



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

PAULO DOS SANTOS NORA

**AS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA  
EM QUESTÕES DO PISA QUE ABORDAM  
CONTEÚDOS QUÍMICOS**

---

Londrina  
2017

PAULO DOS SANTOS NORA

**AS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA  
EM QUESTÕES DO PISA QUE ABORDAM  
CONTEÚDOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti

Londrina  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Nora, Paulo dos Santos.

AS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM QUESTÕES DO PISA QUE ABORDAM CONTEÚDOS QUÍMICOS / Paulo dos Santos Nora. - Londrina, 2017. 202 f.

Orientador: Fabiele Cristiane Dias Broietti.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Dimensões da aprendizagem científica - Tese. 2. Questões do PISA - Tese. 3. Ciências - Tese. 4. Conteúdos químicos - Tese. I. Cristiane Dias Broietti, Fabiele . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

PAULO DOS SANTOS NORA

**AS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM QUESTÕES  
DO PISA QUE ABORDAM CONTEÚDOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiele Cristiane Dias  
Broietti  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Leonir Lorenzetti  
Universidade Federal do Paraná – UFPR

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marinez Meneghello Passos  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 04 de maio de 2017.

*Dedico este trabalho à minha família,  
que me ensinou a ser o que sou, a  
questionar e buscar respostas que me  
fazem crescer e pelo apoio nas  
dificuldades encontradas neste  
caminho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço à minha orientadora, Fabiele Cristiane Dias Broietti, por suas contribuições para a realização desta pesquisa, pela confiança, pela paciência, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e por me conduzir ao alargamento de minha visão a respeito de meus limites e possibilidades.

Ao professor Leonir Lorenzetti, pelas indicações de leituras a respeito de alfabetização e letramento científico que contribuíram para o meu aprendizado acerca desse tema que foram imprescindíveis para o desenvolvimento da dissertação.

À professora Marinez Meneghello Passos, pelas suas contribuições e reorientação da dissertação, contribuindo para o êxito da presente investigação.

Ao Fabio Roberto Vicentin, pelo apoio neste período de formação, e aos funcionários da secretaria de pós-graduação, em especial à Cibele Candeo Leite, para o cumprimento adequado de prazos e das atividades necessárias.

Por fim, agradeço a todos os que contribuíram de forma indireta, porém, com grande valor e importância, por meio da amizade e pelos incentivos que me fizeram persistir, mesmo diante das dificuldades.

*“Tudo posso naquele que me fortalece”  
Fl 4, 13*

NORA, Paulo dos Santos. **As dimensões da aprendizagem científica em questões do PISA que abordam conteúdos químicos**. 2017. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2017.

## RESUMO

Esta pesquisa consiste em um estudo das Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) contempladas em questões do PISA que abordam conteúdos químicos. Com base nas análises dos enunciados e das respostas esperadas das questões de Ciências do PISA, por meio dos pressupostos metodológicos da análise de conteúdo, esta investigação de cunho predominantemente qualitativo, teve a intenção de identificar e analisar as Dimensões da Aprendizagem Científica presentes nas questões, a saber: as práticas científicas; os conceitos transversais e as ideias centrais disciplinares. Considerando estas dimensões como categorias *a priori*, como resultados evidenciamos que houve concordância entre as Dimensões da Aprendizagem Científica identificadas nas questões e as competências exigidas pelo PISA, além de que estas podem fornecer indícios de letramento científico. Sendo assim, as Práticas Científicas demonstram ser ações importantes para a compreensão e resolução das questões em diferentes contextos, contribuindo para o envolvimento dos estudantes com a investigação científica. Os Conceitos Transversais possibilitam ideias norteadoras que ajudam os estudantes em sua prática, para melhor investigar, compreender e explicar os fenômenos científicos, e para isso, são necessários conteúdos científicos contemplados, ou seja, as Ideias Centrais Disciplinares. Logo, por meio das DAC, a ciência pode ser compreendida como um processo, no qual o estudante é o sujeito ativo, que reflete e a utiliza em seu contexto.

**Palavras-chave:** Dimensões da aprendizagem científica. Questões do PISA. Ciências. Conteúdos químicos.

NORA, Paulo dos Santos. **The Dimensions os scientific Learning in PISA questions that deal chemicals contents**. 2017. 202 p. Dissertation (Master`s degree in Teaching Science and Mathematics Education) – Londrina State University, Londrina. 2017.

### **ABSTRACT**

This research consists of a study of the Dimensions of Scientific Learning (DAC) contemplated in PISA questions that deal with chemical contents. Based on the analysis of the statements and expected answers of the science questions of PISA, through the methodological assumptions of content analysis, this research predominantly qualitative was intended to identify and analyze the Dimensions of Scientific Learning present in the questions, namely: scientific practices; the crosscutting concepts and the central disciplinary ideas. Considering these dimensions as *a priori* categories, as results we show that there was agreement between the Dimensions of Scientific Learning identified in the questions and competences required by PISA, besides that they can provide evidence of scientific literacy. Therefore, the Scientific Practices demonstrate to be important actions for the understanding and resolution of the questions in different contexts, contributing to the students' involvement with scientific research. The Cosscuting Concepts enable guiding ideas that help students in their practice, to better investigate, understand and explain scientific phenomena, and for that, scientific content is needed, that is, the Disciplinary Central Ideas. Therefore, through the DAC, science can be understood as a process, in which the student is the active subject, which reflects and uses it in its context.

