global e a redução da camada de ozônio” (Turns, 2013, p.5).

3.5.2. Queimadas

De acordo com o dicionário Aurélio, o termo “queimada” se refere a “queima de mato, de vegetação seca ou verde, geralmente com o fim de preparar o terreno para semear, ou plantar, ou mesmo limpá-lo” (Anjos; Ferreira, 1999, p. 1680). Essa queima pode ocorrer de duas maneiras: de forma controlada e não controlada. Quando não há controle, o fogo se propaga de forma imprevisível e pode ter origem em fatores naturais, nas ações humanas intencionais ou acidentais. As queimadas sem controle representam graves ameaças aos ecossistemas, pois alteram de forma significativa o meio ambiente, prejudicam as relações entre os seres vivos e comprometem os ciclos naturais que

sustentam a biodiversidade (Meio Sustentável, 2022; Lopes *et al.*, 2018). Já queima controlada, também conhecida como queimada, é uma prática agrícola sempre iniciada pelo ser humano e regulamentada pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). Essa lei permite o uso do fogo em atividades agropastoris, florestais, pesquisas científicas e em algumas Unidades de Conservação, desde que previamente autorizadas pelo órgão ambiental competente (Brasil, 2012).

Isto posto, é possível concluir que as queimadas controladas são originadas por meio de ações antrópicas, enquanto os incêndios podem advir de ações antrópicas e naturais.

Na ocorrência de tempestades com raios ou nos períodos prolongados de seca acompanhados por temperaturas elevadas e baixa umidade do ar, os incêndios podem surgir de forma natural na vegetação. No entanto, quando são causados pela ação humana, o fogo pode ter motivações variadas, desde as intencionais até as acidentais. Ainda, apesar do fogo sempre ser visto como vilão, existem situações em que ele é necessário e se mostra benéfico, como no caso do Cerrado. Nesse ambiente, cujo funcionamento envolve a ação do fogo, as queimadas controladas ou as queimas naturais podem estimular os processos ecológicos essenciais, como a regeneração de plantas e a reprodução de certas espécies (Meio Sustentável, 2022).

No campo, a preferência pelo uso do fogo por parte dos agricultores se dá pela praticidade e baixo custo, conforme pontuado por Bonfim *et al.* (2003, p. 87):

Os agricultores utilizam a queima por considerá-la um meio prático para diversas finalidades, como limpeza do terreno para eliminar restos de cultura; aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e, conseqüentemente, da sua capacidade produtiva; redução da incidência de pragas, de doenças, de gastos com mão-de-obra para limpeza do terreno; redução dos custos de produção; entre outras.

Desta forma, no Brasil, a utilização das queimadas abrange várias atividades como:

[...] (a) limpeza de áreas tanto agrícolas como florestais, (b) renovar pastagens, melhorando a oferta e qualidade dos alimentos; (c) abrir novas fronteiras agrícolas, (d) melhorar o manejo de pré-colheita da cultura da cana-de-açúcar e (e)

controlar pragas e doenças em culturas (anuais e perenes), em manejo pós-colheita, entre outras (Redin *et al.*, 2011, p. 382).

Segundo Rocha (2015), o uso do fogo na agricultura deve ser cogitado apenas em situações em que não há outras alternativas, pois essa prática provoca sérios problemas ao meio ambiente, como a emissão de poluentes na atmosfera e o agravamento do aquecimento global. A queima também elimina a cobertura vegetal que contribui para a formação de matéria orgânica no solo e afeta diretamente sua qualidade e equilíbrio. Apesar de no início parecer uma solução simples e de baixo custo, com a capacidade de estimular o crescimento de novas plantas, seus efeitos negativos vão se acumulando e trazem enormes prejuízos ao meio ambiente com o passar do tempo.

Apesar do processo de queima controlada ser legalmente permitido e atuar como prevenção a incêndios florestais, não se pode negar a existência de amplas externalidades negativas com a utilização do fogo, que envolvem danos à saúde, empobrecimento gradual do solo, perda de biodiversidade, danos à rede de transmissão elétrica, entre outros. Sendo assim, a utilização de alternativas ao uso do fogo deve ser vista como um procedimento relevante quando se busca a realização de atividades agropecuárias com vistas à sustentabilidade ambiental, social e econômica (IBAMA, 2022).

O dinheiro é a principal causa dos incêndios florestais no Brasil, conforme aponta Gaspar (2012). A prática, comumente objetiva à expansão de áreas destinadas à pecuária e à agricultura e reflete uma lógica produtivista que ignora os impactos ambientais e só pensa no lucro. Além das ações premeditadas, também existem as ocorrências onde o fogo é iniciado sem que haja intenção e que acaba contribuindo para o agravamento do problema. Como exemplo de queimas acidentais se tem as faíscas provenientes dos escapamentos de veículos em mau estado de conservação, o descarte negligente de cigarros nas rodovias, a incineração irregular de resíduos e o uso irresponsável de balões durante festividades. As atitudes apresentadas evidenciam tanto uma cultura de desatenção ambiental quanto a ausência de políticas públicas eficazes de prevenção e fiscalização.

Os incêndios ocasionados pelas ações antrópicas são considerados crimes ambientais e são proibidos. A lei nº 12.651 de 2012 do Código Florestal,

em seu art. 38, regulamenta e proíbe o uso de fogo na vegetação, mas com algumas aberturas, a saber:

Art. 38. É proibido o uso de fogo na vegetação, exceto nas seguintes situações:

I - Em locais ou regiões cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental competente do Sisnama, para cada imóvel rural ou de forma regionalizada, que estabelecerá os critérios de monitoramento e controle;

II - Emprego da queima controlada em Unidades de Conservação, em conformidade com o respectivo plano de manejo e mediante prévia aprovação do órgão gestor da Unidade de Conservação, visando ao manejo conservacionista da vegetação nativa, cujas características ecológicas estejam associadas evolutivamente à ocorrência do fogo;

III - Atividades de pesquisa científica vinculada a projeto de pesquisa devidamente aprovado pelos órgãos competentes e realizada por instituição de pesquisa reconhecida, mediante prévia aprovação do órgão ambiental competente do Sisnama (Brasil, 2012).

De acordo com Soares (1992), ainda que as queimadas controladas sejam práticas autorizadas e planejadas para fins específicos, sua execução inadequada pode acarretar sérios prejuízos ambientais. O autor também destaca que a falta de conhecimento especializado e de medidas de segurança adequadas pode transformar uma queima controlada em um incêndio florestal. Portanto, é de extrema necessidade que essa prática seja substituída por métodos alternativos, quando possível, ou seja conduzida por profissionais experientes e que dominem as técnicas corretas para minimizar os acidentes e riscos ao meio ambiente.

Alencar (2015) chama atenção para o fato de que tanto as queimas acidentais quanto as queimadas realizadas de forma planejada, com o intuito de renovar as pastagens, causam impactos consideráveis ao meio ambiente. Já que elas deterioram as características físicas, químicas e biológicas do solo. O autor ainda destaca que, apesar dos riscos e malefícios, muitos agricultores ainda optam por essa prática com a intenção de aumentar a produtividade. No entanto, esse ganho inicial acaba diminuindo nos anos seguintes, devido à perda progressiva de nutrientes essenciais para o solo, tornando a prática insustentável a longo prazo.

Dessa forma, o uso do fogo desencadeia uma série de efeitos negativos que atingem tanto os ecossistemas quanto a saúde pública. Conforme Lima, Nunes e Souza (2020), durante o processo de combustão, são liberadas substâncias tóxicas, como o monóxido de carbono, capazes de provocar sérios problemas respiratórios e cardiovasculares. Além de representar risco de morte, dependendo do grau de exposição. No quesito meio ambiente, os impactos são enormes, como a perda da cobertura vegetal, a morte de animais, poluição atmosférica e a degradação do solo, que se torna compactado e biologicamente empobrecido. Adicionalmente, as queimadas interferem no equilíbrio dos ciclos naturais da água, do carbono e dos nutrientes e, além disso, causam perdas significativas à biodiversidade com inúmeras consequências diretas para a fauna e para a flora (Sousa Júnior, 2008).

3.5.3. Ciclos biogeoquímicos

Os ciclos são uma constante que faz parte da existência humana e do Universo. O cotidiano está repleto de ciclos que desconhecemos ou simplesmente ignoramos, tais como o ciclo do sono, o ciclo de trabalho e descanso, os ciclos de estudos e lazer, entre vários outros. As estações do ano, as fases da lua, o ciclo solar e os ciclos biogeoquímicos são alguns exemplos de ciclos que acontecem na natureza.

Os ciclos biogeoquímicos (também conhecidos como ciclos da matéria) recebem essa denominação pelo fato de os ciclos envolverem organismos vivos, o meio ambiente (parte não viva, como ar, água, solo, atmosfera) e elementos químicos. Esses são definidos como processos naturais, nos quais ocorre a reciclagem dos elementos, realizando a passagem de componentes físico-químicos presentes no meio ambiente para os organismos, e destes de volta para o ambiente (Stein *et al.*, 2017, p. 221).

Stein *et al.* (2017) explicam que a classificação dos ciclos biogeoquímicos é realizada de acordo com os ambientes em que os elementos químicos se acumulam ao longo do tempo. Por exemplo, nos ciclos de natureza gasosa, os principais compartimentos de armazenamento são a atmosfera e a hidrosfera. Já nos ciclos sedimentares, é a crosta terrestre. Ainda, os autores destacam que “todas as substâncias são constantemente transformadas durante a composição

e a decomposição da matéria orgânica, sem escapar da biosfera, sendo, portanto, recicláveis” (Stein et al., 2017, p. 217). Assim, devido à reciclagem, a quantidade de elementos químicos em nosso planeta se mantém constante com o passar do tempo, viabilizando a existência da vida terrestre.

Segundo Botkin e Keller (2011), a base da composição química dos seres vivos é formada por um grupo pequeno de elementos. Ainda que a tabela periódica catalogue mais de uma centena de elementos conhecidos, apenas 24 (vinte e quatro) são considerados indispensáveis à manutenção da vida. A classificação desses elementos acontece de acordo com quantidade necessária aos organismos, como: os macronutrientes, que são requeridos em maiores proporções, e os micronutrientes, que são exigidos em quantidades menores. Dentre os macronutrientes, seis (6) se destacam por seu papel fundamental na constituição e funcionamento das células: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. O carbono, por exemplo, forma o encadeamento das moléculas orgânicas e, aliado ao hidrogênio e ao oxigênio, compõe os carboidratos. Já o nitrogênio e o enxofre participam da formação de aminoácidos essenciais às proteínas. O fósforo, por sua vez, é peça-chave nos processos de liberação e armazenamento de energia, integrando moléculas como o ATP, que atua diretamente nas reações bioquímicas celulares.

Os caminhos percorridos ciclicamente entre o meio abiótico (solo, atmosfera, água) e o biótico (conjunto de todos os organismos vivos do Planeta) pela água e por elementos químicos conhecidos, como carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S) constituem os chamados ciclos biogeoquímicos (Stein *et al.*, 2017, p. 217).

No entanto, para que os seres vivos possam se desenvolver de forma saudável é de extrema importância que os elementos químicos estejam presentes nas quantidades adequadas. Quando há falta de algum desses elementos, o crescimento das espécies pode ser comprometido e em casos extremos, pode até levar à sua extinção em determinados ambientes. Além disso, algumas substâncias que são benéficas em pequenas doses, como o cobre, tornam-se prejudiciais se estiverem em grandes quantidades (Botkin; Keller, 2011).

Conhecer os ciclos, suas rotas e quantidades envolvidas é de fundamental importância em qualquer estudo ambiental. Um poluente só poderá ser considerado como tal se sua concentração local for significativamente maior que aquela naturalmente existente naquele ecossistema (concentração basal ou de background). Logo, para se estabelecerem políticas de controle ambiental de um determinado componente químico, é necessário conhecer a emissão natural, processos de diluição, mecanismos de transformação e formação e, finalmente, os sorvedouros do componente químico em questão, ou seja, conhecer seu ciclo biogeoquímico. Só com essas informações é possível estimar quanto e como as atividades humanas estão interferindo no ambiente (Rocha; Rosa; Cardoso, 2009, p. 103).

No cenário atual, a interferência do ser humano nos ciclos biogeoquímicos tem se intensificado de forma expressiva, principalmente devido à exploração descontrolada dos recursos naturais e por conta do despejo de elementos químicos em níveis que excedem a capacidade de absorção dos ecossistemas. Diante do exposto, é necessário compreender o funcionamento dos ciclos não apenas para diagnosticar os impactos ambientais decorrentes dessas práticas, mas também para que estratégias eficientes possam ser desenvolvidas com vistas a recuperar os ambientes afetados (Stein *et al.*, 2017).

3.5.3.1. Os impactos das queimadas no ciclo do carbono

Com localização no segundo período do décimo quarto grupo da tabela periódica, o carbono é um elemento fascinante. Devido à sua tetravalência, capacidade de formar cadeias carbônicas gigantescas e moléculas complexas, esse elemento é a base da vida terrestre. Aduan, Vilela e Reis Júnior (2004) afirmam que carbono é um elemento essencial que está distribuído por toda a biosfera, presente em reservatórios como a atmosfera, os oceanos, o solo e as rochas. Na atmosfera, ele está em maior quantidade como dióxido de carbono (CO_2), considerada uma de suas formas mais simples. Esse composto circula continuamente entre os diferentes compartimentos do planeta por meio de processos naturais como a fotossíntese, a respiração, a decomposição da matéria orgânica e a dissolução oceânica. Essa movimentação é chamada de ciclo global do carbono e é fundamental para o equilíbrio ecológico.

De acordo com Stein *et al.* (2017), a movimentação do carbono nos ecossistemas ocorre por dois caminhos diferentes: através de um ciclo de curta

duração, chamado biológico, e outro de escala geológica, com transformações muito mais lentas. No primeiro, os organismos que realizam fotossíntese, como as plantas, assimilam o carbono atmosférico ao produzirem a matéria orgânica e liberam o oxigênio como subproduto.

Em contrapartida, o ciclo geológico envolve o acúmulo gradual de carbono ao longo de milhões de anos, especialmente em formações rochosas e reservas fósseis, resultado de processos de sedimentação e transformações desde a origem da Terra.

Conforme Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 99), “o transporte de carbono entre os vários compartimentos (atmosfera, hidrosfera e litosfera) é feito, principalmente, pelo carbono com número de oxidação (+4) na forma de CO_2 , carbonato (CO_3^{2-}) ou bicarbonato (HCO_3^-)”, como pode ser observado nas reações abaixo explicitadas pelos autores:

Fotossíntese e respiração:



Interação com a água:



Rocha, Rosa e Cardoso (2009) explicam que os diferentes processos envolvendo o dióxido de carbono podem ser representados por uma série de reações. A primeira delas mostra como as plantas capturam CO_2 da atmosfera para realizar a fotossíntese, contribuindo para o crescimento da biomassa vegetal. A segunda refere-se à respiração, pela qual os organismos vivos obtêm energia. Já as reações seguintes explicam como o CO_2 se dissolve na água e participa de processos de equilíbrio químico em ambientes aquáticos. Esses equilíbrios também interagem com íons metálicos, o que contribui para a

formação de estruturas como conchas, cascas de ovos e até rochas sedimentares.

O carbono penetra na atmosfera pela respiração dos seres vivos, por incêndios que queimam compostos orgânicos e, ainda, por difusão a partir dos oceanos. O carbono é removido da atmosfera por meio da fotossíntese das plantas, pelas algas e pela fotossíntese de determinadas bactérias (Botkin; Keller, 2011, p. 91).

Conforme Freitas *et al.* (2005) as queimadas liberam grandes quantidades de poluentes na atmosfera e isso impacta o equilíbrio ecológico e o ciclo do carbono.

No caso do CO₂, a emissão durante a queimada pode ser reincorporada à vegetação no seu restabelecimento no ciclo anual, porém em situação de desflorestamento, isto pode não ocorrer, pois a recomposição da floresta nativa, se houver, toma um longo tempo (da ordem de várias décadas), provocando uma emissão líquida à atmosfera. Na presença de radiação solar e altas concentrações de NO_x, a oxidação de CO e hidrocarbonetos é acompanhada de formação de ozônio (O₃), outro gás de efeito estufa (Freitas *et al.*, 2005, p.168).

Os poluentes também podem constituir-se em elementos que alteram o ciclo biogeoquímico incorporando-se ao ecossistema florestal através da cadeia alimentar como componentes tóxicos indesejáveis (Poggiani, 1992, p. 734).

As emissões dos gases de efeito estufa atingiram patamares nunca antes registrados, conforme é destacado por Peixoto (2023) em uma matéria ao site de notícias G1. Segundo o autor, no ano de 2022 a concentração de dióxido de carbono (CO₂) ultrapassou em mais 150% os valores registrados antes da Revolução Industrial e isso tem causado mudanças importantes no clima, tanto em escala global quanto local.

O aumento de concentrações de tais poluentes atmosféricos, em particular nas emissões de CO₂, deve-se ao crescente uso e dependência da energia, principalmente por utilização de combustíveis fósseis, sendo os setores mais relevantes de tal consumo a geração de energia em particular a eletricidade, o setor industrial, os transportes e as construções. Observamos ainda outros setores que contribuem também para o aumento de tais emissões, destacando-se, a queima de biomassa e o tratamento de resíduos. Vale salientar que neste contexto

socioeconômico há um outro fator também importante no que diz respeito ao aumento global de emissões de CO₂, a desflorestação e as mudanças no uso dos solos, prejudicando o ciclo do carbono a medida em que existe um menor consumo de CO₂ por organismos fotossintéticos tais como árvores e plantas e consequentemente uma menor liberação de O₂ por estes (Serralheiro, 2015, p. 2).

A crescente emissão de gases poluentes tem ampliado o desequilíbrio térmico do planeta e intensificado fenômenos como o aquecimento global. Como evidência, em muito aumentou os registros de alterações ambientais relevantes, que vão desde o recuo das geleiras até as mudanças nos regimes de chuva, o que contribui para a escassez hídrica em algumas regiões e inundações em outras. Além de afetar o meio ambiente, o aumento da poluição do ar traz consequências econômicas e sociais que exigem medidas rápidas e esforço conjunto entre os países (Silva; Paula, 2009).

3.5.3.2. Os impactos das queimadas no ciclo do nitrogênio

O nitrogênio (N), assim como o carbono (C), está localizado no segundo período da tabela periódica e ocupa o décimo quinto grupo. De acordo com Rocha, Rosa e Cardoso (2009), o nitrogênio é um elemento crucial para a vida, sendo um dos principais constituintes dos aminoácidos responsáveis pela formação das proteínas.

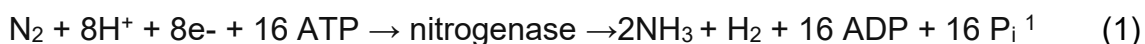
Na litosfera o N está distribuído nas rochas, no fundo dos oceanos e nos sedimentos. Este compartimento, representado pela crosta, contém 98% do N existente no planeta. Na atmosfera, onde ele existe como gás (N₂, 78%), seu estoque é cerca de um milhão de vezes maior que o nitrogênio total contido nos organismos vivos (Vieira, 2017, p.8).

Conforme Rocha, Rosa e Cardoso (2009), embora o nitrogênio esteja entre os elementos mais abundantes do planeta, a maior parte desse nutriente encontra-se em formas quimicamente estáveis, como o N₂ atmosférico ou combinado em estruturas minerais, tornando-o inacessível à maioria dos organismos. Apenas uma pequena parcela está presente em formas reativas, ligada a elementos como hidrogênio ou oxigênio, que podem ser assimiladas por plantas. Isso explica por que o nitrogênio, apesar de essencial à síntese de

proteínas e à sobrevivência dos seres vivos, representa um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento vegetal. No entanto, segundo os autores, o nitrogênio pode ser fixado por processos naturais, como a atividade de bactérias fixadoras e descargas elétricas na atmosfera, que convertem o N_2 em compostos biologicamente disponíveis, ainda que em escala reduzida.

A fixação biológica do nitrogênio consiste em várias etapas interdependentes, onde cada uma desempenha um papel na transformação e mobilização do nitrogênio no ambiente. De acordo com Santos, Velho e Freitas (2020), essas etapas podem ser descritas da seguinte maneira:

1ª Fixação biológica: nessa etapa acontece a conversão do nitrogênio atmosférico (N_2) em amônia (NH_3), conforme a reação 1, que é possível de ser assimilada por organismos vivos. Esse processo acontece através de microrganismos específicos, como bactérias do gênero *Rhizobium*, que estabelecem relações simbióticas com as leguminosas, e as bactérias de vida livre, como *Azotobacter*.



2ª Amonificação: a amônia (NH_3) quando entra em contato com a água, se converte em íons amônio (NH_4^+), como é possível observar na reação 2.



3ª Nitrificação: essa etapa envolve a oxidação do amônio (NH_4^+) que é transformado em nitrito (NO_2^-) por bactérias como *Nitrosomonas*, seguido da conversão do nitrito em nitrato (NO_3^-) por bactérias do gênero *Nitrobacter*. Essas transformações são fundamentais para a movimentação e absorção do nitrogênio pelas plantas.

4ª Assimilação: aqui, as plantas absorvem os íons amônio e nitrato do solo e acrescentam o nitrogênio nos aminoácidos, proteínas e outros compostos que são essenciais para seu crescimento e desenvolvimento.

5ª Desnitrificação: na ausência de oxigênio, certas bactérias, como *Pseudomonas* e *Clostridium*, reduzem o nitrato (NO_3^-) a gás nitrogênio (N_2), que é liberado de volta à atmosfera, completando o ciclo.

¹ P_i representa o fosfato inorgânico proveniente da quebra do ATP em ADP.

Além dos processos naturais de fixação, também existe o processo industrial. Esse último contribuiu para o crescimento assombroso da comercialização e uso de fertilizantes e, com isso, a capacidade de reciclagem do nitrogênio pelas bactérias em muito foi superada, fazendo com que haja um desequilíbrio no ciclo desse elemento devido às ações antrópicas (Botkin; Keller, 2011).

As atividades antrópicas, tais como a aplicação de fertilizantes, as drenagens de pântanos, a limpeza do solo para agricultura e a queima de combustíveis fósseis, estão provocando uma penetração adicional de nitrogênio no meio ambiente” (Botkin; Keller, 2011, p. 99).

Outro fator que altera o ciclo biogeoquímico, mais especificamente nas plantações florestais, é a prática da fertilização mineral que já se constitui numa forma tradicional de aumentar o fluxo de nutrientes no ecossistema e incrementar a produção de biomassa arbórea (Poggiani, 1992, p. 736).

Logo, o desequilíbrio no ciclo do nitrogênio devido ao aumento das emissões de compostos nitrogenados, com destaque para os nitratos e a amônia, como consequência da queima de combustíveis fósseis e uso de fertilizantes sintéticos, tem pressionado os mecanismos naturais de desnitrificação, comprometendo a eficiência com que os vegetais conseguem absorver o nitrogênio disponível no solo. Assim, o que antes era um processo equilibrado de reciclagem e reaproveitamento, passa a ser marcado por sobrecarga e perda de eficiência ecológica (Botkin; Keller, 2011).

Ainda, conforme apontado pelos autores, a elevada concentração de nitratos no ambiente, quando em contato com o solo ou com os corpos d'água, pode dar origem ao ácido nítrico, cuja ação conjunta com outras substâncias ácidas acelera a perda de minerais essenciais, como o magnésio e o potássio, por meio da lixiviação. Essa perda de nutrientes favorece a liberação de metais tóxicos, como o alumínio, que impactam negativamente o desenvolvimento vegetal, sobretudo nas raízes. Paralelamente, a acidificação do solo afeta microrganismos benéficos e, ao atingir ecossistemas aquáticos, contribui para a morte de espécies como os peixes e para a proliferação descontrolada de algas. Em cenários urbanos e agrícolas, a contaminação de águas destinadas ao

consumo humano por nitratos torna-se uma questão de saúde pública, estratégias de controle e uso sustentável de insumos químicos são necessárias.

As queimadas, além de aumentarem temporariamente a concentração de nitrogênio no solo, também liberam esse elemento para a atmosfera em grande escala.

Na 61ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que foi realizada em Manaus, os pesquisadores Paulo Artaxo (USP) e Flávio Luizão (Inpa) apontaram que boa parte do nitrogênio acumulado na biomassa vegetal é emitida na forma de gases durante a combustão. Como consequência, essa liberação compromete a fertilidade do solo e contribui para a formação de chuva ácida, ao reagir com outros compostos atmosféricos. Além disso, o excesso de nitrogênio disponível no solo altera os padrões de chuva e interfere no equilíbrio climático (Elisson, 2009).

As queimadas, especialmente nos trópicos, constituem sérias perturbações do equilíbrio dos nutrientes, visto que aceleram as suas transferências da biomassa para o solo, para a atmosfera e para a água dos rios e lagos (Poggiani, 1992, p. 734).

Deste modo, é possível observar que os compostos nitrogenados podem ser bons ou ruins para o meio ambiente, pois, apesar de serem necessários a todos os seres vivos e utilizados em vários processos realizados pela sociedade moderna, também podem causar a poluição do ar, do solo e da água quando em excesso (Botkin; Keller, 2011).

3.5.3.3. Os impactos das queimadas no ciclo da água

A água não é exclusividade do planeta Terra e pode ser encontrada em diversas localidades espalhadas pelo Universo: “nos espaços interestelares, nos satélites, nos cometas e na atmosfera de algumas estrelas” (Lenzi; Favero; Luchese, 2009, p. 3). Apesar de já ter sido detectada em diferentes regiões do cosmos, a água em sua forma líquida, que é essencial para a existência dos ecossistemas complexos, permanece, até o momento, como uma exclusividade terrestre. É nesse contexto que a água possibilita ao planeta abrigar paisagens aquáticas excepcionais e manter os processos biológicos que dão origem e continuidade à vida como é conhecida.

Foi na água que a vida surgiu e só depois de muito tempo e de ter desenvolvido complexos mecanismos conseguiu passar para a terra. É através da água que os nutrientes chegam até as raízes das plantas, percorrem os organismos, pelo sangue nos animais e pela seiva nos vegetais, chegando até as células. A água é a principal substância do citoplasma celular. Através da água os animais eliminam as toxinas de seus corpos e regulam a temperatura dos mesmos. Portanto, é impossível conceber a vida, tal qual ela é, sem água no estado líquido (Lenzi; Favero; Luchese, 2009, p. 3).

Substância pura composta, a água é formada por dois átomos de hidrogênio (H) e um de oxigênio (O) e é representada pela fórmula molecular H_2O . Devido ao fato de o oxigênio da molécula ser mais eletronegativo, ele atrai para si os elétrons compartilhados nas ligações covalentes, o que resulta uma carga parcial negativa no mesmo. O oposto ocorre com o hidrogênio, que é menos eletronegativo e, portanto, tem uma carga parcial positiva devido à assimetria no compartilhamento de elétrons com o oxigênio. Essa distribuição desigual de cargas confere à água uma geometria angular e um caráter polar.

De acordo com Botkin e Keller (2011, p. 82), “um ciclo biogeoquímico é geralmente esquematizado para um único elemento químico, porém, por vezes, é também esquematizado para um composto — por exemplo, água (H_2O)”. O ciclo da água é responsável pela distribuição e reciclagem da água no planeta e vital para os seres vivos. A água presente no solo, por exemplo, transporta nutrientes, modela as paisagens, e contribui para o funcionamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Ainda, segundo os autores, esse ciclo tem como promotor o Sol e se caracteriza da seguinte forma: “a evaporação da água oriunda dos oceanos; as precipitações nos continentes; a evaporação nos continentes; o escoamento superficial dos ribeirões, dos rios e das águas subterrâneas percoladas” (Botkin e Keller, 2011, p. 86). Diante de contextos de intensa urbanização ou de escassez hídrica, compreender a complexidade desse ciclo torna-se ainda mais urgente para pensar alternativas sustentáveis de uso e preservação dos recursos naturais.

As cinzas geradas pelas queimadas possuem uma alta concentração de nutrientes, que são carregados pelas águas da chuva para os corpos d'água superficiais e para o lençol freático. Como consequência há o aumento do pH e a diminuição expressiva do oxigênio dissolvido, elementos que são essenciais para a vida aquática. Deste modo, diversas espécies enfrentam sérias

dificuldades para sobreviver e isso compromete a biodiversidade local (Oliveira-Filho, 2020).

3.6. Poluição atmosférica

Como uma cebola, várias camadas de gases circundam a Terra. Essa massa de gases que envolve o nosso planeta é chamada de atmosfera e nela está incluído o gás que respiramos, o gás oxigênio.

No final do século XIX, os cientistas conseguiram quantificar as frações dos componentes da atmosfera seca e estabeleceram que o nitrogênio corresponde a aproximadamente 78% da mistura, seguido pelo oxigênio com cerca de 21%. Em menor quantidade, foi identificado o argônio (em torno de 0,93%) e o dióxido de carbono (aproximadamente 0,035%). Esses resultados, apontados por Barry e Chorley (2013), representaram um marco na física atmosférica, pois contribuíram para a compreensão de fenômenos como a circulação do ar pelo globo e o balanço energético terrestre.

Embora a atmosfera tenha várias camadas, é na troposfera, região que está em contato direto com o solo e onde se concentram gases, aerossóis e fenômenos de poluição, que se estudam a maioria dos problemas ambientais de curto prazo. Logo acima, a estratosfera abriga a camada de ozônio, cuja capacidade de absorver radiação ultravioleta é de extrema importância, pois protege organismos terrestres (Pires, 2005).

A hipótese de que as atividades antrópicas pudessem influenciar o clima é antiga e, ainda que o fenômeno do “efeito estufa” tenha sido identificado inicialmente por Fourier em 1824, apenas décadas depois, Svante Arrhenius foi o primeiro a quantificar a ligação entre a queima de combustíveis fósseis, a elevação dos níveis de dióxido de carbono e o aquecimento do planeta (Barry; Chorley, 2013).

No parágrafo primeiro do Art. 2º da resolução CONAMA Nº 491, de 19 de novembro de 2018, define poluente atmosférico como:

[...] qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (Brasil, 2018, p. 155c).

Segundo Santos (2017, p. 3), a poluição atmosférica pode ter duas origens distintas: a natural ou a antropogênica. A natural é ocasionada por “vulcões, processos microbiológicos no solo, decomposição de matéria orgânica, queimadas de origem natural etc.”. Já a poluição antropogênica é a que ocorre devido à “combustão industrial, transportes, geração de energia, queimadas antropogênicas etc.”.

A poluição do ar corresponde à adição de componentes indesejados de gases e partículas na atmosfera por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, poluição industrial, veicular, e outras, assim como os fenômenos naturais representados, por exemplo, pelas erupções vulcânicas e incêndios florestais espontâneos (INCA, 2021, p. 51).

Santos (2017) diferencia os poluentes primários, que são emitidos diretamente de fontes como indústrias e veículos, dos poluentes secundários, que se formam no ar por reações químicas que envolvem os poluentes primários ou precursores orgânicos.

Essa diferenciação é de extrema importância para que políticas voltadas a qualidade do ar sejam elaboradas, já que controlar apenas as fontes diretas não impede que o ozônio troposférico e os aerossóis secundários sejam gerados.

Para dimensionar o grau de alcance desses poluentes, foi estabelecido o conceito de tempo de residência (ou tempo de remoção), que diz a respeito do intervalo médio em que um poluente permanece na atmosfera antes de ser eliminado por mecanismos como a deposição seca (assentamento de partículas no solo), precipitação (chuva, neve) ou reações químicas que transformam a substância em produtos menos persistentes. Na prática, esse parâmetro é importante, pois tem relação direta com o alcance geográfico dos poluentes. As moléculas que possuem um tempo de residência pequeno tendem a atingir apenas áreas próximas ao ponto de emissão, enquanto as que possuem um longo tempo de residência podem se espalhar pelo globo e contribuir para fenômenos como o aquecimento climático (Rocha, Rosa e Cardoso, 2009).

Quando se emite um gás como o NO_2 , cujo tempo de residência é, na média, de 24 horas, ele tende a permanecer restrito a áreas próximas ao local

de emissão. Durante esse tempo, o vento pode dispersá-lo por dezenas ou algumas centenas de quilômetros, mas dificilmente o transportará para regiões muito distantes.

O Quadro 2, a seguir, traz o tempo de residência e a composição média de alguns poluentes atmosféricos:

Quadro 2 - Tempo de residência e composição média de alguns poluentes atmosféricos

Compostos	Tempo de residência (a: anos; d: dias; h: horas)	Composição (ppb: parte por bilhão em volume)
Dióxido de carbono, CO ₂	4a	360.000
Monóxido de carbono, CO	0,1a	100
Metano, CH ₄	8a	1.600
Formaldeído, HCOH	1d	1-0,1
Ácido fórmico, HCO ₂ H	5d	2-0,1
Óxido de dinitrogênio, N ₂ O	85a	310
Óxido nítrico, NO	1d	0,1
Dióxido de nitrogênio, NO ₂	1d	0,3
Amônia, NH ₃	5d	1
Dióxido de enxofre, SO ₂	1-4d	0,01-0,1
Sulfeto de hidrogênio, H ₂ S	24h	0,05
Sulfeto de carbono, CS ₂	40d	0,02

Fonte: Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 97)

Em contraste ao NO₂, o CO₂, cuja remoção do ar pode levar aproximadamente quatro anos, possui capacidade de se espalhar por todo o globo terrestre, mesmo com origem em um ponto específico, ele alcança latitudes e longitudes muito distantes. Vale destacar que esses valores representam médias sob condições padrão e podem variar a depender de diferentes aspectos, como a intensidade da radiação solar, da concentração de radicais oxidantes, da umidade relativa e da dinâmica meteorológica local (Rocha, Rosa e Cardoso, 2009).

De acordo com Ribeiro e Assunção (2002), as queimadas a céu aberto representam uma das principais fontes de poluição atmosférica nas regiões tropicais. A composição dessas emissões varia e depende de fatores como a espécie vegetal, seu teor de umidade, densidade e até mesmo das condições meteorológicas, como velocidade do vento e temperatura ambiente. Durante esse processo, são liberados compostos primários como o monóxido de carbono (CO), partículas sólidas e líquidas em suspensão e diversos hidrocarbonetos, desde moléculas simples até complexos orgânicos voláteis e semivoláteis.

Adicionalmente, devido à participação do oxigênio atmosférico e do nitrogênio contido nas plantas, formam-se óxidos de nitrogênio (NO_x), como o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO_2), através de reações térmicas e de oxidação. Mesmo em vegetações com baixo teor de enxofre, há liberação de dióxido de enxofre (SO_2), contribuindo para a acidificação do ambiente. Por fim, as reações químicas subsequentes na atmosfera, mediadas por luz solar, podem transformar esses poluentes primários em compostos secundários ainda mais nocivos, como o ozônio troposférico (O_3), os peroxiacil nitratos (PAN) e os aldeídos.

As emissões de gases precursores da formação de ozônio pelas queimadas fazem com que as concentrações deste importante gás atinjam níveis que podem ser danosos à floresta não queimada, a milhares de quilômetros das áreas queimadas, pois o ozônio é fitotóxico, danificando os estômatos das folhas (Artaxo *et al.*, 2005, p. 186).

3.7. Queimadas: consequências para a saúde humana

De acordo com o Ministério da Saúde, a relação entre a poluição do ar e a saúde das pessoas tem chamado cada vez mais a atenção dos pesquisadores, pois o adoecimento da população se torna ainda mais evidente com o aumento das queimadas e incêndios florestais. Esses eventos acabam liberando uma grande quantidade de poluentes nocivos no ar, que estão ligados ao surgimento ou à piora de problemas respiratórios, cardíacos e até neurológicos. Quem sofre mais com essa situação são as crianças e os idosos, justamente por conta da sua maior fragilidade física e imunológica. Por isso, é fundamental que a questão da poluição causada pelas queimadas seja tratada como uma prioridade na área da saúde pública (Brasil, 2021).

Como relatado por Coelho *et al.* (2023), a frequência com que essas enfermidades crônicas não transmissíveis ocorrem revela uma realidade alarmante: as doenças respiratórias e cardiovasculares estão entre as que mais levam vidas em todo o mundo. Várias estimativas apontam que, anualmente, essas doenças respondem por milhões de mortes, aproximadamente 17,9 milhões por doenças cardíacas e 3,9 milhões por complicações respiratórias. Esse cenário expõe a urgência e necessidade de políticas públicas voltadas à

redução de fatores ambientais de risco, como a poluição atmosférica, que afeta especialmente os grupos mais vulneráveis da população.

As chamadas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como doenças cardiovasculares (infarto do miocárdio), câncer, e doenças respiratórias crônicas (bronquite, asma, rinite), hipertensão, diabetes e doenças metabólicas (obesidade, diabetes, dislipidemia), podem ser causadas ou agravadas pelos níveis altos de poluição do ar (Coelho *et al.*, 2023, p. 7).

Segundo a WORLD HEALTH ORGANIZATION (2022) (OMS), a poluição do ar pode ocorrer de diversas formas, sendo as principais fontes os veículos automotores, fogões residenciais, indústrias e queimadas florestais. Entre os poluentes que mais prejudicam a saúde humana, tem destaque o “material particulado (MP_{2,5}, diâmetro menor que 2,5 µm, e MP₁₀, diâmetro menor que 10 µm), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO)” (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022, p. 1).

De forma didática e sucinta, os Quadros 3 e 4 trazem os principais poluentes atmosféricos, suas fontes de emissões e suas consequências a saúde:

Quadro 3 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, forma de penetração no trato respiratório e efeitos na saúde humana (óxidos, monóxido e ozônio)

Poluentes	Fonte e mecanismo de formação	Forma de Penetração no trato respiratório	Efeitos na saúde humana
óxidos de enxofre/dióxido de enxofre (SO_x/SO_2)	fontes naturais e queima de combustíveis fósseis	traqueia, brônquios, bronquíolos	combinado com partículas, aumenta a dificuldade respiratória, mortalidade e morbidade aumento de doenças respiratórias e diminuição da função pulmonar
óxidos de nitrogênio/dióxido de nitrogênio (NO_x/NO_2)	emitido pela combustão em alta temperatura;	traqueia, brônquios, bronquíolos	aumento das infecções respiratórias
monóxido de carbono (CO)	produto da combustão incompleta de combustível, como gás natural, carvão ou madeira.	alvéolos, corrente sanguínea	mal-estar, vômito, náusea, dor de cabeça, coma e morte
ozônio (O_3)	reações fotoquímicas com HC , NO_x e outros compostos na atmosfera, reação do O_2 na alta atmosfera.	traqueia, brônquios, bronquíolos; alvéolos pulmonares	inflamação pulmonar, insuficiência respiratória e agravar doenças como asma e bronquite

Fonte: Adaptado de Arbex *et al.* (2012, p. 645); Kunzli, Perez e Rapp (2010); Santos (2017)

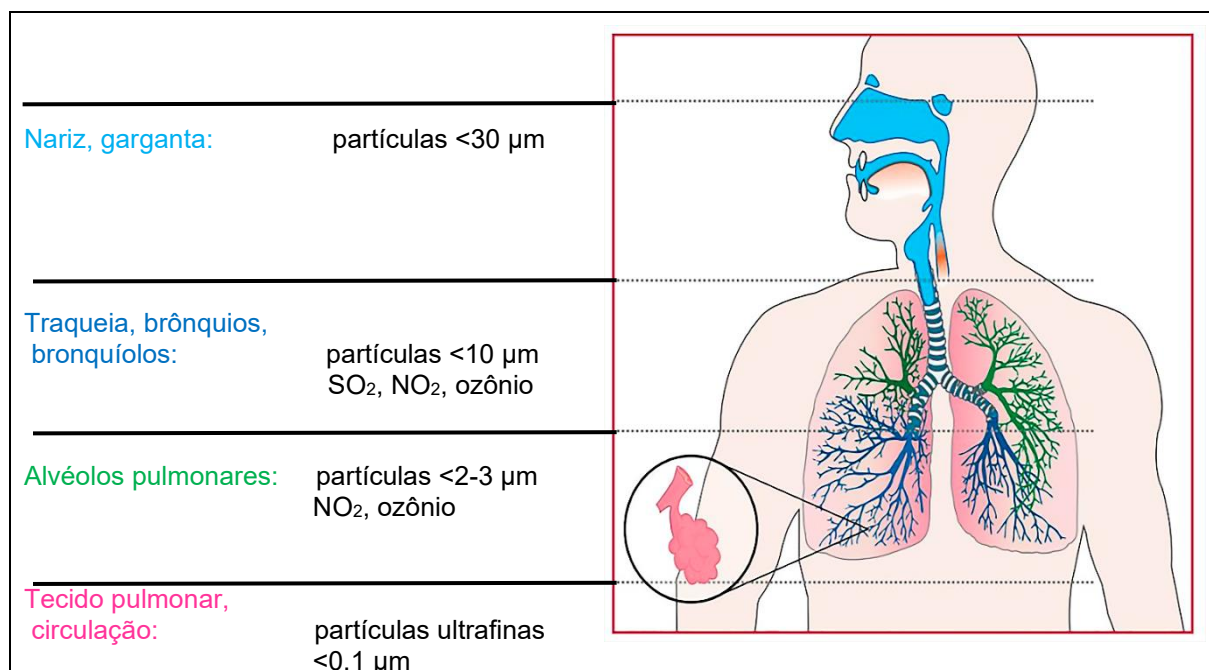
Quadro 4 - Principais poluentes atmosféricos, suas fontes, forma de penetração no trato respiratório e efeitos na saúde humana

MATERIAL PARTICULADO			
Abreviação	Fonte e mecanismo de formação	Forma de Penetração no trato respiratório	Efeitos na saúde humana
MP₁₀ Fração de partículas suspensas menores que 10 µm de diâmetro.	Erosão dos solos, vulcões, atividade industrial, combustão de combustíveis fósseis, conversão atmosférica secundária;	Traqueia, brônquios, bronquíolos.	Redução da ação do sistema mucociliar e dos macrófagos; Irritação do sistema respiratório;
MP_{2.5} Partícula de tamanho máximo de 2,5 µm.		Alvéolos.	Inflamações de forma sistemática e, em especial, no pulmão devido à baixa de antioxidantes;
MP_{0,1} Partículas ultrafinas menores que 0,1 µm de diâmetro.		Tecido pulmonar, corrente sanguínea.	Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e câncer.

Fonte: Arbex *et al.* (2012, p. 645); Kunzli, Perez e Rapp (2010); Santos (2017) (adaptado)

Para exemplificar, o Quadro 5 ilustra a região afetada do corpo humano devido a exposição aos poluentes atmosféricos:

Quadro 5 - Penetração dos poluentes no sistema respiratório



Fonte: Kunzli, Perez e Rapp (2010, p. 58)

De acordo com Corrêa *et al.* (2021), os efeitos das queimadas vão muito além das áreas atingidas pelo fogo, pois elas alcançam diferentes regiões por conta dos ventos que levam as partículas tóxicas para locais distantes. A composição desses poluentes atmosféricos varia dependendo da vegetação queimada, da intensidade do fogo e das condições climáticas e isso torna seus impactos à saúde pública e ao meio ambiente ainda mais difícil de medir. No entanto, segundo Ribeiro e Assunção (2002), os principais riscos à saúde por conta da exposição à fumaça são mais intensos em pessoas que residem próximas aos incêndios florestais ou que atuam diretamente no combate das chamas. A elevada concentração de gases tóxicos liberados nessas queimas, como o monóxido de carbono, pode levar as pessoas expostas a episódios graves de intoxicação ou até mesmo a morte por asfixia, ainda mais quando a concentração de oxigênio fica abaixo do necessário.

O combate às queimadas deve ter como meta a conscientização da sociedade, o fortalecimento das políticas de prevenção e a adesão de tecnologias alternativas e sustentáveis por parte dos agricultores (Coelho *et al.*, 2023). Logo, para que isso se materialize é necessário a promoção de uma educação ambiental voltada às

comunidades, em particular as que estão nas áreas de risco, que se tenha uma atuação efetiva dos órgãos de fiscalização e as práticas sustentáveis sejam incentivadas, como o uso de fontes renováveis de energia e biocombustíveis. Os autores também apoiam a utilização de medidas que possibilitem o controle da qualidade do ar, o uso de transportes menos poluente e que o protagonismo da sociedade, na construção de soluções públicas voltadas à saúde e ao meio ambiente, seja incentivado.

3.8. A tecnologia e as queimadas

As tecnologias contribuem tanto para a substituição do uso do fogo na agricultura por outras inovações como para o combate e prevenção de incêndios e por isso a procura por alternativas tecnológicas que substituam as queimadas na agricultura é uma iniciativa que vem sendo desenvolvida há anos.