**Keywords:** Dimensions of Scientific Learning . PISA questions . Science. Chemical Contents.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Percentual de estudantes por ano escolar que realizaram o PISA nos anos de 2009 a 2015, no Brasil.....	73
<b>Figura 2</b> – Texto e gráfico fornecidos para as questões Q1 e Q2 .....	89
<b>Figura 3</b> – Questão Q1 .....	89
<b>Figura 4</b> – Questão Q2 .....	91
<b>Figura 5</b> – Texto fornecido para as questões Q3.....	92
<b>Figura 6</b> – Questão Q3 .....	93
<b>Figura 7</b> – Texto e diagrama fornecidos para as questões Q4 a Q8 .....	95
<b>Figura 8</b> – Questão Q4 .....	96
<b>Figura 9</b> – Questão Q5 .....	97
<b>Figura 10</b> – Questão Q6 .....	98
<b>Figura 11</b> – Questão Q7 .....	99
<b>Figura 12</b> – Questão Q8 .....	100
<b>Figura 13</b> – Texto fornecido para as questões Q9 a Q15.....	102
<b>Figura 14</b> – Questão Q9 .....	102
<b>Figura 15</b> – Questão Q10 .....	103
<b>Figura 16</b> – Questão Q11 .....	104
<b>Figura 17</b> – Questão Q12 .....	105
<b>Figura 18</b> – Questão Q13 .....	106
<b>Figura 19</b> – Questão Q14 .....	107
<b>Figura 20</b> – Questão Q15 .....	108
<b>Figura 21</b> – Esquema fornecido para as questões Q16 a Q19.....	110
<b>Figura 22</b> – Questão Q16 .....	111
<b>Figura 23</b> – Questão Q17 .....	112
<b>Figura 24</b> – Questão Q18 .....	112
<b>Figura 25</b> – Questão Q19 .....	113
<b>Figura 26</b> – Texto e esquema fornecidos para as questões Q20 a Q24 .....	114
<b>Figura 27</b> – Questão Q20 .....	115
<b>Figura 28</b> – Questão Q21 .....	116
<b>Figura 29</b> – Questão Q22 .....	117
<b>Figura 30</b> – Questão Q23 .....	118
<b>Figura 31</b> – Questão Q24 .....	119

<b>Figura 32</b> – Texto e quadro fornecidos para as questões Q25 a Q27 .....	120
<b>Figura 33</b> – Questão Q25 .....	120
<b>Figura 34</b> – Questão Q26 .....	121
<b>Figura 35</b> – Questão Q27 .....	122
<b>Figura 36</b> – Texto fornecido para as questões Q28 a Q30 .....	124
<b>Figura 37</b> – Questão Q28 .....	124
<b>Figura 38</b> – Questão Q29 .....	125
<b>Figura 39</b> – Questão Q30 .....	126
<b>Figura 40</b> – Questão Q31 .....	127
<b>Figura 41</b> – Texto fornecido para as questões Q32 e Q33 .....	128
<b>Figura 42</b> – Questão Q32 .....	129
<b>Figura 43</b> – Questão Q33 .....	130
<b>Figura 44</b> – Texto e esquema fornecidos para as questões Q34 a Q36 .....	132
<b>Figura 45</b> – Questão Q34 .....	132
<b>Figura 46</b> – Questão Q35 .....	133
<b>Figura 47</b> – Questão Q36 .....	134
<b>Figura 48</b> – Texto e diagramas fornecidos para as questões Q37 a Q39 .....	136
<b>Figura 49</b> – Questão Q37 .....	137
<b>Figura 50</b> – Questão Q38 .....	138
<b>Figura 51</b> – Questão Q39 .....	139
<b>Figura 52</b> – Texto e foto fornecidos para as questões Q40 a Q41 .....	141
<b>Figura 53</b> – Questão Q40 .....	141
<b>Figura 54</b> – Questão Q41 .....	142
<b>Figura 55</b> – Texto e experimento fornecidos para as questões Q42 a Q45 .....	144
<b>Figura 56</b> – Questão Q42 .....	144
<b>Figura 57</b> – Questão Q43 .....	145
<b>Figura 58</b> – Questão Q44 .....	146
<b>Figura 59</b> – Questão Q45 .....	147
<b>Figura 60</b> – Texto e imagem fornecidos para as questões Q46 a Q50 .....	149
<b>Figura 61</b> – Questão Q46 .....	149
<b>Figura 62</b> – Questão Q47 .....	150
<b>Figura 63</b> – Questão Q48 .....	151
<b>Figura 64</b> – Questão Q49 .....	152
<b>Figura 65</b> – Questão Q50 .....	153

<b>Figura 66</b> – Questão Q51 .....	155
<b>Figura 67</b> – Questão Q52 .....	157
<b>Figura 68</b> – Questão Q53 .....	159
<b>Figura 69</b> – Questão Q54 e suporte disponibilizado .....	161
<b>Figura 70</b> – Questão Q55 e suporte disponibilizado .....	162
<b>Figura 71</b> – Texto e modelo fornecidos para as questões Q56 a Q59 .....	164
<b>Figura 72</b> – Questão Q56 .....	165
<b>Figura 73</b> – Questão Q57 .....	166
<b>Figura 74</b> – Questão Q58 .....	168
<b>Figura 75</b> – Questão Q59 .....	169
<b>Figura 76</b> – Síntese: DAC e o PISA.....	195