De acordo com Miranda (2001), diversas medidas tomadas pelo Ministério da Agricultura, em parceria com a Embrapa, vão no sentido de promover uma agricultura cada vez menos dependente do uso do fogo. Logo, um plano que prioriza a modernização dos sistemas produtivos por meio de tecnologias limpas e sustentáveis vem sendo adotado, pois incluir essas inovações não visa apenas diminuir os danos ambientais ocasionados pelas queimadas, mas também potencializar os ganhos econômicos e sociais no meio rural.

A aprovação do Projeto de Lei 11276/18 pela Câmara dos Deputados foi um passo importante no sentido de tentar diminuir as queimadas agrícolas. A proposta ainda não foi votada no Senado, mas busca estimular atitudes que vão de encontro ao que é ambientalmente correto e responsável. O projeto menciona algumas alternativas ao uso do fogo, como os métodos sustentáveis, os sistemas agroflorestais, a agricultura orgânica, os consórcios de cultivo e as práticas agroecológica, o que demonstra uma enorme preocupação com a sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (Piovesan, 2021).

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desempenha o importante papel de monitoramento ambiental, especialmente no acompanhamento das queimadas e do desmatamento. Desde o final da década de 1980, o programa Prodes (Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) utiliza imagens captadas por satélites para quantificar anualmente a extensão das

áreas desmatadas na Amazônia. Já o sistema Deter (Detecção de Desmatamento em Tempo Real), criado em 2004, permite identificar em tempo quase real o surgimento de novos focos de desmatamento. Recentemente, em resposta ao aumento da degradação ambiental, o INPE pois em funcionamento o Dregad (Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira), um programa destinado a mapear regiões que ainda apresentam cobertura vegetal, mas que já é possível perceber diminuição da área verde (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

O modo como é feito a identificação de incêndios florestais deve ser adaptado às particularidades de cada região, levando em consideração o tamanho da área e o tipo de cobertura vegetal. As estratégias podem envolver ações em solo, como observação em pontos fixos ou móveis, ou técnicas aéreas, com uso de satélites e aeronaves, garantindo maior precisão e resposta rápida (MARANHÃO, 2020).

A utilização de geotecnologias tem sido essencial para compreender o padrão das queimadas e a combinação entre as imagens obtidas por sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas tem contribuído de maneira substancial para interpretar a distribuição do fogo no tempo e no espaço. Essa possibilidade tecnológica vai além da simples detecção, pois ela revela como esses eventos se relacionam com os fatores culturais e socioambientais da localidade. Esse conhecimento é fundamental para direcionar as políticas públicas e as ações preventivas de forma mais eficaz (Pereira *et al.*, 2012).

O estado do Acre, se servindo da tecnologia, tem feito uso de drones para combater os crimes ambientais, pois com essa inovação é possível entrar em locais de difícil acesso e monitorar regiões que, por conta da quantidade de nuvens, não podem ser observadas por satélites (WWF, 2021). Ademais, as inovações tecnológicas melhoram a capacidade de identificar onde acontecerão as queimadas, deixando as previsões mais precisas e eficientes. A utilização conjunta dos sensores ambientais e da inteligência artificial tem viabilizado a existência de sistemas com capacidade de analisar uma quantidade expressiva de dados climáticos e geográficos em tempo real e isso possibilita o envio antecipado de alertas sobre os riscos de incêndio. Essa união representa um salto na qualidade da gestão de riscos ambientais, pois permite respostas mais rápidas e o planejamento eficiente de ações preventivas (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Assim, a identificação dos focos de incêndio em seus estágios iniciais é fundamental para a contenção do fogo, pois impede sua propagação e minimiza as consequências ambientais. Deste modo, a resposta rápida permite reduzir de maneira significativa o trabalho das equipes de combate e os investimentos necessários em recursos operacionais, além de preservar de maneira mais eficiente os ecossistemas afetados (MARANHÃO, 2020).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Visando responder ao problema de pesquisa: Como trabalhar o conteúdo 'queimadas e seus impactos no meio ambiente' utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica, no ensino de química ambiental, com os alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo? A proposta desse estudo foi elaborar e aplicar uma sequência didática aos alunos citados no problema de pesquisa.

O presente trabalho se apoiou na abordagem qualitativa. Segundo Moreira e Rosa (2016), abordagens desse tipo evitam intervir nas condições do acontecimento, favorecendo sua observação em um estado mais autêntico, como ocorre naturalmente no contexto estudado. "O pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse" (Moreira e Rosa, 2016, p. 7). A metodologia adotada foi a Pesquisa Baseada em *Design* (DBR), que, segundo Kneubil e Pietrocola (2017), a pesquisa baseada em *design* é uma abordagem metodológica que integra teoria e prática ao longo de todo o processo investigativo. Essa metodologia permite que os aprendizados adquiridos durante o processo sejam utilizados para aprimorar continuamente as estratégias adotadas, promovendo a melhoria constante da prática educacional. A partir dessa metodologia, todos os dados coletados durante a pesquisa foram analisados e interpretados à luz da técnica análise de conteúdo temática por frequência. De acordo com Silva e Fossá (2015), ao aplicar essa técnica a um material, tem por objetivo organizá-lo em categorias, o que permite uma compreensão mais profunda dos elementos que estão escondidos no discurso. As respostas coletadas das diferentes turmas foram analisadas conjuntamente, sem separação, e a cada aluno participante foi atribuído um número aleatório. As categorias foram criadas de acordo com o material analisado, a partir de uma leitura inicial dos questionários.

É importante ressaltar que, antes do início da coleta de dados, o projeto desta pesquisa, juntamente com os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Apêndice 6, e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), Apêndice 7, foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNESP (CEP).

A seguir encontra-se a descrição do local e dos participantes da pesquisa para uma melhor contextualização.

4.1. Local da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em um pequeno distrito no interior do Estado de São Paulo, pertencente à cidade de Jaú, que traz por nome Potunduva, na Escola Estadual Frei Galvão. A escola Frei Galvão foi instituída pela Lei 2.401 de 10/12/1953, publicada no D.O. de 12/12/1953, com o nome de Grupo Escolar Frei Galvão. Ela atende, aproximadamente, 800 alunos, somando as modalidades disponíveis: Ensino Fundamental, Médio, Técnico em Logística e EJA (Educação de Jovens e Adultos), e funciona nos três períodos (manhã, tarde e noite).

A escola está localizada em uma área periférica e atende um público, na sua maioria, carente. Boa parte é beneficiária de programas governamentais para pessoas de baixa renda ou precisa conciliar os estudos com o trabalho.

As salas de aula contam com:

- Carteiras e cadeiras padronizadas para os alunos;
- 3 ventiladores de parede;
- 1 quadro branco;
- 1 painel com a tabela periódica, mapas e a tabuada pitagórica;
- 1 mesa e cadeira específica para o professor;
- 1 *notebook* para uso do professor;
- 1 televisão de 43 polegadas.

A escola ainda dispõe de *notebooks*, *tablets* e celulares com *internet*, disponíveis para o uso dos professores e alunos.

4.2. Descrição dos alunos participantes

A pesquisa foi realizada entre os meses de fevereiro e março de 2024 com duas turmas de alunos do 2º ano do ensino médio, período da manhã. Um dos 2º anos tem o ensino técnico de logística integrado e o outro não.

Dos 63 (sessenta e três) alunos que levaram os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), Apêndice 6, e Termos de Assentimentos Livre e Esclarecido (TALE), Apêndice 7, apenas 14 (quatorze) devolveram assinado, o que corresponde a 22,2%. Desses 14 (quatorze), posteriormente uma aluna foi transferida, restando 13 (treze) participantes.

Apesar da baixa adesão, os três questionários foram aplicados a todos os presentes, pois, além de fazerem parte da pesquisa, os questionários também eram parte de uma atividade planejada para a sala.

Considerando apenas os alunos autorizados mediante a assinatura dos termos de consentimento, têm-se: 9 (nove) meninas e 4 (quatro) meninos, com a faixa etária majoritária de 16 (dezesseis) anos.

Com o intuito de manter o sigilo, não foi feita diferenciação entre as turmas e foram atribuídos números aleatórios aos estudantes participantes.

4.3. Critérios de seleção dos alunos participantes e da escola onde a SD foi aplicada

A seleção dos alunos do 2º ano do ensino médio se deu devido à temática de interesse, queimadas, ser trabalhada nesse nível de ensino. Já a escolha da escola, E. E. Frei Galvão, foi em razão de ser o local de atuação como docente do próprio pesquisador.

4.4. A coleta de dados por meio de questionários físicos

A coleta de dados da pesquisa ocorreu por meio da aplicação de questionários físicos. Gil (2008, p. 121) define os questionários como sendo uma “técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas às pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimento, crenças, valores [...]”. Desta forma, foram aplicados três questionários físicos em momentos distintos, sendo: antes da aplicação da sequência didática e ao final.

O questionário inicial, Apêndice 3, teve por objetivo sondar os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao tema proposto. Já os outros dois questionários foram aplicados no final da sequência didática. O questionário de avaliação, Apêndice 4, objetivou avaliar o desenvolvimento e a construção do conhecimento dos alunos e validar a SD. Esse questionário foi aplicado após a sequência didática e, através das respostas coletadas, é possível observar os avanços e as dificuldades dos alunos. Já o questionário sobre a metodologia, Apêndice 5, foi aplicado com o intuito de avaliar o grau de satisfação dos estudantes.

4.5. Critérios para a elaboração das perguntas dos questionários

Os questionários foram elaborados em cima do tema proposto e com base no material disponibilizado pelo governo do Estado de São Paulo, de modo a ser possível aferir se houve ou não avanço na aprendizagem após o término da sequência desenvolvida. As questões do formulário de metodologia foram pensadas de forma a se obter um *feedback* dos alunos a respeito da diversificação das aulas decorrentes da sequência didática elaborada e aplicada.

4.6. Elaboração e aplicação da sequência didática (SD)

A elaboração da sequência didática seguiu a seguinte ordem: definição do tema a ser trabalhado, seleção dos princípios de *design*, curadoria do material e das atividades com base nos princípios de *design*, confecção do próprio *design*, aplicação em sala e coleta de dados. A partir da análise reflexiva dos dados, foi possível propor um *redesign* para a SD aplicada.

A estrutura da sequência didática proposta foi pensada e desenvolvida seguindo o que é preconizado no livro de Pessanha (2023): Prática Baseada em *Design* (PBD), onde a PBD busca envolver o professor em um processo reflexivo, concentrando-se na criação das atividades didáticas de maneira fundamentada, ou seja, a PBD propõe que, ao planejar suas práticas, o professor considere tanto as ideias por trás de cada atividade quanto os princípios que a sustentam.

Desta forma, a sequência didática contou com 5 etapas:

1ª Etapa - Queimadas: sentindo na pele o drama das florestas;

2ª Etapa - Chamas sem fronteiras;

3ª Etapa - Compreendendo as queimadas: causas, implicações e impactos;

4ª Etapa - Queimadas: um problema crescente;

5ª Etapa - Queimadas: o que podemos fazer para mudar essa realidade?

6ª Etapa - Avaliação.

Com duração de três semanas, sendo duas aulas de química por semana, com o tempo de 45 minutos cada. A primeira e a segunda etapas foram desenvolvidas na primeira semana. Já a terceira e a quarta na segunda semana, e a quinta etapa e a sexta na terceira semana.

Um resumo das atividades desenvolvidas pode ser visto no Quadro 6:

Quadro 6 - Resumo das atividades

Aulas	Sequência	Atividades
1 e 2	1ª Etapa – Queimadas: Sentindo na Pele o Drama das Florestas	
	1	Sensibilização sobre o tema.
	2ª Etapa – Chamas sem Fronteiras	
	2	Leitura dos textos: “Combate a queimada que atingiu propriedades rurais entre Jaú e Bocaina dura mais de 18 horas” e “Queimada em plantação de cana-de-açúcar atinge margens de rodovia em Jaú (SP)”.
	3	Problematização: “Anualmente, nossa cidade e região circundante enfrentam o desafio das queimadas. Essas queimadas resultam em uma série de problemas que afetam toda a comunidade. Assim sendo, por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?”
	4	Questionário inicial – sondagem dos conhecimentos prévios.
3 e 4	5	Tarefa: leitura do texto “Combustão”, disponível no <i>chatbot</i> .
	3ª Etapa – Compreendendo as Queimadas: Causas, Implicações e Impactos	
	6	Discussão sobre o texto “Combustão”.
	7	Retomada da Problematização
	8	Levantamento de hipóteses sobre o problema proposto: “Anualmente, nossa cidade e região circundante enfrentam o desafio das queimadas. Essas queimadas resultam em uma série de problemas que afetam toda a comunidade. Assim sendo, por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?”
	9	Pesquisa das hipóteses levantadas utilizando o <i>chatbot</i> e análise das informações obtidas.
	10	Elaboração de um mapa conceitual.
	4ª Etapa – Queimadas: um problema crescente	
	11	Leitura de artigos e notícias sobre as queimadas, utilizando o <i>chatbot</i> .
	12	Debate sobre a leitura realizada.
	13	Tarefa: Elaboração de um <i>podcast</i> .
	14	Tarefa: leitura do texto “As queimadas e a influência nos ciclos biogeoquímicos” e o jogo “Ciclos biogeoquímicos” disponíveis no <i>chatbot</i> .
	5ª Etapa - Queimadas: o que podemos fazer para mudar essa realidade?	
5 e 6	15	Discussão inicial sobre as questões disparadoras.
	16	Interação aluno- <i>chatbot</i> sobre as questões disparadoras.
	17	Acesso ao site do INPE – Queimadas.
	18	Retomada da Problematização.
	19	Sistematização através da exibição do vídeo: Queimadas - Brasil Escola.
	6ª Etapa - Avaliação	
	20	Questionário avaliativo sobre o conteúdo estudado.
	21	Questionário sobre a metodologia utilizada.

Fonte: o autor

Os conceitos relacionados à problemática das queimadas, como suas causas, implicações e impactos, também serviram como contexto para trabalhar a toxicidade das substâncias químicas, os impactos ambientais e na saúde dos seres vivos e retomar alguns conceitos de combustão.

As etapas subsequentes à primeira e à segunda foram elaboradas considerando os conhecimentos prévios dos alunos. As queimadas fazem parte da realidade da comunidade onde a escola está inserida e esse tema já foi alvo de estudo no sétimo ano, através da habilidade EF07CI13: “Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro” (Brasil, 2018, p.347a), logo a maioria dos alunos dispunha de algum conhecimento sobre a temática.

Conforme Pessanha (2023), é fundamental que o papel tanto do professor quanto dos alunos seja claramente definido dentro da estrutura didática e, devido a isso, foram propostos os ‘papéis e momentos na estrutura didática (PMED)’, Apêndice 2. Segundo o autor, esse modelo, com sua estrutura intuitiva, torna o processo de ensino mais claro e acessível, permitindo que o professor entenda, em cada momento, como está sendo realizada a interação entre os participantes. Além disso, ao fazer uso do PMED juntamente com o plano de aula, o professor consegue visualizar de forma precisa como está promovendo a participação ativa dos alunos, o que torna esse modelo uma ferramenta essencial em qualquer fase do planejamento.

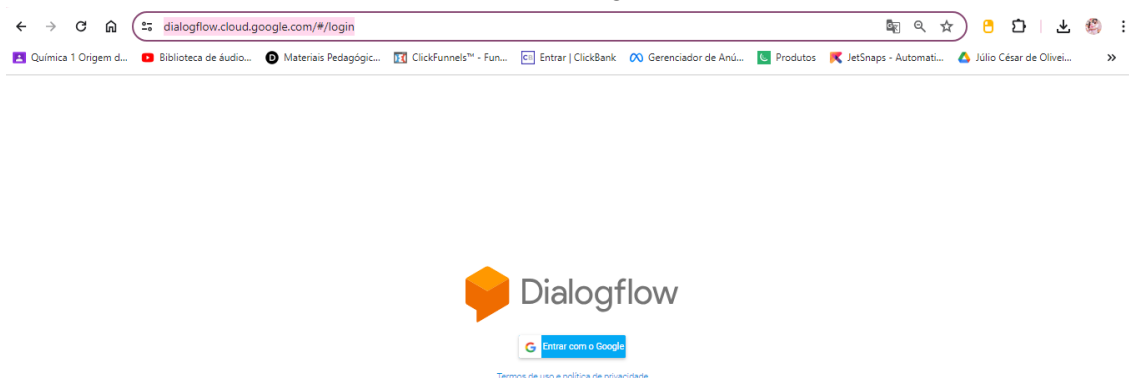
4.7. Configuração do *chatbot*

Concomitante à elaboração da sequência didática, o *chatbot* foi configurado através da plataforma *DialogFlow* de forma gratuita e sob medida para a sequência desenvolvida. Após a sua configuração, ele foi disponibilizado através do canal *WhatsApp* para acesso e manuseio dos alunos. Devido ao fato de as plataformas maiores e mais conhecidas, que realizam a intermediação entre o *DialogFlow* e o *WhatsApp*, cobrarem pelo serviço, buscamos uma solução para que toda a configuração e disponibilização ocorressem de forma gratuita para possibilitar que qualquer professor interessado pudesse utilizar a ferramenta gratuitamente. Logo,

através do aplicativo *AutoResponder WA*, disponível na loja virtual *Playstore*, foi possível realizar o intento.

Para configurar o *chatbot*, é necessária uma conta *Google*. De posse da conta *Google*, acesse o seguinte endereço eletrônico: <https://dialogflow.cloud.google.com/#/login> do *Dialogflow*, conforme a FIGURA 1:

FIGURA 1- Tela de login do *Dialogflow*

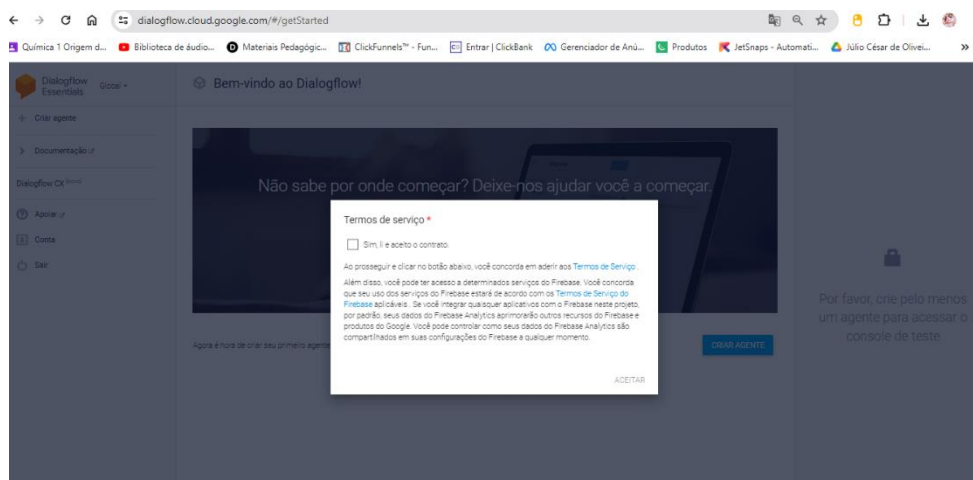


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/#/>. Acesso em: 1 out. 2023.

Logo após, basta clicar em “entrar com o *Google*” e logar com uma conta preexistente.

Ao logar, aparecerá uma janela pedindo para que os termos de uso sejam aceitos, como mostrado na FIGURA 2:

FIGURA 2 – Termos de Serviço



Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/#/>. Acesso em: 1 out. 2023.

Basta marcar a opção “sim” e, na sequência, clicar no botão aceitar e a tela de boas-vindas, conforme mostra a FIGURA 3, será exibida.

FIGURA 3 - Tela de boas-vindas do *Dialogflow*

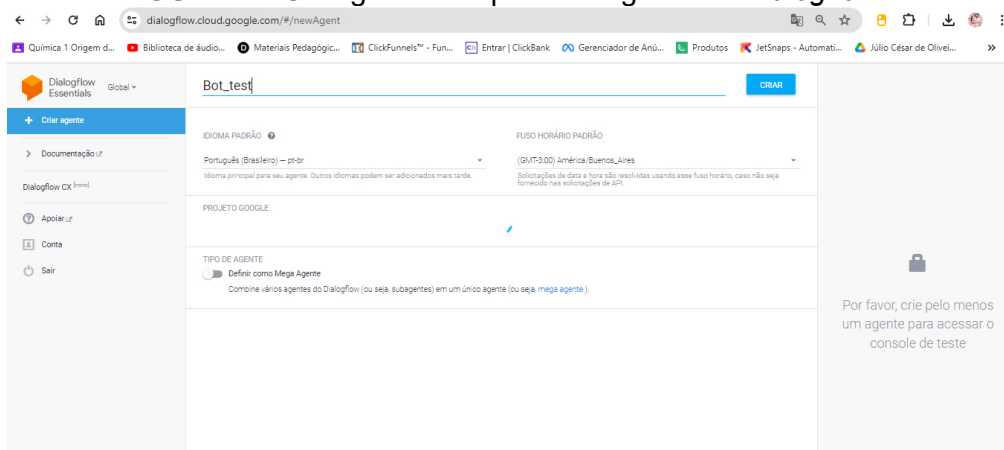


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>.

Acesso em: 1 out. 2023.

No menu superior esquerdo, deixe marcada a opção “Global” e na sequência clique em “criar agente”. Na tela que se abrirá, dê um nome para o agente, altere o idioma padrão para “Português (Brasileiro) – pt-br”, como mostrado na FIGURA 4, abaixo:

FIGURA 4 - Configurando o primeiro agente do *Dialogflow*

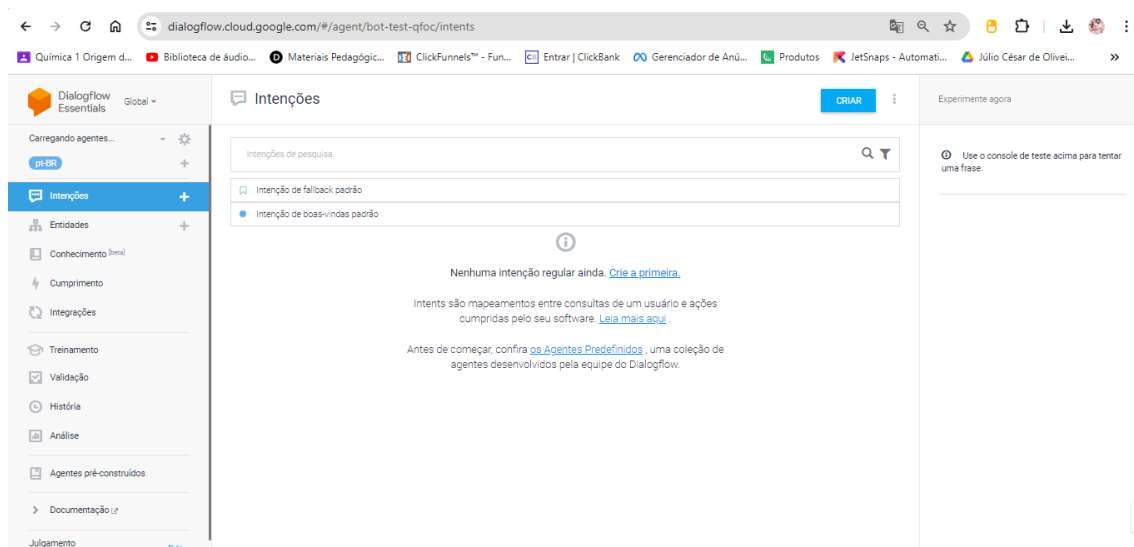


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>.

Acesso em: 2 out. 2023.

Feito isso, é só clicar em “criar” e aguardar um instante.

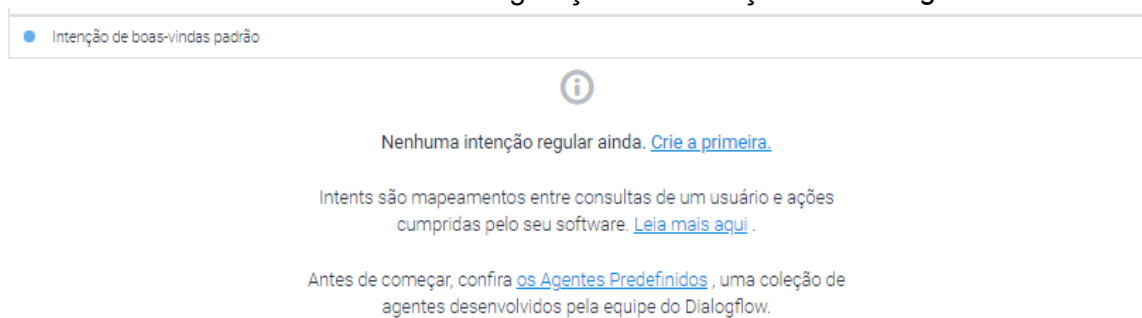
Assim que o agente for criado, novas opções aparecerão no menu esquerdo para a configuração das “intenções”, como mostrado na FIGURA 5.

FIGURA 5 - Menu intenções do *Dialogflow*

Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 2 out. 2023.

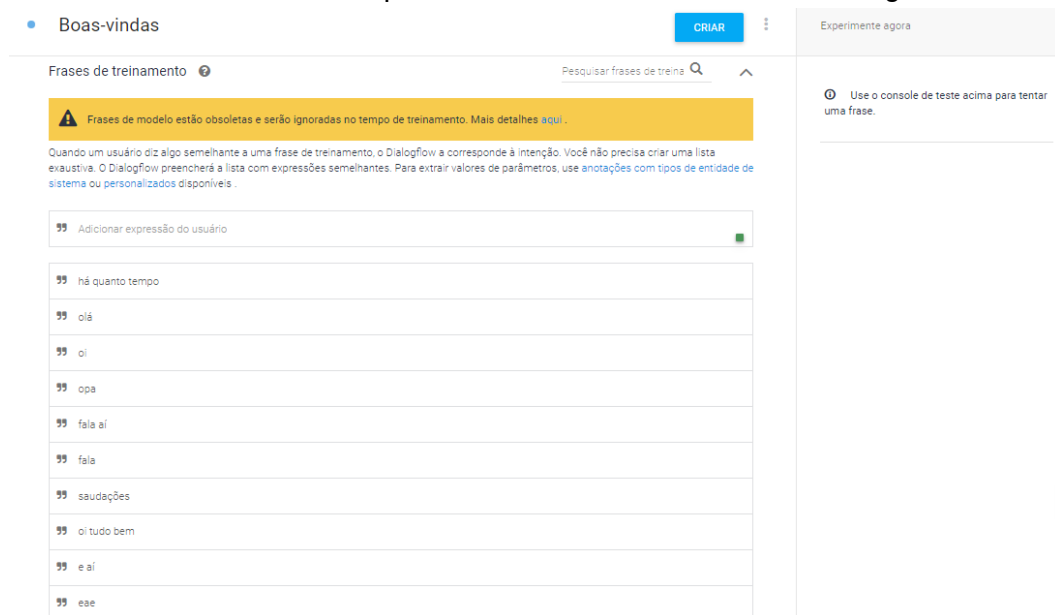
Por padrão, na tela de intenções do *Dialogflow*, já vêm configuradas as intenções de boas-vindas e contingências (*fallback*), mas é possível alterar e personalizar da forma mais conveniente.

Ao clicar sobre a intenção de boas-vindas, FIGURA 6, é possível visualizar as predefinições e alterá-las:

FIGURA 6 - Tela de configuração das intenções do *Dialogflow*

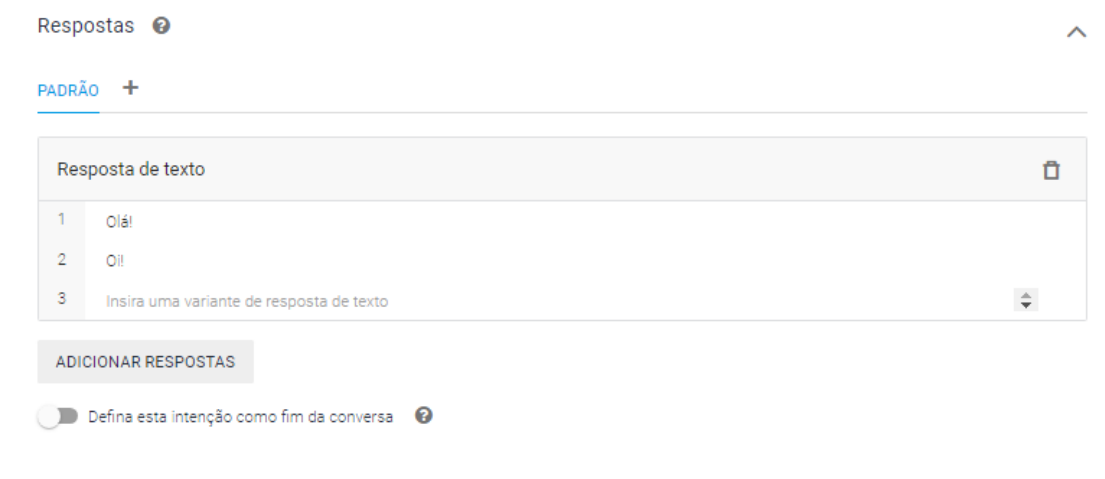
Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 2 out. 2023.

Dentro do menu 'intenção de boas-vindas padrão', é possível treinar o robô com possíveis frases que o usuário poderá digitar e definir o que o robô deve responder. Na FIGURA 7, é possível visualizar alguns exemplos de treinamento para início da conversa entre o robô e a pessoa:

FIGURA 7 - Exemplos de frases de treinamento do *Dialogflow*


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 2 out. 2023.

Em uma interação com o usuário, ao inserir qualquer uma das expressões da FIGURA 7, o robô retornará com uma “resposta de texto” também predefinida, como mostrado na FIGURA 8:

FIGURA 8 - Respostas de texto predefinidas


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 2 out. 2023.

A mesma configuração é possível na opção do *fallback* (expressões que o *chatbot* retornará ao usuário caso não tenha uma resposta configurada para o que foi solicitado), FIGURA 9, basta treinar o robô com as frases ou expressões que

normalmente são digitadas por um usuário e predefinir a resposta que o robô dará para cada uma das expressões no menu “resposta de texto”.

FIGURA 9 - Respostas de texto predefinidas para entradas desconhecidas

Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 2 out. 2023.

Ainda, dentro do menu de boas-vindas, é possível configurar os parâmetros para que o robô solicite dados do usuário, como nome, idade, série ou qualquer coisa que o professor julgar necessário, FIGURA 10.

FIGURA 10 - Configurando ações e parâmetros

OBRIGATÓRIO	NOME DO PARÂMETRO	ENTIDADE	VALOR	É LISTA	AVISOS
☒	nome	@sys.any	\$nome	☒	Olá, aqui é o E...

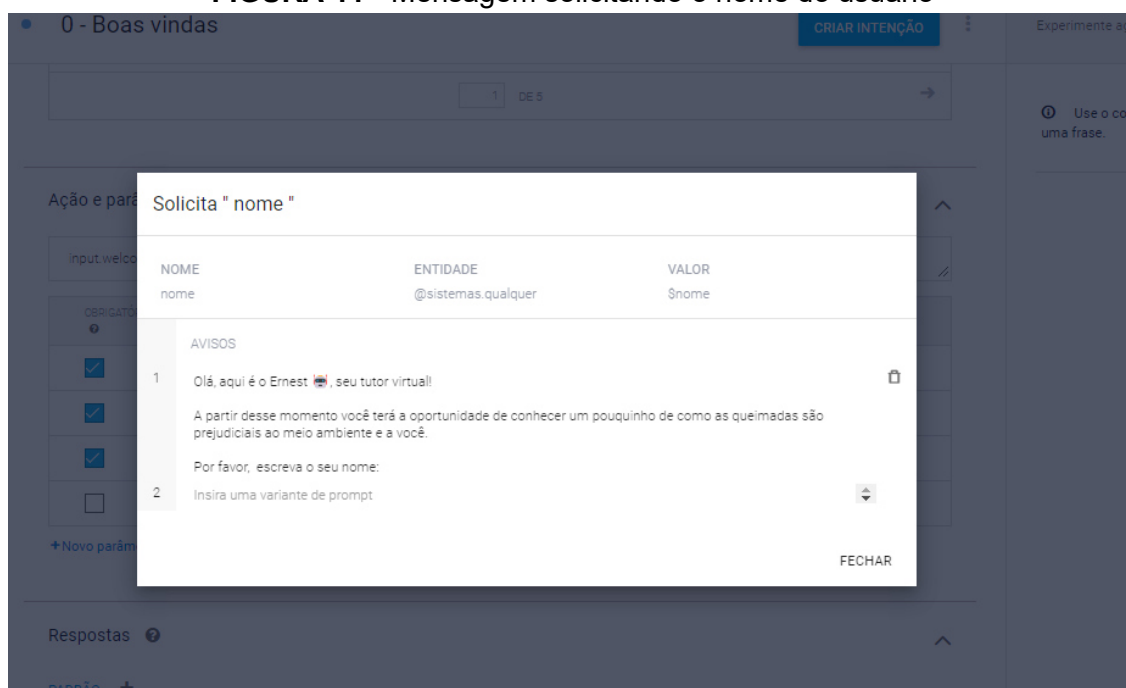
Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 3 out. 2023.

Por exemplo, caso o professor queira que o *chatbot* pergunte o nome do aluno, no menu “Ação e parâmetros” ele deverá marcar a caixa “obrigatório”, em “Nome do parâmetro” ele deverá dar um nome de preferência para a ação, no campo entidade, ao digitar arroba (@) um menu com várias opções aparecerá, mas como se trata do

nome do aluno, a opção “@sys.ani” é a melhor, pois ela aceita qualquer nome. No campo valor, é necessário iniciar o comando com o cifrão (\$), deste modo o *Dialogflow* entende que se trata de determinado parâmetro e apresenta ou solicita ao usuário.

No campo “aviso” é possível escrever a mensagem que irá aparecer ao usuário solicitando aquilo que é desejado, conforme a FIGURA 11. Para dar um espaçamento de uma linha para outra, basta segurar a tecla “shift” e dar um “enter”.

FIGURA 11 - Mensagem solicitando o nome do usuário



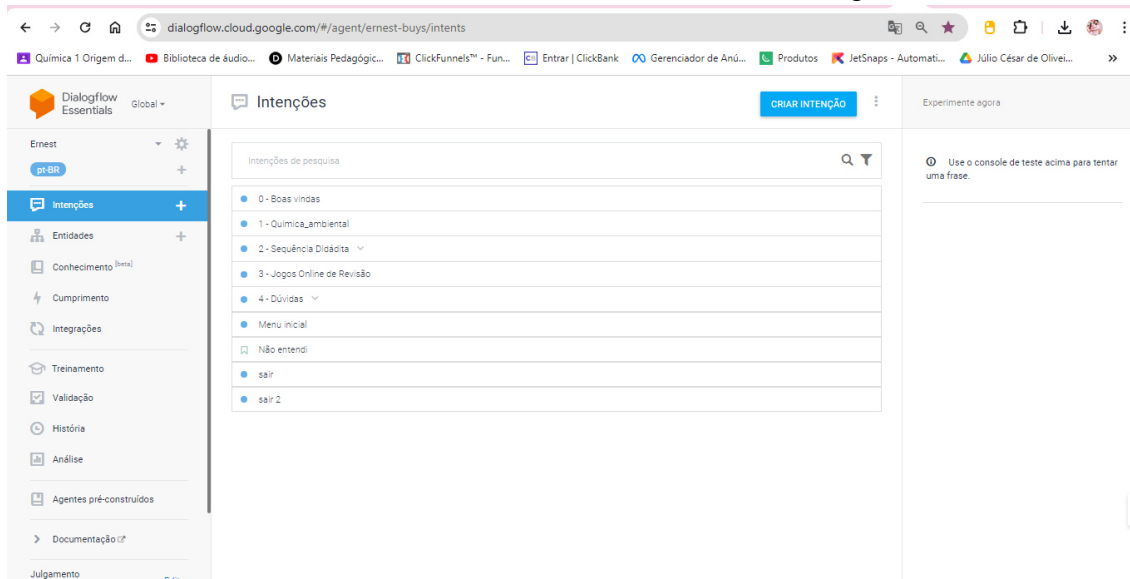
Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 3 out. 2023.

Após a configuração do campo “aviso” é necessário “linkar” o menu “Ação e parâmetros” com o menu “Respostas” para que funcione. Logo, no campo “Respostas” é necessário colocar o valor definido anteriormente para que ele apareça para o usuário, nesse caso o “valor” utilizado foi \$nome, assim o mesmo deve aparecer no menu resposta, como mostrado na FIGURA 12:

FIGURA 12 - Resposta do robô mostrando o nome do usuário

Caso o professor deseje solicitar a série ou qualquer outro parâmetro, basta repetir o passo anterior, alterando o texto de acordo com o que quer.

Após treinar o agente com as expressões iniciais e finais, é possível e configurar os parâmetros desejados, pode-se elaborar os menus de acordo com o conteúdo que se quer ensinar. A FIGURA 13 mostra como ficou estruturado o menu do *chatbot* para o ensino do conteúdo sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente após a configuração de todas as intenções.

FIGURA 13 - Menu do *chatbot* dentro do *Dialogflow*

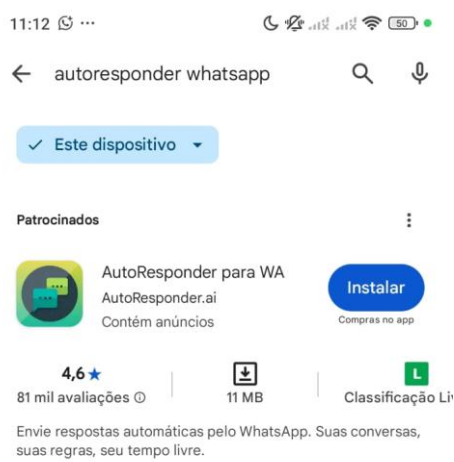
Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 4 out. 2023.

Com o *chatbot* criado basta integrá-lo ao canal escolhido (*WhatsApp*, *Telegram*, *sites*, etc.). O *Dialogflow* possui API nativa para o *Telegram* e algumas plataformas, o que torna essa opção mais simples e fácil de configurar. No entanto, o canal escolhido, devido ser o mais utilizado pelos alunos pertencentes a pesquisa, foi o *WhatsApp* e

como a não há API nativa para integração, foi necessário utilizar o *AutoResponder WA*.

Com a loja de aplicativos aberta, basta pesquisar por *AutoResponder WA* e clicar em instala, como é mostrado na FIGURA 14.

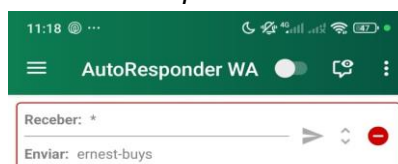
FIGURA 14 – Pesquisando e instalando o *AutoResponder WA*



Fonte: o autor

Após a instalação, é necessário abrir o aplicativo e configurá-lo. A FIGURA 15 mostra a tela inicial do *AutoResponder WA*.

FIGURA 15 - Tela inicial do *AutoResponder WA*



Fonte: o autor

Com o aplicativo aberto, é necessário clicar em qualquer lugar do retângulo com contorno vermelho apresentado na FIGURA 15. Logo após, a tela para configuração das regras e envio do arquivo “Json Key” será aberta, como é possível ver na FIGURA 16.

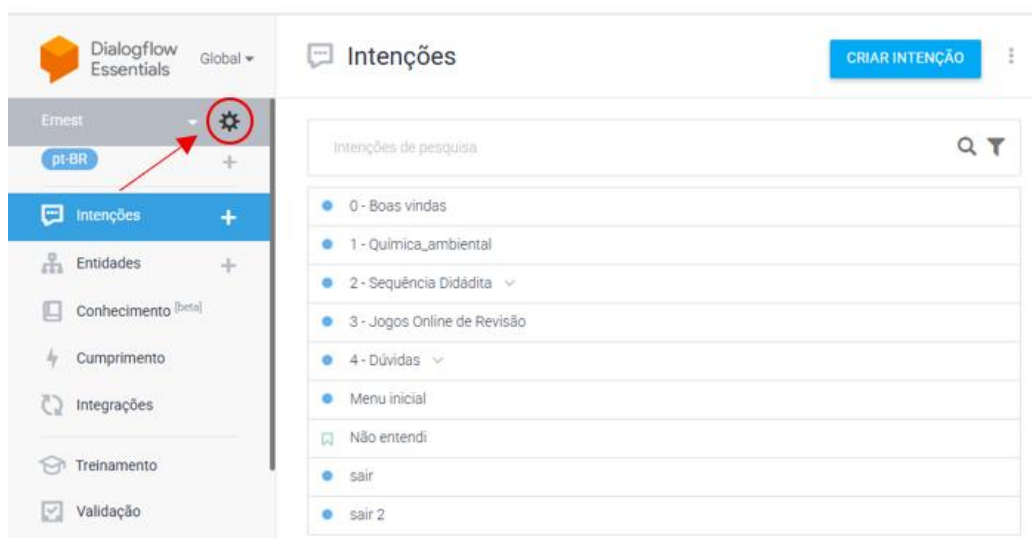
FIGURA 16 - Tela para configuração das regras e envio do arquivo “Json Key”



Fonte: o autor

Nesta etapa é necessário enviar o arquivo “Json Key” clicando no botão “IMPORTAR JSON KEY”. O arquivo “Json Key” é obtido na plataforma *DialogFlow* clicando na engrenagem que aparece no canto superior esquerdo, FIGURA 17.

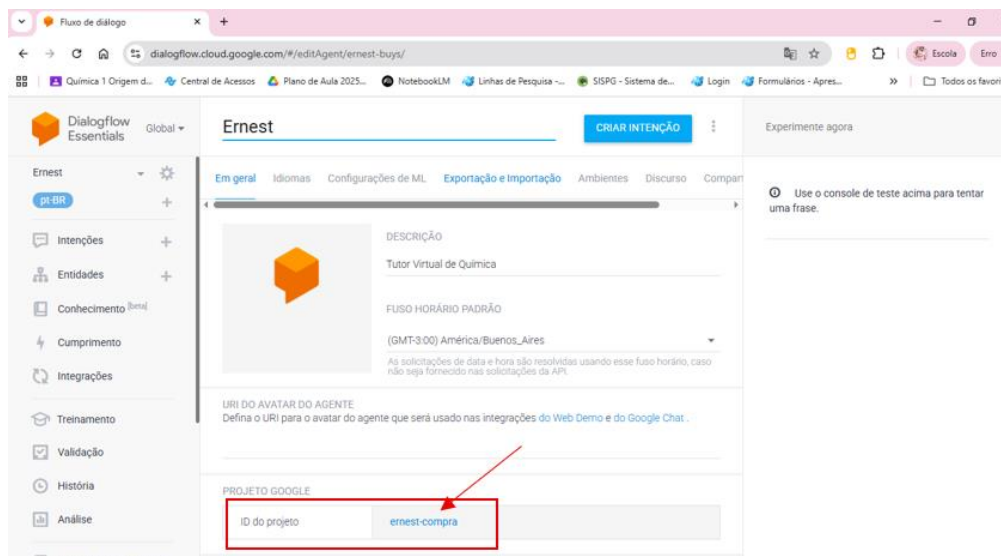
FIGURA 17 - Procedimento para obtenção do arquivo “Json Key”



Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 4 out. 2023.

Após clicar na engrenagem, conforme a FIGURA 17, a tela de configuração do *chatbot* será aberta, como mostrado na FIGURA 18.

FIGURA 18 -Tela de configuração do *chatbot*

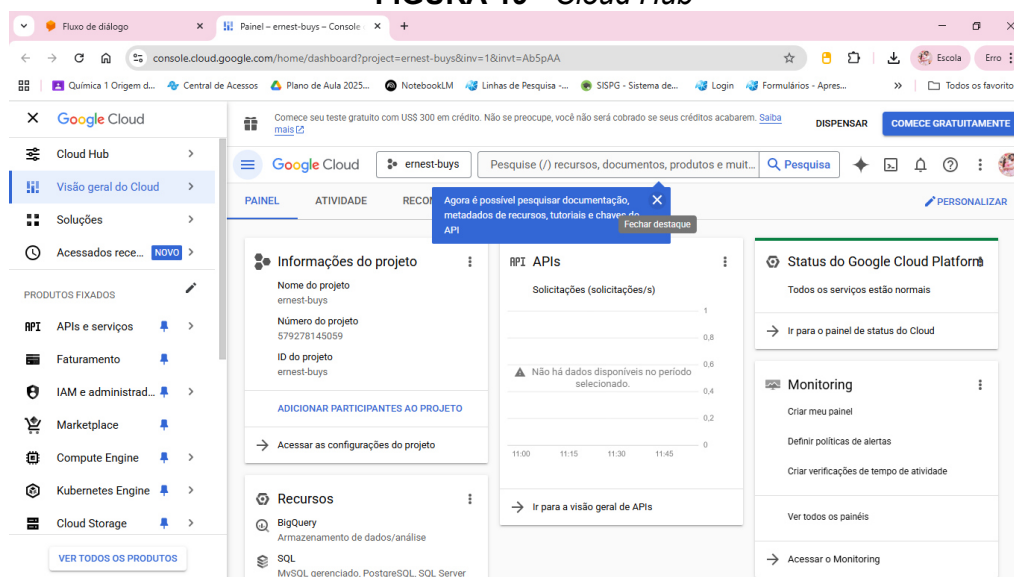


Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 4 out. 2023.