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Práticas Científicas e suas descrições .....	26
<b>Quadro 2</b> – Conceitos Transversais e suas descrições.....	43
<b>Quadro 3</b> – Ideias Centrais Disciplinares e suas descrições .....	55
<b>Quadro 4</b> – Ano de aplicação e número de estudantes participantes no Brasil.....	74
<b>Quadro 5</b> – Ênfase nas áreas e instrumentos avaliados pelo PISA 2000 a 2015 ...	75
<b>Quadro 6</b> – Tempo e atividades propostas do PISA 2015.....	76
<b>Quadro 7</b> – Empenho do Brasil no letramento em Ciências no PISA.....	77
<b>Quadro 8</b> – Níveis de proficiência avaliados para o PISA 2015 .....	78
<b>Quadro 9</b> – As DAC utilizadas como categorias <i>a priori</i> .....	84
<b>Quadro 10</b> – Quantidade de questões e conteúdos predominantes nas questões.....	84
<b>Quadro 11</b> – Questões do PISA codificadas, ano de aplicação e temas correspondentes .....	85
<b>Quadro 12</b> – As DAC identificadas nas questões Q1 e Q2 .....	92
<b>Quadro 13</b> – As DAC identificadas na questão Q3.....	94
<b>Quadro 14</b> – As DAC identificadas nas questões Q4 a Q8 .....	101
<b>Quadro 15</b> – As DAC identificadas nas questões Q9 a Q15 .....	110
<b>Quadro 16</b> – As DAC identificadas nas questões Q16 a Q19 .....	114
<b>Quadro 17</b> – As DAC identificadas nas questões Q20 a Q24 .....	120
<b>Quadro 18</b> – As DAC identificadas nas questões Q25 a Q27 .....	123
<b>Quadro 19</b> – As DAC identificadas nas questões Q28 a Q31 .....	128
<b>Quadro 20</b> – As DAC identificadas nas questões Q32 e Q33 .....	131
<b>Quadro 21</b> – As DAC identificadas nas questões Q34 a Q36 .....	135
<b>Quadro 22</b> – As DAC identificadas nas questões Q37 a Q39 .....	140
<b>Quadro 23</b> – As DAC identificadas nas questões Q40 a Q41 .....	143
<b>Quadro 24</b> – As DAC identificadas nas questões Q42 a Q45 .....	148
<b>Quadro 25</b> – As DAC identificadas nas questões Q46 a Q50 .....	154
<b>Quadro 26</b> – As DAC identificadas nas questões Q51 a Q53 .....	160
<b>Quadro 27</b> – As DAC identificadas nas questões Q54 e Q55 .....	163
<b>Quadro 28</b> – As DAC identificadas nas questões Q56 a Q59 .....	170
<b>Quadro 29</b> – As questões analisadas e as Práticas Científicas identificadas.....	171
<b>Quadro 30</b> – As questões analisadas e os Conceitos Transversais identificados ..	180

<b>Quadro 31</b> – As questões analisadas e as Ideias Centrais Disciplinares identificadas .....	188
<b>Quadro 32</b> – Sistemas físicos avaliados no PISA 2006 e 2015.....	190
<b>Quadro 33</b> – Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência, avaliados no PISA 2006 e 2015 .....	191
<b>Quadro 34</b> – Sistemas vivos, avaliados no PISA 2006 e 2015.....	192
<b>Quadro 35</b> – Sistemas da Terra e espaço, avaliados no PISA 2006 e 2015 .....	193

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	<i>American Association for the Advancement</i>
DAC	Dimensões da Aprendizagem Científica
DCE	Diretrizes Curriculares da Educação Básica
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FAC	Focos da Aprendizagem Científica
FAD	Focos da Aprendizagem Docente
NGSS	<i>Next Generation Science Standards</i>
NRC	<i>National Research Council</i>
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	21
1.1 DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA (DAC).....	21
1.1.1 Práticas Científicas (PC).....	24
1.1.2 Conceitos Transversais (CT) .....	42
1.1.3 Ideias Centrais Disciplinares (ICD) .....	54
1.2 LETRAMENTO CIENTÍFICO .....	63
<b>CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	72
2.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	72
2.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO (AC).....	80
<b>CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS QUESTÕES</b> .....	88
<b>CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA</b> .....	172
4.1 AS PRÁTICAS CIENTÍFICAS .....	172
4.2 OS CONCEITOS TRANSVERSAIS.....	181
4.3 AS IDEIAS CENTRAIS DISCIPLINARES.....	189
4.4 AS DAC E AS COMPETÊNCIAS DO PISA .....	195
<b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	199
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	201

## APRESENTAÇÃO

A elaboração desta apresentação ocorreu depois que os membros da banca, no exame de qualificação, sugeriram que eu a fizesse, contando um pouco a respeito da minha trajetória pessoal e profissional até o presente momento. Apresento uma breve descrição a respeito da minha trajetória de vida que, talvez, forneçam indícios da escolha por este tema de pesquisa. Para isso, não serei tão formal, permitindo que o relato seja mais fiel possível aos fatos ocorridos.

Sou o sexto filho de um total de oito irmãos, sendo cinco mulheres e três homens. Cresci nesse ambiente, que me proporcionou uma convivência familiar singular. Se eu fosse comentar detalhes, seriam necessárias inúmeras páginas, então, descreverei alguns momentos que mais se aproximam de minha aprendizagem, como pessoa, estudante e, agora, como professor e pesquisador.

Por conviver em uma família numerosa, sempre houve influência dos irmãos mais velhos, tanto nas brincadeiras quanto nas dificuldades que se apresentavam na escola. Lembro-me de uma vez, na quinta série – atualmente sexto ano – eu estava com dificuldades na compreensão de expressões numéricas e tirei 1,4 em uma prova de valor 3,0, fiquei aflito por esta nota, minha irmã, a Maria, me ajudou na compreensão do conteúdo, e assim tirei nota superior a 2,0, não recordando se foi 2,1 ou 2,4. Após esta data, não me recordo de ter dificuldades em matemática, e ainda ajudava outros estudantes que necessitavam de explicações no decorrer das aulas. Isto seguiu até o final do Ensino Médio. Nestes últimos dois anos morava em um seminário católico arquidiocesano (fazia discernimento para ser padre), o que também me motivava mais na busca de conhecimento, e ao mesmo tempo, de ensinar.

Após a conclusão do Ensino Médio, tomei a decisão em abandonar a carreira eclesiástica e iniciei o curso de Química Licenciatura na Universidade Estadual de Londrina (UEL) com o objetivo de futuramente trabalhar na indústria. Porém, a rotina de trabalho não foi de meu agrado e, então, desde o ano de 2006, dediquei-me à docência, em escolas públicas da rede estadual de ensino. Em 2009 cursei a especialização 'Química do Cotidiano na Escola' ofertada pelo Departamento de Química da UEL, conhecendo diferentes metodologias para o ensino e a aprendizagem de Química, que muito me agradou. Embora gostasse de lecionar, decidi, por convicção religiosa, retornar ao seminário em que vivera na

adolescência e continuar o discernimento para ser padre, ficando nele por um período superior a um ano, dando início ao curso de filosofia, porém, o meu lado profissional foi mais forte e voltei a lecionar a disciplina de Química.

Retornando a lecionar, senti a necessidade de me aprofundar em questões educacionais, foi quando cursei outra especialização, a Psicopedagogia Institucional e Clínica, que me proporcionou novas aprendizagens no âmbito do ensino e da aprendizagem. Após este curso, ministrei aulas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), nas disciplinas 'metodologia do ensino de química' e 'história da química', o que proporcionou experiência profissional no Ensino Superior e contribuiu na minha reflexão acerca da formação inicial de professores de Química. Essa experiência me motivou a prestar a seleção para o mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, o qual estou prestes a concluir.

As disciplinas que cursei para cumprir os créditos estabelecidos me auxiliaram a compreender melhor questões relacionadas ao ensino e a aprendizagem, mais especificamente, relacionadas à aprendizagem científica.

Ao deparar-me com as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) – a partir de um documento norte americano que discute a respeito da importância do ensino e do aprendizado das Ciências, aponta a relevância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado das Ciências e descrevendo algumas dimensões necessárias para isso – tive a possibilidade de (re)pensar aspectos relacionados à aprendizagem em Ciências e questões inerentes à avaliação, elementos importantes para quem trabalha em sala de aula. Diante desse contexto, utilizei-me desse referencial para pensar acerca da aprendizagem científica, mais especificamente analisando questões de uma avaliação internacional em larga escala. Esta pesquisa foi desafiadora e ao mesmo tempo empolgante.

## INTRODUÇÃO

Neste estudo, o objetivo consistiu em investigar as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) contempladas em questões do PISA (*Programme for International Student Assessment*) que abordam conteúdos químicos. Porém, o uso das DAC não ocorreu como primeira opção desta investigação, até porque, o grupo de pesquisa do qual participo (EDUCIM)<sup>1</sup> não o utilizava, embora, fizessem uso dos referenciais de quem o desenvolvera, o *National Research Council (NRC)*. Tal grupo, já desenvolvia estudos a respeito do NRC (2007) e NRC (2009). Considerando esses documentos como referências, Arruda *et al.* (2013) elaboraram os Focos da Aprendizagem Científica (FAC) e por analogia aos FAC, constituíram os Focos da Aprendizagem Docente (FAD) (ARRUDA; PASSOS; FREGOLENTE, 2012).

Iniciamos nossa investigação tendo como foco de análise, as questões da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em especial as questões de Química que compõem as provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), por meio dos FAC. Contudo, pelo fato das questões do ENEM serem objetivas, encontramos dificuldades em categorizá-las por meio dos FAC. Em busca de outros referenciais nos deparamos com o NRC (2012), que aborda as Dimensões da Aprendizagem Científica, iniciamos o estudos dessas dimensões e escolhemos outra avaliação de larga escala, que também tivesse grande importância frente ao cenário nacional, assim, chegamos ao PISA; uma vez que, o Brasil é avaliado internacionalmente e adota medidas que envolvem a educação nacional e políticas públicas, em vista dos resultados desta avaliação.

O PISA é uma avaliação internacional de larga escala que afere habilidades em ciências, matemática e em leitura, no final da escolaridade básica. Estas habilidades, em ciências, somadas a atitudes esperadas dos estudantes em

---

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática criado em 2002, com o objetivo de discutir as pesquisas relacionadas às dissertações e, posteriormente, às teses desenvolvidas por estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. Está cadastrado no CNPq sob a liderança dos docentes Dr. Sérgio de Mello Arruda e Dr.<sup>a</sup> Marinez Passos Meneghello. As investigações em curso abordam a elaboração de saberes docentes, a ação do professor em sala de aula, as possibilidades da aprendizagem informal e as relações entre a educação formal e a não formal, utilizando a temática da relação com o saber, a história e filosofia da ciência, a psicanálise e outros referenciais como bases teóricas. As análises qualitativas (Análise de Discurso, Análise de Conteúdo, Análise Textual Discursiva) têm sido tomadas como fundamento para a análise dos dados empíricos. O grupo está instalado nas dependências do Museu de Ciência e Tecnologia de Londrina (MCTL). Disponível em: <[http://educimlondrina.blogspot.com.br/p/sobre-o-grupo\\_20.html](http://educimlondrina.blogspot.com.br/p/sobre-o-grupo_20.html)>. Acesso em 30 mar. 2017.

seu contexto, possibilitam o desenvolvimento do letramento científico, que segundo a Matriz de Ciências do PISA 2015, é mais do que o conhecimento de leis e teorias: “requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da ciência, mas também o conhecimento sobre os procedimentos e práticas comuns associadas à investigação científica e como eles possibilitam o avanço da ciência” (OECD, 2013, p. 4). Assim, como uma forma de investigar a maneira que isto é requerido no PISA, bem como o processo de resolução das questões do Pisa pelos estudantes, temos as Dimensões da Aprendizagem Científica.