Em seguida, é necessário clicar sobre o nome do projeto, como sinalizado pela seta vermelha na FIGURA 18.

Logo em seguida, a *Cloud Hub* será aberta em uma nova janela, como pode ser observado na FIGURA 19.

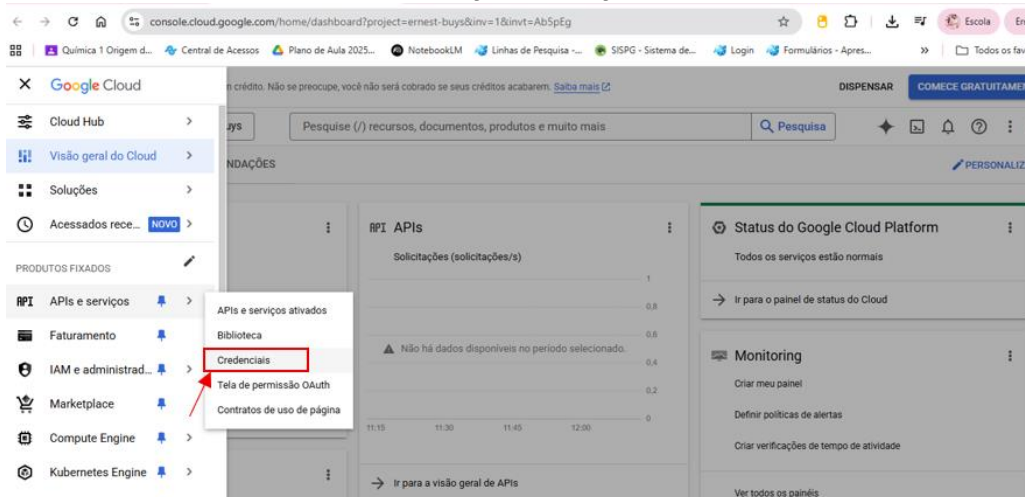
FIGURA 19 - *Cloud Hub*



Fonte: GOOGLE. *Cloud Hub*. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

Em “APIs e serviços”, presente no menu lateral, deve ser selecionado a opção “Credenciais”, conforme a FIGURA 20.

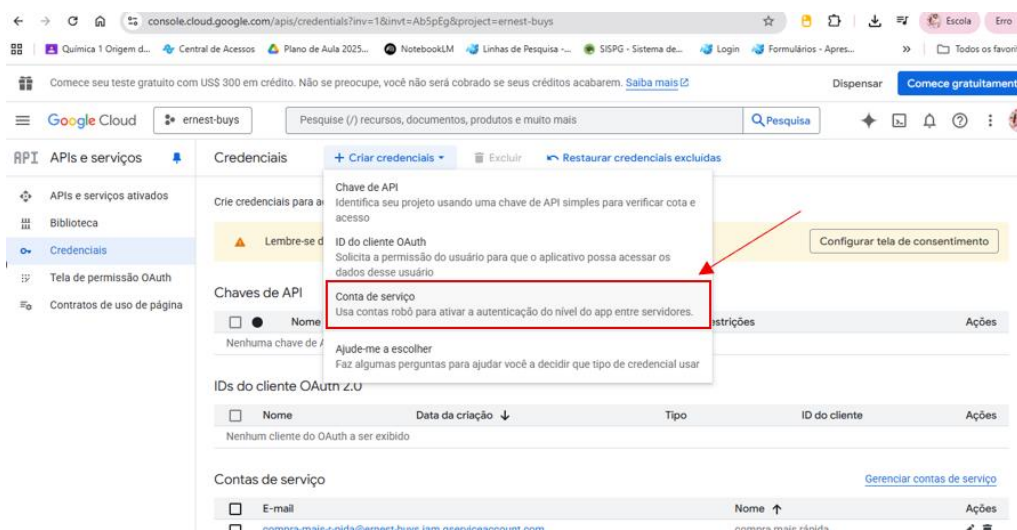
FIGURA 20 - Seleção da opção “Credenciais”



Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

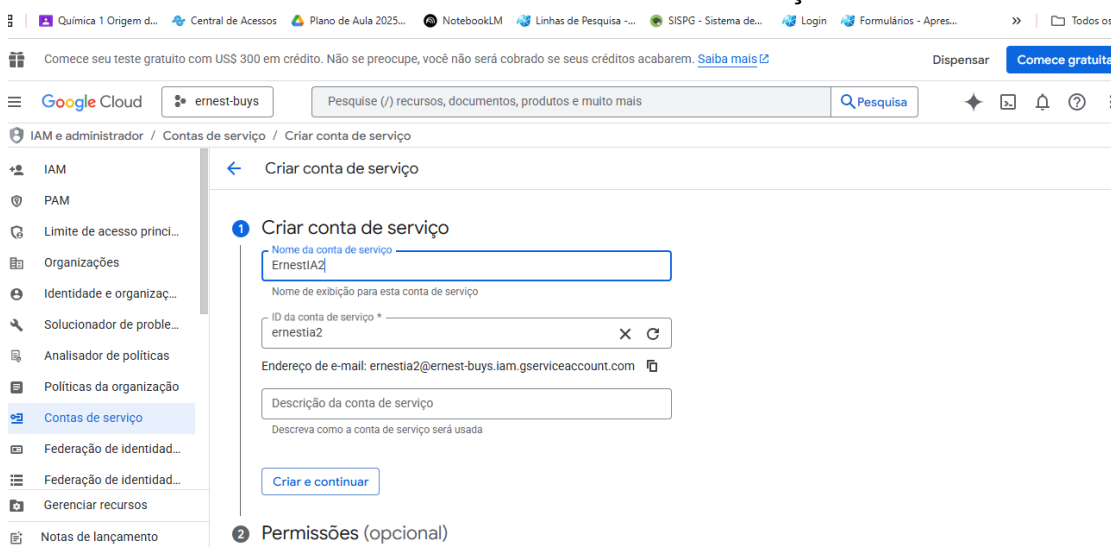
Ao clicar na opção “Credenciais” a tela de mesmo nome se abrirá e em “Criar credenciais” a opção “conta e serviço” deve ser selecionada, conforme mostrado na FIGURA 21.

FIGURA 21 - Selecionando a opção “Conta e serviço”



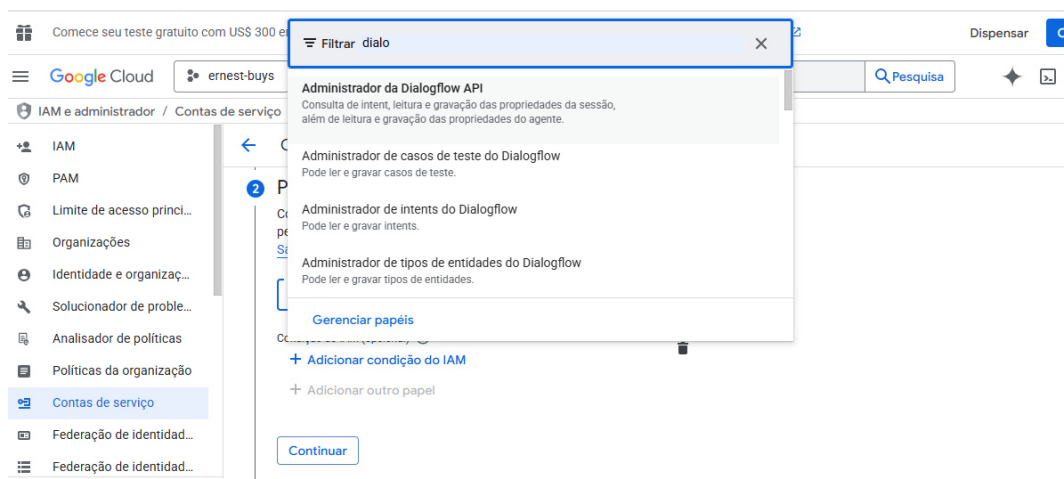
Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

Logo após, é necessário dar um nome a “conta de serviço” e clicar no botão “Criar e continuar”, como pode ser visualizado na FIGURA 22.

FIGURA 22 - Criando a conta de serviço

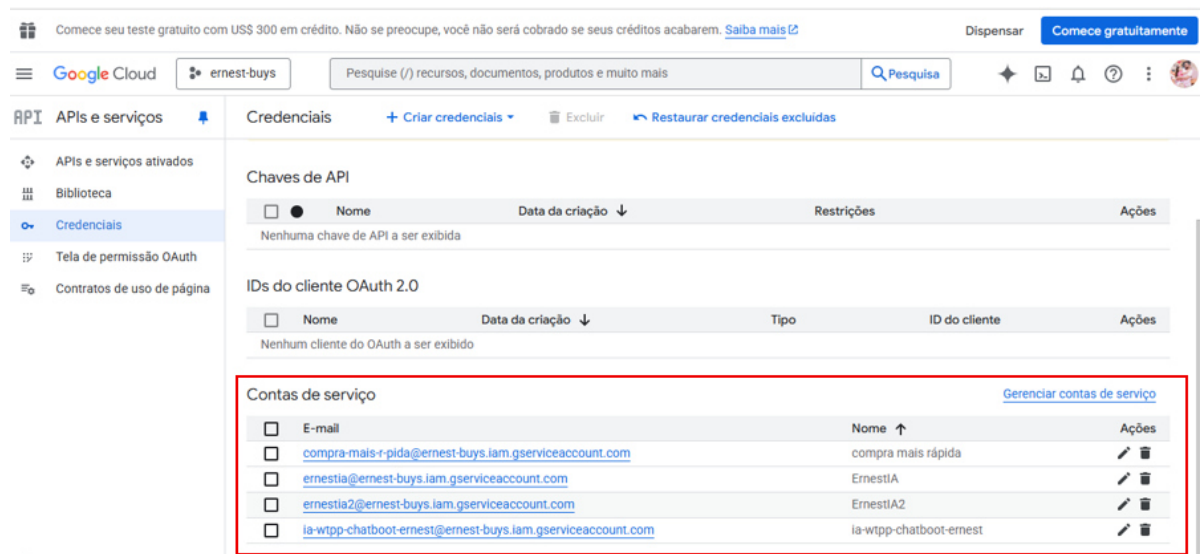
Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

Com a conta de serviço criada, é preciso clicar no passo 2, Permissões. Ao fazer isso, um menu suspenso será aberto e a opção “Administrador da *DialogFlow API*” deverá ser escolhida, como mostrado na FIGURA 23.

FIGURA 23 - Permissão de Administrador da *DialogFlow API*

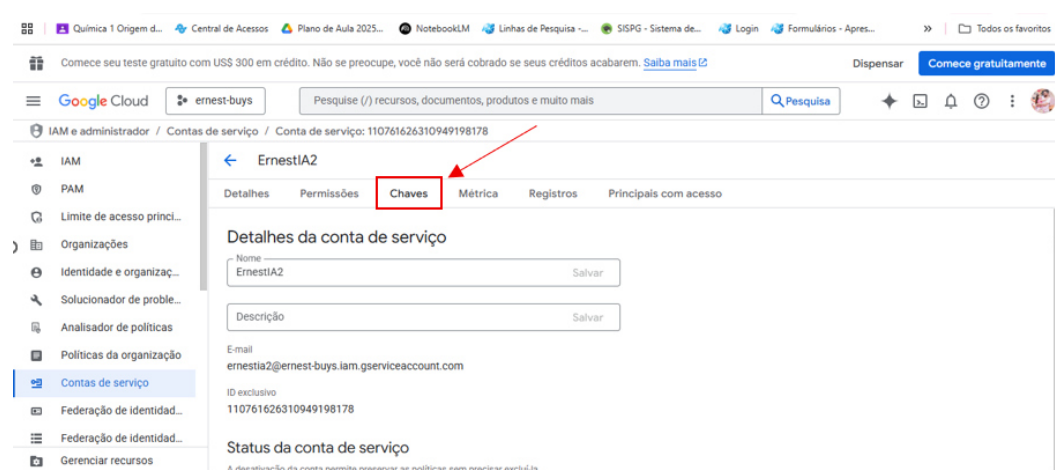
Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

Feito isso, o botão “Continuar” deve ser pressionado e na sequência o botão “Concluir” e a tela contendo as “Contas de Serviços” criadas será apresentada, conforme a FIGURA 24.

FIGURA 24 - Contas de serviços criadas

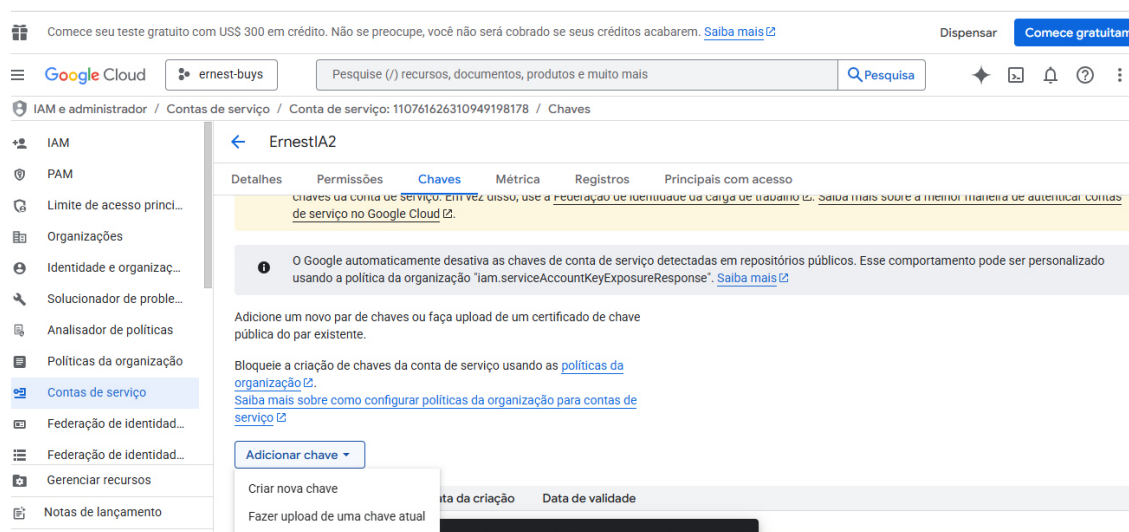
Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

Nesta etapa, basta clicar sobre a conta de serviço criada, observando o nome dado na primeira etapa de criação, ao fazer isso uma tela com a opção “Chave” se abrirá, como mostrado na FIGURA 25.

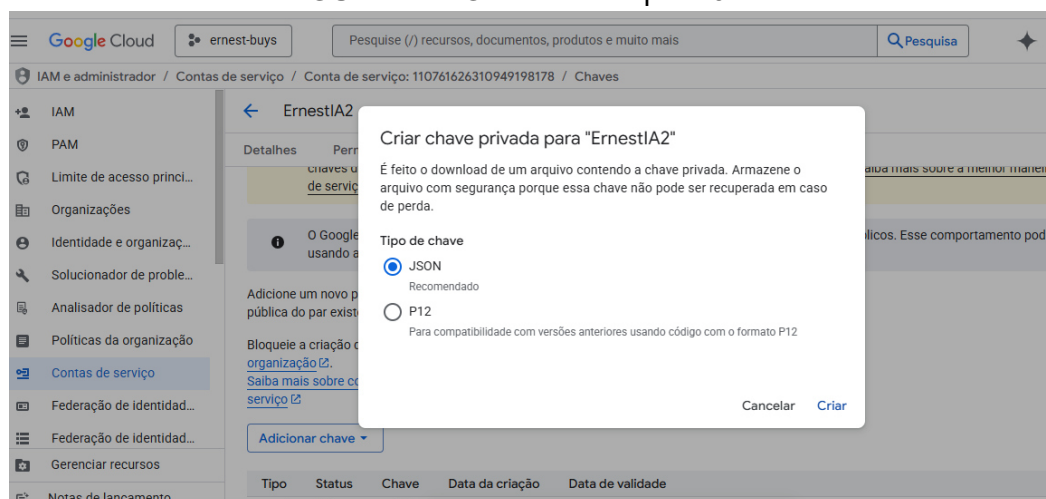
FIGURA 25 - Obtendo a chave de acesso

Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

Após clicar em “Chave”, pressionar a opção “Criar nova chave” e em “Tipo de chave”, marcar a opção “JSON” e clicar em “Criar”, como demonstrado nas FIGURAS 26 e 27.

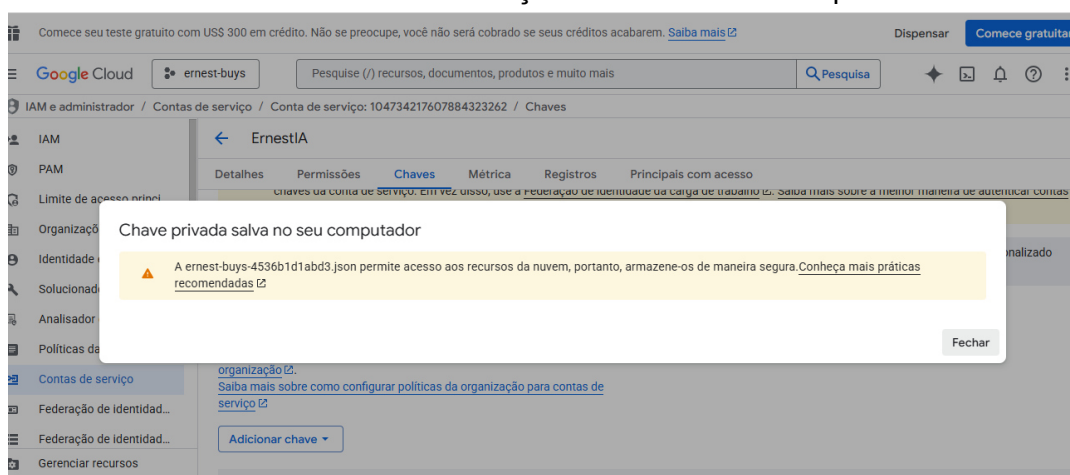
FIGURA 26 - Criando a nova chave

Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

FIGURA 27 - Gerando o arquivo Json

Fonte: GOOGLE. Cloud Hub. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>.
Acesso em: 16 ago. 2025.

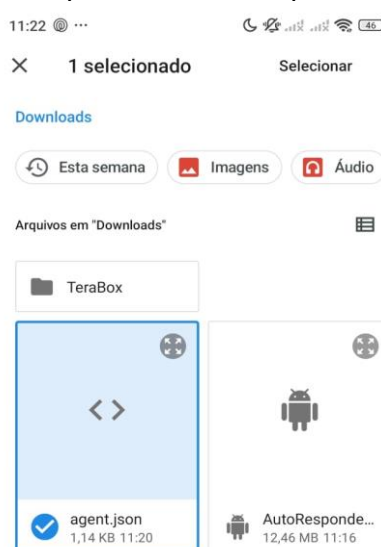
Ao clicar em “Criar” o arquivo “Json” contendo a chave privada será criado e baixado automaticamente no computador, como pode ser visualizado na FIGURA 28.

FIGURA 28 - Tela de finalização e salvamento do arquivo Json

Fonte: GOOGLE. *Cloud Hub*. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

Após isso, o arquivo deve ser enviado para o celular onde o aplicativo *AutoResponder WA* está instalado para que possa ser feito *upload*.

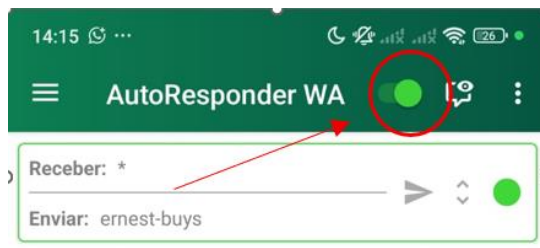
Voltando ao aplicativo *AutoResponder WA*, após clicar no “Importar Json Key”, é necessário encontrar onde o arquivo foi salvo no celular e selecioná-lo, como mostra a FIGURA 29.

FIGURA 29 - Selecionando e subindo o arquivo Json no aplicativo *AutoResponder WA*

Fonte: o autor

Feito isso, basta voltar para a tela inicial do aplicativo e ativá-lo para que o *bot* possa entrar em ação, FIGURA 30.

FIGURA 30 - Finalização e ativação do bot através do *AutoResponder WA*

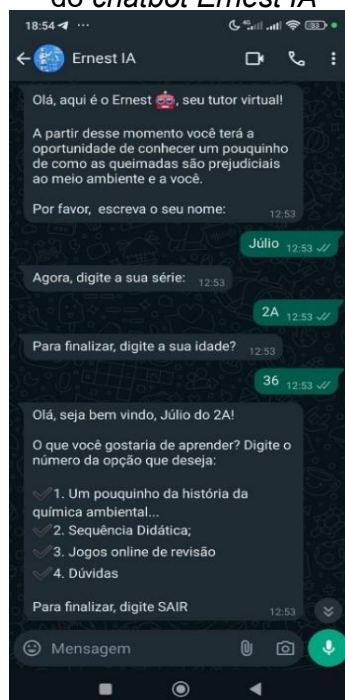


Fonte: o autor

O *chatbot* criado recebeu o nome de *Ernest IA* em homenagem a Ernest Rutherford, físico e químico com origem na Nova Zelândia, premiado com o Nobel de Química em 1908 (Marques, 2006), e foi estruturado da seguinte forma:

- 1º Mensagem de boas-vindas após a interação com o estudante, FIGURA 31;
- 2º Apresentação do menu contendo as opções abaixo:
 1. Um pouquinho da história da química ambiental;
 2. Sequência Didática;
 3. Jogos online de revisão;
 4. Dúvidas.

FIGURA 31 - Tela de boas-vindas do *chatbot Ernest IA*



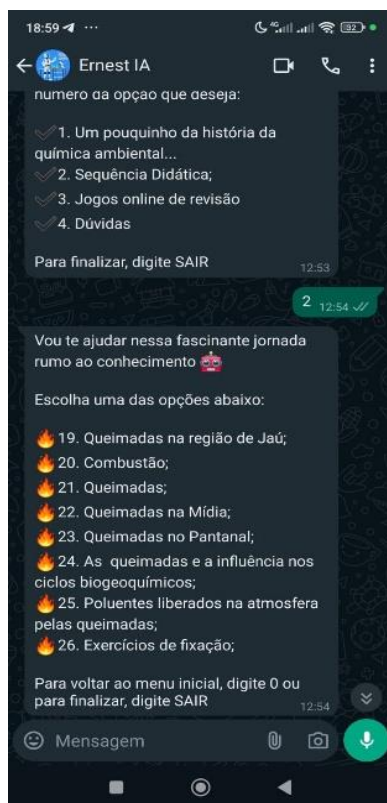
Fonte: o autor

Com a digitação de qualquer uma das opções do menu, o *chatbot* traz a informação desejada ou um submenu a partir do qual o estudante deve selecionar o que deseja.

Ao digitar o número 1, o *chatbot* imediatamente apresenta um texto sobre a história da química ambiental, mas ao digitar a opção 2, um submenu se abre, FIGURA 32, com as seguintes opções:

19. Queimadas na região de Jaú;
20. Combustão;
21. Queimadas;
22. Queimadas na mídia;
23. Queimadas no Pantanal;
24. As queimadas e a influência nos ciclos biogeoquímicos;
25. Poluentes liberados na atmosfera pelas queimadas;
26. Exercícios de fixação.

FIGURA 32 - Submenu da sequência didática do *chatbot Ernest IA*



Fonte: o autor

Os números de cada item do menu foram atribuídos arbitrariamente com o intuito de facilitar a escolha da opção desejada através da digitação do número e não do nome da opção.

No item 3 do menu inicial, foram disponibilizados os *links* de três jogos de revisão. Os jogos foram escolhidos e editados de acordo com o conteúdo trabalhado, através do site *WordWall*. A opção 4 do menu foi abastecida com possíveis dúvidas dos alunos e com a possibilidade de envio de uma mensagem diretamente ao professor, caso ainda houvesse alguma dúvida mais específica.

Vale ressaltar que o *chatbot*, utilizado no desenvolvimento da sequência didática proposta neste trabalho, foi baseado em regras pré-determinadas pelo programador, logo ele só é capaz de responder perguntas de acordo com o que foi previamente programado, emitindo uma mensagem negativa quando indagado sobre algo que não faz parte do seu repertório. A escolha desse tipo de *chatbot* se deu pelo fato de ele ser totalmente gratuito, servir para os propósitos da sequência didática e minimizar aleatoriedades, já que o aluno só consegue interagir com o conteúdo preestabelecido.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A questão “Por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?”, FIGURA 33, foi realizada no início da sequência didática com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios dos alunos e entender o que eles já traziam de bagagem sobre o tema queimadas a partir de suas vivências. Essa questão perpassou toda a sequência, sendo retomada sempre que necessária para contextualizar o conteúdo e utilizada no final da sequência como uma das questões avaliativas.

FIGURA 33 - Problematização

“Anualmente, nossa cidade e região circundante enfrentam o desafio das queimadas. Essas queimadas resultam em uma série de problemas que afetam toda a comunidade. Assim sendo, por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?”

Fonte: o autor

5.1. Hipóteses levantadas pelos alunos referentes a questão de sondagem: o problema das queimadas

A partir da questão inicial, FIGURA 33, os alunos levantaram algumas hipóteses, as quais foram separadas em categorias, como pode ser visto no Quadro 7:

Quadro 7 - Categorização da sondagem inicial: o problema das queimadas

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Impactos Ambientais	2	13,3%	4 e 6
2. Problemas de saúde	2	13,3%	4 e 6
3. Citaram motivos para que haja as queimadas	5	33,3%	3, 2, 7, 5 e 8
4. Não propuseram hipóteses	6	40%	1, 9, 10, 11, 12 e 13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Aqui, Quadro 8, os alunos respondentes citam que ao se realizar queimadas, essas liberam CO₂ para atmosfera.

Quadro 8 - Categoria 1: Impactos ambientais

Resposta	Alunos
1. Aumentam o CO ₂ na atmosfera, aumentam a temperatura e destrói a fauna e a flora...	4 e 6

Fonte: o autor

Os alunos conseguem identificar que as queimadas liberam e consequentemente aumentam a quantidade de CO₂ na atmosfera e associam ao aumento de temperatura. Provavelmente eles se referem ao aumento da temperatura do planeta devido ao aquecimento global resultante da intensificação do efeito estufa. Deste modo, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980), ao identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre determinado tema, é possível utilizá-los como ponto de partida para promover uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

A temática do aquecimento global é trabalhada no ensino fundamental e no 1º ano do ensino médio, sendo algo familiar e de fácil associação ao problema das queimadas pelos alunos.

Ao usar os termos “fauna e flora”, fica evidente a influência do componente curricular de biologia, que trabalha a mesma habilidade concomitantemente ao componente de química, mas com outro enfoque. Conforme destaca Sousa Júnior (2008), as queimadas causam enormes prejuízos para o meio ambiente com impacto direto na biodiversidade, provocando a destruição da fauna e da flora.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Os alunos, ainda, citaram que as queimadas são um problema para nossa região devido a elas prejudicarem as pessoas e os animais, conforme o Quadro 9.

Quadro 9 - Categoria 2: Problemas de saúde

Resposta	Alunos
2. Prejudica as pessoas e animais da região...	4 e 6

Fonte: o autor

Como pode ser notado, eles não citaram de que forma as queimadas prejudicam as pessoas e nem os animais, mas sabem que de alguma maneira essa ação não é benéfica para os seres vivos. Conforme Brasil (2000), ao relacionar o conteúdo escolar com a realidade dos alunos, o professor contribui para torná-los mais participativos no processo de aprendizagem. Essa contextualização favorece a ocorrência de aprendizagens significativas e estimula o envolvimento. Além do mais, quando o diálogo entre o que se sabe e o que se quer ensinar não acontece, o aprendizado mecânico é favorecido e o aluno apenas decora o que está sendo ministrado para fazer prova (Pelizzari *et al.*, 2002).

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Alguns alunos fugiram da questão: “Por que as queimadas em nossa região são um problema [...]”, talvez por falta de atenção ou interpretação, e acabaram citando alguns dos possíveis motivos para que a queimada ocorra, conforme o Quadro 10. Outra hipótese é que o conceito sobre os impactos das queimadas não tenha sido aprendido de forma significativa e, por isso, o estudante não consiga mobilizar os conhecimentos necessários para responder de acordo com o contexto, de forma satisfatória e crítica.

Quadro 10 - Categoria 3: Motivos para que haja as queimadas

Resposta	Alunos
3. Limpar áreas de vegetação e preparação do solo para agricultura ou pecuária...	3, 2, 7, 5 e 8

Fonte: o autor

Um dos motivos citados para a ocorrência das queimadas é a limpeza de terrenos utilizados para o plantio e o uso do fogo no preparo do solo para a plantação ou criação de animais. Mesmo não sendo diretamente um problema das queimadas, esses são alguns dos motivos pelos quais elas se iniciam e, conseqüentemente, afetam o meio ambiente. Desta forma, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980) para que o aluno aprenda de maneira significativa é necessário que o conteúdo a ser aprendido se relacione com o que ele já sabe de maneira que faça sentido. Isso não ocorrendo, o estudante recorre as informações fragmentadas que estão disponíveis

em sua estrutura cognitiva, mesmo que não sejam as adequadas para responder o que está sendo perguntado.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Diversos alunos não participaram da atividade ou simplesmente não propuseram nenhuma hipótese, Quadro 11, para o problema das queimadas na região, como pode ser observado no quadro abaixo.

Quadro 11 - Categoria 4: Ausência de proposição de hipóteses

Resposta	Alunos
4. Não propuseram hipóteses	1, 9, 10, 11, 12 e 13

Fonte: o autor

A falta de engajamento e interesse na realização das atividades é um problema na escola. Muitos preferem utilizar o celular para entretenimento ou atividades alheias a aula. Sendo assim, o professor frequentemente compete pela atenção do aluno com o celular.

5.2. Hipóteses levantadas pelos alunos referentes a questão de sondagem: como resolver o problema das queimadas?

No Quadro 12 são apresentadas as categorias referentes a segunda parte da questão de sondagem: “Como resolver o problema das queimadas?”.

Quadro 12 - Categorização da sondagem inicial – Como resolver?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Monitorar as regiões de mata	2	13,3%	4, 6
2. Ação governamental	2	13,3%	4, 6
3. Educação ambiental	5	33,3%	3, 2, 7, 5 e 8
4. Não propuseram hipóteses	6	40,1%	1, 9, 10, 11, 12 e 13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Para os alunos 4 e 6, as queimadas podem ser resolvidas com o aumento da vigilância das áreas suscetíveis ao fogo, conforme o Quadro 13.

Quadro 13 - Categoria 1: Monitorar as regiões de mata

Resposta	Alunos
1. Maior vigilância	4, 6

Fonte: o autor

Apesar de não ficar claro como essa vigilância será ampliada (câmeras, unidades de observação, drones, satélites etc.), é possível inferir que o aumento da vigilância irá inibir as queimadas criminosas ou possibilitará uma ação mais rápida e eficaz no combate ao fogo. Como sabemos, não há uma solução isolada, mas ações combinadas, como a conscientização e participação da população de forma ativa, alternativas ao fogo, políticas públicas voltadas a prevenção, investimento em tecnologias de monitoramento e fiscalização contínua (Coelho *et al.*, 2023).

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

No Quadro 14, os alunos citam que o problema das queimadas pode ser resolvido com a supervisão das regiões com mata.

Quadro 14 - Categoria 2: Ação governamental

Resposta	Alunos
2. Supervisão das regiões com mata	4, 6

Fonte: o autor

Diferente da resposta “maior vigilância” que foi citada na categoria anterior, a supervisão é algo mais restrito que envolve o acompanhamento do trabalho realizado por alguém que está em um nível comando mais baixo. Desta forma, é possível entender que aqui o aluno quis dizer que há normas e regras, mas falta a correta execução por parte de quem está na linha de frente e, por isso, existe a necessidade de uma supervisão mais rigorosa nas localidades mais críticas, como as regiões de mata, para garantir que as atividades sejam desenvolvidas conforme o que está previsto.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Nessa categoria, conforme evidenciado no Quadro 15, os alunos destacaram que a solução para o problema das queimadas envolve o correto descarte de lixo e bitucas de cigarro, bem como a não realização de fogueiras.

Quadro 15 - Categoria 3: Educação ambiental

Respostas	Alunos
3. Descarte correto do lixo, jogar tocos de cigarro no local apropriado, não fazer fogueiras	3, 2, 7, 5 e 8

Fonte: o autor

Aqui, é possível compreender que a conscientização e a educação ambiental da população são possíveis soluções para combater as queimadas. O conhecimento dos problemas causados pelas queimadas pode levar as pessoas a mudarem seus hábitos e atitudes, prevenindo e evitando incêndios, além de incentivá-las a buscar alternativas ao uso do fogo. Conforme Farias (2007), boa parte da população não consegue enxergar os prejuízos ocasionados pelos processos de combustão e mesmos aqueles que são capazes, uma parcela não tem conhecimento suficiente de como resolver esse problema e isso mostra a urgência de um trabalho focado na alfabetização ambiental.

Apesar da divisão das respostas em categorias diferentes, todas poderiam se enquadrar em uma única, a categoria da prevenção, o que demonstra que, para 59,9% dos alunos respondentes, a única maneira de acabar com o problema das queimadas é a conscientização da população e agir antes que elas ocorram.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

A segunda parte da questão também não foi respondida pelos mesmos alunos que não responderam a primeira, o que evidencia a falta de engajamento pelos motivos já citados na análise do Quadro 11.

5.3. Análise do questionário 1: sondagem

Antes do início da sequência didática, os alunos responderam algumas questões de sondagem através de um questionário inicial. Esse questionário foi dividido em seções para facilitar a organização.

5.3.1. Análise das seções

5.3.1.1. 1ª Seção: informações gerais

O Quadro 16 traz um resumo de algumas informações necessárias para caracterizar o tipo de aluno que participou da pesquisa e entender qual é a sua relação com os estudos e a tecnologia.

Quadro 16 - Informações Gerais

Informações Gerais					
Aluno	Sexo	Idade	Trabalha	Hábito de estudar	Uso de tecnologia
12	F	16	sim	não	tem dificuldade
4	M	15	não	não	tem facilidade
9	F	16	não	sim	tem facilidade
8	F	16	sim	não	muita facilidade
2	F	16	sim	não	muita facilidade
3	F	16	sim	não	muita facilidade
1	M	16	sim	sim	muita facilidade
5	F	16	não	não	muita facilidade
11	F	16	sim	sim	tem facilidade
13	F	16	não	sim	tem facilidade
6	M	16	sim	não	tem facilidade
7	F	16	sim	não	tem facilidade
10	F	16	não	não	muita facilidade

Fonte: o autor

Como é possível observar através dos dados coletados, Quadro 16, com exceção de um, todos os alunos têm dezesseis anos de idade, faixa etária adequada para o ano/série.

A grande maioria é do sexo feminino e trabalha no contraturno do horário escolar. O trabalho no horário pós-aula reduz o tempo disponível para se dedicar aos estudos e a realização de tarefas ou trabalhos solicitados, impactando no

desempenho e rendimento do aluno. Além do mais, é possível notar que 31% dos estudantes têm o hábito de estudar e 69%, não.

Também é possível entender o grau de familiaridade que os alunos têm em relação as tecnologias. Com uma única exceção, todos os respondentes afirmaram ter facilidade ou muita facilidade com as tecnologias, o que é um ponto positivo, pois facilita a utilização do *chatbot*.

5.3.1.2. 2ª Seção: conhecimentos sobre o *chatbot*

Algumas questões foram feitas aos alunos a fim de entender o que eles sabem sobre o *chatbot*. Dos 13 alunos respondentes, 100% disseram saber o que é um *chatbot*, e 85% já tiveram contato com um, conforme os quadros 17 e 18.

Quadro 17 - Conhece o *chatbot*?

Respostas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Sim	13	100%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Não	0	0%	

Fonte: o autor

Quadro 18 - Já teve contato com o *chatbot*?

Respostas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Sim	9	82%	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
Não	2	18%	10, 13

Fonte: o autor

Como pode ser observado, todos os alunos, sem exceção, têm algum grau de conhecimento sobre o que é um *chatbot* ou, pelo menos, já ouviram falar dele, incluindo o aluno 12, Quadro 17, que disse ter dificuldade em usar a tecnologia. Logo, além de saber o que é um *chatbot*, a maioria dos alunos, em algum momento, teve contato com o *chatbot*, não sendo um assunto totalmente novo e é perceptível como essa tecnologia se popularizou.

O Quadro 19 separou em categorias as respostas dadas pelos alunos sobre o que é o *chatbot*.

Quadro 19 - O que é o *chatbot*?

Questões	Frequência de Ocorrência Percentual	Frequência de Ocorrência Percentual	Alunos
1. Inteligência artificial	8	61%	12, 4, 5, 6, 8, 3, 7, 9
2. Programa de computador	1	8%	13
3. Assistente Pessoal	1	8%	10
4. Robô	2	15%	2, 11
5. Não se posicionou	1	8%	1

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Nesta categoria, conforme o Quadro 20, os alunos citaram o que é um *chatbot*, segundo suas concepções. Conforme pode ser observado, as respostas dos alunos nessa categoria, mostram que eles associam o *chatbot* a inteligência artificial.

Quadro 20 - Categoria 1: Inteligência artificial

Respostas	Alunos
“É uma conversa com um robô com inteligência artificial”.	5, 7, 8, 3
“É uma conversa com uma inteligência artificial”.	6, 4, 9
“Uma forma de inteligência artificial”.	12

Fonte: o autor

Os alunos 5, 7, 8, 9 e 3 mencionam que o *chatbot* é uma conversa com um robô provido de inteligência artificial. Essa ideia não está errada e talvez essa concepção se deva à interação do robô com a pessoa, o que demonstra uma certa inteligência. No entanto, nem todos os *chatbots* são baseados em inteligência artificial; também há os mais simples que seguem regras pré-determinadas pelo programador (Blipblog, 2021). Os alunos 6 e 4 do Quadro 20, usam a palavra *chatbot* como sinônimo de inteligência artificial. Apesar de ser possível o *chatbot* utilizar a inteligência artificial, isso não é uma regra.

Já o aluno 12 cita que o *chatbot* é uma forma de inteligência artificial, dessa maneira, ele está parcialmente correto, pois o *chatbot* não é uma inteligência artificial, mas a depender de qual *chatbot* está sendo utilizado, ele pode fazer uso da inteligência artificial para interagir com o usuário.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nessa categoria, um aluno citou que o *chatbot* é um programa de computador, como pode ser visto no Quadro 21.

Quadro 21 - Categoria 2: Programa de computador

Resposta	Aluno
"É um programa de computador projetado para simular uma conversa"	13

Fonte: o autor

O aluno 13 foi o único que respondeu de forma acertada o que é o *chatbot*, como evidenciado no Quadro 21. Aqui é possível aferir que o aluno domina o que é o *chatbot*, a ponto de dar uma resposta tão completa ou de alguma forma tenha pesquisado o significado antes de responder à questão ou, simplesmente, tenha decorado o conceito em algum momento, evidenciando um aprendizado meramente mecânico (Pelizzari *et al.*, 2002). Essa dúvida é legítima, pois, analisando as respostas anteriores do aluno, é possível observar, no Quadro 19, que esse aluno respondeu que nunca teve contato com *chatbot*, apesar de saber o que é, Quadro 20. A resposta do aluno vai de encontro com o que é pontuado por Gomes (2017), que destaca o *bot* como um programa computacional capaz de interagir de forma tão natural ao ponto de se passar por uma pessoa.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

O aluno 10 pontua que o *chatbot* é um aplicativo para ajuda, como pode ser visto no Quadro 22.

Quadro 22 - Categoria 3: Assistente pessoal

Resposta	Aluno
"Um aplicativo para ajuda".	10

Fonte: o autor

Segundo a resposta do aluno, é possível aferir que ele quis se referir ao *chatbot* como um assistente pessoal capaz de ajudar as pessoas em determinadas tarefas. Essa resposta corrobora para confirmar a resposta dada no Quadro 17, onde o aluno diz saber o que é o *chatbot*, mesmo não definindo o termo, ele cita uma das funções

da aplicação. Conforme Paz (2022), o *chatbot* funciona como um tutor pessoal para o aluno, ajudando-o nas atividades propostas.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Nessa categoria, o aluno 2 e 11, conforme o Quadro 23, cita que o *chatbot* é um robô.

Quadro 23 - Categoria 4: Robô

Resposta	Aluno
"É um bate papo com um robô"	2, 11

Fonte: o autor

Essa resposta está parcialmente correta. O aluno não deixa claro que tipo de robô é o *chatbot*, apenas cita de forma genérica a palavra "robô". No entanto, apesar de ser um robô, como mencionado, o *chatbot* é um tipo específico de robô. Ele é um robô conversacional que objetiva interagir com o usuário da forma mais natural possível, assemelhando-se a uma conversa com um ser humano (Magalhães, 2023).

Além disso, a função do *chatbot* vai muito além de um simples bate-papo, pois ele pode ser usado como assistente pessoal, oferecendo respostas sob medida, trazer informações atualizadas e disponibilizar conteúdos de interesse (Holotescu, 2016).

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

O aluno 1 não respondeu à questão, Quadro 24, não sendo possível saber o que ele pensa sobre o *chatbot*.

Quadro 24 - Categoria 5: Não se posicionou

Resposta	Aluno
Não respondeu à questão.	1

Fonte: o autor

5.4. Análise do questionário 2: avaliação

Após o desenvolvimento da sequência didática, os alunos responderam ao questionário avaliativo com o intuito de aferir se a sequência didática surtiu algum efeito na construção do conhecimento e corrigir rotas, caso necessário.

5.4.1. Questão 1: O que são as queimadas?

A questão número 1 visou aferir se o conceito de queimadas havia sido construído por parte dos alunos. As respostas foram divididas em categorias conforme o Quadro 25.

Quadro 25 - O que são as queimadas?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Queima legalizada	1	9,1%	12
2. Causas	2	18,2%	4, 8,
3. Incêndios florestais	5	45,4%	11, 10, 13, 5, 1
4. Definição	3	27,3%	9, 2, 3

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Através das respostas dadas para a questão número 1, é possível perceber uma diversidade de entendimento sobre o que são as queimadas. O Quadro 26 ilustra uma das respostas dadas pelos alunos:

Quadro 26 - Categoria 1: Queima legalizada

Resposta	Alunos
“É um tipo de incêndio legalizado ou natural”.	12

Fonte: o autor

O aluno 12 diz que é um tipo de “incêndio legalizado ou natural”, misturando os conceitos de queimadas controladas e incêndios (não controladas). Além do mais, o aluno também omite as demais possibilidades, como incêndios acidentais e criminosos e não conceitua o que é uma queimada. Através da teoria da aprendizagem é possível inferir que houve algum grau de aprendizagem, mas o nível de significação ainda não é o desejado e isso demonstra que há deficiência nos

conhecimentos prévios ou na mediação pedagógica. Outra possibilidade é o aluno ter memorizado de forma mecânica e sem compreender parte do conteúdo e isso o leva a responder de maneira incompleta. Logo, a partir dessa reflexão, é possível que o professor direcione ações focando corrigir essas distorções. Segundo Moreira (2010), um dos mecanismos que o cérebro utiliza para organizar o que se aprende é a integração reconciliadora, que permite reorganizar o que foi aprendido e eliminar as contradições.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Conforme detalhado no Quadro 27, nessa categoria, os alunos não definem o que são as queimadas, mas citam as causas para que elas aconteçam.

Quadro 27 - Categoria 2: Causas

Resposta	Alunos
“É quando o homem ou de forma natural coloca fogo na vegetação ou na área florestal para prejudicar a população e o meio ambiente”	4
“É um fenômeno natural que normalmente ocorre em áreas secas”	8

Fonte: o autor

Através da análise da resposta do aluno 4, percebe-se que ele demonstra uma compreensão inicial ao reconhecer que as queimadas podem ter origem humana ou natural. No entanto, há alguns equívocos em sua interpretação, pois ele acredita que são realizadas exclusivamente para prejudicar a população e o meio ambiente. Dessa forma, é possível inferir que o aluno está começando a estabelecer relações com seus conhecimentos prévios, mas isso ainda está em andamento. Ele ainda não está ciente dos usos agrícolas, onde a finalidade não é prejudicar o meio ambiente, mas sim uma consequência involuntária e dos benefícios que a queima natural traz para o Cerrado brasileiro.

O aluno 8 compreende que as queimadas podem acontecer de forma natural e com maior facilidade em regiões secas. Contudo, a resposta dada está incompleta, pois ele não cita que as queimadas também podem ser provocadas pelo homem, o que é muito comum, principalmente de forma criminosa e acidental.

Como é possível perceber, os alunos analisados focam nas causas das queimadas e não em sua definição.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Conforme detalhado no Quadro 28, nessa categoria, os alunos definem as queimadas como sendo incêndios florestais.

Quadro 28 - Categoria 3: Incêndios florestais

Resposta	Alunos
“São incêndios provocados geralmente por ação humana que destroem grandes áreas de vegetação”	5
“É quando pega fogo nos lugares”	10
“São incêndios das florestas”	11
“Fogo no meio ambiente”	13
“Fogo em áreas proibidas ou legalizadas para o desmatamento da flora”	1

Fonte: o autor

O aluno 5 compreende que as queimadas geralmente são causadas pela ação humana e que resultam na destruição de grandes áreas de vegetação. O estudante demonstra uma noção inicial sobre a origem das queimadas e os seus impactos no meio ambiente, logo, a resposta pode ser ampliada, incluindo os diferentes tipos de queimadas, seus impactos ambientais, econômicos e sociais.

Quanto aos alunos 10, 11 e 13, as respostas dadas demonstram uma compreensão muito básica e superficial em relação ao conceito de queimadas. Todos sabem que as queimadas envolvem incêndios na vegetação, mas só.

Por fim, o aluno 1 demonstra uma noção quanto a legalidade das queimadas, podendo as mesmas ocorrerem de forma legal ou ilegal e estão sempre associadas ao desmatamento. Contudo, ele não diferencia quais queimadas são legais e quais não. A queima controlada é prevista na legislação e permite o uso do fogo em casos específicos (Brasil, 2012). Já as queimas ilegais são as queimadas não controladas ou incêndios e podem ocorrer de maneira acidental, proposital ou natural (Meio Sustentável, 2022).

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Como pode ser observado no Quadro 29, os alunos definem o que são as queimadas e exemplificam o seu uso.

Quadro 29 - Categoria 4: Definição

Resposta	Alunos
“É usada para limpar terrenos para cultivo de plantações ou formação de pastos, usando o fogo para queimar”	9
“É a queima de vegetação para atividades agrícolas ou pecuárias”	2
“É a queima do meio ambiente (floresta, canavial, plantações) e usam ela no meio agrícola”	3

Fonte: o autor

Os alunos respondentes definem corretamente o que são as queimadas e dão exemplos de sua utilidade. Já o aluno 3 estende a prática para todo o meio ambiente, incluindo a queima das florestas. Aqui é possível inferir que o aluno se refere a queima controlada e não controlada. Conforme Anjos e Ferreira (1999) o termo queimadas pode ser definido como a queima da vegetação objetivando a limpeza e preparo de uma determinada área com o intuito de realizar o plantio. Além do mais, é possível notar que o aprendizado aconteceu de forma significativa, pois além de conseguir dizer o que são as queimadas, os alunos contextualizaram através de exemplos.

5.4.2. Questão 2: Quais as principais causas das queimadas?

Para esta questão, as respostas foram divididas em três categorias, conforme o Quadro 30:

Quadro 30 - Quais as principais causas das queimadas?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Prática agrícola	2	18%	2, 12
2. Incêndios	7	64%	11, 1, 3, 8, 9, 4, 10
3. Causas diversas: acidental, criminosa, natural e agrícola	1	9%	5
4. Não respondeu	1	9%	13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Nessa categoria, como pode ser observado no Quadro 31, os alunos se limitaram a dizer que a principal causa das queimadas são as atividades relacionadas a limpeza de áreas para o plantio e criação de animais.

Quadro 31 - Categoria 1: Prática agrícola

Resposta	Alunos
“Atividades agrícolas e pecuárias”	2
“Fazer um terreno”	12

Fonte: o autor

As respostas não estão erradas, mas estão incompletas. Era esperado que os alunos mencionassem outras causas, como as queimadas naturais e os incêndios florestais provocados por descuido ou intenção. Segundo Gaspar (2012), além da prática agropecuária, as queimadas podem ocorrer devido a ações intencionais, muitas vezes visando obter vantagem financeira ou de maneira acidental, ao descartar uma ponta de cigarro acesa. O aluno 12 provavelmente quis se referir a limpeza de um terreno. De acordo com Bonfim *et al* (2003) o emprego do fogo por parte dos agricultores ocorre devido a vários motivos, mas sobretudo por ser prático e econômico.

Como são respostas muito básicas e simples, é possível entender que os conhecimentos iniciais ainda estão se estruturando na cognição desses alunos e que a partir daí a aprendizagem significativa acontecerá.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nessa categoria, os incêndios são os principais causadores das queimadas para os alunos, como pode ser visto no Quadro 32:

Quadro 32 - Categoria 2: Incêndios

Resposta	Alunos
“Fogo, álcool, gasolina, fumaça”	10
“Incêndios propositais e naturais”	11
“Causas naturais, como raios e áreas muito quentes”	1
“Atividades criminosas e ambiente muito seco”	3
“Antropogênicas e descargas elétricas”	8
“Ação criminosa”	9
“Através do homem ou também pode ser natural através de raios, fagulhas de cigarros”	4

Fonte: o autor

O aluno 10 cita, de forma confusa, alguns combustíveis, o fogo e a fumaça, possivelmente proveniente da queima do álcool e da gasolina. Logo, esse aluno não é objetivo em sua resposta e não menciona as reais causas das queimadas. Parece haver uma mistura de conceitos entre a combustão e as causas das queimadas, provavelmente resultado de uma aprendizagem fragmentada e mecânica.

Com exceção do aluno 9, que só cita como causa a “ação criminosa” para a existência das queimadas, os alunos 11 e 3 também abordam em suas respostas as causas naturais, como os raios, áreas muito quentes e secas, mas deixam de lado as causas acidentais.

Os alunos 8 e 4 alegam que as principais causas das queimadas são as ações humanas e os fenômenos naturais. Em relação aos fenômenos naturais, os alunos citam que as queimadas ocorrem por conta de descargas elétricas. No entanto, o aluno 8 não diz qual é o papel do homem em relação às queimadas e o aluno 4 cita timidamente o descarte incorreto de cigarros, o que caracteriza a participação humana de forma acidental.

Por fim, o aluno 1 responsabiliza apenas as causas naturais pelas queimadas.

Através das respostas, é possível verificar um avanço na aprendizagem dos alunos em relação às possíveis causas das queimadas. Conforme Pelizzari *et al* (2002), mais significativa é a aprendizagem, à medida que novos conhecimentos passam a fazer parte da cognição do aluno e esses conhecimentos passam a interagir com novos saberes.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Como pode ser observado, a resposta do aluno 5 no Quadro 33, é a que mais se aproxima do esperado.

Quadro 33 - Categoria 3: Causas diversas: acidental, criminosa, natural e agrícola

Resposta	Alunos
“Atividades agrícolas, queima de restos de colheitas, fogueiras mal apagadas, queima de lixo, tempo seco e os ventos fortes”	5

Fonte: o autor

O aluno conseguiu abordar de forma sucinta e através de exemplos as principais causas responsáveis pelas queimadas, como as atividades agrícolas, as queimadas acidentais, criminosas e naturais.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Conforme o Quadro 34, o aluno 13 não respondeu à questão.

Quadro 34 - Categoria 4: Não respondeu

Resposta	Alunos
Não respondeu	13

Fonte: o autor

5.4.3. Questão 3: Quais são as consequências das queimadas?

A questão número 1 visou entender a construção do conceito queimadas por parte do aluno, a questão 2 aferiu se o aluno conhece as causas das queimadas e a questão 3 busca saber se o aluno enxerga que as queimadas trazem consequências e se eles sabem quais são. As respostas dos alunos foram fragmentadas nas categorias abaixo, conforme o Quadro 35. Desta forma, o aluno cuja resposta se enquadrar em mais de uma categoria, aparecerá mais de uma vez.

Quadro 35 - Quais são as consequências das queimadas?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Impactos ambientais.	11	48%	12, 4, 8, 2, 3, 5, 11, 13, 10, 9
2. Prejudica a saúde humana.	8	35%	4, 9, 8, 2, 3, 1, 11, 13
3. Impactos econômicos.	1	4%	5
4. Impacto climático.	2	9%	5, 11
5. Impacto social.	1	4%	5

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Nessa categoria, conforme o Quadro 36, os alunos citaram os impactos ambientais ocasionados pelas queimadas:

Quadro 36 - Categoria 1: Impactos ambientais

Resposta	Alunos
"Poluição, diminui o oxigênio, morte de animais".	12
"Prejudica o meio ambiente, tipo a vegetação e outros".	4
"Poluição do ar, diminuir a fertilidade do solo".	9
"Diminui a qualidade do ar".	8
"Polui o ar e devasta a vegetação".	2
"Poluem o ar, deixa o ar seco".	3
"Perda de biodiversidade, erosão do solo, poluição do ar"	5
"Alteração dos ecossistemas".	11
"Poluição do ar, prejudica o meio ambiente"	13
"Os lugares com cheiro de queimado".	10

Fonte: o autor

Em relação aos impactos ambientais, é possível perceber que, de alguma forma, o conceito foi compreendido pelos alunos, mas com diferentes graus de profundidade, o que demonstra a heterogeneidade das turmas e os distintos níveis de conhecimentos prévios de cada um. Os alunos 12, 9, 8, 2, 3, 13 e 10 destacam, como uma das consequências das queimadas, a poluição e a diminuição da qualidade do ar. Já o aluno 10 cita que os lugares ficam com cheiro de queimado como consequência, talvez querendo se referir a poluição. Essa resposta demonstra que o aluno ainda está em um estágio bem inicial de entendimento do conceito, já que não menciona consequências mais significativas.

Os alunos 2 e 13 complementam as suas respostas dizendo que as queimadas prejudicam o meio ambiente, indo de encontro com a citação do aluno 4 que diz que as queimadas prejudicam o meio ambiente, a vegetação e outros.

Ainda, é possível observar na resposta do aluno 12 que as queimadas causam a morte dos animais. Diminui a fertilidade do solo, aluno 9. Causam a perda da biodiversidade e a erosão do solo, segundo o aluno 5 e, ainda, alteram os ecossistemas, conforme o aluno 11. De modo geral, para essa questão era esperado uma resposta que abrangesse a destruição dos ecossistemas, da vegetação, da biodiversidade, erosão do solo e a emissão de gases poluentes (Nunes e Souza, 2020), sendo a mesma complementada nas próximas categorias. Logo, a resposta que mais se aproximou da ideal foi a do aluno 5.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Essa categoria complementa a categoria 1, porém com foco na saúde humana, como é demonstrado no Quadro 37:

Quadro 37 - Categoria 2: Prejudica a saúde humana

Resposta	Alunos
“Vários, prejudica a saúde, principalmente dos idosos e crianças”.	4
“Causando problemas na saúde humana e provocando vários tipos de doenças”.	9
“Causando doenças, como asma, renite (doenças respiratórias)”.	8
“Causa problemas respiratórios”.	2
“Quem tem doenças sofre muito com falta de ar”.	3
“Problemas respiratórios, intoxicação, etc.”.	1
“Problemas de saúde”.	11
“Prejudica a saúde e outros”.	13

Fonte: o autor

Os alunos 4, 9, 11, 3 e 13 reconhecem que as queimadas prejudicam a saúde humana, principalmente os grupos vulneráveis (alunos 3 e 4), mas são muito vagos em suas respostas. Era esperada uma resposta mais detalhada, principalmente com a citação de exemplos de doenças causadas pelas queimadas.

O aluno 2 cita que a consequência é o problema respiratório, sem fornecer mais detalhes.

Já os alunos 8 e 1 destacam algumas doenças como sendo consequência das queimadas. O aluno 8 exemplifica com a asma e a rinite, e o aluno 1 cita a intoxicação

e, ao usar o “etc”, demonstra que sabe que existem outras doenças, mas possivelmente não se recorda para incluir em sua resposta.

Apesar da resposta do aluno 8 mostrar que ele reconhece que as queimadas geram impactos na saúde humana, ela pode ser expandida para incluir outros problemas.

Segundo Coelho *et al.* (2023), a poluição atmosférica tem o potencial de causar ou piorar diversas doenças, como bronquite, asma, rinite, doenças cardiovasculares, pressão alta, câncer, entre outras. Esses problemas impactam de maneira significativa a saúde pessoas, principalmente a das crianças e dos idosos (Brasil, 2021).

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Essa categoria é um complemento das duas categorias anteriores e visa mostrar mais uma consequência das queimadas, conforme o Quadro 38.

Quadro 38 - Categoria 3: Impactos econômicos

Resposta	Alunos
“Prejuízos econômicos”	5

Fonte: o autor

Somente o aluno 5 se atentou aos prejuízos econômicos como sendo uma problemática causada pelas queimadas. Apesar de ser o único a apontar esse aspecto, a sua resposta não detalha quais são esses prejuízos econômicos, o que possibilita inferir que o aluno possui uma compreensão bastante superficial sobre o assunto.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

A categoria 4 tem como foco analisar a compressão do aluno quanto aos impactos climáticos decorrentes das queimadas, como pode ser visto no Quadro 39.

Quadro 39 - Categoria 4: Impacto climático

Resposta	Alunos
“Mudanças climáticas”.	5
“Liberação de carbono, alteração do clima, efeito estufa”.	11

Fonte: o autor

De forma bastante genérica, o aluno 5 só cita que as mudanças climáticas são uma consequência das queimadas, mas sem detalhar como isso acontece. Logo, há bastante espaço para a construção da compreensão desse aluno, que poderia ter mencionado a emissão de gases do efeito estufa que contribuem para o aquecimento global ou alteração no padrão das chuvas.

Já a resposta do aluno 11 possibilita inferir uma compreensão mais aprofundada dos impactos climáticos provenientes das queimadas. Ao mencionar a liberação de carbono e o efeito estufa, o aluno aborda os pontos cruciais. No entanto, os mecanismos de como o carbono liberado pelas queimadas intensifica o efeito estufa poderia ser abordados.

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

A categoria 5 mostra, no Quadro 40, mais uma consequência das queimadas citada pelos alunos:

Quadro 40 - Categoria 5: Impacto social

Resposta	Alunos
"Impactos na sociedade"	5

Fonte: o autor

O único a citar, impacto social como consequência das queimadas, foi o aluno 5. Embora de forma rasa, pois não mencionou como seria esse impacto (deslocamento de comunidades, impactos na saúde pública, perdas econômicas e culturais, e aumento da pobreza e da desigualdade social), o aluno compreendeu que os prejuízos ocasionados pelas queimadas atingem diferentes âmbitos e isso inclui a sociedade, o que demonstra, de modo geral, um certo aprofundamento dos conceitos iniciais e um aprendizado significativo.

5.4.4. Questão 4: Qual a diferença entre queima controlada e incêndio florestal?

Essa questão objetivou aferir o entendimento e a compreensão dos alunos sobre a diferença de queima controlada e incêndio florestal. As respostas foram separadas em categorias, como mostrado no Quadro 41.

Quadro 41 - Qual a diferença entre queima controlada e incêndio florestal?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Definição;	1	9%	10
2. Controle e Impactos;	3	27%	13, 8, 9
3. Legalidade;	3	27%	11, 4, 12
4. Planejamento e execução;	1	9%	5
5. Área atingida.	3	27%	1, 3, 2

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

De acordo com a resposta dada pelo aluno 10, Quadro 42, para a pergunta realizada, é possível inferir que o aluno entende o que é um incêndio florestal, mas ainda não consegue diferenciá-lo de uma queimada controlada.

Quadro 42 - Categoria 1: Definição

Resposta	Alunos
"Incêndio florestal é quando pega fogo na floresta"	10

Fonte: o autor

De maneira muito simples, o aluno sabe que o incêndio florestal se trata do fogo na floresta. Isso demonstra que esse tipo de conhecimento inicial está se estabelecendo em sua cognição e servirá de ancora para os demais saberes relacionados.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Conforme o Quadro 43, os alunos focaram suas respostas no aspecto do controle e impactos das queimadas.

Quadro 43 - Categoria 2: Controle e Impactos

Respostas	Alunos
"Queima controlada é o controle total do fogo sem prejudicar o meio ambiente e incêndio florestal é o fogo descontrolado, prejudicando o meio ambiente, poluição, etc."	13
"A queimada controlada é o uso do fogo de forma limitada, já o incêndio florestal é algo sem controle, que gera impactos sociais e ambientais".	8
"A queima controlada não pode ser realizada de qualquer forma e a queima florestal é a ocorrência do fogo de qualquer forma negativa".	9

Fonte: o autor

Para os alunos 8, 9 e 13 a diferença é que na queima controlada o fogo está sob controle, sendo colocado de forma planejada, e nos incêndios florestais, não. Isso demonstra uma boa compreensão sobre o conceito por parte deles. No entanto, para eles, somente os incêndios florestais causam poluição e prejudicam o meio ambiente, o que não é verdade. A diferença entre as duas queimadas basicamente está no limite que uma tem e a outra não, porém os prejuízos ao meio ambiente são os mesmos. Logo, o fogo deve ser a última opção quando se busca práticas que priorizem um meio ambiente saudável (IBAMA, 2022).

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Conforme o Quadro 44, os alunos ressaltam a diferença entre as queimadas com base nos termos legais.

Quadro 44 - Categoria 3: Legalidade

Respostas	Alunos
"A queima controlada é legal e o incêndio florestal é ilegal".	11
"A queima controlada está na lei, mas o incêndio florestal é crime, mas ambos fazem mal a população e ao meio ambiente".	4
"A queima controlada é uma forma legalizada de abrir espaço para algo e o incêndio florestal é quando alguém joga um cigarro no mato, floresta ou canavial e causa um incêndio".	12

Fonte: o autor

Como é possível verificar no Quadro 44, os alunos 11 e 4, diferenciam as queimadas de acordo com o aspecto legal, onde a queimada controlada é permitida por lei e o incêndio florestal é ilegal. Isso demonstra que ambos os alunos distinguem uma queimada da outra levando em conta a legislação. O aluno 4 ainda cita que, independentemente do tipo de queimada, o meio ambiente é impactado negativamente. O que demonstra uma excelente compreensão sobre os prejuízos das queimas, visão crítica e aquisição de um aprendizado significativo.

Já o aluno 12 além de diferenciar as queimadas no âmbito legal, também cita uma das funções da queima controlada e uma das causas do incêndio florestal.

É visível a diferença nos níveis de respostas dadas, partindo de uma resposta mais direta, aluno 11, para respostas mais completas e com diferentes maneiras de abordar o assunto. Assim, é possível inferir que houve um grande avanço conceitual,

pois os alunos conseguem argumentar levando em consideração a legalidade, saúde, meio ambiente, o que antes não acontecia.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Para responder à questão e diferenciar as queimadas, conforme o Quadro 45, o aluno tomou como base o planejamento e execução que há em uma e não há na outra.

Quadro 45 - Categoria 4: Planejamento e execução

Respostas	Alunos
“A queima controlada é um incêndio planejado e monitorado, geralmente realizado por profissionais e o incêndio florestal é um fogo não planejado e não controlado que se espalha por áreas naturais”.	5

Fonte: o autor

Isso é bastante evidente na resposta do aluno 5, que ressalta o fato de que a queima controlada para ocorrer exige um planejamento, profissionais competentes para executar e acompanhar todo o processo de queima. Diferentemente, os incêndios florestais ocorrem por negligências e o fogo se alastra sem controle. Segundo Soares (1992), as queimadas controladas são planejadas para que sejam realizadas de forma adequada e executadas por pessoas competentes, que tenham um certo nível técnico e priorizem a segurança. Desta forma, é possível inferir que o aluno possui uma sólida compreensão quanto às diferenças operacionais entre as duas práticas, o que demonstra a eficiência da sequência didática aplicada e da metodologia utilizada.

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

Nessa categoria, os alunos diferenciaram as queimadas de acordo com a área atingida pelo fogo, conforme o Quadro 46.

Quadro 46 - Categoria 5: Área atingida

Respostas	Alunos
“Uma determinada área sob total controle e incêndio florestal é quando começa a sair de controle”.	1
“A queima controlada é apenas uma área, já o incêndio florestal é bem mais extenso”.	2
“Controlada é apenas a área, já o incêndio é o ambiente todo”.	3

Fonte: o autor

Como pode ser observado, os alunos diferenciam a queima controlada do incêndio florestal de acordo com a área. Desta forma, a queimada controlada tem uma área delimitada, enquanto o incêndio se alastra sem controle e a área atingida é muito maior. Essa concepção está correta, pois a queima controlada trata-se de uma técnica agrícola regulamentada pela Lei nº 12.651, de 2012, do Código Florestal. Essa técnica exige autorização prévia para sua realização em determinada área, considera o tipo de terreno, o tipo de vegetação e as condições climáticas (Brasil, 2012). Já o incêndio florestal devasta tudo o que encontra pela frente, sem se ater a uma determinada região imposta, modificando e destruindo, de forma avassaladora, tudo o que está em seu caminho (Lopes *et al.*, 2018).

5.4.5. Questão 5: A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.

O intuito dessa questão foi compreender qual é o conhecimento dos alunos a respeito da principal causa das queimadas florestais: a natureza ou o ser humano. Desta forma, as respostas foram organizadas em categorias, conforme o Quadro 47.

Quadro 47 - A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Poder ser natural e antrópica;	3	27%	11, 9, 5
2. É causada por interferência humana;	5	45%	8, 2, 3, 1, 12
3. Não respondeu;	3	27%	4, 10, 13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

No Quadro 48, os alunos citam que as queimadas são um problema tanto natural quanto antrópico.

Quadro 48 - Categoria 1: Pode ser natural e antrópica

Respostas	Alunos
"A queima de florestas pode ser um processo natural em alguns ecossistemas, mas atualmente são causados por interferências humanas".	5
"Causas naturais, como quedas de raios e antrópicas".	9
"As queimadas podem ser feitas natural ou por humanos, mas a maioria são feitas por humanos".	11

Fonte: o autor

Os alunos citam de forma satisfatória o problema das queimadas. Eles abordam que o problema pode ser tanto de caráter natural quanto antrópico, mas dão ênfase ao problema antrópico, já que as queimadas naturais são necessárias em alguns ecossistemas e as provenientes de raios dificilmente se alastram, pois geralmente, quando há raios, também há chuva.

Dessa forma, é possível constatar que os alunos conseguem diferenciar entre as queimadas que ocorrem por causas naturais e aquelas causadas por ações do homem, apontando a predominância das ações humanas como principal fator responsável pelas queimadas. Conforme Gaspar (2012), o dinheiro é o principal impulsionador dos incêndios, pois eles são ocasionados com a intenção de ampliar áreas de plantio e criação de animais, visando ao aumento do lucro.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nessa categoria, os alunos enfatizaram somente ações humanas como responsáveis pelo problema das queimadas, como pode ser visto no Quadro 49.

Quadro 49 - Categoria 2: É causada por interferência humana

Respostas	Alunos
"A maioria das vezes é causada por interferências humanas para se desfazer de uma área".	1
"Interferência humana".	2, 3
"É causada por interferência humana".	8
"Causada por interferência humana quando querem fazer um lugar para o gado".	12

Fonte: o autor

Através das respostas do quadro 49 é possível inferir que os alunos, com exceção do aluno 1, que diz: “A maioria das vezes [...]” dando a entender que existem outras causas, focam exclusivamente nas queimadas ocasionadas pela interferência humana. Por um lado, os alunos reconhecem o problema causado pelas ações humanas, mas não citam a existência das queimadas naturais. Logo, eles apresentam um conhecimento incompleto sobre o assunto, mas que possibilita a ampliação a partir da interação destes com os novos saberes, conforme Moreira (2010).

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Os alunos dessa categoria não se posicionaram, o que pode ter ocorrido devido a uma série de fatores, como insegurança, medo de errar, falta de interesse, estímulo, entre outros.

5.4.6. Questão 6: Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?

As respostas referentes a essa questão foram divididas nas categorias mostradas no Quadro 50.

Quadro 50 - Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Gases;	6	55%	11, 5, 1, 3, 2, 9
2. Gases e Material particulado;	2	18%	8, 4
3. Não sabe;	1	9%	10
4. Não respondeu;	2	18%	13, 12

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Conforme o Quadro 51, os alunos citaram os gases poluentes liberados pelas queimadas e estudados durante a sequência didática.

Quadro 51 - Categoria 1: Gases

Respostas	Alunos
“Carbono e enxofre”.	11
“Monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio”.	5
“SO ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ , O ₃ ”.	1
“CO, NO ₂ , SO ₂ e CH ₄ ”.	2, 3
“Gás carbônico (CO ₂), são liberados também gases como metano (CH ₄), monóxido de carbono (CO) e Nitroso de oxigênio (N ₂ O)”.	9

Fonte: o autor

Como pode ser observado no Quadro 51, as respostas dadas pelos alunos variam em termos de complexidade. É possível observar que o aluno 11 não faz distinção entre o gás carbônico e o carbono, nem entre o enxofre e os óxidos de enxofre, sendo, para esse aluno, uma coisa só. O que demonstra que o aluno, possivelmente ainda não consegue diferenciar esses conceitos, ainda não experimentou a diferenciação progressiva (Moreira, 2010) ou apenas teve contato com os termos sem estabelecer um real significado com os seus conhecimentos prévios e isso contribuiu para uma aprendizagem meramente mecânica. Já os demais alunos trazem respostas mais completas em relação ao aluno 11, porém não citam o material particulado liberado pelas queimadas. O aluno 9 cita diversos gases nominalmente e através do uso das fórmulas químicas, mas comete um pequeno deslize quanto ao nome do óxido nitroso. Quanto aos alunos 1, 2 e 3, é possível perceber um grau de abstração maior em relação aos outros alunos, pois fazem o uso das fórmulas químicas para descrever os gases liberados. No entanto, o aluno 1 foi o único que lembrou que o ozônio troposférico formado decorrente das queimadas se enquadra como poluente.

A análise dessas respostas, de modo geral, evidencia uma grande evolução conceitual e apropriação da linguagem científica, demonstrando que o aprendizado foi construído de forma gradual com o avanço da sequência didática. É claro que houve maior aprofundamento por parte de alguns alunos e, em menor grau, por outros, devido a diversos fatores, entre eles a existência (ou não) de conhecimentos prévios sobre a temática e a forma como cada um esteve disposto a aprender, significativamente ou mecanicamente, como pontuado por Pelizzari *et al.* (2002).

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nessa categoria, como mostrado no Quadro 52, os alunos, além de citarem os gases, também citaram os materiais particulados.

Quadro 52 - Categoria 2: Gases e material particulado

Respostas	Alunos
“Gases tóxicos, material particulado (grosso e fino), hidrocarbonetos”.	8
“Carbono e dióxido de carbono”.	4

Fonte: o autor

O aluno 8 cita que as queimadas liberam tanto gases tóxicos como material particulado de diâmetros diferentes e hidrocarbonetos. Apesar de o aluno não destacar quais são esses gases e nem qual é o potencial de dano de cada um, ele vai além em sua resposta ao incluir o material particulado e os hidrocarbonetos. Logo, a resposta dada cobre diferentes poluentes com diferentes impactos no meio ambiente e na saúde humana. A menção de gases tóxicos mostra que o aluno tem conhecimento que as queimadas liberam diferentes gases prejudiciais. Quanto ao material particulado, o aluno além de citar, o diferencia, de uma forma básica, dizendo que há o “grosso e o fino” o que mostra que ele entende a complexidade das partículas liberadas, mas não usa os termos técnicos corretos (MP_{2,5}, MP₁₀, etc.) e nem diferencia o grau de periculosidade e penetração de cada uma. Por último, o aluno cita os hidrocarbonetos, o que mostra que ele tem conhecimento que na combustão incompleta de materiais orgânicos há a liberação de compostos orgânicos voláteis (COVs), mas também não faz alusão ao grau de periculosidade (são potencialmente cancerígenos e contribuem na formação do ozônio troposférico). Desta forma, a resposta do aluno é concisa e direta, mas poderia trazer exemplos sobre os tipos de poluentes mencionados e o impacto de cada um no meio ambiente e na saúde.

Já a resposta do aluno 4 é bastante limitada, pois ele só cita o carbono e o dióxido de carbono. Apesar de o carbono ser um componente fundamental da fuligem e de outros materiais particulados, o aluno não especificou, o que demonstra uma resposta incompleta ou imprecisa. A menção ao dióxido de carbono (CO₂) está correta, pois esse é o principal gás responsável pela intensificação do efeito estufa e é liberado durante as queimadas, mas ele não é o único emitido. Logo, faltou o aluno incluir os demais gases liberados nas queimadas, especificar os materiais particulados e não só citar “carbono” e apontar o impacto desses poluentes na saúde e no meio ambiente.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

O aluno 10, conforme o Quadro 53, respondeu que não sabia responder à questão.

Quadro 53 - Categoria 3: Não sabe

Respostas	Alunos
“Não sei”	10

Fonte: o autor

O conteúdo sobre as queimadas é um tema transversal trabalhado em outros componentes curriculares, como por exemplo a geografia. Além do mais, é um tema que sempre está em evidência na mídia e faz parte do contexto dos alunos, já que na região onde a escola está localizada, frequentemente ocorrem queimadas. Desta forma, por mais básico que possa ser o conhecimento do aluno ou a compreensão do tema, alguma coisa ele sabe, mas preferiu não se posicionar.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Conforme o Quadro 54, os alunos 12 e 13 preferiram não responder à questão.

Quadro 54 - Categoria 4: Não respondeu

Respostas	Alunos
Não respondeu	13, 12

Fonte: o autor

5.4.7. Questão 7: As queimadas alteram os ciclos naturais? Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?

O objetivo desta questão foi verificar se o aluno adquiriu o conhecimento de que as queimadas alteram os ciclos biogeoquímicos e identificar quais ciclos são mais impactados. Como pode ser observado no Quadro 55, a grande maioria dos alunos respondentes afirma que as queimadas alteram os ciclos naturais.

Quadro 55 - As queimadas alteram os ciclos naturais?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Sim	8	73%	4, 9, 8, 12, 2, 1, 10, 11
2. Não	0	0%	
3. Não responderam	3	27%	5, 13, 3

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Conforme o Quadro 55 apresenta, todos os alunos, de alguma forma, acreditam que as queimadas alteram os ciclos naturais.

Os alunos 8, 9 e 12 responderam apenas a primeira parte da questão, talvez por não lerem direito, insegurança, falta de interpretação, por esquecimento ou por não saber a resposta da última parte.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nenhum aluno respondeu “não” para a questão, o que demonstra que todos têm consciência dos impactos das queimadas nos ciclos biogeoquímicos.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Conforme evidenciado no Quadro 56, três alunos deixaram a questão sem resposta, provavelmente por não se lembrarem do conteúdo estudado sobre os ciclos naturais no ano 1º ano do ensino médio.

Quadro 56 - Categoria 3: Não respondeu

Respostas	Alunos
Não respondeu	5, 13, 3

Fonte: o autor

Como pode ser observado, a questão 7 continha duas perguntas: a primeira, mais fechada, na qual o aluno deveria responder com “sim” ou “não”; e a segunda, mais aberta, em que o aluno deveria citar os ciclos mais impactados pelas queimadas e exemplificar.

As respostas referentes à segunda parte da questão foram divididas em categorias, conforme apresentado no Quadro 57.

Quadro 57 - Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
4. Impactos climáticos;	2	40%	1 e 4
5. Ciclos influenciados;	1	20%	2
6. Percepção sensorial;	1	20%	10
7. Resposta abrangente;	1	20%	11

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

O aluno 4 disse “sim” para a primeira pergunta e respondeu que os ciclos que mais sofrem com as queimadas são “o efeito estufa e outro”. Aqui é possível inferir que o aluno citou uma consequência proveniente da alteração de um ciclo biogeoquímico. O aluno não soube dizer qual ciclo e nem como isso acontece, mas entendeu que a alteração desse ciclo, nesse caso o ciclo do carbono, devido à liberação de gases poluentes decorrentes das queimadas, traz sérios prejuízos para o meio ambiente, como o efeito estufa citado.

Já aluno 1 respondeu a segunda parte da questão com “a temperatura” para os ciclos mais impactados pelas queimadas. É possível perceber que ele quis dizer que a alteração do ciclo biogeoquímico tem influência direta na temperatura do planeta, ou seja, traz o aumento de temperatura como consequência direta. Assim como o aluno 4, o aluno 1 não cita diretamente qual ciclo está sofrendo influência das queimadas, mas sim a consequência da alteração desse ciclo, que pela resposta só pode ser o ciclo do carbono.

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

O estudante 2 foi mais específico em suas respostas, dizendo sim para a primeira parte e citando os ciclos do carbono e do nitrogênio na última parte. Apesar de a resposta estar correta, faltou complementar com o ciclo da água, que também sofre muito com as queimadas, e explicar como esses ciclos são alterados e as possíveis consequências para o meio ambiente e para o ser humano, o que

demonstraria um excelente posicionamento crítico. No entanto, a questão não pediu todos esses pontos citados, apenas quais ciclos sofreriam maior influência das queimadas. Assim, a resposta do aluno só pecou pela falta do ciclo da água.

ANÁLISE DA CATEGORIA 6

A resposta do aluno 10 é um tanto inusitada, pois para responder quais ciclos sofrem maior influência das queimadas ele escreveu “o cheiro”. A resposta demonstra que o aluno não compreendeu a pergunta ou desconhece os ciclos biogeoquímicos. Através da resposta dada pelo aluno, é possível entender que ele está se referindo ao cheiro característico da fumaça das queimadas e que ele identifica isso por meio da sua experiência de vida e olfato. Ele percebe esse “cheiro” como uma poluição atmosférica causada pelas queimadas, mas não consegue relacionar essa percepção de forma mais profunda aos ciclos naturais. Assim, a falta de menção dos ciclos e de clareza em relação a pergunta, demonstra que o aluno não compreende de forma satisfatória os impactos causados pelas queimadas nos ciclos naturais.

ANÁLISE DA CATEGORIA 7

O aluno 11 respondeu a segunda parte da questão com “árvores, ar e humanos”. É possível inferir que o aluno faz referência a elementos que são impactados pelas queimadas. No entanto, o aluno não faz relação com os ciclos biogeoquímicos e nem cita diretamente quais ciclos sofrem com a queima. De forma indireta, é possível interpretar que ele tenta citar a interferência no ciclo do carbono com a queima das árvores liberando CO_2 , e conseqüentemente, poluindo o ar e intensificando o efeito estufa. Assim, ocasionando mudanças climáticas, aumentando a temperatura do planeta e prejudicando os seres vivos. Em relação ao homem, também é possível inferir sobre os impactos na saúde dos seres humanos. Contudo, a resposta do aluno não faz uma relação clara sobre as queimadas e os impactos nos ciclos naturais. O estudo dos ciclos Biogeoquímicos faz parte do conteúdo lecionado no 1º ano do ensino médio pelos componentes curriculares de química e biologia, mas a falta de profundidade na resposta obtida, indica a ausência de conhecimentos prévios sobre o assunto, a necessidade de retomar e reforçar os conceitos sobre os

ciclos naturais anteriormente estudados, contextualizá-los e detalhar os impactos causados pela interferência humana.

5.4.8. Questão 8: Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?

As categorias referentes a questão 8 estão organizadas no Quadro 58, como pode ser observado abaixo.

Quadro 58 - Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Custo;	3	27%	11, 5 e 4
2. Praticidade e eficiência;	3	27%	12, 3, 2
3. Melhoria do solo;	3	27%	1, 8, 9
4. Falta de conhecimento ou resposta.	2	18%	10, 13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

O Quadro 59 traz algumas respostas dos alunos quanto ao uso do fogo pelo agricultor.

Quadro 59 - Categoria 1: Custo

Respostas	Alunos
“É mais barato”.	11
“Por ser mais rápido e barato”.	5 e 4

Fonte: o autor

Para o aluno 11, o agricultor, atualmente, ainda opta pelo uso do fogo por ser uma ferramenta barata, já que não precisa de mão de obra qualificada nem de um grande contingente para realizar a tarefa. Ademais, os métodos alternativos, com menor impacto ambiental, são mais caros e exigem conhecimento técnico especializado. Apesar de a resposta ser simples e direta, provavelmente a opção de maior peso para a decisão de utilizar o fogo seja realmente o baixo custo. No entanto, vale ressaltar que, para o agricultor, o custo é baixo, mas para o meio ambiente, o prejuízo é enorme.

Os alunos 4 e 5 se diferenciam do aluno 11 unicamente por acrescentarem que o fogo, além de barato, é mais rápido na realização das práticas agrícolas. Realmente o uso do fogo na limpeza de terrenos, ampliação de áreas de pastagens, entre outras coisas, é muito mais rápido; no entanto traz consequências que os métodos alternativos às queimadas, que demoram mais ou são mais custosos, não trazem.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Nessa categoria, como mostrado no Quadro 60, os alunos pontuam que os agricultores ainda usam o fogo por ser uma ferramenta prática e eficiente.

Quadro 60 - Categoria 2: Praticidade e eficiência

Respostas	Alunos
“Pois é mais fácil que cortar uma por uma para se livrar das pragas”.	12
“Porque é mais prático para tirar a vegetação do solo”.	3
“Porque é mais fácil e mais rápido de tirar a vegetação do solo”.	2

Fonte: o autor

O aluno 12 aponta que o fogo facilita o controle das pragas e destaca que é muito mais fácil colocar fogo na vegetação do que usar métodos manuais, como cortar “uma por uma”. Sendo assim, a queimada é preferida pelo agricultor como uma solução prática e imediata para o problema. A resposta do aluno é clara e direta quanto à opção do agricultor pelo uso do fogo e está em consonância com o que é defendido por Bonfim (2003), mas não aborda as consequências desse uso, o que demonstraria uma visão crítica por parte do estudante caso o fizesse.

Os alunos 2 e 3 focam na limpeza do solo. Para eles, o agricultor ainda tem o fogo em elevada estima por possibilitar a rápida limpeza do solo para o plantio de novas culturas. Assim como a resposta do aluno 12, as respostas dos alunos 2 e 3 também estão corretas. Corroborando com Bonfim (2003), eles destacam o aspecto da limpeza como um incentivo à prática da queimada por parte do agricultor, por ser mais fácil, prático e rápido.

Como pode ser visto, cada aluno focou em um aspecto para o uso do fogo por parte do agricultor; no entanto, o conjunto de todos eles é o que incentiva a prática da queimada e o distanciamento das tecnologias alternativas, ainda nos dias de hoje. Assim, todas as respostas fornecidas pelos alunos, embora apontem um ou outro fator

que esclareça a preferência do agricultor pela queima, estão alinhadas ao que é abordado na literatura consultada. Nesse contexto, é fundamental que o aluno entenda as razões por trás dessa escolha e é indispensável que ele compreenda os prejuízos dessa prática e adote uma postura crítica contrária a ela. Esse objetivo, entretanto, só será atingido quando essa temática deixar de ser tratada de forma pontual e esparsa em um ou outro componente curricular, passando a ser abordada de maneira interdisciplinar e contínua.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Conforme o Quadro 61, para alguns alunos, a opção pelo fogo é a melhoria da qualidade do solo.

Quadro 61 - Categoria 3: Melhoria do solo

Respostas	Alunos
“Melhorar a área para a próxima plantação”.	1
“O fogo na terra contribui para que os nutrientes venham a superfície”.	8
“Faz com que a plantação vigente seja rica em sua composição em nutrientes”.	9

Fonte: o autor

De alguma forma, todas as respostas culminam no entendimento de, na ótica do agricultor, que o uso do fogo é benéfico para o solo. O agricultor realmente utiliza esse argumento para continuar a realizar as queimadas. Segundo Alencar (2015), ao queimar a vegetação, o agricultor tem a falsa sensação de que a rebrota de pastagens é melhor; porém, isso é temporário e essa melhora pontual decresce com o passar do tempo devido à redução dos nutrientes liberados durante a queima. Os alunos responderam corretamente, mas vale acrescentar que, conforme Lima, Nunes e Souza (2020), o fogo degrada o solo, mata os microrganismos que o deixam saudável, remove a sua umidade e o deixa seco e compacto.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

O Quadro 62 apresenta os alunos, que por algum motivo, deixaram de responder à questão ou simplesmente colocaram “não sei”.

Quadro 62 - Categoria 4: Falta de conhecimento ou resposta

Respostas	Alunos
“Não sei”	10
Não respondeu	13

Fonte: o autor

É possível inferir que o aluno 10 não conseguiu responder à questão por ter perdido alguma parte da sequência didática devido a alguma ausência ou não ter participado devido a alguma distração. Já o aluno 13 pode não ter respondido simplesmente pelos mesmos motivos do aluno 10 ou por falta de engajamento.

A escola alvo desta pesquisa caracteriza-se por apresentar baixa frequência e altos índices de evasão escolar. É comum a prática conhecida como “falta coletiva” às sextas-feiras, quando todos os alunos de uma determinada turma simplesmente deixam de comparecer à escola. Além disso, há casos de estudantes que têm o hábito de faltar praticamente o ano letivo inteiro e, ao final, realizam um trabalho de compensação de faltas, sendo promovidos pelo sistema, mesmo sem condições mínimas de acompanhar a série seguinte.

Essa inassiduidade gera lacunas de aprendizagem que dificilmente serão sanadas ao longo da vida acadêmica, dificultando a compreensão dos conteúdos posteriores e resultando na ausência de habilidades essenciais que deveriam ter sido desenvolvidas.

O engajamento também se apresenta como um fator agravante. Nem todos os alunos se envolvem nas atividades propostas pelo professor, mesmo quando as aulas são planejadas de forma diferenciada e estimulante. Essa falta de engajamento, ou desmotivação, em muitos casos, está relacionada ao fato de o aluno não perceber utilidade no estudo da química, acreditar que não utilizará esse conhecimento no futuro, enfrentar dificuldades de compreensão devido à ausência de conhecimentos prévios ou outros fatores diversos (Cardoso; Colinviaux, 2000).

5.4.9. Questão 9: Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?

A questão 9 visou explorar o entendimento dos alunos a respeito das consequências causadas pelas queimadas na saúde humana. Como pode ser observado no Quadro 63, as respostas foram divididas em quatro categorias, a saber:

Quadro 63 - Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Problemas respiratórios;	6	55%	13, 9, 8, 1, 12, 10
2. Impactos nas pessoas e saúde vulnerável;	2	18%	4, 3
3. Poluição do ar;	1	9%	2
4. Falta de resposta ou conhecimento;	2	18%	5, 11

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

A maioria das respostas para a pergunta realizada se enquadra nesta categoria, onde a principal consequência para a saúde humana mencionada é o problema respiratório.

Através dessa questão, é possível inferir que a maioria dos alunos percebe os problemas respiratórios como principal consequência das queimadas para a saúde humana, o que vai de encontro com o que é pontuado pelo Ministério da Saúde, que diz que as queimadas e incêndios trazem como consequência doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas (Brasil, 2021). Cada resposta dada pelos estudantes aborda diferentes aspectos dos impactos na saúde, variando em especificidade e detalhamento, como é possível observar no Quadro 64.

Quadro 64 - Categoria 1: Problemas respiratórios

Respostas	Alunos
“Prejudica a respiração, causa problemas no pulmão e pode causar câncer”.	13
“Doenças respiratórias, como asma, bronquite, sinusite, etc.”.	9
“Doenças como bronquite, asma, conjuntivite, irritação nos olhos e na garganta, entre outras coisas”.	8
“Problemas respiratórios”.	1
“Falta de ar (prejudicial para a saúde)”.	12
“Cheiro forte”.	10

Fonte: o autor

Os alunos 1, 12 e 13 apontam, de forma genérica e ampla, os danos respiratórios causados pelas queimadas. O aluno 13 também menciona o câncer como sendo um problema causado pelos resíduos provenientes da queima.

De forma mais específica, os alunos 8 e 9 citam as doenças causadas por esses poluentes. Esta especificidade mostra um maior conhecimento sobre as

consequências diretas dos resíduos das queimadas e suas causas. A menção de "conjuntivite" e "irritação nos olhos e na garganta" amplia a discussão para além do sistema respiratório. Segundo Moreira (2010), a partir da diferenciação progressiva, um conhecimento já existente é ressignificado à medida que ele interage com novos significados, servindo como base para uma nova aprendizagem e essa, por sua vez, só ocorre por conta da existência do conhecimento pré-existente.

O aluno 10 traz como resposta o “cheiro forte”, fazendo alusão ao cheiro característico das queimadas. Essa resposta destaca apenas as características perceptíveis de imediato, sem apontar os impactos a longo prazo. Pela resposta, o aluno se encontra em uma fase bastante inicial de aprendizagem sobre o assunto e os conhecimentos recém-adquiridos servirão como base para os novos que virão.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

No Quadro 65, as respostas dos alunos destacam o impacto dos poluentes nos grupos vulneráveis.