As DAC foram propostas por um comitê de pesquisadores norte-americanos, o *National Research Council* (NRC), em um documento intitulado *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, publicado no ano de 2012. Esse documento apresenta a importância do ensino e do aprendizado das Ciências, aponta a relevância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado das Ciências e descreve três dimensões necessárias para isso, a saber:

1) Práticas Científicas: são descritas as principais práticas que os cientistas empregam para investigar, construir modelos e teorias acerca do mundo. Compreendidas por: formular questões; desenvolver e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; fazer uso do pensamento matemático e computacional; construir explicações; argumentar a partir de evidências; e, obter, avaliar e comunicar a informação.

2) Conceitos Transversais: são conceitos unificadores que têm aplicação em todos os domínios das Ciências. Compreendidos por: padrões; causa e efeito: mecanismo e previsão; escala, proporção e quantidade; sistemas e modelos de sistema; energia e matéria; estrutura e função; e estabilidade e mudança.

3) Ideias Centrais Disciplinares: são partes essenciais das disciplinas científicas a serem abordadas. Compreendidas por: ciências físicas; ciências da vida; ciências da Terra e espaciais; e, engenharia, tecnologia e aplicações das ciências.

Assim, este estudo compreende os seguintes objetivos específicos: Identificar as DAC contempladas em questões do PISA que abordam conteúdos químicos; analisar as DAC identificadas nestas questões; identificar se há relações entre as três Dimensões da Aprendizagem Científica e as competências previstas

pelo PISA e por fim, perceber se as DAC podem contribuir para o letramento científico nos estudantes.

Nesse contexto e considerando a importância do letramento científico para a formação dos estudantes, a presente pesquisa teve como questão norteadora: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) são contempladas em questões do PISA que abordam conteúdos químicos, de acordo com o NRC (2012)?

Estruturamos a dissertação em quatro capítulos, seguida das considerações finais e referências. A seguir, descrevemos brevemente cada capítulo.

No primeiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, com uma explicação geral do documento e uma descrição detalhada de cada uma das dimensões: as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares. Finalizamos o capítulo com uma seção a respeito do letramento científico.

No segundo capítulo descrevemos o procedimento metodológico adotado. Na primeira seção é apresentado o contexto de pesquisa, no qual é abordada a posição do Brasil em relação ao letramento em Ciências, o histórico, as características e os tipos de questões utilizadas no PISA. Na segunda seção descrevemos acerca da pesquisa qualitativa e da análise de conteúdo, e o procedimento metodológico adotado na investigação. Na sequência explicitamos a organização do *corpus*<sup>2</sup> e a sistemática realizada, a fim de que encontremos indícios que nos ajudem a responder à questão de investigação: Quais Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) são identificadas em questões do PISA que abordam conteúdos químicos?

No terceiro capítulo apresentamos a análise de cada uma das 59 questões do PISA entre os anos 2000 e 2015, segundo as dimensões investigadas: as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares.

No quarto capítulo apresentamos uma discussão mais detalhada acerca de cada uma das três dimensões, juntamente com alguns referenciais que

---

<sup>2</sup> Os documentos que farão parte desta pesquisa constituirão o *corpus*, que são definidos como “conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos” (BARDIN, 2011, p.126).

corroboram a ideia de cada uma delas, assim como possíveis relações das dimensões entre si, as competências do PISA e o letramento científico.

Nas considerações finais tecemos algumas conclusões acerca da questão de pesquisa, ou seja, trazemos as Dimensões da Aprendizagem Científica identificadas nas questões do PISA que abordam conteúdos químicos, e as competências exigidas, bem como, indícios de letramento científico possibilitado pelas dimensões.

Nas referências encontram-se todo o acervo bibliográfico utilizado na composição desta pesquisa.

## CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste primeiro capítulo apresentamos os referenciais teóricos que fundamentam esta pesquisa: as Dimensões da Aprendizagem Científica, constituída pelas Práticas Científicas; os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares; e por fim, algumas compreensões acerca do letramento científico.

### 1.1 DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA (DAC)

As Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) foram elaboradas por um comitê de pesquisadores sob a coordenação geral do *National Research Council* dos Estados Unidos da América (NRC, 2012) e ampliam as discussões já iniciadas em anos anteriores relacionadas à aprendizagem científica em ambientes formais<sup>3</sup> (NRC, 2007) intitulado - *Taking Science to School: learning and teaching Science in Grades K-8* - e em ambientes não formais<sup>4</sup> (NRC, 2009) intitulado - *Learning Science in informal environments: people, places, and pursuits*.