Quadro 65 - Categoria 2: Impactos nas pessoas e saúde vulnerável

Respostas	Alunos
“Falta de respiração, doenças graves, doenças que afetam os idosos e as crianças”.	4
“Causa problema respiratório para quem tem problemas crônicos e problema no pulmão”.	3

Fonte: o autor

Nessa categoria, é possível perceber que, além de mencionar problemas respiratórios e doenças graves, os alunos evidenciam que a saúde das crianças, idosos ou pessoas com a saúde debilitada são as que mais sofrem com os efeitos dos resíduos liberados pelas queimadas. As respostas dadas evidenciam um entendimento geral por parte dos alunos sobre os efeitos dos resíduos e em qual público ele é mais intenso, mas não dizem especificamente quais são os efeitos. Provavelmente, os alunos não acharam necessário se atentar a essas informações, ou a forma como esse assunto foi trabalhado pode ser aprimorada através de uma nova abordagem fundamentada em um contexto específico. Conforme Oliveira, Gouveia e Quadros (2009), a partir da contextualização, o aluno é capaz de perceber a importância do que está sendo estudado e a relação com o seu dia a dia.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

O aluno 2, como pode ser verificado no Quadro 66, não se ateve somente a questão realizada e citou outras consequências ligadas as queimadas.

Quadro 66 - Categoria 3: Poluição do ar

Respostas	Alunos
“Muitos, poluindo o ar, causando problemas na respiração, aquecimento global”.	2

Fonte: o autor

A resposta é abrangente, pois menciona tanto os impactos imediatos na saúde humana quanto as consequências ambientais a longo prazo. No entanto, é possível inferir que faltou uma maior objetividade em relação à pergunta, que é específica sobre os efeitos dos resíduos das queimadas na saúde humana. É óbvio que a poluição do ar trará consequências para a saúde, mas faltou especificar como os resíduos decorrentes das queimadas impactarão a saúde humana. A citação do aquecimento global, nessa questão, ficou fora de contexto, apesar de os poluentes liberados pelas queimadas, principalmente o CO₂, serem responsáveis pela intensificação do efeito estufa, mas não há uma conexão direta com a saúde humana.

É possível perceber, nesta e em muitas outras respostas, que, apesar de o aluno ser coerente e estar no caminho certo, não há um aprofundamento ou um posicionamento crítico por parte dele. Na maioria das vezes, as respostas são diretas e focadas em um ou outro aspecto, raramente são completas. De acordo com Ausubel (2003), ainda que o material a ser utilizado pelo professor seja potencialmente significativo, isso não implica em uma aprendizagem significativa. O aluno ainda pode optar por aprender de forma mecânica. Logo, mesmo a sequência didática sendo potencialmente significativa, pode não ser eficaz, a depender do aluno.

Segundo Ishii (2010), o estudante pode assumir posturas de aprendizagem profundas ou superficiais, a depender do contexto percebido por ele. O estudante que adota a postura de aprendizagem profunda não se cansa de buscar mais informações relacionadas ao que está sendo estudado e associa os conhecimentos pré-existentes ao que está sendo aprendido. Dessa maneira, é destacado por Moreira (2010) que, a partir da interação dos conceitos já existentes, de forma relevante, com o conhecimento novo, a aprendizagem se torna significativa.

Já os alunos que adotam a concepção superficial apenas memorizam o conteúdo e são capazes de responder apenas a questões diretas e explícitas. Não conseguem elaborar respostas mais complexas e críticas. Conforme Moreira (2010), a aprendizagem alicerçada na memorização tem prazo de validade e serve apenas para que o aluno tire nota nas provas.

Assim, é possível perceber que não há uma única maneira de ensinar, e que não existe fórmula mágica. O professor deve refletir sobre sua prática, sobre o que deu ou não certo, e implementar novas estratégias com o intuito de alcançar, de alguma forma, o aluno que ainda não teve uma aprendizagem significativa e que não é capaz de se posicionar criticamente nem de oferecer respostas mais aprofundadas.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Os alunos 5 e 11 não responderam à questão, como pode ser observado no Quadro 67.

Quadro 67 - Categoria 4: Falta de resposta ou conhecimento

Respostas	Alunos
Não respondeu	5, 11

Fonte: o autor

5.4.10. Questão 10: O que é combustão?

O conceito de combustão foi discutido e retomado antes de se iniciar a sequência didática com o intuito de se estabelecer uma base sólida que permita uma compreensão mais profunda e detalhada das queimadas e de seus efeitos. O tema combustão é trabalhado em detalhes em Termoquímica no 1º ano do ensino médio.

As respostas elaboradas pelos alunos, no final da sequência didática, estão separadas em categorias, como pode ser observado no Quadro 68.

Quadro 68 - O que é combustão?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Definições técnicas;	4	36%	11, 5, 1, 8
2. Descrição simples do processo;	4	36%	3, 2, 9, 13
3. Conceitos incompletos ou incorretos;	1	9%	4
4. Falta de resposta ou conhecimento;	2	18%	10, 12

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Os alunos listados no Quadro 69 definiram de forma satisfatória o que é combustão.

Quadro 69 - Categoria 1: Definições técnicas

Respostas	Alunos
“É um conjunto de calor, comburente e combustível”.	11
“É uma reação química exotérmica entre um combustível e um oxidante, geralmente o oxigênio do ar”.	5
“É reação do combustível com o oxigênio e o calor”.	1
“É uma reação química exotérmica entre uma substância e um gás, para liberar luz e calor”.	8

Fonte: o autor

Através das respostas dadas pelos alunos 1 e 11, é possível inferir que eles conhecem os componentes fundamentais para que a combustão ocorra. Isso permite compreender que possuem um entendimento básico e direto sobre o assunto.

Os alunos 5 e 8 vão um pouco além em suas respostas e incluem os termos reação exotérmica (que libera calor) e um oxidante (gás oxigênio). Além disso, o aluno 8 ainda inclui o resultado do processo, citando a liberação de luz e calor. Desta forma, é possível perceber um nível mais detalhado e profundo de conhecimento sobre o tema.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Como pode ser visto no Quadro 70, os alunos possuem um entendimento mais simples sobre o processo de combustão; no entanto, eles o conhecem.

Quadro 70 - Categoria 2: Descrição simples do processo

Respostas	Alunos
“É a queimada a partir de um combustível e comburente”.	3, 2
“Um ato de queimar”.	9
“Queima”.	13

Fonte: o autor

As respostas dos alunos 9 e 13, não detalham os componentes necessários para que ocorra uma combustão e nem as reações químicas envolvidas. Basicamente, a combustão é vista como um processo de queima e nada mais.

Os alunos 3 e 2, esboçam respostas um pouco mais elaboradas em relação aos dois alunos anteriores, pois identificam alguns componentes essenciais para que haja a combustão, mas incompletas.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Conforme retratado no Quadro 71, é possível verificar que o aluno 4 não entendeu o conceito de combustão e, dessa forma, respondeu de forma incorreta a questão.

Quadro 71 - Categoria 3: Conceitos incompletos ou incorretos

Respostas	Alunos
“É quando gera combustível para realizar a queimada”.	4

Fonte: o autor

Há uma confusão na resposta dada pelo estudante, pois sugere que a combustão gera combustível, o que está em desacordo com o processo.

Como pode ser observado nos Quadros 70 e 71, as respostas dos alunos deixam a desejar, pois são incompletas ou incorretas. A abordagem realizada sobre esse assunto, dentro da sequência didática, teve apenas o intuito de revisar um conteúdo já estudado, considerando que o tema da combustão foi trabalhado em detalhes no 1º ano do ensino médio. Logo, esse conceito já deveria estar internalizado. No entanto, é possível perceber que enormes lacunas ainda existem na aprendizagem de alguns estudantes, mesmo após a revisão realizada. Ao analisar os dados de acesso sobre esse tópico, Quadro 113, é possível observar que apenas 4 alunos realizaram a atividade proposta, muito provavelmente os alunos que

responderam de maneira mais assertiva, e as respostas estão representadas no Quadro 69.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Os alunos incluídos nessa categoria deixaram a resposta em branco ou simplesmente escreveram 'não sei'.

5.4.11. Questão 11: Por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?

A sequência didática foi iniciada com essa problemática e, a fim de entender a evolução argumentativa dos alunos após a sequência, essa questão foi retomada na avaliação final e as respostas divididas em categorias, conforme o Quadro 72.

Quadro 72 - Por que as queimadas em nossa região são um problema?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Impactos na saúde humana;	3	25%	13, 11, 9
2. Impactos ambientais;	6	50%	13, 4, 10, 1, 12, 8
3. Falta de resposta ou conhecimento.	3	25%	5, 2, 3

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Os alunos 9, 11 e 13 citam que as queimadas são um problema, pois causam problemas de saúde e afetam a vida humana. Isso demonstra uma maior conscientização quanto ao impacto das queimadas na saúde das pessoas. Conforme Brasil (2021), a poluição do ar é uma grande preocupação enfrentada pela comunidade científica, sendo de extrema importância que a saúde pública a encare de frente.

Ainda, ao se comparar com a questão inicial de sondagem, é possível observar um avanço, pois as respostas que indicavam preocupação com a saúde humana aumentaram de 13,3% para 25% na questão final.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Para os alunos do Quadro 73, o principal problema das queimadas é o impacto ambiental que elas ocasionam.

Quadro 73 - Categoria 2: Impactos ambientais

Respostas	Alunos
“Libera gases poluentes, altera os ecossistemas, altera o clima, libera fumaça, altera os ciclos biogeoquímicos etc.”	13
“Pode afetar muito a vida humana e o clima”	4
“Porque as queimadas poluem as coisas”.	10
“Porque tem bastante área verde”.	1
“Pois matam os animais, prejudicam a saúde etc.”	12
“As queimas são um problema pois poluem o ar”	8

Fonte: o autor

Com exceção do aluno 1, os estudantes citam problemas causados ao meio ambiente decorrentes das queimadas. As respostas demonstram uma significativa evolução conceitual e apropriação do linguajar técnico e científico, por parte de alguns estudantes. O aluno 13 foi o que mais se aproximou da resposta esperada, pois, segundo Rocha (2015), as queimadas poluem o ar e contribuem para o aquecimento global, eliminam os restos de vegetais necessários para a formação da biomassa do solo, deixam o solo exposto às chuvas e comprometem a biodiversidade. Corroborando com Rocha, Alencar (2015) pontua que as queimadas deterioram as propriedades naturais do meio ambiente. Além disso, a alteração nos ciclos da matéria, como o do carbono, por meio do aumento de CO₂ na atmosfera, intensifica o efeito estufa, acarretando problemas devido ao desequilíbrio térmico do planeta (Silva; Paula, 2009).

Já o aluno 1 não explica por que as queimadas são um problema, mas dá a entender que elas ocorrem devido à grande quantidade de áreas verdes na região, sugerindo que o problema seria a existência dessas áreas, e não a sua queima, o que foge do foco da pergunta.

Quando se realiza a comparação entre a questão problematizadora inicial e final, é possível verificar que a porcentagem passa de 13,3% para 50% quando os alunos pensam nas queimadas e os impactos que elas proporcionam ao meio ambiente. Essa mudança no quantitativo demonstra uma maior preocupação com o meio em que os alunos estão inseridos, evidenciando que a sequência didática contribuiu para ampliar a compreensão sobre os efeitos das queimadas e suas consequências ambientais. Isso indica um avanço no nível de consciência crítica dos estudantes em relação às problemáticas ambientais.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Os alunos pertencentes a essa categoria não responderam a essa parte da questão, talvez por falta de leitura, atenção ou compreensão. No entanto, quando se compara com a problematização inicial, o número de alunos não respondentes cai de 40% para 25%, sendo possível aferir uma leve melhora no engajamento. Além do mais, como foi possível verificar no início, 33,3% dos alunos fugiram da pergunta abordando algo que não havia sido perguntado, talvez por falta de compreensão ou desatenção, e isso não ocorreu na questão final.

A pergunta 11 foi dividida em duas partes para facilitar a análise, e as respostas da segunda parte foram organizadas em categorias, como pode ser visto no Quadro 74.

Quadro 74 - ... como resolvê-las?

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
4. Soluções (lidar com o problema);	4	28,6%	13, 4, 2, 11
5. Medidas preventivas (evitar o problema);	6	42,9%	13, 4, 8, 2, 3, 12
6. Falta de resposta ou conhecimento.	4	28,6%	1, 5, 9, 10

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Em relação às soluções possíveis para o problema das queimadas, as respostas dos alunos estão transcritas no Quadro 75.

Quadro 75 - Categoria 4: Soluções

Respostas	Alunos
"... penalizar quem causa incêndios e outros."	13
"Deveria ter mais punições".	4
"... seria necessário que o governo punisse o que cometerem as queimadas	2
Para resolver pode aumentar a pena para incêndio proposital."	11

Fonte: o autor

Como é possível observar no Quadro 75, há um consenso entre os estudantes de que a melhor solução para o problema das queimadas é a punição dos

responsáveis. O aluno 13 destaca que somente quem causa incêndios deve ser, de alguma forma, penalizado, sem atribuir qualquer responsabilidade àqueles que praticam a queima controlada.

Para o aluno 4, o aumento das punições resolveria o problema, desconsiderando que existem queimadas legais, para as quais não há qualquer sanção, apesar de poluírem igualmente o meio ambiente.

O aluno 2 aponta que medidas punitivas devem ser adotadas pelo governo para inibir tal ato. Aqui, é possível inferir que, ao mencionar queimadas, o aluno está se referindo às queimadas não controladas, já que as controladas são permitidas por lei e, nesse caso, continuarão a ocorrer.

Já o estudante 11 menciona que é possível resolver esse problema através do aumento da pena para quem causa incêndio. Essa ação não deixa de ser uma medida, mas é um tanto simplista, pois foca apenas no fim, no remédio, e não na prevenção. Além de não dizer como resolver o problema das queimadas que não são intencionais.

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

O Quadro 76 traz as ações propostas pelos alunos como forma de prevenir que as queimadas ocorram.

Quadro 76 - Categoria 5: Medidas preventivas

Respostas	Alunos
“Não colocar fogo...”	13
“Palestras para incentivar a não fazer esse ato criminoso”.	4
“A forma simples de resolver é não queimando lixo domésticos, evitar queimar pastagens ou áreas de plantação”.	8
“... usem a tecnologia para incentivar outro método e conscientizar”.	2
“Muita gente toca fogo por diversão e não mede as consequências quando houver qualquer indício de fogo ou pessoa tocando fogo, ligar para as autoridades”.	3
“Educar as gerações”.	12

Fonte: o autor

O aluno 13 menciona “não colocar fogo” e, pela resposta dada, é possível entender que a solução seria evitar o fogo sob qualquer pretexto. A adoção dessa atitude traria muitos benefícios para o meio ambiente, que deixaria de sofrer com as queimadas e todos os impactos que elas ocasionam.

De acordo com o aluno 8, o problema pode ser resolvido de forma simples, não queimando lixo, pastagens ou área de plantação. Realmente isso resolve em parte o problema das queimadas (desconsidera as queimadas acidentais e naturais).

A resposta do aluno 3 faz uma reflexão sobre a falta de consciência das pessoas que ateiem fogo puramente por diversão. O aluno não diz como mudar esse cenário, mas traz como medida o acionamento das autoridades competentes para combater os incêndios.

Tanto o aluno 4 quanto o 12 focam na educação da população. Através de uma educação de qualidade, da conscientização sobre os impactos ambientais e da busca por tecnologias alternativas ao fogo, é possível resolver ou minimizar o problema das queimadas, que causam grandes prejuízos ao planeta.

De modo geral, é possível perceber um avanço na forma de pensar dos estudantes, que agora possuem argumentos coerentes, que vão além do senso comum, que apontam maneiras de prevenir e combater as queimas.

ANÁLISE DA CATEGORIA 6

Os alunos 1, 5, 9, 10 não responderam a essa parte da questão, possivelmente devido aos mesmos problemas citados na categoria 3. No entanto, mais uma vez é possível observar uma melhora significativa no engajamento e participação, pois no início 40,1% dos alunos não haviam respondido à pergunta e agora apenas 28,6%

Ao compararmos a problematização inicial com a final, fica evidente a evolução conceitual e argumentativa dos estudantes em relação as ações para minimizar ou acabar com as queimadas. No início, os alunos se dividiam em ações, como monitoramento, supervisão e mudanças de atitudes por parte da população e, no final, novos elementos foram acrescentados, como maneiras de solucionar o problema, como punições, prevenção e conscientização da população.

5.5. Avaliação da Sequência Didática

Com base nas categorias analisadas e na questão de partida, é possível observar que, para 45% dos alunos, as queimadas são incêndios (questão 1). Além disso, 64% disseram que as principais causas desses incêndios são de natureza

acidental, proposital e natural (questão 2), e 48% alegam que isso tem como consequência os impactos ambientais (questão 3).

Quanto à diferença entre queima controlada e incêndio (questão 4), 27% disseram que a distinção está no controle dos impactos, 27% na legalidade e 27% na área atingida. Já em relação à causa das queimadas (questão 5), 45% dos alunos as atribuem à ação humana. Sobre os poluentes liberados (questão 6), 55% dos alunos indicaram os gases como os principais responsáveis.

Quando questionados sobre o impacto das queimadas nos ciclos biogeoquímicos e quais sofrem mais (questão 7), 73% dos alunos responderam que os ciclos são impactados, e 40% indicaram os impactos climáticos como os mais prejudicados. No que diz respeito ao motivo pelo qual o agricultor ainda utiliza o fogo como ferramenta (questão 8), 27% apontaram o custo, 27% o fato de ser prático e eficiente, e 27% indicaram a melhoria do solo, refletindo a percepção do agricultor sobre o uso das queimadas.

Mais da metade dos alunos (55%) indicaram que os resíduos das queimadas (questão 9) causam problemas respiratórios. Na questão 10, 36% dos alunos conseguiram definir tecnicamente o que é combustão, enquanto 36% descreveram o processo de forma simples. Por fim, quanto ao problema das queimadas na região e às formas de resolvê-lo (questão 11), 50% dos alunos afirmaram que as queimadas prejudicam o meio ambiente, e 42,9% acreditam que a solução está na adoção de medidas preventivas.

Essa análise revela que houve avanços significativos na compreensão dos alunos sobre o tema “queimadas e os seus impactos no meio ambiente”, embora em diferentes níveis de profundidade.

Desta forma, os dados coletados indicam que a sequência didática cumpriu seu propósito ao promover aprendizagem significativa nos seguintes aspectos:

- Compreensão das causas e consequências das queimadas;
- Diferenciação entre queima controlada e incêndio florestal;
- Conhecimento de poluentes atmosféricos e seus efeitos;
- Relação das queimadas com os ciclos biogeoquímicos;
- Percepção crítica sobre práticas agrícolas e impactos ambientais.

Os Quadros 77 e 78 trazem uma comparação entre as respostas dadas na questão de sondagem e o questionário final de forma sucinta.

Quadro 77 - Comparação das respostas da questão problematizadora inicial e final - Por que as queimadas em nossa região são um problema?

Citações	Questão Inicial	Questão final
Impactos na saúde humana;	13,3%	25%
Impactos ambientais;	13,3%	50%
Não responderam;	40%	25%
Fugiram da pergunta.	33,3%	0

Fonte: o autor

Quadro 78 - Comparação das respostas da questão problematizadora inicial e final - ...como resolvê-las?

Citações	Questão Inicial	Questão final
Soluções (penalizações e punições);	0%	28,6%
Medidas preventivas;	59,9%	42,9%
Falta de resposta ou conhecimento;	40,1%	28,6%

Fonte: o autor

Na primeira parte da questão de sondagem, Quadro 77, uma parcela significativa dos alunos (40%) não respondeu ou fugiu da pergunta (33,3%) sobre o problema das queimadas na região. Isso indica uma lacuna ou uma compreensão superficial dos conceitos. Mesmo os que responderam sobre os impactos na saúde humana (13,3%) e sobre os Impactos ambientais (13,3%) o fizeram de forma vaga.

No entanto, após a sequência didática, é possível observar uma redução a zero nas respostas dos alunos que, anteriormente, haviam fugido da pergunta e uma diminuição para 25% na quantidade de alunos que não haviam respondido. Mais notável é a porcentagem de alunos que citaram os impactos ambientais como problema das queimadas, que saltou de 13,3% para 50%, e a dos que mencionaram os impactos na saúde humana, que foi de 13,3% para 25%.

Esse aumento na quantidade de alunos respondentes, e a diminuição dos que fugiram da pergunta a zero, mostram que eles não apenas memorizaram novas informações, mas também conseguiram integrar os novos conhecimentos sobre os impactos das queimadas à sua estrutura cognitiva, o que os torna capazes de articular, de forma mais profunda, as consequências ambientais e de saúde.

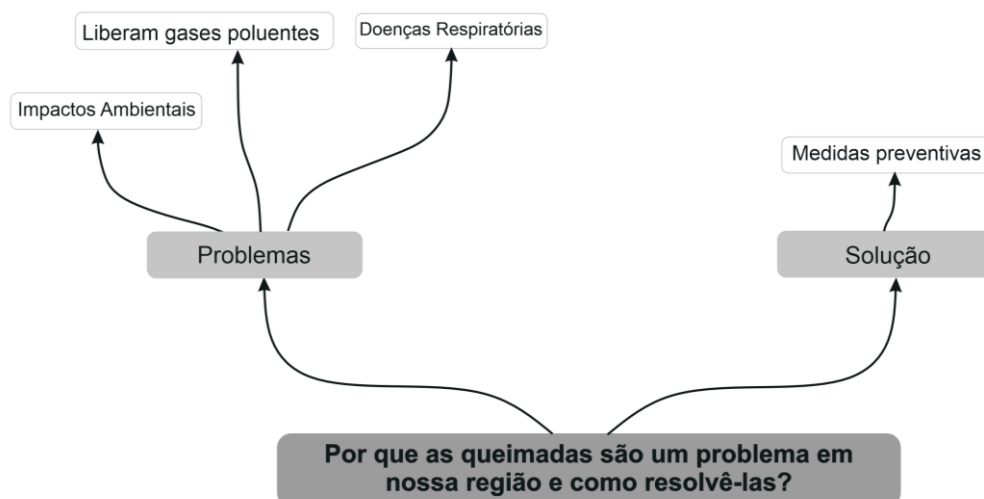
Já na segunda parte da questão de sondagem, Quadro 78, é possível notar que a maioria dos alunos (59,9%) mencionou "Medidas preventivas", e 40,1% apresentavam "Falta de resposta ou conhecimento" sobre como resolver o problema das queimadas. Também não houve menção a "Soluções (penalizações e punições)".

Contudo, após a sequência didática, apenas 28,6% dos alunos deixou a questão em branco, o que reflete um importante aumento na participação dos estudantes, enquanto as respostas voltadas as "Medidas preventivas" permaneceram relevantes (42,9%). O mais significativo é o surgimento de 28,6% das respostas abordando "Soluções (penalizações e punições)", categoria que não estava presente na questão de sondagem. Através da introdução de um novo tipo de solução e a reestruturação das respostas sobre medidas preventivas, é possível inferir que os estudantes incorporaram e diferenciaram novos conceitos, aumentando a compreensão do tema e das diversas formas de combate as queimadas.

Em suma, os Quadros 77 e 78 fornecem evidências de que a sequência didática, potencializada pelo *chatbot*, foi eficaz em promover a aprendizagem de forma significativa.

Ademais, a partir do questionário avaliativo foram identificadas as categorias mais fortes (com maior porcentagem de respostas) e obtido o resultado apresentado na FIGURA 34, após a aplicação da sequência didática.

FIGURA 34 - Síntese das respostas dos alunos a partir das categorias mais fortes identificadas no questionário avaliativo



Fonte: o autor

De modo geral, os alunos enxergam como principais problemas das queimadas a liberação de gases poluentes e conseqüentemente o desenvolvimento de doenças respiratórias. Já como forma de resolver o problema das queimadas, é possível notar que os alunos indicam as medidas preventivas.

Contudo, foram identificadas limitações e lacunas conceituais em parte do grupo de estudantes, evidenciadas por respostas incompletas, pouco elaboradas ou a ausência de resposta em alguns casos. Isso mostra que, apesar da eficácia da proposta, é necessário reforçar determinados conteúdos e ampliar a abordagem interdisciplinar, a fim de garantir maior aprofundamento nos conceitos abordados e engajamento dos alunos.

5.6. Análise do questionário 3: metodologia

Após a aplicação da sequência didática, os estudantes responderam a um questionário com o objetivo de avaliar a experiência de aprendizagem utilizando o *chatbot* desenvolvido para auxiliar no ensino de química. A análise das respostas foi realizada segundo os princípios da análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), que envolve a organização das unidades de registro, categorização temática e interpretação dos sentidos produzidos pelos alunos.

5.6.1. Análise da questão 1: Na sua opinião, é possível aprender química utilizando o *chatbot*?

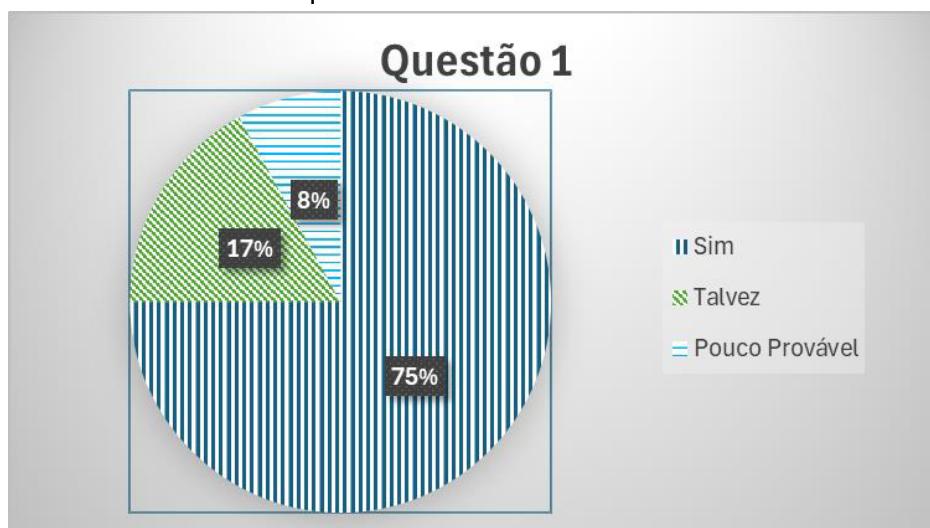
O Quadro 79 traz as respostas assinaladas pelos alunos e o GRÁFICO 2, a porcentagem de cada questão assinalada.

Quadro 79 - Questão 1 – metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Sim	9	75%	11, 13, 10, 9, 4, 5, 2, 3, 7
Não	0	0%	0
Talvez	2	17%	12, 8
Pouco Provável	1	8%	1

Fonte: o autor

GRÁFICO 2 - Questão 1: Na sua opinião, é possível aprender química utilizando o *chatbot*?



Fonte: o autor

Conforme pode ser observado no Quadro 79 e no GRÁFICO 2, 75% dos alunos concordam que é possível aprender os conceitos de química através do *chatbot*. Isso demonstra uma grande aceitação da ferramenta como mais uma opção às várias existentes e disponíveis à prática pedagógica. Dois alunos responderam “talvez”, representando 17% da amostra, e apenas um acha “pouco provável”. Talvez isso se deva ao fato de esses alunos apresentarem uma certa dificuldade com o uso da tecnologia, possuírem alguma experiência negativa com as tecnologias educacionais ou preferirem o método tradicional de ensino. Segundo Simomukay (2018), o aluno se motiva através da curiosidade sobre o *bot* e isso os leva a aprender, trazendo enormes ganhos ao processo ensino-aprendizagem. A interação entre os estudantes e o *bot*, instiga a busca por conhecimento e o autor ainda ressalta que a utilização do *chatbot* encontra amparo na teoria construtivista e se posiciona como um recurso para aprendizagem significativa.

5.6.2. Análise da questão 2: Como você descreve sua experiência geral ao usar o *chatbot* para aprender sobre as queimadas e seus impactos ambientais?

Na questão 2, as respostas dos alunos se concentraram na opção “aprendi quase tudo”, como pode ser visto no Quadro 80. Deste modo, é possível inferir que a

proposta foi exitosa, pois houve uma excelente aceitação do *chatbot* por parte dos alunos.

Quadro 80 - Questão 2 – metodologia

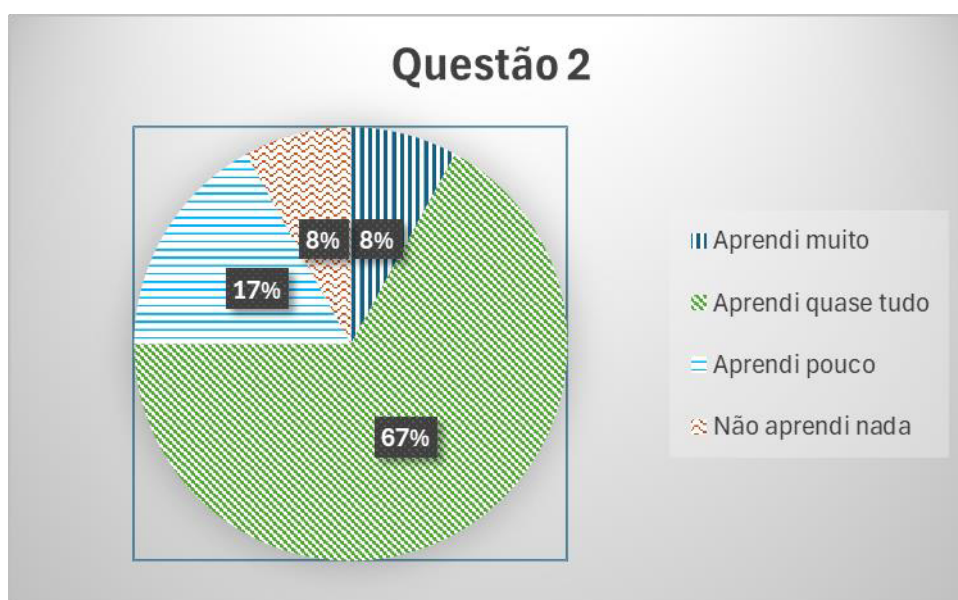
Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Aprendi muito	1	8%	10
Aprendi quase tudo	8	67%	7, 3, 2, 5, 4, 9, 13, 11
Aprendi pouco	2	17%	1, 8,
Não aprendi nada	1	8%	12

Fonte: o autor

Apesar de a grande maioria ter dito que “aprendeu quase tudo”, também houve quem disse que “aprendeu pouco” ou “não aprendeu nada”, totalizando 25% da amostra (3 pessoas).

Através do GRÁFICO 3, é possível ver de forma simplificada a opção de maior preferência dos alunos.

GRÁFICO 3 - Questão 2: Como você descreve sua experiência geral ao usar o *chatbot* para aprender sobre as queimadas e seus impactos ambientais?



Fonte: o autor

Essas respostas nos levam a uma reflexão: por qual motivo isso aconteceu? Talvez o motivo não seja um, mas vários.

Pode-se inferir que esses alunos, em algum momento, tiveram alguma experiência negativa com a tecnologia ou outras metodologias, não dominam ou não gostam de novas tecnologias ou de aulas diversificadas ou têm um certo apreço, ou preferência pela forma tradicional de ensino: giz e lousa.

5.6.3. Análise da questão 3: Você teve dificuldade em utilizar o *chatbot*?

Como era de se esperar, a maioria dos estudantes, conforme observado no Quadro 81, disse não possuir nenhuma dificuldade na utilização do *chatbot*.

Quadro 81 - Questão 3 - metodologia

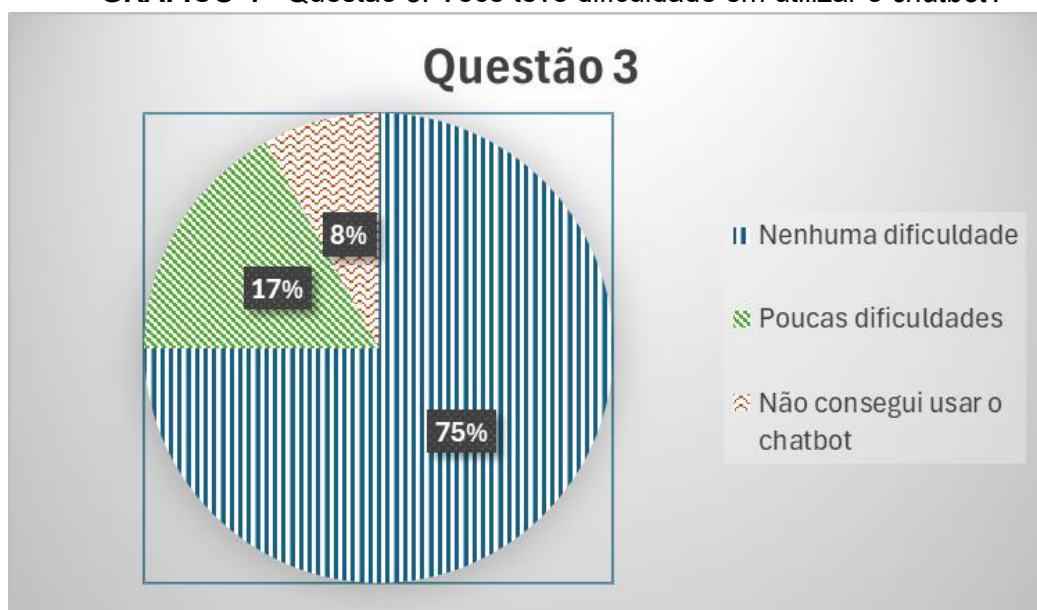
Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Nenhuma dificuldade	9	75%	10, 9, 4, 5, 2, 8, 3, 1, 7
Poucas dificuldades	2	17%	11, 13
Muitas dificuldades	0	0%	
Não consegui usar o <i>chatbot</i>	1	8%	12

Fonte: o autor

A resposta do aluno 12 é coerente com sua resposta anterior, Quadro 80, e fica claro porque ele disse que não aprendeu nada: não conseguiu utilizar o *chatbot*.

O aluno em questão não externou a sua dificuldade ao professor, talvez por receio ou vergonha, e assim não conseguiu obter sucesso na utilização da ferramenta. Esse estudante, em específico, talvez por ser muito tímido e retraído, não tenha se sentido confortável em pedir ajuda.

O GRÁFICO 4 traz uma visão simplificada das respostas dadas pelos alunos.

GRÁFICO 4 - Questão 3: Você teve dificuldade em utilizar o *chatbot*?

Fonte: o autor

5.6.4. Análise da questão 4: Houve alguma informação ou tópico que você achou difícil de entender através do *chatbot*?

Em relação a questão 4, quase a totalidade dos alunos entendeu todas ou quase todas as informações disponibilizadas pelo *chatbot*, Quadro 82. Apenas o aluno 12 diz não ter entendido nada, mantendo a coerência com as respostas dadas anteriormente.

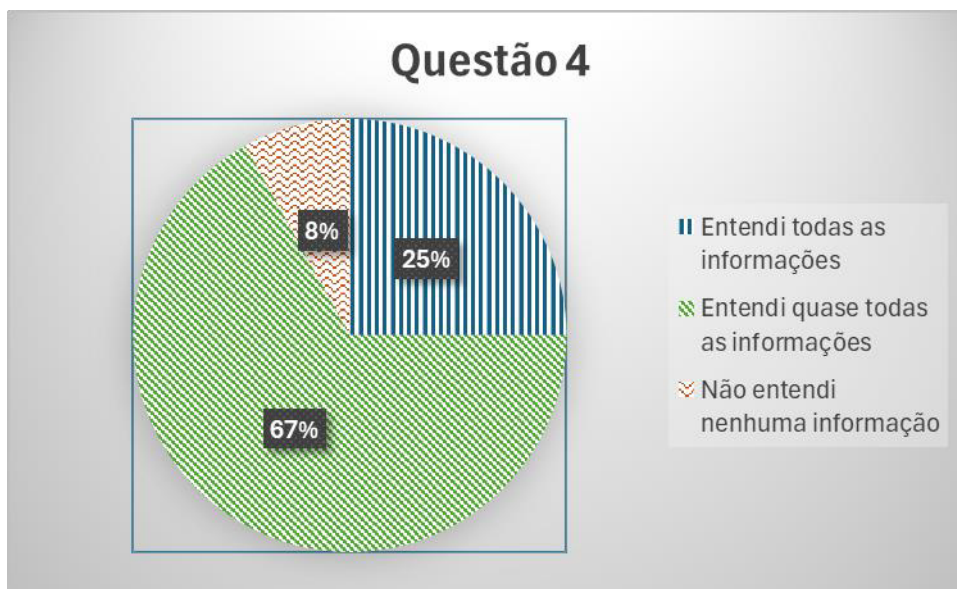
Quadro 82 - Questão 4 – metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Entendi todas as informações	3	25%	10, 9, 7
Entendi quase todas as informações	8	67%	1, 3, 8, 2, 5, 4, 13, 11
Entendi poucas informações	0	0%	
Não entendi nenhuma informação	1	8%	12

Fonte: o autor

O GRÁFICO 5 traz uma síntese das respostas apresentadas no Quadro 82.

GRÁFICO 5 - Questão 4: Houve alguma informação ou tópico que você achou difícil de entender através do *chatbot*?



Fonte: o autor

5.6.5. Análise da questão 5: A metodologia aplicada facilitou ou dificultou a sua aprendizagem?

No entendimento da metade dos alunos avaliados, a metodologia utilizada facilitou bastante a aprendizagem do conteúdo ensinado, conforme o Quadro 83. Para os demais, a metodologia não facilitou muito, mas também não dificultou.

O aluno 12 não respondeu, pois não conseguiu utilizar o *chatbot*, logo é possível inferir que a metodologia, para este estudante, dificultou bastante. Talvez essa dificuldade seja devido à falta de aptidão no uso de tecnologias ou por inassiduidade.

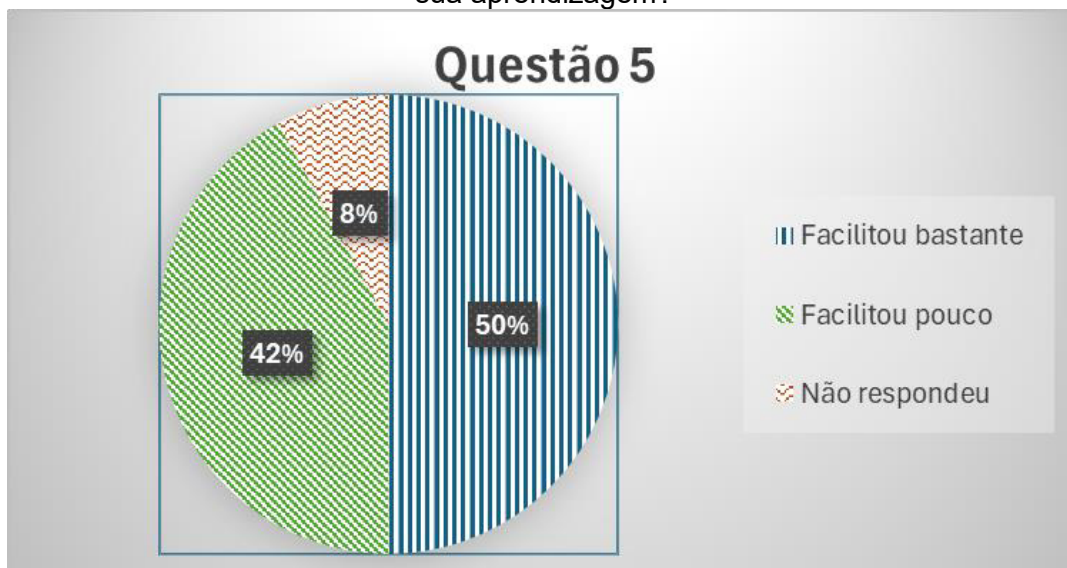
Quadro 83 - Questão 5 - metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Facilitou bastante	6	50%	11, 10, 9, 2, 3, 7
Facilitou pouco	5	42%	13, 4, 5, 8, 1
Dificultou pouco	0	0%	
Dificultou bastante	0	0%	
Não respondeu	1	8%	12

Fonte: o autor

O GRÁFICO 6 apresenta o percentual de alternativas selecionadas pelos estudantes nesta questão.

GRÁFICO 6 - Questão 5: A metodologia aplicada facilitou ou dificultou a sua aprendizagem?



Fonte: o autor

5.6.6. Análise da questão 6: Você se sentiu estimulado(a) a realizar as atividades propostas?

Como pode ser observado no Quadro 84, há uma aprovação por parte dos alunos quanto às atividades desenvolvidas e à maneira como elas foram abordadas. A grande maioria dos estudantes se sentiu estimulada a realizar o que era solicitado e alguns, até mesmo, muito estimulados. O aluno 12, como já mostrado nas questões anteriores, não conseguiu utilizar o *chatbot* e, por isso, é possível inferir que essa é a razão de ele ter se sentido pouco estimulado.

Quadro 84 - Questão 6 – metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Muito estimulado(a)	4	34%	8, 2, 5, 10
Estimulado(a)	7	58%	7, 1, 3, 4, 9, 13, 11
Pouco estimulado(a)	1	8%	12
Não estimulado(a)	0	0%	

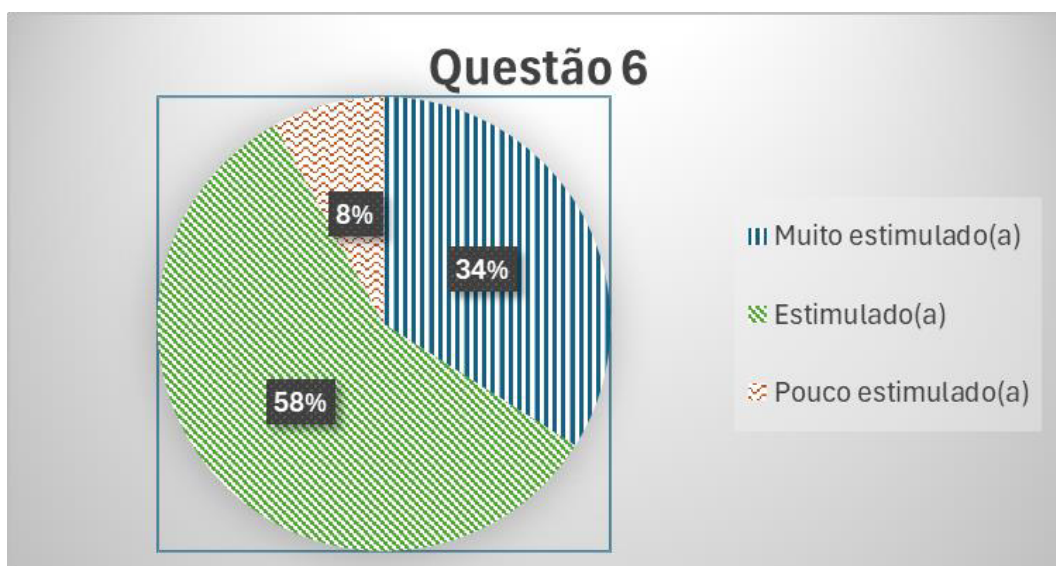
Fonte: o autor

Segundo Zanata (2014), o estímulo é algo que ocorre de fora para dentro e possibilita o afloramento da motivação, que se manifesta de dentro para fora. O interesse, a concentração e a curiosidades pelo que está sendo ensinado ou proposto são algumas das características de um aluno que se sente motivado (Marchiore; Alencar, 2009).

O professor dispõe de diversas maneiras de estimular o aluno, entre elas, a tecnologia que, ao ser utilizada de forma intencional e amparada por atividades contextualizadas, traz como benefício um aprendizado significativo. Fazer com que o aluno se sinta estimulado a construir seu próprio conhecimento é uma das funções da escola e, para que isso se concretize, é papel dela utilizar os diferentes meios disponíveis para tal (Zanata, 2014).

Assim, de acordo com o GRÁFICO 7, 58% dos alunos se sentiram estimulados a realizar as atividades propostas, 34% se sentiram muito estimulados e 8% se sentiram pouco estimulados. Nenhum aluno disse estar “nada estimulado” com o que foi sugerido.

GRÁFICO 7 - Questão 6: Você se sentiu estimulado(a) a realizar as atividades propostas?



Fonte: o autor

5.6.7. Análise da questão 7: Você acha que o *chatbot* auxiliou de maneira satisfatória?

O Quadro 85 retrata o grau de satisfação dos alunos em relação ao auxílio do *chatbot*.

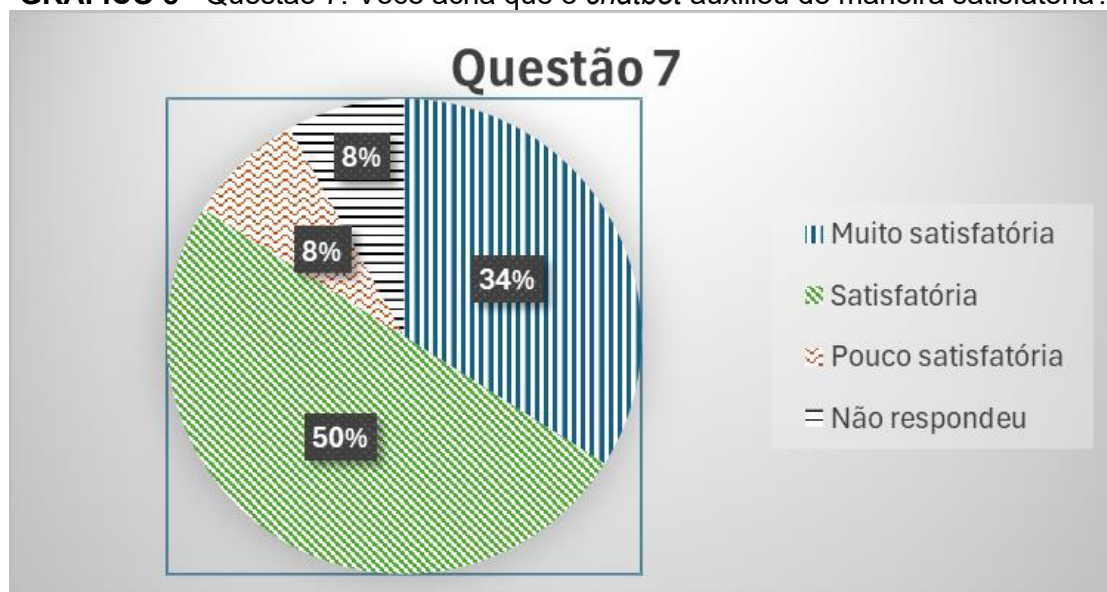
Quadro 85 - Questão 7 - metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Muito satisfatória	4	34%	11, 10, 2, 3
Satisfatória	6	50%	13, 9, 4, 5, 8, 7
Pouco satisfatória	1	8%	1
Insatisfatória	0	0%	
Não respondeu	1	8%	12

Fonte: o autor

Conforme o GRÁFICO 8, 34% dos estudantes disseram que o auxílio do *chatbot* foi muito satisfatório, 50% satisfatório, 8% pouco satisfatório e 8% não responderam à questão.

Somando as respostas “muito satisfatória” e “satisfatória” resulta em 84% de satisfação pelos estudantes, o que demonstra um ótimo grau de contentamento.

GRÁFICO 8 - Questão 7: Você acha que o *chatbot* auxiliou de maneira satisfatória?

Fonte: o autor

5.6.8. Análise da questão 8: Por favor, marque apenas o que mais gostou das aulas

Na questão 8, o aluno tinha que marcar, dentre as opções, aquilo de que mais tinha gostado entre tudo o que havia visto ou realizado durante as aulas da sequência didática.

Conforme o Quadro 86, a maioria dos estudantes citou que gostou da forma como o conteúdo foi apresentado, seguido pelo conteúdo em si e, por último, pelo uso do *chatbot*. Nenhum aluno, nem mesmo o aluno 12, que por diversas vezes não respondeu ou disse não ter entendido nada por não ter conseguido utilizar o *chatbot*, marcou a opção 'não gostei de nada'.

Quadro 86 - Questão 8 - metodologia

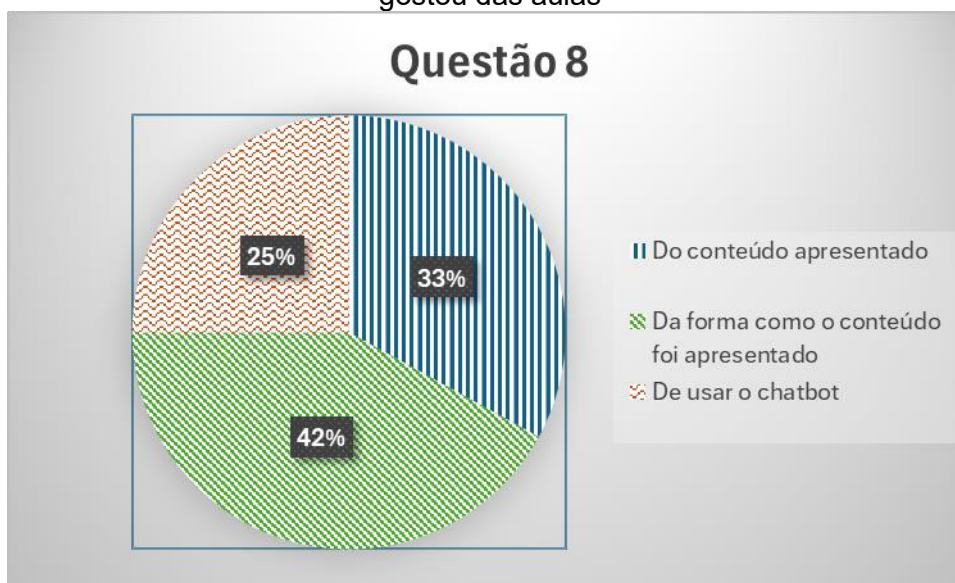
Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Do conteúdo apresentado	4	33%	1, 3, 5, 10
Da forma como o conteúdo foi apresentado	5	42%	4, 9, 13, 11, 12
De usar o <i>chatbot</i>	3	25%	7, 8, 2
Não gostei de nada	0	0%	

Fonte: o autor

É possível perceber que, ao responder à alternativa 'da forma como o conteúdo foi apresentado', o aluno está indiretamente dizendo que gostou do conteúdo e de utilizar o *chatbot*, pois o que foi apresentado foi o conteúdo e, para apresentar esse conteúdo, uma das ferramentas utilizadas foi o *chatbot*.

De forma resumida, as respostas da questão 8 podem ser visualizadas no GRÁFICO 9.

GRÁFICO 9 - Questão 8: Por favor, marque apenas o que mais gostou das aulas



Fonte: o autor

5.6.9. Análise da questão 9: Por favor, indique três coisas de que você não gostou na aula e por quê?

O objetivo desta pergunta foi entender, de acordo com a concepção do aluno, o que ele não gostou, visando a melhoria contínua. Apesar de ter sido solicitado que elencassem três coisas, quase a totalidade escreveu apenas uma.

Para a análise desta questão, as respostas foram divididas em categorias, conforme o Quadro 87.

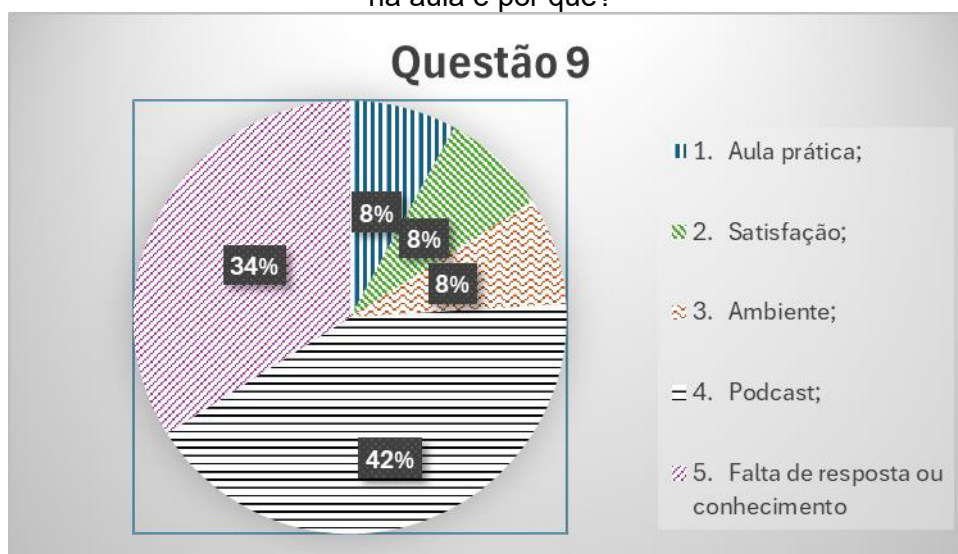
Quadro 87 - Questão 9 – metodologia

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Aula prática;	1	8%	12
2. Satisfação;	1	8%	9
3. Ambiente;	1	8%	4
4. Podcast;	5	42%	8, 7, 5, 2, 3
5. Falta de resposta ou conhecimento	4	34%	10, 1, 11, 13

Fonte: o autor

O GRÁFICO 10 ilustra a porcentagem de respostas em cada categoria.

GRÁFICO 10 - Questão 9: Por favor, indique três coisas de que você não gostou na aula e por quê?



Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Como retratado no Quadro 88, para o aluno 12, um ponto de melhoria é a quantidade de aulas práticas. O aluno aponta que há um excesso de teoria e pouca prática. Vale lembrar que o aluno 12 não conseguiu participar das aulas a contento, conforme ficou evidenciado nas questões anteriores, por não conseguir usar o *chatbot*.

Quadro 88 - Categoria 1: Aula prática

Respostas	Alunos
“Pouca prática, muita teoria”	12

Fonte: o autor

Boa parte dos alunos só enxerga que a aula é prática quando estão no laboratório realizando algum experimento, porém a sequência didática se baseou na metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Problemas, onde os alunos interagiram entre si e com o professor a fim de encontrar solução para um problema real. Conforme Bassoli (2014), as interações entre alunos e entre alunos e professor se encaixam nos chamados “experimentos descritivos” e assumem importante posição como atividade prática, pois se baseiam em atividades pautadas na descoberta. Nesse tipo de atividade, o aluno deverá observar e concluir sobre o fenômeno em estudo, sem a necessidade de testar o que foi suposto.

Durante a sequência didática, diversas práticas foram realizadas, como: a sensibilização sobre o tema, em que os alunos externaram suas impressões sobre o odor sentido e o som ouvido da combustão realizada; o uso do *chatbot*; levantamento de hipóteses e pesquisa; análise das informações pesquisadas; gravação de *podcast* sobre as queimadas, entre outras atividades. Em todas as etapas, o professor apenas mediou e guiou os alunos, ficando a responsabilidade da execução e do êxito por parte deles.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Conforme a resposta dada pelo aluno 9, no Quadro 89, é possível perceber que, para ele, não houve pontos a serem melhorados e ele se sente satisfeito.

Quadro 89 - Categoria 2: Satisfação

Respostas	Alunos
“Por mim foi tudo ok”	9

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Para o aluno 4, a leitura e o barulho no ambiente foram desagradáveis e motivos de seu apontamento, como pode ser visto no Quadro 90.

Quadro 90 - Categoria 3: Ambiente

Respostas	Alunos
“Barulho da sala, leitura”	4

Fonte: o autor

A crítica realizada pelo aluno sobre a leitura permite inferir que ele não tem esse hábito, o que torna tal prática maçante. Aqui é possível trabalhar de forma interdisciplinar com as demais áreas para sanar essa dificuldade. Quanto ao barulho da sala, faz parte do processo, pois é um ambiente vivo e em transformação. Alunos copiando de cabeça baixa e em silêncio não são indicativos de aprendizagem.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

O Quadro 91 retrata a dificuldade encontrada pelos alunos ao caminharem pela sequência didática. A elaboração de um *podcast* sobre o problema das queimadas era uma das atividades propostas e, apesar de não ser algo novo, pois durante a pandemia essa ferramenta foi amplamente utilizada pelos diferentes componentes curriculares, as várias críticas e a baixa adesão a essa atividade demonstram que houve muita dificuldade para a sua realização.

Quadro 91 - Categoria 4: *Podcast*

Respostas	Alunos
“Muito complicado elaborar um podcast”	2, 3
“Podcast, porque não consegui fazer”	5
“Do podcast”	8, 7

Fonte: o autor

Aqui, é possível inferir que a dificuldade não está no *podcast* em si, que basicamente consiste em gravar a voz utilizando um aparelho celular, mas na timidez e na elaboração do roteiro, que deve mobilizar todo o conteúdo estudado até o momento de forma lógica e coerente. Devido a isso, essa atividade pode ser repensada ou substituída por outra que deixe os alunos mais à vontade e surta mais efeito.

ANÁLISE DA CATEGORIA 5

Os alunos 10 e 1, conforme o Quadro 92, não conseguiram identificar nenhum aspecto de que não tenham gostado. Já os alunos 11 e 13 se omitiram em responder.

Quadro 92 - Categoria 5: Falta de resposta ou conhecimento

Respostas	Alunos
“Não sei”	10, 1
“Não respondeu”	11, 13

Fonte: o autor

5.6.10. Análise da questão 10: O que você gostaria de mudar ou modificar na metodologia aplicada?

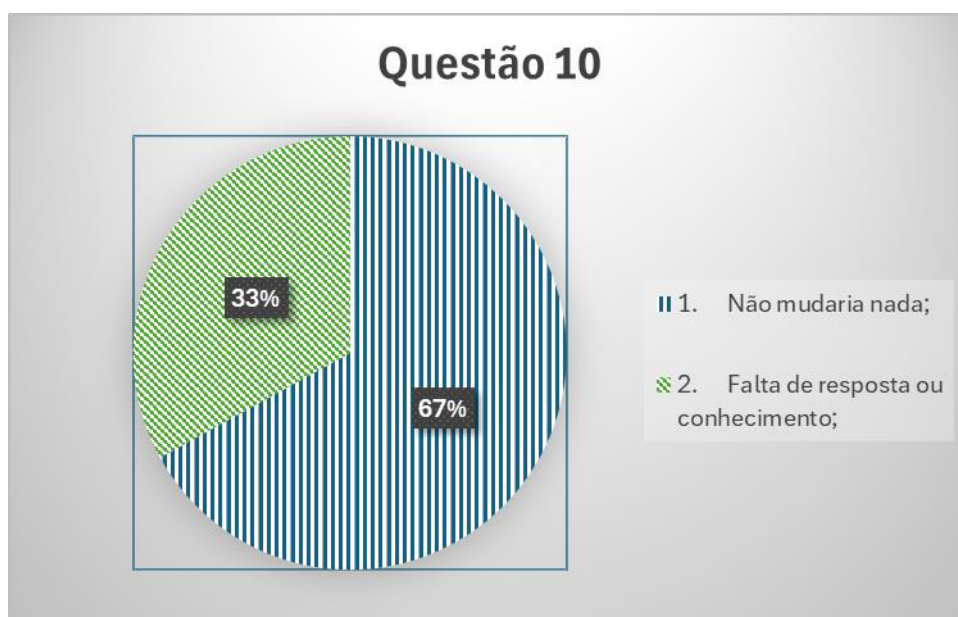
O intuito da questão 10 era de que os alunos dessem sugestões para que a sequência pudesse ser aperfeiçoada e mais eficaz. As respostas dos alunos foram divididas em categorias no Quadro 93 e representadas em porcentagem no GRÁFICO 11.

Quadro 93 - Questão 10 – metodologia

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Não mudaria nada;	8	67%	1, 3, 8, 2, 5, 4, 11, 9
2. Falta de resposta ou conhecimento;	4	33%	10, 13, 12, 7

Fonte: o autor

GRÁFICO 11 - Questão 10: O que você gostaria de mudar ou modificar na metodologia aplicada?



Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Como pode ser observado no Quadro 94, para a maioria dos alunos, a metodologia aplicada não precisa sofrer alterações.

Quadro 94 - Categoria 1: Não mudaria nada

Respostas	Alunos
“Nada a declarar”	1
“Acho que nada”	3
“Nada”	8, 2, 5, 4, 11
“Nada, gostei muito da metodologia aplicada”	9

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Como revela o Quadro 95, os alunos pertencentes a essa categoria não disseram o que é necessário mudar na metodologia, simplesmente se omitiram dizendo não saber ou não respondendo à questão.

Quadro 95 - Categoria 2: Falta de resposta ou conhecimento

Respostas	Alunos
Não sei	10
Não respondeu	13, 12, 7

Fonte: o autor

5.6.11. Análise da questão 11: O *chatbot* apresentou alguma vantagem na forma de aprender quando comparado com a forma tradicional?

Essa questão visa entender se faz diferença a utilização do *chatbot* no aprendizado e no engajamento do aluno quando comparado ao tradicional giz e lousa.

As respostas dos alunos estão apresentadas no Quadro 96:

Quadro 96 - Questão 11 - metodologia

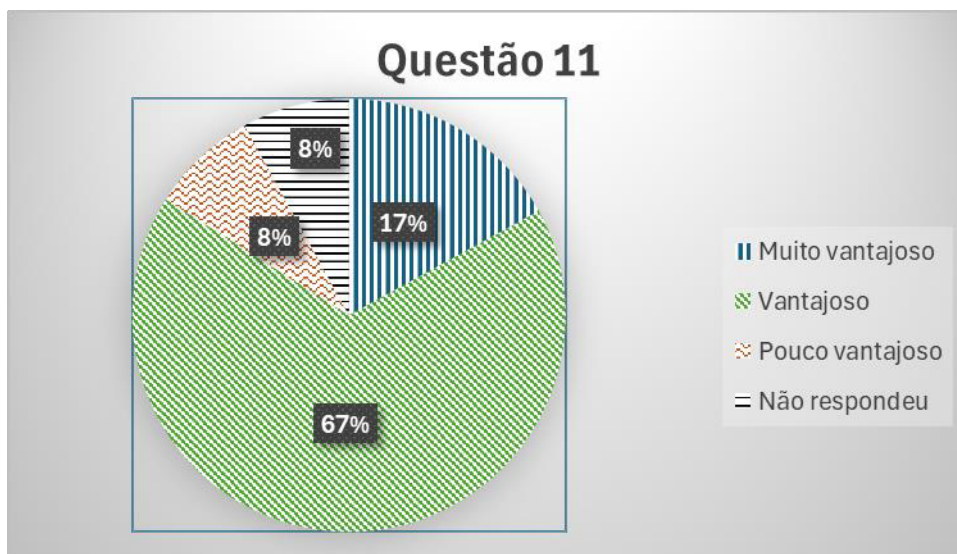
Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Muito vantajoso	2	17%	11, 3
Vantajoso	8	67%	7, 13, 9, 4, 5, 2, 8, 1
Pouco vantajoso	1	8%	10
Nada vantajoso	0	0%	
Não respondeu	1	8%	12

Fonte: o autor

Como pode ser verificado, boa parte dos estudantes encara como vantagem a utilização do *chatbot* no processo ensino-aprendizagem. Dessa maneira, pode-se inferir que os alunos têm um certo apreço por novidades e gostam de desafios. O conteúdo apresentado não é novo, mas a forma como foi trabalhado sim, e pelas respostas dos alunos, de certa maneira, trouxe alguma vantagem em relação às aulas tradicionais. De acordo com Afonso (2024), que implementou e utilizou um *chatbot* para apoiar os estudantes do curso a distância na área da saúde, os alunos se sentem motivados ao aprenderem com o apoio do *chatbot*. O autor também percebeu, por meio de seu estudo, que, de forma geral, as tecnologias que estimulam os alunos são bem recebidas e, assim, o *chatbot* possui enorme potencial para ser utilizado em diferentes áreas da educação.

O GRÁFICO 12 traz um panorama geral, em porcentagem, das respostas dadas pelos alunos em relação a questão 11.

GRÁFICO 12 - Questão 11: O *chatbot* apresentou alguma vantagem na forma de aprender quando comparado com a forma tradicional?



Fonte: o autor

Apenas o aluno 10 citou ser pouco vantajosa a utilização do *chatbot* em comparação a forma tradicional, mesmo assim, apesar de ser pouco vantajosa, é possível inferir que ainda é vantajoso. Já o aluno 12 não respondeu, sendo coerente, pois disse anteriormente que não conseguiu utilizar o *chatbot*.

5.6.12. Análise da questão 12: Você prefere aprender, sobre as queimadas e seus impactos ambientais ou qualquer outro tema, através do *chatbot* ou de métodos tradicionais de ensino?

A questão anterior avaliou se há alguma vantagem entre as aulas que utilizam alguma inovação, no caso o *chatbot*, em relação às aulas ditas tradicionais na percepção dos estudantes. O intuito foi entender qual é a preferência dos alunos, se para eles as aulas diversificadas são mais atraentes ou não. A análise do Quadro 97 permite inferir que quase a unanimidade, após conhecer o *chatbot*, demonstrou preferência pelo uso da ferramenta. Apenas o aluno 13 disse optar pelos métodos tradicionais, talvez por ser sua zona de conforto. As aulas tradicionais seguem um padrão em que o professor é o detentor do conhecimento e os alunos absorvem tudo passivamente e, muitas vezes, de forma mecânica. Desta forma, é possível concluir que o aluno em questão esteja condicionado a esse método ou não seja receptivo ao novo.

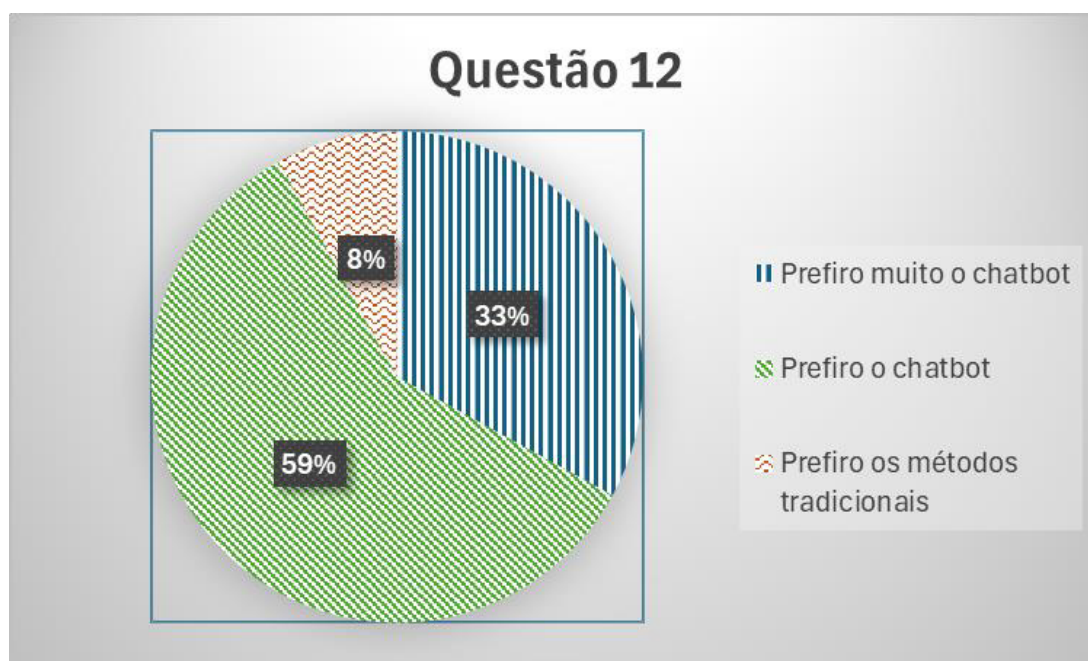
Quadro 97 - Questão 12 - metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Prefiro muito o <i>chatbot</i>	4	33%	2, 5, 10, 7
Prefiro o <i>chatbot</i>	7	59%	1, 3, 8, 4, 9, 11, 12
Prefiro os métodos tradicionais	1	8%	13
Prefiro muito os métodos tradicionais	0	0%	
Não respondeu	0	0%	

Fonte: o autor

As respostas estão descritas em porcentagem no GRÁFICO 13.

GRÁFICO 13 - Questão 12: Você prefere aprender, sobre as queimadas e seus impactos ambientais ou qualquer outro tema, através do *chatbot* ou de métodos tradicionais de ensino?



Fonte: o autor

5.6.13. Análise da questão 13: Por favor, indique três pontos que tornariam a metodologia ainda melhor

O intuito dessa questão é colher sugestões para melhorar ou incrementar a metodologia utilizada a partir do ponto de vista dos estudantes.

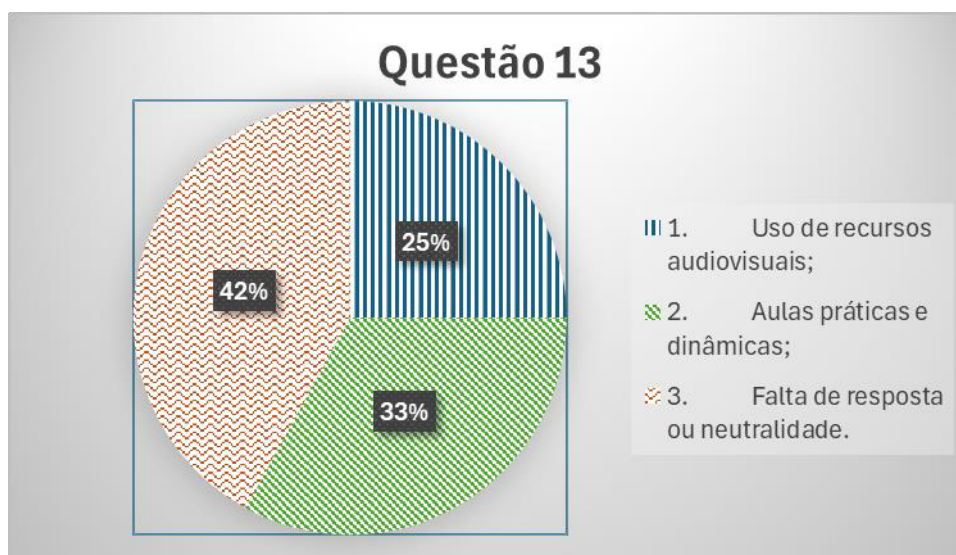
O Quadro 98 mostra que os alunos ficaram divididos entre as categorias 2 e 3. Isso é melhor percebido visualmente pelo GRÁFICO 14.

Quadro 98 - Questão 13 - metodologia

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Uso de recursos audiovisuais;	3	25%	7, 2, 8
2. Aulas práticas e dinâmicas;	4	33%	12, 11, 4, 3,
3. Falta de resposta ou neutralidade.	5	42%	5, 1, 13, 10, 9

Fonte: o autor

GRÁFICO 14 - Questão 13: Por favor, indique três pontos que tornariam a metodologia ainda melhor.



Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

As respostas que se enquadraram nessa categoria, Quadro 99, trazem que os pontos necessários para melhorar a metodologia, se pautam nos recursos audiovisuais, pois as respostas indicam uma forte preferência pelo uso de vídeos, músicas e desenhos.

Quadro 99 - Categoria 1: Uso de recursos audiovisuais

Respostas	Alunos
“Vídeos, músicas e desenhos”	7
“Desenhos, imagens, experiências”	2
“Desenhos, músicas, fotos”	8

Fonte: o autor

Logo, é possível inferir que os alunos consideram que essa diversificação tornará a metodologia mais envolvente e eficaz. Os vídeos e as músicas podem ser utilizados em momentos-chave para ilustrar ou massificar conceitos importantes, e as ilustrações (mapas mentais, esquemas etc.) podem servir para facilitar a compreensão e retenção de informações.

A citação de experiências na resposta do aluno 2 é outro indicador da valorização das atividades 'mão na massa' por parte dos alunos. Quando o aluno assume o protagonismo das atividades, torna a aprendizagem mais concreta e significativa.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Conforme mostrado no Quadro 100, para alguns alunos, a metodologia seria ainda melhor se abordasse mais atividades práticas. As respostas mostram que eles valorizam métodos práticos e visuais e que essas adições podem tornar as aulas mais atraentes e engajadoras.

Quadro 100 - Categoria 2: Aulas práticas e dinâmicas

Respostas	Alunos
“Aprender na prática”	3
“Dinâmicas, aulas descontraídas”	4
“Mostrar na prática”	11
“Mais aulas práticas	12

Fonte: o autor

O aluno 4 cita que, para melhorar a metodologia, é necessário incluir dinâmicas e as aulas devem ser descontraídas. A sequência didática faz uso de dinâmica, pois ela, por si só, já traz como benefício a descontração das aulas e é uma forma de atingir e atender as diferentes formas e estilos de aprendizagem de cada aluno.

O ganho que as aulas práticas trazem para o ensino-aprendizagem é, sem dúvida, gigantesco, sendo um ponto de inserção a ser considerado, pois o objetivo é contemplar as diferentes formas de aprender e estimular o engajamento dos alunos. No entanto, é evidente que as sugestões para que essas aulas ocorram não se limitam a essa sequência didática, já que é perceptível que os alunos anseiam por aulas no laboratório e não apenas práticas, considerando que a sequência apresenta uma abordagem prática. Como essa pesquisa se deu no início do ano letivo, é provável que, nos anos anteriores, os alunos não tenham realizado atividades experimentais.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Como pode ser observado no Quadro 101, os alunos 1 e 5 se abstiveram na indicação de melhorias. Talvez por acharem que está tudo de acordo com o esperado ou por não terem sugestão no momento.

Quadro 101 - Categoria 3: Falta de resposta ou neutralidade

Respostas	Alunos
“Nada a informar”	1
“Nada”	5
“Não respondeu”	9, 10, 13

Fonte: o autor

Já os alunos 9, 10 e 13 não se posicionaram e deixaram a questão sem resposta.

5.6.14. Análise da questão 14: Qual foi a coisa mais importante que você aprendeu ao longo da sequência didática?

Essa questão foi realizada com o intuito de sondar o que, dentre tudo estudado, o estudante achou mais importante e, por consequência, o que foi mais relevante para ele após o desenvolvimento da sequência didática.

O Quadro 102 mostra as categorias nas quais as respostas dos alunos se enquadram melhor.

Quadro 102 - Questão 14 - metodologia

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Impactos Ambientais	3	25%	3, 2, 11
2. Queimadas	6	50%	8, 5, 1, 4, 9, 7
3. Falta de resposta ou conhecimento	3	25%	10, 12, 13

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Conforme pode ser visualizado no Quadro 103, para os estudantes 2, 3 e 11, os aspectos mais importantes aprendidos estão relacionados aos impactos no meio ambiente ocasionados pelas queimadas. Isso mostra um grau de conscientização em relação aos prejuízos que as queimadas trazem ao meio ambiente. As consequências causadas vão muito além da poluição do ar e, embora seja um grande problema, impacta o planeta como um todo.

Quadro 103 - Categoria 1: Impactos ambientais

Respostas	Alunos
“Os impactos ambientais”	2
“Sobre os impactos ambientais”	3
“Sobre o impacto ambiental e o efeito estufa”	11

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

No Quadro 104, é possível ver que para esses alunos aprenderem sobre as queimadas e os seus impactos foi muito importante.

Quadro 104 - Categoria 2: Queimadas

Respostas	Alunos
“Sobre as queimadas”	1, 5
“Sobre as queimadas e o prejuízo que ela traz”	4
“Os impactos das queimadas”	7
“As queimadas (os impactos)”	8
“Não praticar queimadas”	9

Fonte: o autor

As citações “os impactos das queimadas” e “sobre as queimadas e o prejuízo que ela traz” mostram uma compreensão mais detalhada dos efeitos negativos das queimadas. Isso sugere que os alunos não só reconhecem as queimadas, mas também entendem as consequências que elas causam ao meio ambiente.

O aluno 9, ao citar “não praticar queimadas” demonstra possuir um nível de conscientização que vai além da passividade e evidencia uma postura ativa contra a prática das queimadas.

Logo, a análise das respostas mostra que a sequência didática teve um impacto significativo no aumento da conscientização sobre as queimadas e seus prejuízos. O discurso dos alunos revela uma compreensão clara dos impactos ambientais e, em alguns casos, uma transição para atitudes positivas e preventivas.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Os alunos apresentados no Quadro 105 não responderam à questão.

Quadro 105 - Categoria 3: Falta de resposta ou conhecimento

Respostas	Alunos
Não respondeu	10, 12, 13

Fonte: o autor

A falta de resposta por parte desses alunos permite inferir que a sequência didática ou o assunto trabalhado não os motivaram o suficiente a ponto de despertar uma reflexão sobre o aprendizado. Além disso, a ausência de resposta pode indicar uma possível dificuldade ou desconforto dos estudantes em relação ao tema estudado ou receio de que a resposta dada não seja a esperada.

5.6.15. Análise da questão 15: Você recomendaria o uso deste *chatbot* para outros alunos?

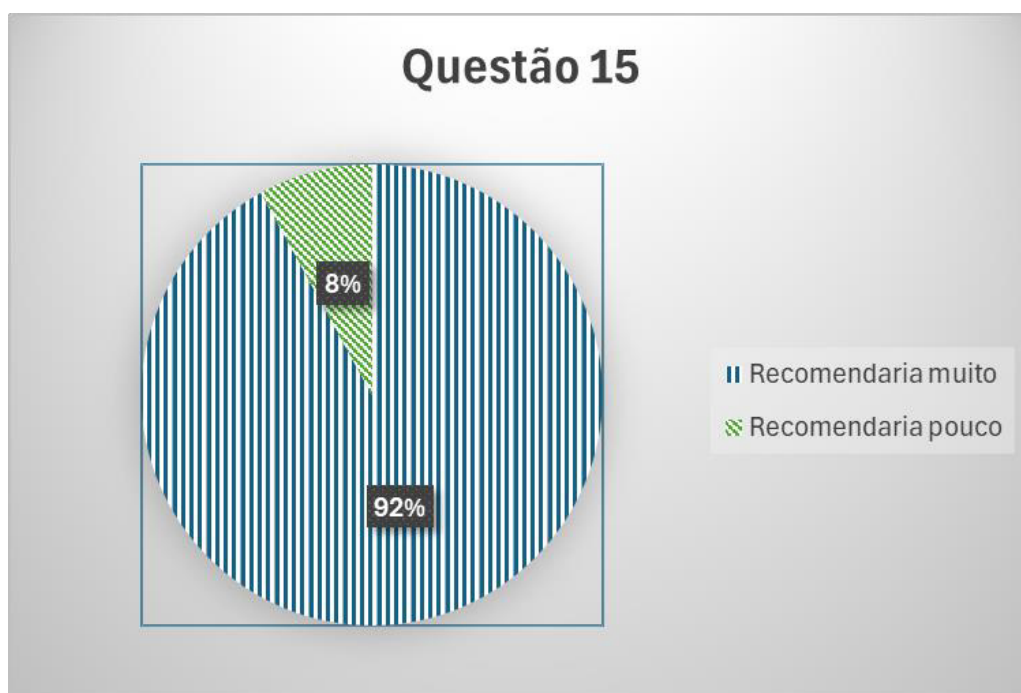
De acordo com o Quadro 106, a unanimidade dos alunos respondeu que recomendaria o *chatbot*, mesmo que só um pouco, como é o caso do aluno 1.

Quadro 106 - Questão 15 - metodologia

Alternativas	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
Recomendaria muito	11	92%	7, 12, 11, 13, 10, 9, 4, 5, 2, 8, 3
Recomendaria pouco	1	8%	1
Não recomendaria	0	0%	-
Diria para não usar	0	0%	-

Fonte: o autor

A partir dos dados do Quadro 106 e da representação gráfica, GRÁFICO 15, é possível inferir que a ferramenta teve uma boa aceitação por parte dos alunos e que, de alguma maneira, despertou o interesse e engajamento deles. Mesmo o aluno 13, que prefere os métodos tradicionais, quadro 97, disse que recomendaria o uso do *chatbot* a outros alunos.

GRÁFICO 15 - Questão 15: Você recomendaria o uso deste *chatbot* para outros alunos?

Fonte: o autor

Os autores Lautert, Aragon e Menezes (2024) exploraram as potencialidades do *chatbot* na contribuição para que os alunos do 2º ano do ensino médio compreendessem a pesquisa científica na disciplina de Iniciação Científica. Após a aplicação da ferramenta, concluíram que o uso do *bot* traz diversos benefícios para a

educação, garantindo mais dinamismo e autonomia aos alunos. Segundo eles, o *chatbot* é uma tecnologia útil no processo de ensino-aprendizagem, onde o professor é apenas um facilitador, pois possibilita que o docente atue de forma interdisciplinar e vá além de sua formação à medida que os alunos interagem com os conteúdos disponibilizados. Logo, o *chatbot* é uma valiosa ferramenta em prol da aprendizagem se usado de forma intencional.

5.6.16. Análise da questão 16: Você tem algum comentário ou sugestão para ajudar a melhorar as aulas?

A questão 16 visou sugestões para dinamizar e melhorar as aulas de química de modo geral. As respostas dos alunos foram divididas em categorias, conforme mostrado no Quadro 107.

Quadro 107 - Questão 16 – metodologia

Categorias	Frequência de Ocorrência		Alunos
	Absoluta	Percentual	
1. Satisfação;	3	25%	3, 2, 9
2. Sugestões;	3	25%	8, 7, 11
3. Ausência de sugestões;	3	25%	5, 4, 1
4. Falta de Resposta ou Conhecimento;	3	25%	10, 13, 12

Fonte: o autor

ANÁLISE DA CATEGORIA 1

Para os alunos retratados no Quadro 108, de modo geral, é possível inferir que as aulas foram a contento e satisfatórias.

Quadro 108 - Categoria 1: Satisfação

Respostas	Alunos
“Não, ela já está ótima”	2, 3
“Tudo ok!”	9

Fonte: o autor

Logo, para eles, o caminho adotado pelo professor na condução das aulas pode ser mantido.

ANÁLISE DA CATEGORIA 2

Os alunos 7 e 8, Quadro 109, sugeriram como melhoria a realização de trabalhos em grupos ou apresentações, e o aluno 11 sugeriu a realização de aula prática

Quadro 109 - Categoria 2: Sugestões

Respostas	Alunos
“Fazer trabalhos em grupos ou apresentações (slides)”	7, 8
“Aula prática”	11

Fonte: o autor

Essas sugestões revelam um certo interesse dos alunos por métodos colaborativos e de maior interação entre os participantes. É possível inferir que os alunos desejam atividades em que possam trocar ideias e desenvolver a troca de conhecimento.

Além do mais, a realização de trabalhos em grupo pode engajar de forma ativa os estudantes, e as apresentações em *slide* facilitam a aprendizagem, pois deixam o conteúdo mais organizado e visual.

ANÁLISE DA CATEGORIA 3

Os alunos 1, 4 e 5, conforme Quadro 110, não quiseram se manifestar, o que nos leva a entender que esses alunos não possuem sugestões específicas ou comentários a oferecer.

Quadro 110 - Categoria 3: Ausência de sugestões

Respostas	Alunos
“Nada a declarar”	1
“Não”	4, 5

Fonte: o autor

Essa atitude permite concluir que esses alunos estão satisfeitos com o formato de aula atual e que não há a necessidade de melhorias, pois as aulas já atendem suas expectativas. Por outro lado, esse tipo de resposta também pode demonstrar que

esses alunos não estão engajados e não possuem interesse em refletir sobre possíveis melhorias.

ANÁLISE DA CATEGORIA 4

Aqui, os alunos 10, 12 e 13, como mostrado no Quadro 111, não responderam à questão.

Quadro 111 – Categoria 4: Falta de resposta ou conhecimento

Respostas	Alunos
Não respondeu	10, 12, 13,

Fonte: o autor

A partir da falta de resposta, é possível concluir que há ausência de engajamento e comprometimento por parte dos alunos em relação às aulas, ou que eles não possuem segurança para expressar suas opiniões.

5.7. Avaliação do *chatbot* por parte dos estudantes

Ao serem questionados se consideravam possível aprender com o uso do *chatbot*, 75% dos alunos responderam afirmativamente, sinalizando que a ferramenta cumpriu seu papel pedagógico. Quando avaliados os níveis de aprendizagem percebidos, 67% afirmaram que “aprenderam quase tudo” com a ferramenta, enquanto nenhum aluno indicou ter aprendido pouco ou não ter aprendido nada.

Esses dados permitem inferir que a mediação do conteúdo por meio do *chatbot* contribuiu efetivamente para a construção de saberes.

Outro aspecto relevante observado foi a usabilidade da ferramenta pois, 75% dos alunos relataram não ter enfrentado qualquer dificuldade em utilizar o *chatbot*, demonstrando que a interface foi acessível e adequada ao perfil dos estudantes. Ainda, 92% afirmaram ter se sentido estimulados durante a sequência, o que reforça o papel do *chatbot* como uma ferramenta capaz de promover o engajamento e estimular o aluno para a aprendizagem. Essa prática é fundamental quando se considera o cenário atual da educação, que requer o uso diferentes inovações digitais que dialoguem com a cultura juvenil (Afonso, 2024). Dessa forma, a mediação através

do *chatbot* permitiu a aproximação entre os interesses dos alunos e os conteúdos escolares.

Em relação à metodologia como um todo, 50% dos alunos afirmaram que ela “facilitou bastante” sua aprendizagem, enquanto 42% consideraram que ela “facilitou pouco”. Um aluno deixou de responder à pergunta (8%), mas nenhum aluno respondeu que a metodologia dificultou o aprendizado, o que indica aceitação integral da proposta pedagógica.

A pergunta sobre a satisfação com o atendimento prestado pelo *chatbot* obteve 84% de respostas positivas entre “satisfatório” e “muito satisfatório”. Quando questionados se recomendariam o uso do *chatbot* a outros colegas, 100% dos respondentes disseram que sim, o que representa um importante indicador de validação da proposta. Esse alto grau de aceitação reflete não apenas a funcionalidade da ferramenta, mas também sua pertinência pedagógica. Como apontam Lautert, Aragon e Menezes (2024), os *chatbots* podem representar uma estratégia inovadora de apoio à aprendizagem, desde que planejados para favorecer a interação, a autonomia e o acesso a conteúdo relevantes.

O Quadro 112 apresenta uma síntese das respostas dos alunos a alguns questionamentos sobre o *chatbot*.

Quadro 112 – Avaliação do uso do *chatbot* por parte dos alunos

Questão	Resultado de destaque	Interpretação
1. É possível aprender com o <i>chatbot</i>?	75% responderam “Sim”	Forte aceitação como ferramenta de ensino
2. Como avalia sua experiência?	67% “Aprendi quase tudo”	A sequência com o <i>chatbot</i> surtiu efeito na aprendizagem
3. Dificuldade de uso?	75% “Nenhuma dificuldade”	Mostra acessibilidade da ferramenta
5. A metodologia facilitou sua aprendizagem?	50% “Facilitou bastante”, 42% “Facilitou pouco”	Nenhum aluno relatou que a metodologia dificultou
6. Você se sentiu estimulado?	92% disseram que sim	O <i>chatbot</i> gerou engajamento
7. Auxílio do <i>chatbot</i> foi satisfatório?	84% “satisfatório” ou “muito satisfatório”	Ajudou ativamente no processo de aprendizagem
12. Preferência de metodologia?	92% preferem o <i>chatbot</i>	Rejeição mínima da ferramenta
15. Recomendaria a outros alunos?	100% responderam que sim	Aceitação plena da ferramenta

Fonte: o autor

Logo, é possível inferir que o uso do *chatbot* não foi apenas funcional e eficiente, mas também bem recebido pela maioria dos estudantes. A experiência demonstrou que a ferramenta facilitou o acesso ao conteúdo, estimulou o engajamento e contribuiu para avanços conceituais importantes.

Além dos benefícios práticos, o *chatbot* se destacou como um recurso acessível e dinâmico, proporcionando aos alunos uma nova forma de interação com o conhecimento. A percepção geral da metodologia foi positiva, indicando que a tecnologia pode ser uma aliada valiosa no processo de ensino e aprendizagem.

Apesar dos resultados positivos, foi possível identificar algumas limitações. O próprio questionário mostra que o uso do *chatbot*, embora funcional, não foi explorado em sua totalidade. Houve restrições técnicas que limitaram a atuação do *bot* a um papel mais informativo, não atingindo seu pleno potencial interativo. Isso foi reconhecido pelos alunos, que em suas falas sinalizaram o desejo de uma interação mais aprofundada e dinâmica.

A partir disso, torna-se evidente que o *chatbot* tem um enorme potencial e possibilidades de uso, desde que futuras versões considerem melhorias em sua capacidade de resposta através do uso de inteligência artificial, personalização do conteúdo e integração com outras ferramentas digitais, como vídeos e imagens.

5.8. Análise das informações do *chatbot*

O uso do *chatbot* gera um histórico no *DialogFlow* que possibilita o entendimento do uso da ferramenta e o acompanhamento dos acessos por parte do professor. Logo, o professor consegue saber se determinada tarefa foi realizada ou não pelo aluno, o tempo de utilização do *chatbot* e quais interações foram realizadas.

Para exemplificar, as FIGURAS 35 e 36 mostram uma parte do histórico de interação do aluno 4.