O NRC (2007) procurou (re)definir o que é ser proficiente em Ciências<sup>5</sup> e como pode ser o trabalho em sala de aula com estudantes do nível K-8<sup>6</sup> e responder a três amplas questões: como se aprende Ciências?; como a ciência deve ser ensinada?; e, quais pesquisas são necessárias para aumentar o conhecimento sobre como os estudantes aprendem Ciências? Por sua vez, o NRC (2009) analisou os objetivos do ensino de Ciências em ambientes informais e investigou o potencial das configurações extraescolares, para a aprendizagem das

<sup>3</sup> Os ambientes formais de aprendizagem são considerados como “ensino escolar institucionalizado, cronologicamente gradual e hierarquicamente estruturado” (BIANCONI; CARUSO, 2005, p. 20).

<sup>4</sup> Os ambientes informais de aprendizagem são aqueles em que a aprendizagem pode ocorrer ao longo da vida, ou seja, “a pessoa adquire e acumula conhecimentos, através de experiência diária em casa, no trabalho e no lazer” (BIANCONI; CARUSO, 2005, p. 20).

<sup>5</sup> A proficiência em ciências no NRC (2007) é definida por meio de quatro ações/processos: 1 – Conhecer, usar e interpretar explicações científicas do mundo natural; 2 – Gerar e avaliar evidências e explicações científicas; 3 – Compreender a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico; 4 – Participar produtivamente de práticas e discursos científicos. A partir do inglês (original): “*Students who are proficient in Science: 1. know, use, and interpret scientific explanations of the natural world; 2. generate and evaluate scientific evidence and explanations; 3. understand the nature and development of scientific knowledge; 4. participate productively in scientific practices and discourse.*” (NRC, 2007, p.15-16).

<sup>6</sup> Equivalências aos termos utilizados no ensino americano – Elementary Grades or Elementary School (grades 1-5); Middle School (grades 6-8); High School (grades 9-12). Fonte: (NGSS, 2013b). Disponível em: <[http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20-%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL\\_V2.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20-%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2017.

Ciências, tais como caminhar no parque, visitar um centro de ciência, um jardim zoológico, um aquário, um jardim botânico, ou mesmo, um planetário.

Além dos documentos anteriormente mencionados, no NRC (1996) discutia-se como deveria ser o ensino de Ciências, na busca de elaboração de padrões para os vários níveis de ensino. O NRC (1996), intitulado *National Science Education Standards* foi elaborado para orientar a nação americana em direção a uma sociedade letrada cientificamente, fundada a partir da prática e da pesquisa. O documento descreve uma visão de pessoa letrada cientificamente, e apresenta critérios para a educação científica, que permitem que esta visão possa se tornar realidade. O conceito de letramento científico adotado supõe que o indivíduo deve ser capaz de fazer perguntas e encontrar ou determinar respostas advindas das questões de curiosidade acerca das experiências cotidianas, ou seja, a pessoa precisa ter a habilidade para descrever, explicar e predizer os fenômenos naturais.

Na literatura, destacamos alguns trabalhos que fizeram uso desses documentos (NRC, 2007, 2009) em diferentes contextos educacionais: Fejolo, Arruda e Passos (2013) elaboraram os Focos da Aprendizagem Científica (FAC), a partir do NRC (2009), e buscaram identificar nos diálogos informais de graduandos de licenciatura em física, participantes do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), as evidências de aprendizagem científica.

No artigo de Arruda, Passos e Fregolente (2012), os autores fizeram uma analogia aos FAC, originando os Focos da Aprendizagem Docente (FAD), um instrumento que pode ser utilizado para analisar o aprendizado para a docência, incorporando múltiplas dimensões, tanto na formação inicial como na formação em serviço.

Na dissertação de Moryama (2013) buscou-se caracterizar o aprendizado da docência no PIBID, em licenciandos do curso de Ciências biológicas por meio dos FAD, no qual foi possível avaliar a aprendizagem para a docência e a reflexão a respeito da docência dos sujeitos envolvidos, estudantes e supervisoras.

No artigo escrito por Arruda et al. (2013) foram analisados diálogos de situações de aprendizagem que ocorrem no dia a dia, como, por exemplo, a conversa de uma mãe com sua filha no carro no retorno à sua casa; a partir dos Focos da Aprendizagem Científica Informal, de acordo com o NRC (2009).

Nesse sentido, acreditamos que esses referenciais ampliam a discussão sobre a aprendizagem em Ciências, conseqüentemente sobre a avaliação

de aspectos científicos, pois além de abordar conteúdos, incluem aspectos inerentes à aprendizagem científica, uma vez que aprender Ciências é estar envolvido em um amplo conjunto de conhecimentos que vão além da perspectiva conceitual.

Para esta pesquisa, as DAC foram consideradas como categorias que ressaltam diferentes dimensões da competência científica. No documento NRC (2012) há uma ampla revisão de estudos relacionados à aprendizagem científica, no que diz respeito às ideias e práticas da ciência, além de examinar e discutir algumas suposições a respeito do potencial das crianças e dos adolescentes para aprender Ciências.

Na primeira seção do documento é apresentada a importância do ensino e do aprendizado das Ciências, pois ela permeia os muitos aspectos da vida moderna dos cidadãos, sendo de grande importância para o desenvolvimento tecnológico do país, frente aos anseios mundiais por desenvolvimento. Além disso, o conhecimento científico deve contribuir para o maior engajamento das pessoas nas decisões políticas atuais, como, por exemplo, na escolha de um tratamento médico adequado ou em como gastar adequadamente fundos públicos para o abastecimento de água, e também em muitas outras situações cotidianas.

Esse relatório foi realizado buscando articulações entre a educação em ciência, engenharia e a tecnologia, necessárias para o século XXI. Desta forma, o documento aponta a importância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado de Ciências e descreve três dimensões necessárias para isso, de acordo com o NRC (2012):

1) Práticas Científicas: nesta dimensão são descritas as principais práticas que os cientistas empregam para investigar, construir modelos e teorias sobre o mundo. Assim, não basta que os estudantes conheçam o conteúdo, mas precisam saber aplicá-los na resolução de um problema ou na compreensão de um fenômeno;

2) Conceitos Transversais: tratam de conceitos unificadores que têm aplicação em todos os domínios da ciência. Eles auxiliam os estudantes a compreenderem as Práticas Científicas e a relacioná-las com o conhecimento científico;

3) Ideias Centrais Disciplinares: descreve partes essenciais das disciplinas científicas a serem abordadas. Compreende partes do conhecimento científico, tidas como essenciais para a compreensão de distintos fenômenos.

Propor uma aprendizagem científica que articule essas dimensões tem por objetivo a formação de um cidadão crítico da sua realidade, consumidores, questionadores que continuarão a aprender ciência durante sua vida, mesmo depois do período formal de aprendizagem. E para que isso ocorra é necessário que os estudantes identifiquem a ciência como parte integrante de suas vidas e que por meio dela seja possível ampliar a visão da realidade e resolver problemas. Assim, a partir desta vivência podemos nos engajar com essa forma de conhecimento e, até mesmo, optar por alguma carreira científica.

A seguir, explicitaremos com mais detalhes a respeito de cada uma das dimensões apresentadas, de acordo com o NRC (2012).

### 1.1.1 Práticas Científicas (PC)

As Práticas Científicas descritas no NRC (2012) são mencionadas como a primeira dimensão e não se referem somente às atividades ou ações que envolvem a etapa experimental em Ciências, mas englobam um conceito mais amplo. As PC indicam ações ou ‘recursos’ que os cientistas utilizam para investigar e construir teorias e modelos, a respeito dos fenômenos.

O termo “prática” é usado no lugar de habilidade, para enfatizar que o envolvimento em investigações científicas requer não somente habilidades, mas também o conhecimento, que é específico para cada prática (NRC, 2012). Reforçando esse entendimento, “[...] o envolvimento em investigações científicas requer articulação, ambos de conhecimento e de habilidade, simultaneamente” (NRC, 2012, p. 41, tradução nossa)<sup>7</sup>.

Nessa perspectiva, se engajar em práticas científicas ajuda os estudantes a entenderem como os conhecimentos científicos se desenvolvem, fornecendo condições para a apreciação, por parte dos estudantes, de múltiplas abordagens para investigar, modelar e compreender o mundo. A participação nestas práticas ajuda os estudantes na compreensão dos Conceitos Transversais e nas Ideias Centrais Disciplinares, tornando o seu conhecimento científico mais aprofundado, ampliando sua visão de mundo.

---

<sup>7</sup> Texto, no original: “We use the term “practices,” instead of a term such as “skills,” to stress that engaging in scientific inquiry requires coordination both of knowledge and skill simultaneously.” (NRC 2012, p. 41)

As investigações científicas demandam dos estudantes o alcance de algumas práticas, cada uma com suas especificidades, que podem ser: práticas cognitivas, que constituem no desenvolvimento da percepção e do raciocínio científico; práticas sociais, ou seja, reconhecer a influência do contexto, na elaboração, construção e aceitação do conhecimento científico; e, por fim, práticas físicas, aquelas em que são necessárias à compreensão do meio físico, por si próprio e por meio da colaboração de outros indivíduos, por meio das leis, das teorias e da experimentação, com o objetivo de que os estudantes se envolvam por si próprio. De acordo com o NRC (2012):

Como em toda abordagem baseada em investigação para o ensino das ciências, nossa expectativa é que os estudantes se envolvam por si mesmos nas práticas e não aprendam de forma passiva. Os estudantes não podem compreender as práticas científicas, nem apreciar plenamente a natureza do próprio conhecimento científico, sem experimentar diretamente as práticas por si próprios (NRC, 2012, p. 30, tradução nossa)<sup>8</sup>.

A ideia de Ciência como um conjunto de práticas surgiu a partir da contribuição de historiadores, filósofos, sociólogos e psicólogos ao longo dos últimos 60 anos, com a finalidade de ressaltar como a Ciência é realmente construída, abarcando um conjunto de práticas, que inclui o desenvolvimento da teoria, do raciocínio, e dos testes que abrangem a participação de outras pessoas e instituições (comunidades), com uma maneira especializada de falar, com o uso de sistemas e modelos para representar fenômenos, construção de instrumentação adequada e pelos testes de hipóteses, por experimentação ou observação.

Esta é uma visão mais ampla da Ciência que visa minimizar a tendência de reduzir a prática, a somente um conjunto de procedimentos, identificação de variáveis, classificação e verificação de erros. Além disso, os procedimentos não podem estar isolados dos conteúdos da Ciência, assim é importante que as práticas sejam um meio de desenvolver uma compreensão mais profunda dos conceitos e dos propósitos da Ciência. Portanto, o engajamento nas Práticas Científicas possibilita que os estudantes conheçam como os conceitos

---

<sup>8</sup> Texto, no original: *As in all inquiry-based approaches to science teaching, our expectation is that students will themselves engage in the practices and not merely learn about them secondhand. Students cannot comprehend scientific practices, nor fully appreciate the nature of scientific knowledge itself, without directly experiencing those practices for themselves.* (NRC, 2012, p. 30).

científicos foram construídos e porque algumas teorias estão mais estabelecidas do que outras (NRC, 2012).