FIGURA 35 - Histórico de interação entre o *chatbot* e o aluno 4

The screenshot shows the 'História' (History) tab in the Dialogflow console. At the top, there are filters for 'Todas as plataformas' and 'Todas as conversas', along with a date range from 'Feb 5, 2023' to 'Jan 23, 2023'. The main area displays a conversation log with two messages:

Conversa	Data
AGENTE Olá, seja bem vindo, que você gostaria de aprender? Digite o número da opção que deseja: ✓1. Um pouquinho da história da química ambiental... ✓2. Sequência Didática; ✓3. Jogos online de revisão ✓4. Dúvidas Para finalizar, digite SAIR	21 de fevereiro, 11:21 AM
USUÁRIO 1 📖 Aqui está um pouquinho da história da Química Ambiental: *Química Ambiental* Há muito tempo o meio ambiente vem sofrendo devido às ações antrópicas. O consumo desenfreado, a produção em massa para obtenção de lucro, a emissão de poluentes, o descarte irregular de resíduos, a exploração de recursos naturais, o desmatamento e as queimadas, são alguns exemplos de ações humanas que causam sérios impactos ambientais. Apesar da Revolução Industrial ter acontecido no século XVIII, somente no final da década	21 de fevereiro, 11:22 AM

Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>.

Acesso em: 17 maio 2023.

FIGURA 36 - Interação entre o *chatbot* e o aluno 4

The screenshot shows the 'História' (History) tab in the Dialogflow console. At the top, there are filters for 'Todas as plataformas' and 'Todas as conversas', along with a date range from 'Feb 5, 2023' to 'Jan 23, 2023'. The main area displays a conversation log with three messages:

Conversa	Data
USUÁRIO 2	21 de fevereiro, 11:29 AM
AGENTE Vou te ajudar nessa jornada fascinante rumo ao conhecimento 📖 Escolha uma das opções abaixo: 🔥 19. Queimadas na região de Jaú; 🔥 20. Combustão; 🔥 21. Queimadas; 🔥 22. Queimadas na Mídia; 🔥 23. Queimadas no Pantanal; 🔥 24. As queimadas e a influência nos ciclos biogeoquímicos; 🔥 25. Poluentes liberados na atmosfera pelas queimadas; 🔥 26. Exercícios de fixação; Para voltar ao menu inicial, digite 0 ou para finalizar, digite SAIR	21 de fevereiro, 11:29 AM
USUÁRIO 19 E aí, estudante! Tudo bem? Fico feliz em saber que você está preocupado com esse problema que acontece em sua cidade e na região. 📖 Olha só o que as queimadas	21 de fevereiro, 11h30

Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>.

Acesso em: 17 maio 2023.

Ao analisar a participação dos alunos, foi possível constatar que, apesar da boa aceitação da ferramenta, ela não foi explorada da maneira que se esperava. Poucas interações aconteceram e nem todos os tópicos foram acessados.

Logo, a análise mostra que, mesmo com o aluno em posse do celular e o professor inovando, conforme Pelizzari *et al.* (2002), se o aluno não estiver disposto a aprender, a aprendizagem não acontece ou se dá de forma meramente mecânica.

Ainda, através da ferramenta *Analytics* do *DialogFlow*, é possível obter informações detalhadas sobre as interações dos alunos com o *chatbot*, conforme o GRÁFICO 16.

GRÁFICO 16 - Interações dos alunos com o *chatbot* no período de aplicação da SD



Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>.

Acesso em: 17 maio 2023.

É possível observar no GRÁFICO 16 que houve um pico de interações com o *bot* no início da sequência didática e, depois, uma queda drástica. Pode-se inferir que o pico tenha se dado pela curiosidade em conhecer o *chatbot*, mas, com o passar dos dias, foi possível ver um nítido desinteresse devido aos poucos acessos. Talvez o fato de grande parte dos estudantes trabalharem no período oposto ao da escola e não

ser permitido o uso de celular sem a permissão do professor durante as aulas e nem no trabalho, tenha contribuído para essa queda.

Ainda, através da opção *Analytics*, se tem uma visão geral e resumida das interações dos alunos em cada *intent* (intenção), como pode ser observado no Quadro 113.

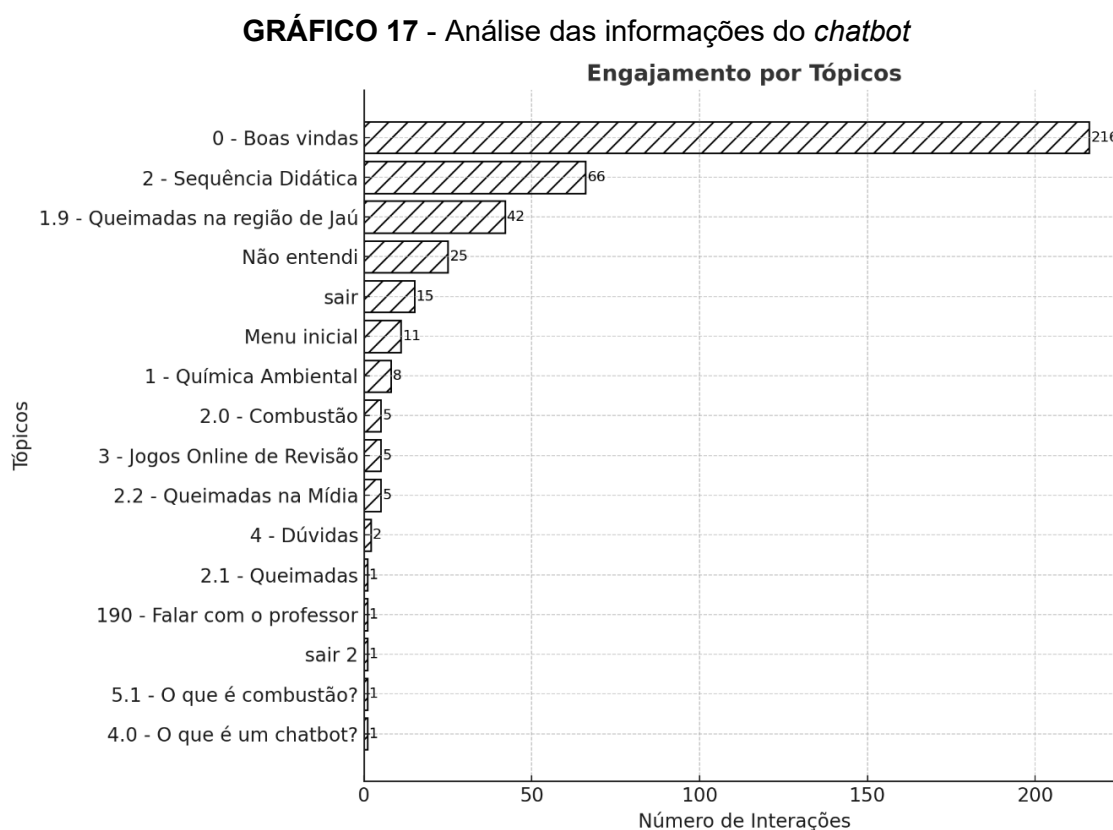
Quadro 113 - Estatísticas resumidas de todas as solicitações por intenção

Estatísticas resumidas por intenção			
Nome	Sessões	Interações	Saída %
2.2 - Queimadas na Mídia	5	5	5,88%
Menu inicial	9	11	0,00%
4.0 - O que é um chatbot?	1	1	0,00%
sair	14	15	8,82%
0 - Boas vindas	51	216	7,35%
5.1 - O que é combustão?	1	1	0,00%
sair 2	1	1	1,47%
Não entendi	21	25	1,47%
2 - Sequência Didática	58	66	7,35%
1.9 - Queimadas na região de Jauú	40	42	52,94%
4 - Dúvidas	2	2	0,00%
190. Falar com o professor	1	1	1,47%
3 - Jogos Online de Revisão	5	5	0,00%
1 - Química ambiental	8	8	4,41%
2.1 - Queimadas	1	1	1,47%
2.0 - Combustão	5	5	7,35%

Fonte: GOOGLE. *Dialogflow*. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 17 maio 2023.

Aqui, pode-se observar o assunto que mais foi explorado pelos estudantes e qual chamou pouco a atenção deles. Por exemplo a opção “Sequência Didática” foi acessada por 58 vezes e a partir dela houve 66 interações. Já a opção “Falar com o professor” uma única vez.

Logo, é visível que nem todo o potencial da ferramenta foi explorado. As opções mais acessadas foram aquelas direcionadas dentro da sequência didática. As opções subjacentes não entraram no radar da curiosidade dos alunos e foram deixadas de lado ou pouco exploradas. Como prova disso, temos a opção “Perguntas Frequentes”, que nem ao menos aparece nas estatísticas resumidas do Quadro 113. As estatísticas apresentadas podem ser visualizadas de forma mais clara no GRÁFICO 17.



Fonte: o autor

Além das opções de análise do *DialogFlow* apresentadas, também é possível fazer o acompanhamento individualizado do aluno através do canal utilizado, como *WhatsApp*, *Telegram*, *Facebook*, *site* etc., ou seja, o canal escolhido pelo professor para rodar o *chatbot*.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo elaborar e aplicar uma sequência didática para os alunos do 2º ano do ensino médio sobre as queimadas e seus impactos no meio ambiente, tema de interesse global, utilizando a metodologia aprendizagem baseada em problemas e o *chatbot* como ferramenta pedagógica.

Após a aplicação da sequência e a análise dos dados, ficou evidente os avanços conceituais dos alunos, demonstrando que eles compreenderam os aspectos centrais do tema, como as causas e consequências das queimadas, os impactos ambientais e sociais, bem como as maneiras de minimizar o problema.

A apropriação de vocabulário científico, distanciamento do senso comum e a construção de relações causais (causa e consequência), demonstraram que o processo de aprendizagem ocorreu de forma significativa, conforme é preconizado por Ausubel em sua teoria.

Apesar da existência de algumas lacunas conceituais em parte das respostas, isso faz parte do cotidiano escolar, onde as turmas são heterogêneas, e mostra a necessidade da reflexão docente e a importância da utilização de diferentes estratégias de ensino. Além disso, a grande maioria dos estudantes sempre foi encorajada a decorar os conteúdos ministrados, resultando em uma aprendizagem superficial e, em que o esquecimento rapidamente faz o seu papel, que os impede de estabelecer pontes entre o que já se sabe e o que é aprendido e os encorajem a argumentar de forma crítica.

O *chatbot*, utilizado como ferramenta pedagógica, se mostrou funcional, acessível e bem aceito pelos estudantes, que se mostraram mais engajados e atuaram com mais autonomia no processo ensino-aprendizagem, além de validarem a proposta ao recomendá-la integralmente a outros colegas. Essa experiência pedagógica demonstrou que é possível integrar tecnologia e ensino de forma produtiva, promovendo um ambiente de aprendizagem mais próximo da realidade cotidiana e digital dos alunos.

Assim, é possível concluir que a sequência didática auxiliada pelo *chatbot* foi efetiva em seus propósitos, contribuindo para a construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de uma postura crítica diante das questões socioambientais.

Para estudos futuros, recomenda-se o uso de *chatbot* provido de inteligência artificial, para o ensino de química, que disponha de interações audiovisuais atrelado as diferentes metodologias ativas disponíveis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E; VILELA, M. F.; REIS JÚNIOR, F. B. **Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2004. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/569371/1/doc119.pdf>. Acesso em 4 jan. 2024.

AFONSO, D. L. dos A. **Uso da Inteligência Artificial em Chatbot para apoio aos estudantes dos cursos à distância na área da saúde**. 2024. Tese (Doutorado em Enfermagem) - Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). São Paulo, 2024. Disponível em:
https://repositorio.unifesp.br/items/3c559b2c-4535-4e35-962f-37260384a0ba?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 abr. 2025.

ALENCAR, G. V. **Novo código florestal brasileiro**. 1. ed. Vitória: Editora UFV, 2015. Disponível em:
https://www.academia.edu/34985591/LIVRO_NA_%C3%8DNTEGRA_Novo_C%C3%B3digo_Florestal_Brasileiro_Ilustrado_e_de_F%C3%A1cil_Entendimento_1a_Edi%C3%A7%C3%A3o_2015_. Acesso em: 28 maio 2024.

ALEXANDRE, M. C. L; ARRIGO, V; ASSAI, N. D. S. O ensino de química e a educação ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 5, p. 306-325, 2018.

ANJOS, M.; FERREIRA, M. B. **Novo Aurélio**: século XXI. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

ARBEX, M. A.; SANTO, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, DF, v. 38, n. 5, p. 643–655, set. 2012. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/sD3cLkXqQwmDFpgzsyj7gBm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2024.

ARTAXO, P.; GATTI, L. V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; PROCÓPIO, A. S.; RIZZO, L. V. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 185–196, abr. 2005. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/aa/a/5xzSMjL9bJn9nd3pGS3NmNF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2024.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. Disponível em:
https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf. Acesso em: 7 jun. 2024.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BAIRD, C; CANN, M. **Química ambiental**. 2. ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2014.
 BARROS, D. M. V; GUERREIRO, A. M. Novos desafios da educação a distância: programação e uso de *chatbots*. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 26, n. 2, p. 410-431, maio/ago. 2019. Disponível em:
<https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/8743>. Acesso em: 18 jun. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em:
<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837392/>. Acesso em: 31 maio 2024.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 579–593, jul. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Mt8mZzjQcXTtK6bxR9Sw4Zg/?>. Acesso em: 27 abr. 2025.

BLIPBLOG. **Chatbot**: o que é, como funciona, benefícios e cases. [s. l.] 2021. Disponível em <https://www.blip.ai/blog/chatbots/chatbot/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E.; BRAGA, G. M. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 87–94, jan. 2003.

BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência ambiental**: Terra, um planeta vivo. 7. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2011. 681 p. Disponível em:
<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2277-2/>. Acesso em: 28 dez. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. Disponível em:
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 22 jun. 2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, [2018a]. Disponível em:
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 16 jul. 2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, [2018b]. Disponível em:
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018c. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União**: seção 1. 223. ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. p. 155, 21 nov. 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/guest/materia/->

/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603. Acesso em: 16 jan. 2024.

BRASIL. **Incêndios florestais**: vigilância ambiental em saúde e resposta coordenada. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [2021]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/incendios_florestais_vigilancia_ambiental.pdf. Acesso em: 22 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 16 jul. 2023.

BRASIL. **Novo Ensino Médio**: perguntas e respostas. Brasília, DF: MEC, [2018]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>. Acesso em: 24 maio 2024.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SESu, 1999.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, [1997]. 126 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.

CANELA, M. C.; FOSTIER, A. H.; GRASSI, M. T. A química ambiental no Brasil nos 40 Anos da SBQ. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 6, p. 634–642, jul. 2017.

CEDRO, P. D. C.; SILVA, A. J. C.; INOCÊNCIO, A. C.; CASTRO, C. C.; COSTA, H. A. X.; PARREIRA JÚNIOR, P. A. CVChatbot: um chatbot para o aplicativo Facebook Messenger integrado ao AVA Moodle. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE 2018), 7., 2018, Fortaleza. **Anais** [...]. Porto Alegre: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2018. p. 1623-1632. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/8123/5814>. Acesso em: 3 maio 2024.

COELHO, T. F.; SOUZA, A. R.; SOUZA, J. A. P. L. L.; PEDROZA, M. M. Impactos dos poluentes resultantes das queimadas na saúde humana. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/21752/209209217791/209209255833>. Acesso em: 21 maio 2024.

CORRÊA, A. V. S.; JUNCAL, A. M. S.; BORGES, D. S.; CASTANHEIRO, B.; SANTOS, G. S.; AMARAL, G. N.; AMARAL, S. H. R.; BESSA, N. G. F. Relação das queimadas e os casos de doenças respiratórias em crianças e idosos na época da seca no Tocantins. **Revista de Patologia do Tocantins**, Palmas, v. 8, n. 1, p. 69–73, 2021. DOI: 10.20873/10.20873/uft.2446-6492.2021v8n1p69. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/patologia/article/view/8067>. Acesso em: 22 maio. 2024.

CORREIA, V. M. **Aplicações em inteligência artificial na educação, na química e no ensino de química**: uma revisão sistemática de literatura. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Ipojuca, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/400/VIRGINIA%20MARLENE%20CORREIA%20-%20TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 maio 2024.

COSTA JÚNIOR, J. F.; LEMOS, L. H. G.; COSTA, J. B.; ARCANJO, C. F.; SILVA, V. F.; SILVA, A. O.; MAULAI, C. N. S.; OLIVEIRA, S. M. Aprendizagem significativa e desenvolvimento de competências para o século XXI. **Revista Educação, Humanidade e Ciências Sociais**, Itabuna, v. 7, n.14, p. 1-21, jul./dez. 2023. Disponível em: <https://periodicos.educacaotransversal.com.br/index.php/rechso/article/view/95/97>. Acesso em: 7 jun. 2024.

COSTA, A. V. S. **Um estudo sobre a formação e atuação dos professores de química do município da Serra do Mel/RN**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Interdisciplinar em Educação do Campo), Centro de Ciências Sociais, Aplicadas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3311/2/AntoniaVSC_MONO.pdf. Acesso em: 3 maio 2024.

COSTA, T. M.; MADUREIRA, N. L. V.; SANTOS, G. G.; MOREIRA, P. P. F.; SANTOS, I. V. O processo de ensino e aprendizagem de química: percepções e possibilidades diante do ensino remoto. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 15, p. 1-15, e441101523125, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23125. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23125/20469>. Acesso em: 30 abr. 2024.

CURSINO, J. R. V.; CALISTA, A. A.; NASCIMENTO, J. E. M.; FILHO, A. S. C. Uma revisão integrativa sobre o uso de *chatbot* para subsidiar o ensino na área da saúde. **Revista Saúde Digital Tecnologia Educação**, Fortaleza, CE, v. 5, n. 1, p.108-122, jan./abr. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54388/1/2020_art_jrvcursino.pdf. Acesso em: 2 maio 2024.

DANTAS, A. C.; TORRES, H. S.; FARIA, I. P.; ARAÚJO, W. S.; SANTOS, G. B.; MACHADO, G. O.; ALMEIDA, A. V.; NASCIMENTO, M. Z. AstroBot: um chatbot com inteligência artificial para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de física. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 8., 2019, Brasília-DF. **Anais [...]**. [s. l.]: CEIE, 2019. p. 1196-1203. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/wcbie/article/viewFile/9075/6619>. Acesso em: 2 maio 2024.

DANTAS, K. As novas tecnologias como ferramentas pedagógicas no incentivo à escrita e leitura. **Imagine educação**. [s. l.], 7 mar. 2019. Desempenho Escolar. Disponível em: <https://educacao.imagineie.com.br/as-novas-tecnologias-como->

ferramentas-pedagogicas-no-incentivo-a-escrita-e-leitura/#:~:text=Ferramentas%20pedag%C3%B3gicas%20s%C3%A3o%2C%20em%20sentido,a%20educa%C3%A7%C3%A3o%20efetiva%20do%20aluno. Acesso em: 20 jun. 2023.

DESCOVI, L. M. G.; SANTOS, M. G.; HERPICH, F.; PHILERENO, J. A.; SILVEIRA, C. TAROUÇO, M. R. Avaliação da usabilidade do agente conversacional *Cerebrum* com professores em formação: uma abordagem educacional aplicada às equações algébricas. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, Buenos Aires, n. 36, p. 28-36, jul./dez. 2023. Disponível em: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/162341/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 1 maio 2024.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e para o escrito: apresentação de um procedimento. In.: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. [Tradução e organização Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro] Campinas, SP: Mercado de Letras, 2004, p. 95 – 128.

ELISSON, E. Queimadas alteram ciclos biogeoquímicos e clima da Amazônia. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, 24 jul. 2009. Arquivo. Disponível em: <https://www.abc.org.br/2009/07/24/queimadas-alteram-ciclos-biogeoquimicos-e-clima-da-amazonia/#:~:text=De%20acordo%20com%20os%20pesquisadores,no%20ar%20e%20na%20%C3%A1gua>. Acesso em: 6 jan. 2024.

ESTRELA, C. C; POTT, C. M. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 271–283, jan. 2017.

FARIAS, M. L. Combustão e seus efeitos: um estudo sobre concepções de alunos do ensino técnico do CEFET-RS, visando à educação ambiental. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 12, p. 159-177, 2007. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/6794/812-1645-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 dez. 2023.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2724603&forceview=1>. Acesso em: 01 maio 2024.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 167–185, fev. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ZfsSpwwxFSnvnwFGWPbswTP/?format=html&lang=pt#>. Acesso em 04 jan. 2024.

GASPAR, L. Queimadas no Brasil. In: **Pesquisa Escolar**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2012. Disponível em: <https://pesquisaescolar.fundaj.gov.br/pt-br/artigo/queimadas-no-brasil/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

GEORGESCU, A. A. Chatbots for education: trends, benefits and challenges. **Conference Proceedings of E-Learning and Software for Education**, Frankfurt am Main, v. 14, n. 2, p. 195-200, 2018. Disponível em: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=668455>. Acesso em: 26 maio 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GOMES, C. *Chatbot: entenda tudo sobre o assunto*. In: **Simply.bog**. [s. l.] 2017. Disponível em: <https://blog.simply.com.br/chatbot/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

GOOGLE. **Cloud Hub**. Disponível em: <https://console.cloud.google.com/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

GOOGLE. **Dialogflow**. Disponível em: <https://dialogflow.cloud.google.com/>. Acesso em: 1 jul. 2023.

HOLOTESCU, C. MOOCBuddy: a chatbot for personalized learning with MOOCs. In: ROCHI-INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2016, Iasi, Romênia. **Proceedings** [...]. Iasi: RoCHI, 2016. p. 91-94. Disponível em: <https://rochi.utcluj.ro/articole/4/RoCHI2016-Holotescu.pdf>. Acesso em: 3 maio 2024.

IBAMA. **Queima controlada**. [s. l.], 29 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-protecao-ambiental/incendios-florestais/queima-controlada#:~:text=Considera%2Dse%20Queima%20Controlada%20o,com%20limites%20f%C3%ADsicos%20previamente%20definidos>. Acesso em: 17 de jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). **Ambiente, trabalho e câncer**: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas**. São José dos Campos: INPE, [2024]. Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 06 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas**. São José dos Campos: INPE, [2025]. Disponível em: <https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 01 fev. 2025.

JESUS, M. A. S.; SILVA, R. C. O. A teoria de David Ausubel: o uso dos organizadores prévios no ensino contextualizado de funções. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., Recife, 2004. **Anais** [...]. Recife: SBEM, 2004. Disponível em: <https://sbem.com.br/files/viii/pdf/03/MC05002402801.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2024.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias**: o novo ritmo da informação. Campinas: Editora Papirus, 2007.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em *design*: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 1-16, ago. 2017.

KOBASHIGAWA, A. H.; ATHAYDE, B. A. C. C.; MATOS, K. F.O.; CAMELO, M. H.; FALCONI, S. Formação de Educadores para o Ensino de Ciências nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. **Estação Ciência**, USP, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54659874-Estacao-ciencia-formacao-de-educadores-para-o-ensino-de-ciencias-nas-series-iniciais-do-ensino-fundamental.html>. Acesso em: 26 maio 2024.

KUNZLI, N.; PEREZ, L.; RAPP, R. **Air quality and health**: an initiative of ERS for the Year of the Lung. Lausanne: European Respiratory Society, 2010. Disponível em: <https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf>. Acesso em: 24 maio 2024.

KUYVEN, N. L.; ANTUNES, C. A.; VANZIN, V. J. B.; SILVA, J. L. T.; KRASSMANN, A. L.; TAROUÇO, L. M. R. *Chatbots* na educação: uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 123-132, 2018. DOI: 10.22456/1679-1916.86019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/86019>. Acesso em: 24 maio 2024.

LAUTERT, C.; ARAGON, R.; MENEZES, C. S. Chatbots e tomada de consciência: um estudo sobre a contribuição dos chatbots na compreensão da pesquisa científica no ensino médio. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 237–246, 2024. DOI: 10.22456/1679-1916.141551. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/141551>. Acesso em: 14 jul. 2025.

LEITE, B. S. Inteligência artificial e ensino de química: uma análise propedêutica do *chatgpt* na definição de conceitos químicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 46, n. 9, p. 915–923, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/wmnNF3N6Wcx3VZBggwSjt/>. Acesso em: 1 maio 2024.

LEITE, L. R.; RODRIGUES, A. P.; ARAGÃO, F. M.; LIMA, S. L. L.; MOURA, F. N. S.; FIRMINO, N. C. S.; NASCIMENTO, F. J.; CASTRO, E. R. O uso de sequências didáticas no ensino de química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, Uberlândia, v. 11, n. 2, p. 177-188, jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RBEU/article/view/11429/7415>. Acesso em: 4 maio 2024.

LENZI, E; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à química da água**: ciência vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 605 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1961-1/>. Acesso em: 9 jan. 2024.

LEONHARDT, M. D.; CASTRO, D. D.; DUTRA, R. L. S.; TAROUCO, L. M. R. ELEKTRA: um *chatbot* para uso em ambiente educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2003. DOI: 10.22456/1679-1916.14336. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14336>. Acesso em: 3 maio 2024.

LIMA, E. R. P. O.; MOITA, F. M. G. S. C. A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (org.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do ensino de química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, v. 12, n. 140, p. 71-79, dez. 2012. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/19112>. Acesso em: 27 de abr. 2024.

LIMA, S. F.; NUNES, E. C.; SOUZA, R. F. Abordagem da temática queimadas por meio da aprendizagem baseada em projetos no ensino de ciências da natureza. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 96-108, ano 2020. Disponível em: https://www.if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID680/v15_n1_a2020.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.

LOPES, E. R. N.; SILVA, A. P. P.; PERUCHI, J. F.; LOURENÇO, R. W. Zoneamento de risco de incêndio e queimadas no município de Sorocaba – São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 36, p. 117-129, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/148048>. Acesso em: 14 jul. 2023.

LOPES, M. D. B. **Conectividade, interatividade, gamificação e ensino de química**: uma proposta de sequência didática para o ensino do modelo atômico de Bohr. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino para a Educação Básica) – Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2022. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_16/2023-09-13-10-08-512.%20Disserta%C3%A7%C3%A3o_Maycon%20Lopes_Orientadora-D%C3%A9bora%20Astoni.pdf. Acesso em: 4 maio 2024.

MAGALHÃES, W.C. **O chatbot**: inteligência artificial como ferramenta voltada para o processo no ensino de química. 2023. Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal do Piauí, Parnaíba, 2023. Disponível em: http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1661/1/2023_tcc_wcmagalhaes.pdf. Acesso em 4 maio. 2024.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

MARANHÃO. **Manual de prevenção e controle de queimadas no estado do Maranhão**. São Luís: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais, 2020. Disponível em: <https://legislacao.sema.ma.gov.br/arquivos/1588181691.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MARCHIORE, L. W. O. A; ALENCAR, E. M. L. S. Motivação para aprender em alunos do ensino médio. **ETD - Educação Temática Digital**, v.10. n. esp., out. 2009. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/319658202_Motivacao_para_aprender_em_alunos_do_ensino_medio. Acesso em: 27 abr. 2025.

MARQUES, D. M. **As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria**: contribuições para o ensino de química. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006. Disponível em:

https://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/DIS_MEST/DIS_MEST20060224_MARQUES%20DEVIDI%20MARCIO.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

MAZZEI, J. R. F. Estudo dos motivos para o fracasso dos estudantes e professores na relação ensino-aprendizagem de química do ensino médio. **Latin American Journal of Development**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1414-1432, mai./jun. 2021.

Disponível em:

<https://ojs.latinamericanpublicacoes.com.br/ojs/index.php/jdev/article/download/360/338/1093>. Acesso em: 25 maio 2024.

MEIO SUSTENTÁVEL. **Queimadas**: quais são suas causas e consequências? [s. l.], 2022. Planeta. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/queimadas/>. Acesso em: 16 de jul. 2023.

MENDES, M. P. B. da S. O conhecimento e uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC's) pelos professores de geografia do ensino superior: algumas reflexões e indagações. **Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica**. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v. 4, n. 2, p.114-133, jul./dez. 2016. Disponível em:

<https://ojs.ufpi.br/index.php/parfor/article/viewFile/5312/3350>. Acesso em: 1 jun. 2024.

MIRANDA, E. E. **Alternativas para a prática das queimadas na agricultura brasileira**. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 2.; REUNIÃO TÉCNICA CONJUNTA IPEF/FUPEF/SIF DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 6., 2001, Piracicaba. Anais [...].

Piracicaba: IPEF, 2001. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/49239/1/2445.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

MORAIS, F. C. T.; LINO NETO, S.; LOPES, R. B. N.; SANTOS, B. M. B.; BRITO, E. K. A.; SANTOS, N. F. Ensino de química no contexto da BNCC e da Reforma do Ensino Médio: uma análise da perspectiva docente. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 8., 2022, João Pessoa. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda., 2022. Disponível em:

https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2022/TRABALHO_COMPLETO_E_V174_MD4_ID14430_TB2316_20112022112940.pdf. Acesso em: 27 de abr. 2024.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes LTDA, 1982. Disponível em: <https://feapsico2012.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/11/moreira-masini-aprendizagem-significativa-a-teoria-de-david-ausubel.pdf>. Acesso: 6 jun. 2024.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. **Pesquisa em ensino:** métodos qualitativos e quantitativos. 2. ed. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/disciplinas/pesquisa-em-ensino/pesquisa-em-ensino-metodos-qualitativos-e-quantitativos/view>. Acesso em: 11 jun. 2024.

NEVES, K. O. G.; NETTO, J. F. M; FERREIRA, R. G. S. Ambientes virtuais de aprendizagem e *chatbot* como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem de biologia. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 5, p. 1-15, e56410515386, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.15386. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15386>. Acesso em: 1 maio 2024.

OLIVEIRA, S. R.; GOUVEIA, V. P.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova Escola**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 23-30, fev. 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/05-CCD-0508.pdf. Acesso em: 7 jun. 2024.

OLIVEIRA-FILHO; E. C. Queimadas e recursos hídricos: efeitos das cinzas sobre os ecossistemas aquáticos. **Embrapa Cerrados**, Brasília, 26 out. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/56780861/artigo—queimadas-e-recursos-hidricos-efeitos-das-cinzas-sobre-os-ecossistemas-aquaticos>. Acesso em: 13 jun. 2024.

OLIVEIRA, T. S.; SOUZA, C. A. A.; OLIVEIRA, J. L. S. **Poluição atmosférica: impactos no meio ambiente e na saúde humana.** Anais do V CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72792>. Acesso em: 21 abr. 2025

ONODY, R. N. Teste de Turing e inteligência artificial. **USP-Instituto de Física de São Carlos**. São Carlos, 28 set. 2021. Notícias. Disponível em: <https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/teste-de-turing-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 4 maio 2024.

PACHECO, E. R.; VENSKE, S. M. G. S. Um centenário em evidência: Alan Turing (1912-1954). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 14, n. 2, p. 181-198, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/download/2055/2133>. Acesso em: 4 maio 2024.

PAZ, L. F. **Processos de ensino e de aprendizagem mediados por inteligência artificial.** 2022. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) –

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Farroupilha, 2022.

PEIXOTO, R. Gases de efeito estufa atingem novo recorde, e impactos climáticos aumentam, alerta ONU. **G1**, [s. l.], 15 nov. 2023. Meio Ambiente. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/11/15/gases-de-efeito-estufa-atingem-novo-recorde-e-impactos-climaticos-aumentam-alerta-onu.ghtml>. Acesso em: 5 jan. 2024.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001-jul. 2002. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.

PEREIRA, A. A.; PEREIRA, J. A. A.; MORELLI, F.; BARROS, D. A.; ACERBI JR, F. W.; SCOLFORO, J. R.S. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **CERNE** [online], Lavras, v. 18, n. 2, p. 335-343, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000200019>. Acesso em: 4 jun. 2024.

PEREIRA, A. S.; PIRES, D. X. Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17(2), p. 385-413, 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/799/pdf>. Acesso em: 02 jun. 2024.

PESSANHA, M. **Prática baseada no design: o planejamento didático como orientador da ação docente reflexiva no ensino de ciências**. São Paulo: EditSBQ, 2023. Disponível em: <https://edit.s bq.org.br/anexos/livro-pratica-baseada-design.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2023.

PIOVESAN, E. Projeto lista tecnologias alternativas para substituir o uso de queimadas. **Câmara dos Deputados**, Brasília, 28 out. 2021. Meio Ambiente e Energia. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/822194-PROJETO-LISTA-TECNOLOGIAS-ALTERNATIVAS-PARA-SUBSTITUIR-O-USO-DE-QUEIMADAS#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20aos%20meios%20para,c ulturas%3B%20rota%C3%A7%C3%A3o%20de%20culturas%3B%20sistemas>. Acesso em: 4 jun. 2024.

PIRES, D. O. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/34/2014/04/pires.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 734–739, 1992. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/748>. Acesso em: 4 jan. 2024.

QUEIROZ, J. P. S. A importância do uso da tecnologia como ferramenta pedagógica na sala de aula. *In*: CIET: ENPED, 2018, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: UFSCAR, 2018. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/102>. Acesso em: 18 jul. 2023.

REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr./jun., 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/jkprVJMw5mKbKjd9G4xyQ4p/?format=pdf#:~:text=A%20a%C3%A7%C3%A3o%20do%20fogo%20pode,e%20nutrientes%20para%20as%20plantas>. Acesso em: 27 maio 2024.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 44, p. 125–148, jan. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/5KxLnbYV6c8kRph4Dxd49rv/?format=html>. Acesso em: 17 jan. 2024.

ROCHA, C. Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada. **Embrapa**, Roraima, 4 fev. 2015. Notícias. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>. Acesso em: 16 jul. 2023.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 251 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788560031337/>. Acesso em: 27 dez. 2023.

SANTOS, A. T.; VELHO, A. E.; FREITAS, T. S. Ciclo do nitrogênio e suas reações. **Ilsa**, Portão, 2020. Disponível em: <https://ilsabrasil.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SANTOS, J. D. **A proposta da sequência didática no ensino de química: contribuições do estudo das funções orgânicas frente ao problema da automedicação**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/39083/1/SANTOS%2c%20Jefferson%20David%20dos.pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.

SANTOS, M. A. **Poluição do meio ambiente**. Rio de Janeiro: LTC, 2017. p.140. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634140/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

SANTOS, T. O.; ANDRADE FILHO, V. S.; ROCHA, V. M.; MENEZES, J. S. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2017/vol11/no2/9.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SÃO PAULO. **Currículo em ação**: ciências da natureza e suas tecnologias, 2ª série, Ensino Médio, caderno do professor, v. 1, 1º bimestre. São Paulo: Secretaria da Educação, 2022.

Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2022/03/2a_Serie_EM_Prof_CNT_MIOLO_Web_final_08-03.pdf. Acesso em: 18 jul. 2023.

SERRALHEIRO, C. L. C. R. **Caracterização do tolueno e o seu tempo de permanência na atmosfera terrestre**. 2015. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/16479/1/Serralheiro_2015.pdf. Acesso em: 12 jan. 2024.

SGANDERLA, R. B.; FERRARI, D. N.; GEYER, C. F. R. BonoBOT: um chatterbot para interação com usuários em um sistema tutor inteligente. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 14., 2003, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/sbie2003/publicacoes/soft10.pdf>. Acesso em: 3 maio 2024.

SILVA NETO, A. J.; PIMENTEL, M. D.; TAMBOR, J. H. M. A inteligência artificial no combate às queimadas e a degradação do meio ambiente. *In*: SEMANA DO CONHECIMENTO UFMG, 29., 2020, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2020. Disponível em: <https://gru.guarulhos.sp.gov.br/index.php/SDC20/IXSEMCITEC/paper/viewFile/27/20>. Acesso em: 5 jun. 2024.

SILVA, A. A.; ALMEIDA, D. Y.; SILVA, B. R. T.; MACÊDO, V. S.; JUNIOR, C. A. B. S. O uso do *kahoot* como ferramenta didática para o ensino de química na modalidade do ensino remoto emergencial. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 8., 2021, Maceió. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2021/TRABALHO_EV150_M D1_SA119_ID2099_28072021192319.pdf. Acesso em: 1 maio de 2024.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, vol.17, n. 1, p. 1-14, 2015. Disponível em: <https://www.fepiam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/2113-7552-1-PB.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SILVA, D. S. L., SANTOS, C. R., SANTOS, G. B., ALVES, H. C. O.; OLIVEIRA, A. D. Desafios do ensino de biologia. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 3., 2016, Natal. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/20643>. Acesso em: 3 maio 2024.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 42–49, 2009. Disponível em: https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a4.pdf. Acesso em: 29 maio 2024.

SILVA, T. P.; ROCHA, J. S.; ARAÚJO, L. G.; ALMEIDA, R. V. Análise de uma sequência didática auxiliada pelo uso das tecnologias da informação e comunicação para o ensino de cinética química numa perspectiva ausebiliana. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 2., 2015, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2015. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/15432>>. Acesso em: 2 jun. 2024.

SIMOMUKAY, E. Experiência na Construção Pedagógica de Bots para o Ensino de Química. **Revista de Educação do Vale do Arinos - RELVA**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 17–24, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/relva/article/view/3404>. Acesso em: 26 abr. 2025.

SOARES, L. S. H. **Sequência didática para o ensino de química**: o uso da temática lipídio no ensino médio através de metodologias ativas sob uma abordagem CTSA. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/585944/2/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20VERSAO%20FINAL%20REPOSIT%c3%93RIO%20UFAL.pdf>. Acesso em: 4 maio 2024.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**, [s. l.], v. 22, n. 1-2, p. 39-54, 1992. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/6424/4616>. Acesso em: 14 jul. 2023.

SOUSA JÚNIOR, A. F.; Políticas e estratégias equivocadas: a gestão do uso do fogo na Amazônia. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA (SEGeT), 22., 2025, Resende. **Anais** [...]. Resende: AEDB, 2008. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/391_Pol%20Est%20Eqv%20Gt%20fogo%20Amz%20-%20SEGeT%20Set2008.pdf. Acesso em: 30 maio 2024.

STEIN, R. T.; MACHADO, V. S.; FLORIANO, C.; MIRANDA, T. **Recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. 338 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021372/>. Acesso em: 27 dez. 2023.

TAROUCO, L. M. R.; SILVA, P. F.; HERPICH, F. **Cognição e Aprendizagem em Mundo Virtual Imersivo**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/210290/001115215.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 maio 2024.

TRANQUILINO, I. G.; MALTA, E. O.; SILVA, C. A.; SOUSA, A. N. Sequência didática no ensino de química: relato de experiência da residência pedagógica. *In*: ENID, 7., & ENFOPROF, 5., 2019, Campina Grande. **Anais** [...] Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/64712>. Acesso em: 4 maio 2024.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. **MIND A Quarterly Review of Psychology and Philosophy**, [s. l.], v. 59, n. 236, p. 433-460, out. 1950. Disponível em:

<https://www.jstor.org/action/doBasicSearch?Query=Computing+machinery+and+intelligence&so=rel>. Acesso em: 6 maio 2024.

TURNES, S. R. **Introdução à combustão**: conceitos e aplicações. 3.ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013. 420 p. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580552751/>. Acesso em: 26 dez. 2023.

VALENTE, A. C. M; ARAÚJO, D. E. M.; ZIENTARSKI, C. O ensino de química no ensino médio no Brasil no contexto atual. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 5., 2018, Recife. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora Ltda., 2018. Disponível

em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA16_ID4558_15092018184725.pdf. Acesso em: 28 abr. 2024.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175460/1/2017LV04.pdf>. Acesso: 12 jan. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air pollution. *In*: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment**. Geneva: WHO, 2022. Disponível em:

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/environmental-health-impact/who_compendium_air_pollution_01042022_eo_final.pdf?sfvrsn=1c4cecb5_3. Acesso em: 22 maio 2024.

WWF. **Tecnologia impulsiona o combate aos crimes ambientais no Acre**. Brasília: WWF, 2021. Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/?79208/Tecnologia-impulsiona-o-combate-aos-crimes-ambientais-no-Acre>. Acesso em: 5 jun. 2024.

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

ZANATA, M. H. A contribuição da estimulação para a aprendizagem. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 9, n. 20, jul.-dez. 2014. Disponível em:

https://www.bage.ideau.com.br/wp-content/files_mf/122289fb97b7bca15f85f182c90fc578222_1.pdf. Acesso em: 27 abr. 2025.

Apêndice 1 – Registro final do processo de planejamento da sequência didática sobre as queimadas e os impactos no meio ambiente estruturada com base na *Prática Baseada no Design*

Quadro 1. Informações básicas			
Tema:	Os Impactos das queimadas no meio ambiente		
Conteúdos disciplinares:	Ciclos biogeoquímicos: toxicidade das substâncias químicas impactos ambientais e na saúde dos seres vivos		
Público-alvo:	Alunos do 2º ano do Médio de uma escola estadual da cidade de Jaú – SP.		
Descrição do contexto de aplicação:	A sequência didática será aplicada em uma escola estadual localizada em um distrito pertencente a cidade de Jaú/SP que tem por nome Potunduva. O distrito de Potunduva é um dos lugares mais antigos da colonização do estado de São Paulo, conta com uma população total de 9825 habitantes, segundo o censo de 2010, e a sua principal atividade econômica é a cultura de cana-de-açúcar. As queimadas criminosas dos canaviais pertencentes a usina sucroalcooleira ali instalada, consequentemente a emissão de gases poluentes para a atmosfera e o descarte incorreto do lixo são apenas alguns dos problemas ambientais enfrentados pela população. A escola atende os alunos do Ensino Fundamental II e Ensino Médio, com funcionamento nos três períodos: manhã, tarde e noite. Os alunos do 2º EM possuem entre 15 e 16 anos. Sendo duas turmas regulares com 33 alunos matriculados em uma e 37 na outra. Em relação a estrutura física, a sala é bem espaçosa, possui carteiras novas e padronizadas, conta com um quadro branco, boa iluminação e ventilação. Em relação a multimídia, a escola possui TVs em todas as 12 salas e um notebook para uso exclusivo do professor, sala de informática, aproximadamente 40 tablets para uso dos alunos e uma sala multiuso (para aulas de ciências, química, física, biologia e matemática).		
Princípios de design:	Indica os princípios de design, organizando-os em estruturadores e auxiliares: Princípios estruturadores: Princípio Psicocognitivo (conhecimentos prévios de Ausubel), Princípio Sociocultural e Princípio de Design Didático; Princípios auxiliares: Abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).		
Quadro 2. Detalhamento do plano.			
I. Dados de Identificação:			
Escola: E.E. Frei Galvão Professor: Julio Cesar de Oliveira Disciplina: Química Série: 2º ano EM Turmas: A e B			
II. Tema geral:			
● Os Impactos das queimadas no meio ambiente			
III. Objetivos:			
Objetivo geral:			
● Compreender os impactos ambientais causados pela atividade humana.			
Objetivos específicos:			
● Utilizar as queimadas para contextualizar os efeitos das intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, utilizando o chatbot como apoio pedagógico.			
● Desenvolver habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas.			
● Promover a conscientização ambiental e a responsabilidade social.			
V. Programa:			
Etapas (tempo previsto)	Desenvolvimento	Recursos	Justificativas de atividades e recursos, em função dos princípios

1 e 2 (90 minutos)	1ª Etapa - Queimadas: Sentindo na Pele o Drama das Florestas 1. A aula será iniciada com a apresentação do tema, dos objetivos e do conteúdo que será abordado; 2. Como forma de sensibilização e com o intuito de que os alunos relembrem ou sintam algumas sensações trazidas pelas queimadas, eles serão convidados a fechar os olhos e o professor fará a combustão de um pedaço de papel com o intuito de simular o odor de uma queimada; 3. Em seguida, será colocado um vídeo na televisão com o som de uma queimada acontecendo, para que os alunos, ainda de olhos fechados, ouçam. 4. Terminado a sensibilização, os alunos abrirão os olhos e colocarão as suas impressões sobre o odor sentido e o som ouvido. 2ª Etapa - Chamas sem Fronteiras 5. Continuando, os alunos deverão ler os textos: “Combate a queimada que atingiu propriedades rurais entre Jaú e Bocaina dura mais de 18 horas” e “Queimada em plantação de cana-de-açúcar atinge margens de rodovia em Jaú (SP)”; Obs.: Os textos serão disponibilizados através do chatbot e têm por objetivo aguçar a curiosidade sobre o tema e trazê-lo para perto dos estudantes. 6. Após a leitura dos textos, os alunos deverão refletir sobre a seguinte questão: Anualmente, nossa cidade e região circundante enfrentam o desafio das queimadas. Essas queimadas resultam em uma série de problemas que afetam toda a comunidade. Assim sendo, por	- Notebook; - Televisão; - Pedaço de papel; - Fósforo ou isqueiro; - Vídeo: Som de incêndio, estalar do fogo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=o_8eUp5UUkM. Acesso: 19 jan. 2024. Texto 1: Combate a queimada que atingiu propriedades rurais entre Jaú e Bocaina dura mais de 18 horas. Disponível em https://l1nk.dev/VeFeH. Acesso em: 20 fev. 2024. Texto 2: Queimada em plantação de cana-de-açúcar atinge margens de rodovia em Jaú (SP). Disponível em https://encr.pw/JcSxh. Acesso em: 20 fev. 2024. - Celular pessoal com acesso à internet, sala de informática ou tablet fornecido pela escola. Caso o aluno não possua acesso à internet, ele poderá utilizar a rede da escola ou a internet roteada pelo professor. - O número para acessar o chatbot é: (14) 93085-4890.	A sensibilização e a leitura inicial das reportagens (<i>item 5</i>) têm por objetivo trazer o aluno para a realidade, contextualizar e despertar a sua curiosidade a respeito do tema que será trabalhado. Freire (1996) em seu livro <i>Pedagogia da Autonomia</i> ressalta que uma das atribuições da prática educativa é o desenvolvimento da curiosidade crítica, insatisfeita, indócil. A questão do <i>item 6</i> é uma questão investigativa e vai permear a sequência didática (SD). Nesse momento, o aluno não tem a obrigação de responder corretamente, mas
-------------------------------	---	--	---

que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las? <i>Obs.: Os alunos deverão ser capazes de responder a essa questão ao final da sequência.</i> 7. Continuando, a fim de sondar os conhecimentos prévios sobre as queimadas, será entregue um questionário impresso com algumas questões diagnósticas: a) O que são as queimadas? b) Quais as principais causas das queimadas? c) Qual é a diferença entre queima controlada e incêndio florestal? <i>Obs.: Esses são apenas alguns exemplos de questões de sondagem, fica a critério do professor adicionar outras ou modificar essas.</i> 8. Como tarefa, os alunos deverão realizar a leitura do texto: “Combustão”, disponível em “Sequência didática” opção 20 do chatbot. <i>O intuito da etapa 8 é familiarizar o aluno com o chatbot e retomar alguns conceitos já vistos anteriormente.</i>	- Questionário inicial impresso; - Celular com acesso à internet para acessar o texto disponibilizado no chatbot. Caso o aluno não possua internet, ele pode utilizar as dependências da escola no contraturno.	deverá ser capaz de fazê-lo no final da SD. Essa questão coloca o aluno no mundo material e aponta um problema de seu cotidiano e se apoia no princípio de design sociocultural. No item 7, as questões iniciais tomaram como base o princípio psicocognitivo (teoria da aprendizagem significativa de Ausubel) com o intuito de sondar os conhecimentos prévios dos alunos e, a partir daí, estabelecer relações entre os novos conhecimentos. O item 8 faz uso de uma metodologia ativa (sala de aula invertida), com o intuito de dar mais autonomia ao aluno e oportunizar o desenvolvimento do seu protagonismo. Essa atividade se fundamenta no princípio de design didático.
---	--	--

3 e 4 (90 minutos) Desenvolvimento	3ª Etapa - Compreendendo as Queimadas: Causas, Implicações e Impactos 1. Para iniciar a aula, será feita uma breve retomada da aula anterior e discutido o texto deixado como tarefa a partir da questão: • O que é uma combustão? 2. Nesse ponto, o problema inicial será retomado: Anualmente, nossa cidade e região circundante enfrentam o desafio das queimadas. Essas queimadas resultam em uma série de problemas que afetam toda a comunidade. Assim sendo, por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las? 3. Na sequência, o professor dividirá a sala em grupos de 6 alunos e cada grupo deverá levantar hipóteses sobre o porquê de as queimadas serem um problema em nossa região e como resolvê-las. Os grupos irão falando suas hipóteses e o professor anotando na lousa. <i>Algumas das possíveis hipóteses:</i> <i>Algumas das hipóteses levantadas pelos alunos:</i> • Porque elas queimam a vegetação; • Porque elas destroem os ecossistemas; • Porque são causadas por criminosos; • Porque causam problemas de saúde; • Porque elas liberam poluentes tóxicos; • Porque elas matam os animais; • Porque elas poluem o ar;		A retomada da aula objetiva lembrar e situar o aluno, para que ele não fique perdido na aula e saiba exatamente o que está acontecendo, o que deve esperar e o que deverá fazer. A retomada da aula é uma estratégia eficaz para reforçar o aprendizado e garantir a continuidade do conteúdo. A questão do <i>item 1</i> tem o intuito de iniciar uma discussão sobre o texto sugerido como tarefa e lembrar os conceitos de combustão e contextualizar com as queimadas. O item 2 retoma a questão disparadora e leva os estudantes a pensarem nos “porquês” no item 3. As duas etapas se fundamentam no princípio de design didático e sociocultural.
---	---	--	---

	• <i>Causam aquecimento global;</i> • <i>Colocam as pessoas que moram perto da queima em perigo;</i> • <i>Destroem propriedades;</i> • <i>Precisa fiscalizar;</i> • <i>É preciso conscientizar e educar as pessoas para que não façam queimadas.</i> 4. Após o levantamento das hipóteses, cada grupo interagirá com o <i>chatbot</i> buscando confirmar ou refutar as suposições. 5. Após a interação com o <i>chatbot</i>, cada grupo deverá analisar as informações obtidas, apresentar para a sala em uma roda de conversa e elaborar um mapa conceitual. 4ª Etapa - Queimadas: um problema crescente 6. Continuando, as seguintes questões nortearão a próxima atividade: 1. As queimadas são um problema local ou global? 2. Quais tipos de ecossistemas e ambientes são impactados pelas queimadas? 3. Quais são os efeitos das emissões das queimadas no equilíbrio climático e biogeoquímico? 7. Ainda em grupo e utilizando o <i>chatbot</i>, os alunos deverão ler as seguintes notícias e artigos sobre as queimadas sugeridas pelo professor, buscando responder às questões propostas no item 6: Grupo 1: Chuva preta e dias escuros: como queimadas	- Celular pessoal com acesso à internet, sala de informática ou tablet fornecido pela escola. Caso o aluno não possua acesso à <i>internet</i>, ele poderá utilizar a rede da escola ou a internet roteada pelo professor. - Revistas ou jornais, caso sejam disponibilizados pelo professor; - Acesso ao <i>chatbot</i>; - Folha sulfite para elaboração do mapa conceitual; Grupo 1: Chuva preta e dias escuros: como queimadas no	A etapa 4 da autonomia para que o aluno seja protagonista do seu conhecimento e se pauta nos princípios didáticos, pois utiliza metodologia ativa. No <i>item 5</i>, a elaboração de mapas conceituais está baseada no princípio de design psicocognitivo e visa representar de forma organizada o conhecimento construído até o momento, além de servir como uma valiosa ferramenta de revisão. “Mapas conceituais são uma estratégia ampla de aprendizagem, envolvendo basicamente a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa de conceitos em forma de diagrama” (Neto, 2006, p. 127). As questões do <i>item 6</i> têm por finalidade ampliar os horizontes dos alunos em relação aos danos causados pelas queimadas, mostrando que não é apenas um problema local, mas global. Além disso, elas instigam os alunos a
--	--	--	---

	no Pantanal e Amazônia podem afetar outras regiões; Grupo 2: Com 7 mil focos de queimadas em setembro, Amazonas tem pior mês de fogo no ano; Grupo 3: Incêndios florestais pelo mundo são os maiores 'em escala e em emissões de CO₂' em 18 anos; Grupo 4: Os dados mais recentes confirmam: os incêndios florestais estão piorando; Grupo 5: Estudo da ONU sobre incêndios florestais: é hora de “aprender a viver com fogo”. Grupo 6: Pantanal, tudo fica bem quando o fogo se apaga? Todos os grupos: Ação no Cidade Alta Alerta para Prevenção e Combate às Queimadas. <i>Cada grupo fará a leitura de uma reportagem que será definida pelo professor e todos deverão ler o texto “Ação no Cidade Alta Alerta para Prevenção e Combate às Queimadas”.</i> 8. Após a leitura das notícias, será realizado um debate em que cada grupo formulará uma resposta para as questões propostas e, como tarefa, deverão elaborar um <i>podcast</i> sobre o que foi lido e estudado até o momento, opinando de forma crítica e procurando promover a consciência e responsabilidade social. Para facilitar a organização das ideias dos alunos, o professor disponibilizará um roteiro estruturado com questões guias. O tema do <i>podcast</i> será: “Queimadas e meio ambiente: como podemos mudar essa realidade?” O <i>podcast</i> será enviado ao professor através	Pantanal e Amazônia podem afetar outras regiões. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-54221704. Acesso em: 20 jan. 2024. Grupo 2: Dia vira noite em São Paulo devido a poluição e queimadas. Disponível em: https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2023/10/01/co-m-7-mil-focos-de-queimadas-em-setembro-amazonas-tem-pior-mes-de-fogo-no-ano.ghtml. Acesso em: 20 jan. 2024 Grupo 3: Incêndios florestais pelo mundo são os maiores 'em escala e em emissões de CO₂' em 18 anos. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-54202546. Acesso em: 20 jan. 2024. Grupo 4: Os dados mais recentes confirmam: os incêndios florestais estão piorando. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/os-dados-mais-recentes-confirmam-os-incendios-florestais-estao-piorando. Acesso em: 20 jan. 2024. Grupo 5: Estudo da ONU sobre incêndios florestais: é hora de “aprender a viver com fogo”. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/estudo-da-onu-sobre-incendios-florestais-e-hora-de-aprender-a-viver-com-fogo/. Acesso em: 20 jan. 2024. Grupo 6: Pantanal, tudo fica bem quando o fogo se apaga? Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/56009/36483. Acesso em: 20 jan. 2024 Todos os grupos: Ação no Cidade Alta Alerta para Prevenção e Combate às Queimadas. Disponível em: https://www.jau.sp.gov.br/noticia/13685/acao-no-cidade-alta-	buscarem informações sobre os impactos das queimadas nos diferentes ecossistemas, ambientes, ciclos biogeoquímicos e no clima. A notícia “Ação no Cidade Alta Alerta para Prevenção e Combate às Queimadas” é referente ao problema das queimadas em nossa cidade e isso situa o aluno como cidadão na procura de soluções para resolver algo que lhe afeta diretamente. Por aproximar o aluno ao mundo material e tratar de um problema social, o princípio de design que fundamenta essa atividade é o sociocultural. A intenção da gravação do <i>podcast</i> no <i>item 8</i> é promover a autonomia do aluno e incentivar que adote uma posição crítica e o seu protagonismo. Essa atividade, por se tratar de uma metodologia ativa, fundamenta-se no princípio de design didático. Este item também busca despertar a opinião crítica do estudante e promover a responsabilidade social
--	--	---	--

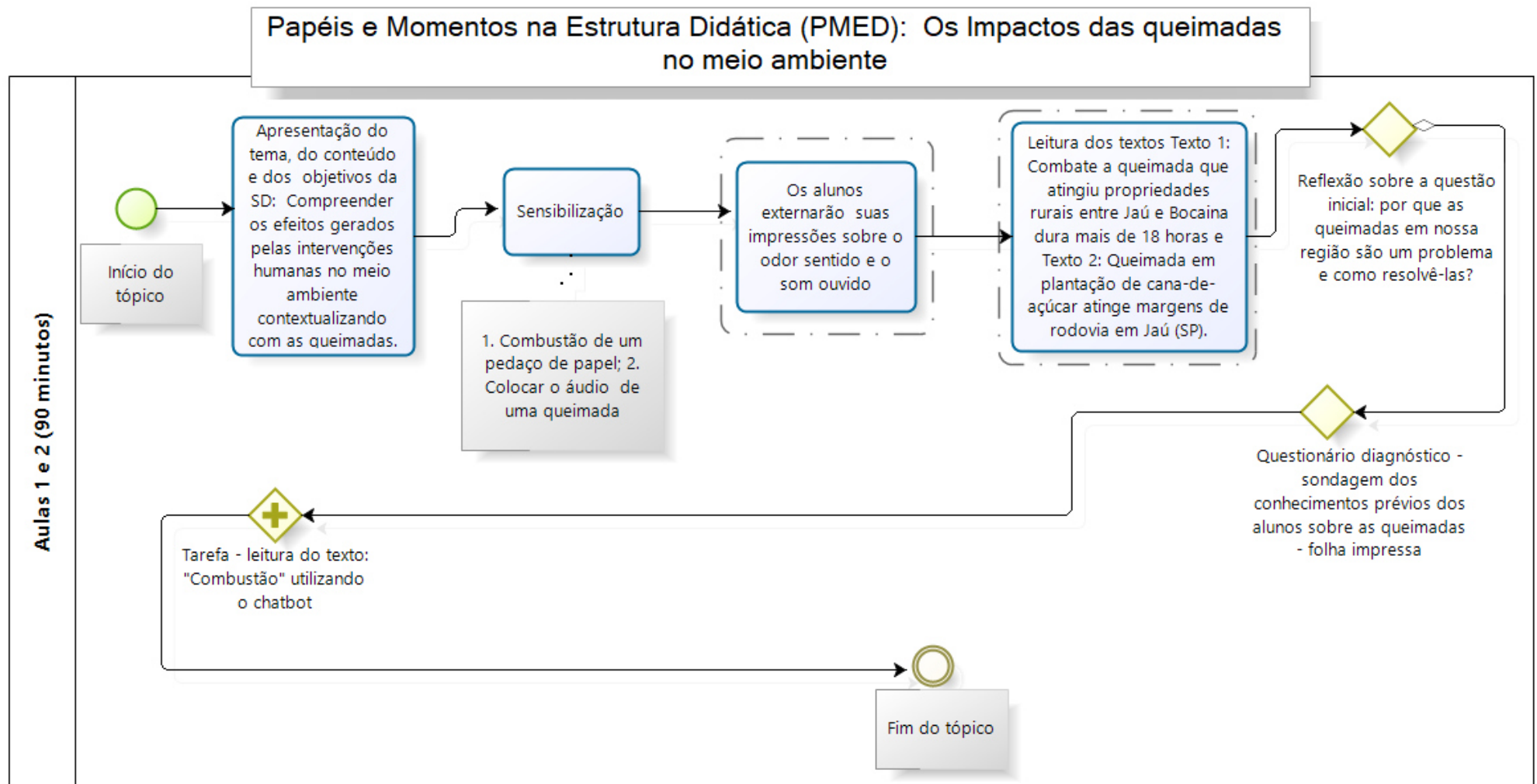
	do <i>chatbot</i> e postado no mural <i>padlet</i> (mural <i>online</i>) para que todos tenham acesso, inclusive as outras séries. <i>Aqui os alunos saem da passividade e passam a atuar com autonomia e protagonismo. Eles podem utilizar a criatividade na elaboração, como: entrevistar convidados, criar o próprio programa, nome para o programa, colocar efeitos sonoros etc.</i> 9. Como apoio e massificação do conteúdo visto, os alunos deverão realizar a leitura do texto “As queimadas e a influência nos ciclos biogeoquímicos” e acessar o jogo “Ciclos biogeoquímicos” disponíveis no <i>chatbot</i> como tarefa.	alerta-para-prevencao-e-combate-a-queimadas. Acesso: 24 jan. 2024. - Celular ou <i>tablet</i> para acesso ao <i>chatbot</i> e leitura das notícias sugeridas. - Celular ou <i>tablet</i> para a gravação do <i>podcast</i>; - Mural online (<i>Padlet</i>). Disponível em: https://padlet.com/juliocezaroliveira/cause-and-effect-chain-2a7pgfznn9ycq2tg. Acesso em: 23 jan. 2024.	e a conscientização ambiental, com fundamento no princípio de design sociocultural. A atividade do <i>item 9</i> se justifica com base no princípio de <i>design</i> didático, pois se trata da aplicação de duas metodologias ativas: sala de aula invertida e gamificação.
--	--	--	--

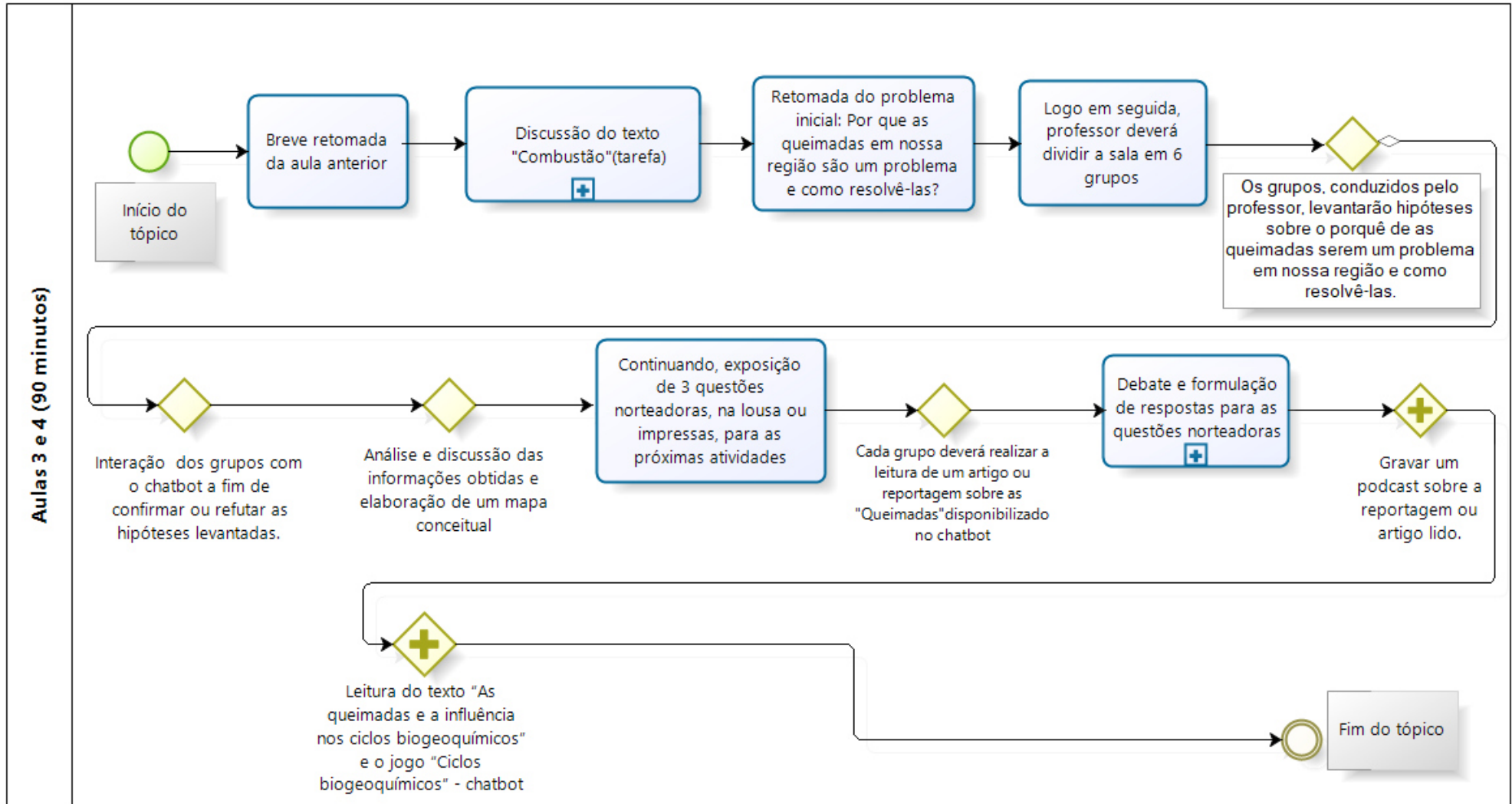
5 e 6 (90 minutos)	5ª Etapa - Queimadas: o que podemos fazer para mudar essa realidade? 1. A aula será iniciada com o professor fazendo a seguinte indagação: depois de tudo o que foi visto e estudado, e sabendo como as queimadas impactam o meio ambiente: • Por que o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura? • Existem diferenças entre queimada e incêndios? • Quais são os principais poluentes liberados para a atmosfera através das queimadas e o seu tempo de permanência? • A fumaça e as partículas liberadas pelas queimadas podem estar afetando a qualidade do ar, levando a problemas de saúde respiratória entre os membros da comunidade? • Quais são os efeitos dos resíduos na saúde humana? • Quais são os impactos das cinzas no meio ambiente? • Como a tecnologia pode ser utilizada no combate às queimadas? • Como podemos resolver o problema das queimadas em nossa região? <i>Obs.: no primeiro momento, o professor poderá realizar as questões acima de forma oral e dar espaço para que os alunos respondam livremente.</i> 2. Após a discussão inicial, os alunos deverão realizar uma pesquisa com o intuito de encontrar respostas para os questionamentos iniciais. Na sequência, acessar o site de monitoramento do INPE e propor uma explicação de como as informações sobre queimadas ali presentes e as	Celular pessoal com acesso à internet, sala de informática ou tablet fornecido pela escola. Caso o aluno não possua acesso à <i>internet</i>, ele poderá utilizar a rede da escola ou a internet roteada pelo professor.	A utilização do fogo é algo histórico e cultural, sendo uma técnica agrícola muito antiga utilizada na limpeza e renovação de pastagem, controle de pragas e doenças, preparação de terreno, entre outros, por se tratar de uma técnica simples e barata. As questões propostas seguem uma sequência que tem a intenção de mostrar ao aluno o porquê da utilização do fogo e para que ele ainda é usado nos dias de hoje; como o uso do fogo impacta o meio ambiente e a saúde humana; e quais são as alternativas a esse uso, com base nas tecnologias disponíveis. A última questão retoma a questão inicial, mobilizando os conhecimentos adquiridos e instigando os alunos a propor soluções ao problema que afeta a nossa região. Essa atividade se fundamenta no princípio de design sociocultural. Os itens 2 e 3 são justificados pelo princípio de design didático, por se tratar de uma metodologia ativa. Além do mais, o item 3 tem o intuito de realizar uma retomada dos conceitos estudados.
-------------------------------	--	---	---

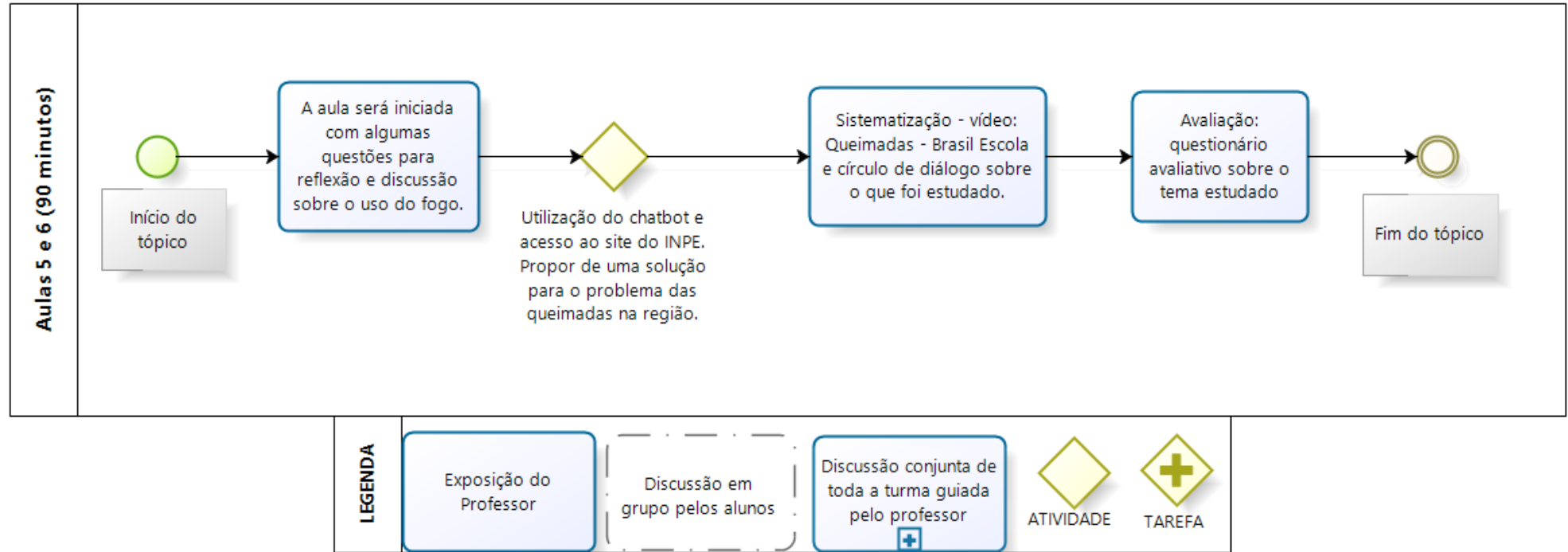
	tecnologias atuais podem ser utilizadas nas tomadas de decisões para prevenir e combater o fogo. Logo após, os alunos deverão propor uma solução para o problema das queimadas em nossa região, respondendo a problematização inicial. 3. Como forma de sistematizar o conteúdo estudado, o professor fará um círculo de diálogo anotando os principais pontos e dúvidas na lousa e logo em seguida projetará o vídeo: Queimadas - Brasil Escola. 4. Com intuito de avaliar e corrigir rumos, o professor entregará um questionário sobre o conteúdo estudado. Os alunos deverão responder e devolver ao professor. 5. Para finalizar, os alunos farão uma avaliação da metodologia utilizada no desenvolvimento da sequência didática.	INPE: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/ - Vídeo “Queimadas – Brasil Escola”, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=huLbh2vd3pk. Acesso em: 03 de mar. 2024.	O <i>item 4</i> objetiva avaliar a aprendizagem dos alunos e, caso seja necessário, corrigir os rumos através da retomada ou mudança de didática, ou seja, esse item é o final do ciclo PDCA: Planejar, fazer, verificar e agir. É através da verificação que o professor saberá quais serão os próximos passos a seguir. Essa avaliação não tem caráter punitivo, mas sim formativo, sendo mais útil ao professor do que ao próprio aluno. Pessanha (2023, p.176), ilustra corretamente o papel da avaliação ao compará-la a um voo comercial de longo alcance, onde há o plano de voo, uma análise prévia do tempo, o avião e o trajeto traçado, mas para que tudo saia como o esperado, há os instrumentos de navegação que avaliam constantemente tudo o que se passa dentro e fora do avião. Caso haja alguma falha, adequações são feitas. Essa atividade tem como base o princípio de design didático. O <i>item 5</i> se justifica da mesma forma que o
--	---	---	--

			item 4, com a diferença de que o objetivo não é avaliar o aluno, mas sim a prática do professor pelos alunos. Dessa maneira, possibilita-se a correção de rumos e um <i>redesign</i> da sequência aplicada.
V. Avaliação: A avaliação será contínua e processual, analisando os avanços nas aprendizagens e as dúvidas, as dificuldades apresentadas, considerando a participação nas discussões e atividades solicitadas. No final da sequência, será aplicado um questionário para avaliar o aprendizado dos alunos e corrigir rumos, caso seja necessário, e outro para que os alunos possam avaliar a metodologia utilizada pelo professor.			
VI. Bibliografia: - AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980. - CURRÍCULO PAULISTA. O Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas. Currículo Paulista: área de Ciências da Natureza. São Paulo: Seduc-SP, 2019. Disponível em https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/educacao-infantil-e-ensino-fundamental/materiais-de-apoio-2/, pág. 09. Acesso em 05 jun. 2023. - FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996. Disponível em: https://nepegeo.paginas.ufsc.br/files/2018/11/Pedagogia-da-Autonomia-Paulo-Freire.pdf. Acesso em: 07 de fev. 2024. - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. <i>Programa Queimadas</i>. São José dos Campos: INPE, [2024]. Disponível em: https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal . Acesso em: 06 jan. 2024. - LOUSAN, N. As queimadas e suas Consequências. Instituto Claro, 2019. Disponível em: https://www.institutoclaro.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/as-queimadas-e-suas-consequencias/. Acesso: 01 jan. 2024. - NETO, J. A. S. P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB. Campo Grande, n. 21, p.117-130, jan./jun. 2006. Disponível em: https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/296. Acesso em: 9 jun. 2024. - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE JAHU. Ação na cidade alta alerta para prevenção e combate às queimadas. Jaú: PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE JAHU, 2023. Disponível em: https://www.jau.sp.gov.br/noticia/13685/acao-no-cidade-alta-alerta-para-prevencao-e-combate-a-queimadas. Acesso em 15 jan. 2024. - PESSANHA, M. Prática Baseada no Design: O planejamento didático como orientador da ação docente reflexiva no ensino de ciências. São Paulo: EditSBQ, 2023, 220 p. Disponível em: https://edit.s bq.org.br/anexos/livro-pratica-baseada-design.pdf. Acesso em: 03 mar. 2023.			

Apêndice 2 - Papéis e Momentos na Estrutura Didática (PMED)







Apêndice 3 – Questionário 1

Querido(a) aluno(a),

Aqui é o professor de Química e aluno do Mestrado Profissional em Química (Profqui) da UNESP de Araraquara. Com o intuito de entender um pouco sobre o seu conhecimento acerca das queimadas e dos *chatbots*, estou lhe entregando esta folha com algumas questões.

O questionário manterá o seu anonimato e os resultados farão parte da minha pesquisa de mestrado.

QUESTIONÁRIO INICIAL - SONDAÇÃO

Seção 1 – Informações Gerais

1. Sexo: () Masculino; () Feminino; () Outros;
2. Idade: _____ anos;
3. Série: _____;
4. Trabalha: () Sim; () Não;
5. Tem o hábito de estudar: () Sim; () Não;
6. Você tem o hábito de faltar?
() não; () as vezes; () muitas vezes; () sempre;
7. Em uma escala de 1 a 10, sendo 10 a mais alta, quão satisfeito você está com o formato geral da aula _____
8. Você tem facilidade com o uso da tecnologia?
() Tenho muita facilidade; () Tenho facilidade; () Tenho dificuldade;
() Tenho muita dificuldade

Seção 2 – Conhecimentos sobre o *chatbot*

9. Você já ouviu falar em *chatbot*?

a) Sim
b) Não

10. O que é um *chatbot*?

11. Você já teve contato com *chatbot*?

a) Sim

b) Não

c) Se sim, onde? _____

12. É possível aprender química utilizando o *chatbot*?

a) Sim

b) Não

c) Talvez

d) Pouco provável

Seção 3 – Queimadas

13. O que são as queimadas?

14. Quais as principais causas das queimadas?

15. Quais são as consequências das queimadas?

16. Qual a diferença entre queima controlada e incêndio florestal?

17. A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.

18. Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?

19. As queimadas alteram os ciclos naturais? Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?

20. Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?

21. Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?

22. O que é combustão?

23. Por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?

Apêndice 4 – Questionário 2

Querido(a) aluno(a),

Aqui é o professor de Química e aluno do Mestrado Profissional em Química (Profqui) da UNESP de Araraquara. Com o intuito de entender a evolução do seu conhecimento acerca das queimadas e dos *chatbots*, estou lhe entregando essa folha com algumas questões avaliativas.

O questionário manterá o seu anonimato e os resultados farão parte da minha pesquisa de mestrado.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Seção 1 – Informações Gerais

1. Sexo: () Masculino; () Feminino; () Outros;
2. Idade: _____ anos;
3. Série: _____;
4. Trabalha: () Sim; () Não;
5. Tem o hábito de estudar: () Sim; () Não;
6. Você tem o hábito de faltar?
() não; () as vezes; () muitas vezes; () sempre;
7. Em uma escala de 1 a 10, sendo 10 a mais alta, quão satisfeito você está com o formato geral da aula _____
8. Você tem facilidade com o uso da tecnologia?
() Tenho muita facilidade; () Tenho facilidade; () Tenho dificuldade;
() Tenho muita dificuldade

Seção 2 – Conhecimentos sobre o *chatbot*

9. Você já ouviu falar em *chatbot*?

a) Sim
b) Não

10. O que é um *chatbot*?

11. Você já teve contato com *chatbot*?

a) Sim

b) Não

c) Se sim, onde? _____

12. É possível aprender química utilizando o *chatbot*?

a) Sim

b) Não

c) Talvez

d) Pouco provável

Seção 3 – Queimadas

13. O que são as queimadas?

14. Quais as principais causas das queimadas?

15. Quais são as consequências das queimadas?

16. Qual a diferença entre queima controlada e incêndio florestal?

17. A queima de florestas é um problema natural ou é causado por interferências humanas? Justifique sua resposta.

18. Quais tipos de poluentes podem ser liberados na atmosfera pela fumaça das queimadas?

19. As queimadas alteram os ciclos naturais? Quais ciclos biogeoquímicos sofreriam maior influência?

20. Por qual motivo o agricultor usa o fogo como ferramenta na agricultura?

21. Quais são os efeitos dos resíduos das queimadas para a saúde humana?

22. O que é combustão?

23. Por que as queimadas em nossa região são um problema e como resolvê-las?

Apêndice 5 – Questionário 3

Querido(a) aluno(a),

Aqui é o professor de Química e aluno do Mestrado Profissional em Química (Profqui) da UNESP de Araraquara. A seguir, você encontrará algumas questões sobre a metodologia aplicada (*chatbot*) em sala de aula no desenvolvimento da sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente.

O questionário manterá o seu anonimato e os resultados serão parte da minha pesquisa de mestrado.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO – METODOLOGIA

Seção 1 – Informações Gerais

1. Sexo: () Masculino; () Feminino; () Outros;
2. Idade: _____ anos;
3. Série: _____;
4. Trabalha: () Sim; () Não;
5. Tem o hábito de estudar: () Sim; () Não;
6. Você tem o hábito de faltar?
() não; () as vezes; () muitas vezes; () sempre;
7. Em uma escala de 1 a 10, sendo 10 a mais alta, quão satisfeito você está com o formato geral da aula _____
8. Você tem facilidade com o uso da tecnologia?
() Tenho muita facilidade; () Tenho facilidade; () Tenho dificuldade;
() Tenho muita dificuldade

Seção 2 – Sobre a Metodologia

9. Na sua opinião, é possível aprender química utilizando o *chatbot*?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Talvez
 - d) Pouco provável

10. Como você descreveria sua experiência geral ao usar o *chatbot* para aprender sobre as queimadas e seus impactos ambientais?

- a)** Aprendi muito
- b)** Aprendi quase tudo
- c)** Aprendi pouco
- d)** Não aprendi nada

11. Você teve dificuldade(s) em utilizar o *chatbot*?

- a)** Nenhuma dificuldade
- b)** Poucas dificuldades
- c)** Muitas dificuldades
- d)** Não consegui usar o *chatbot*

12. Houve alguma informação ou tópico que você achou difícil de entender através do *chatbot*?

- a)** Entendi todas as informações
- b)** Entendi quase todas as informações
- c)** Entendi poucas informações
- d)** Não entendi nenhuma informação

13. A metodologia aplicada facilitou ou dificultou a sua aprendizagem?

- a)** Facilitou bastante
- b)** Facilitou pouco
- c)** Dificultou pouco
- d)** Dificultou bastante

14. Você se sentiu estimulado(a) a realizar as atividades propostas?

- a)** Muito estimulado(a)
- b)** Estimulado(a)
- c)** Pouco estimulado(a)
- d)** Não estimulado(a)

15. Você acha que o *chatbot* te auxiliou de maneira satisfatória?

- a)** Muito satisfatória
- b)** Satisfatória
- c)** Pouco satisfatória
- d)** Insatisfatória

21. Por favor, indique três pontos que tornariam a metodologia ainda melhor.

22. Qual foi a coisa mais importante que você aprendeu ao longo da sequência didática?

23. Você recomendaria o uso deste *chatbot* para outros alunos?

- a) Recomendaria muito
- b) Recomendaria pouco
- c) Não recomendaria
- d) Diria para não usar

24. Você tem algum comentário ou sugestão para ajudar a melhorar as aulas?

Apêndice 6 – Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Instituto de Química de Araraquara
Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Seu filho (a) está sendo convidado para participar da pesquisa "Implementação de uma sequência didática sobre as Queimadas e os seus Impactos ao Meio Ambiente Utilizando o Chatbot como Ferramenta Pedagógica", sob responsabilidade da Prof. Dra. Maria Angelica Martins Costa da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Instituto de Química de Araraquara,

Esta pesquisa foi avaliada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara FCLar - UNESP, que tem como função defender os interesses dos participantes das pesquisas, em sua integridade e dignidade, contribuindo para o desenvolvimento da ciência dentro dos padrões éticos.

O estudo tem como objetivo elaborar e implementar uma sequência didática, utilizando o chatbot como ferramenta pedagógica, sobre os Impactos causados pelas queimadas no meio ambiente e explorar as potencialidades do uso da inteligência artificial no ensino de Química. Caso você concorde com a participação, as atividades que serão desenvolvidas presencialmente, durante as aulas de Química na escola E.E. Frei Galvão, são: realizar a sequência didática desenvolvida sobre as queimadas e os seus impactos no meio ambiente e responder três questionários em momentos distintos: 1. Questionário de sondagem; 2. Questionário para aferir o conteúdo assimilado e 3. Questionário avaliativo sobre a metodologia aplicada. Cada questionário demanda um tempo médio de 30 minutos para responder. Para participar deste estudo seu filho(a) não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se seu filho (a) tiver algum dano por causa das atividades que fizemos nesta pesquisa, ele (a) tem direito a solicitar indenização.

Você tem o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa. Toda pesquisa oferece riscos, neste caso os riscos são: possíveis desconfortos com as perguntas, se sentir incomodado com o tempo investido para responder os questionários, vergonha, estresse, cansaço ou emoção no decorrer da sequência didática e aborrecimento ao responder os questionários. Para que não ocorram ou, caso no de ocorrerem, tomaremos os seguintes cuidados e providências: os questionários foram elaborados para demandar pouco tempo para responder e com questões sem temas polêmicos como religião é política; para minimizar o estresse e o cansaço, os questionários serão aplicados um por vez e em dias diferentes; a sequência didática será aplicada em um ritmo estimulante sem sobrecarregar ou se tornar maçante.

A realização dessa pesquisa se justifica pelo fato da grande dificuldade enfrentada na aprendizagem de química por parte dos alunos devido a utilização de métodos e estratégias que não são mais condizentes com uma sociedade que está diuturnamente conectada e a contemplação da habilidade essencial que deve ser desenvolvida sobre a intervenção do homem sobre o meio ambiente, de forma mais específica: as queimadas e os seus impactos. Durante as aulas, o professor precisa competir com os aparelhos celulares pela atenção do aluno, já que o mundo externo é muito mais interessante, atrativo e estimulante. Assim sendo, essa pesquisa pretende subsidiar e municiar o professor para que possa chegar onde o aluno está: no ambiente digital. Além do mais, os participantes da pesquisa poderão se beneficiar de uma aprendizagem de química mais atraente, contextualizada e significativa, que se utiliza de metodologia diversificada com o intuito de culminar em melhorias no processo ensino-aprendizagem com vistas no desenvolvimento da autonomia e protagonismo. Dessa forma, é assegurado aos participantes da pesquisa o direito de serem informados sobre os resultados parciais e finais da investigação que está participando, incluindo relatórios e publicações científicas. O que inclui o envio de cópias destes documentos quando solicitado aos pesquisadores.

Os dados resultantes deste estudo serão apresentados em uma dissertação de mestrado, observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e discrição. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar a identificação de seu filho (a) e ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os dados coletados na pesquisa serão armazenados em um dispositivo eletrônico local físico, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem".

Não haverá benefícios ou contribuições financeiras sobre os resultados decorrentes da pesquisa.

Você receberá uma via deste termo no qual constam o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Dessa forma, você foi esclarecido sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos que serão utilizados e riscos. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a participação do seu filho (a). Você

está ciente do direito assegurado de não participar, ou de interromper a participação no momento que achar necessário, além da garantia de indenização por eventuais danos decorrentes da participação nessa pesquisa, nos termos da legislação civil (Código Civil Lei 10.406 de 10/01/2002).

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do meu filho (a) na pesquisa e concordo com participação.

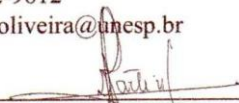
Local e data _____, _____ de _____ de 2024

Eu, _____, RG nº _____, _____, responsável legal por _____ (nome do menor) _____, nascido(a) em _____/_____/_____, declaro ter sido informado (a) e concordo com a participação, do (a) meu filho (a) como participante, no Projeto de pesquisa “Implementação de uma sequência didática sobre as Queimadas e os seus Impactos ao Meio Ambiente Utilizando o *Chatbot* como Ferramenta Pedagógica”,

Nome e assinatura do pai/responsável legal pelo menor

Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

 (assinatura)
Pesquisador Responsável: Julio César de Oliveira
Endereço: Ângelo Ricardo A. Rodrigues, 165 – Jaú/SP
Tel: (14) 98152-9812
E-mail: julio.c.oliveira@unesp.br

 (assinatura)
Orientadora: Prof.^a Dr^a Maria Angélica Martins Costa
Endereço: Dulcindo Zambelo Brendolan, 467
Tel: (15) 99855-1656
E-mail: maria.am.costa@unesp.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da FCLAR — UNESP Araraquara Fone:
(14) 3334-6263 / E-mail: comitedeetica@fclar.unesp.br
Rodovia Araraquara-Jaú, Km 1 — Caixa Postal 174 — CEP: 14800-901 — Araraquara — SP

Apêndice 7 – Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Instituto de Química de Araraquara
Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

Para crianças e adolescentes (maiores de seis anos e menores de 18 anos) e para legalmente incapaz.

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Implementação de uma sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos ao meio ambiente utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica”, coordenada pelos pesquisadores Prof. Dr^a Maria Angelica Martins Costa - 015998551656, Prof. Dr^a. Lorena Oliveira Pires -1633019861 e Prof. Julio Cesar de Oliveira – (14) 98152-9812. Seus pais/responsáveis já permitiram que você participasse.

O objetivo desta pesquisa consiste em elaborar e implementar uma sequência didática, utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica, sobre os impactos causados pelas queimadas ao meio ambiente. Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir durante a pesquisa. Os participantes são todos os alunos da sua turma do 2º ano. A pesquisa será feita na sua escola, durante algumas aulas de Química, onde eu, seu professor, irei aplicar uma sequência didática sobre as queimadas utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica. As atividades não irão prejudicar suas notas e nem o andamento de suas aulas.

Há coisas boas que podem acontecer, como por exemplo, as aulas se tornarem mais dinâmicas, significativas e atrativas devido ao uso de uma nova ferramenta pedagógica. Os riscos de participação nesta pesquisa podem envolver possíveis desconfortos com as perguntas, se sentir incomodado com o tempo investido para responder, vergonha, estresse, cansaço ou emoção no decorrer da sequência didática e aborrecimento ao responder os questionários. Para que não ocorram ou, caso no de ocorrerem, tomaremos os seguintes cuidados e providências: os questionários foram elaborados para demandar pouco tempo para responder e com questões sem temas polêmicos como religião e política; para minimizar o estresse e o cansaço, os questionários serão aplicados um por vez e em dias diferentes; a sequência didática será aplicada em um ritmo estimulante sem sobrecarregar ou se tornar maçante.

Ninguém, fora sua turma, saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados no meu Trabalho de Mestrado, bem como publicados na forma de material científico, respeitados os termos deste documento, mas sem identificar a escola e as pessoas que participaram.

Não haverá nenhum custo e nenhuma remuneração pela sua participação, mas sua participação nos ajudará a tornar as aulas mais atrativas e dinâmicas e a verificar as potencialidades do *chatbot* como ferramenta pedagógica no ensino-aprendizagem de Química, em especial na temática das queimadas e os seus impactos ao meio ambiente.

Você vai receber uma cópia deste termo, onde consta o telefone dos pesquisadores responsáveis, podendo tirar dúvidas agora ou a qualquer momento.

Cabe esclarecer que, de acordo com as normas vigentes, as pesquisas em Ciências Humanas e Sociais precisam ser registradas e aprovadas em órgãos reguladores pertencentes às faculdades, os chamados comitês de ética. O objetivo de tal exigência é garantir que essas pesquisas sejam feitas de modo a respeitar a integridade e a dignidade das pessoas participantes. O Comitê de Ética em Pesquisa possui escritório no Campus de Araraquara da UNESP (Faculdade de Ciências e Letras - Câmpus de Araraquara Rod. Araraquara-Jaú Km 1 - Machados - Araraquara/SP - CEP 14800-901. Telefone: (16) 3334-6200), E-mail: comitedeetica.fclar@unesp.br. A página desse Comitê na web pode ser acessada em <https://www.fclar.unesp.br/#!/comite-de-etica/>.

=====CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO=====

Eu, _____, aceito participar da pesquisa “Implementação de uma sequência didática sobre as queimadas e os seus impactos ao meio ambiente utilizando o *chatbot* como ferramenta pedagógica”. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar bravo.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

() Li o documento e concordo em participar da pesquisa.

Jahu, ____ de _____ de 2024.

Nome e assinatura do menor

Nome e assinatura dos pais/responsáveis

Pesquisador responsável por obter o consentimento

JULIO CÉSAR DE OLIVEIRA

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional

Instituto de Química de Araraquara - Unesp

Fone: 14-981529812

Email: julio.c.oliveira@unesp.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da FCLAR – UNESP Araraquara

Fone: (14) 3334-6263 / E-mail: comitedeetica@fclar.unesp.br

Rodovia Araraquara-Jaú, Km 1 – Caixa Postal 174 – CEP: 14800-901 – Araraquara – SP