O NRC (2012) descreve oito práticas, apresentadas no Quadro 1, consideradas essenciais a serem desenvolvidas pelos estudantes no nível K-12, equivalente, no Brasil, ao 3º ano do Ensino Médio.

Vale destacar que, ao fazer Ciência, as Práticas Científicas são desenvolvidas de forma interativa e em combinação; elas não devem ser vistas como uma sequência linear de passos a serem tomados, na ordem apresentada.

**Quadro 1 – Práticas Científicas e suas descrições**

<b>Práticas Científicas (PC)</b>	<b>Descrição</b>
<b>PC1 Formular questões</b>	Consiste em fazer perguntas sobre um fenômeno e procurar desenvolver teorias que podem providenciar respostas para as questões; reformular e refinar questões a serem respondidas.
<b>PC2 Desenvolver e usar modelos</b>	Envolve a construção e utilização de uma ampla variedade de modelos e simulações para ajudar a desenvolver explicações sobre fenômenos naturais.
<b>PC3 Planejar e realizar investigações</b>	Apoia-se em planejar e conduzir uma sistemática de investigação, que requer a identificação do que está sendo investigado e pode tratar com variáveis dependentes e independentes.
<b>PC4 Analisar e interpretar dados</b>	Consiste em analisar os dados sistematicamente, advindos de uma investigação científica, testá-los com as hipóteses iniciais, reconhecer conflitos, a fim de transformá-los em informação e/ou conhecimento, por meio de recursos apropriados para, posteriormente, comunicá-los a outros indivíduos ou grupos.
<b>PC5 Fazer uso do pensamento matemático e computacional</b>	Compreende o uso de abordagens matemática e computacional que permitem previsões do comportamento de sistemas físicos, juntamente com o teste de tais previsões, por meio dos dados inseridos, reconhecimento, expressão de aplicações e relações quantitativas.
<b>PC6 Construir explicações</b>	Consiste em aplicações da teoria para uma situação específica ou fenômeno. Esta prática compreende a construção lógica de explicações coerentes de fenômenos que incorporam a compreensão atual da Ciência, ou um modelo que o representa, e são consistentes com a evidência disponível.
<b>PC7 Argumentar a partir de evidências</b>	Concebe-se que uma boa argumentação científica é fundamentada por evidências, sendo possível examinar seu próprio entendimento e a dos outros. Na Ciência, raciocínio e argumentação são essenciais para identificar os pontos fortes e fracos de uma linha de pensamento e para encontrar a melhor explicação para um fenômeno natural.
<b>PC8</b>	Compreende a comunicação de ideias e dos resultados da

<b>Obter, avaliar e comunicar a informação</b>	investigação, que podem ser exteriorizadas, oralmente ou por escrito, e do engajamento nas discussões com os seus pares. A Ciência não pode avançar se os cientistas são incapazes de comunicar claramente suas descobertas e aprender sobre os resultados dos outros cientistas.
--	---

Fonte: Adaptado NRC (2012, tradução nossa).

A seguir, discutiremos de forma mais aprofundada cada uma das PC descritas no Quadro 1, com algumas características adicionais tais como, exemplos, objetivos e o que se espera do estudante ao final da escolarização, referente a cada uma dessas práticas.

A Prática Científica 1 (PC1) – **Formular questões** – é essencial para desenvolver hábitos científicos. Mesmo para indivíduos que não se tornarão cientistas, a habilidade de formular questões é um importante componente do letramento científico, ajudando-os a torná-los consumidores críticos.

As questões podem ser elaboradas oriundas de uma variedade de caminhos. Elas podem ser acionadas pela curiosidade (Por que o céu é azul?); podem ser inspiradas por um modelo ou na tentativa de aperfeiçoar o modelo ou teoria (Como o modelo cinético dos gases explica o cheiro exalado de um perfume deixado aberto?); ou podem resultar da necessidade de proporcionar melhores soluções para um problema (Qual procedimento é necessário para descontaminar a água de uma mina ou de um poço que está com microrganismos?).

De acordo com o NRC (2012) ao final do nível K-12 os estudantes devem ser capazes de:

- Indagar sobre o mundo natural e as construções humanas. Por exemplo: O que fazem as abelhas? Por que existem as estações do ano? Como é gerada a energia elétrica?
- Diferenciar uma questão científica (Por que os balões de hélio se elevam mais facilmente?), das questões não científicas (Qual destes balões coloridos é o mais bonito?);
- Formular e refinar questões que podem ser respondidas empiricamente em uma sala de aula de Ciências;
- Fazer perguntas de sondagem que buscam identificar as premissas de um argumento, solicitar maior elaboração, refinar a pergunta de uma

pesquisa ou um problema. Por exemplo: Como você sabe? Que evidência apoia este argumento?

– Observar características, padrões e contradições nas observações e questões já elaboradas, e saber questioná-las.

Nesse sentido, os estudantes de qualquer nível de ensino precisam ser capazes de fazer perguntas uns aos outros sobre os textos que leem, as características dos fenômenos que observam e as conclusões que retiram de seus modelos ou de suas investigações científicas. Com o avanço no nível escolar, as questões necessitam ficar cada vez mais relevantes. Isto exige que, em sala de aula, com o auxílio do professor, seja estimulada a valorização das boas perguntas e possibilitada a oportunidade para os estudantes aprimorarem suas perguntas e estratégias de questionamento. Por fim, espera-se que os estudantes sejam proficientes a ponto de formularem perguntas que solicitam evidências para respostas, assim como modelos, para explicação e argumentação.

No que diz respeito à Prática Científica 2 (PC2) – **Desenvolver e usar modelos** – esta prática engloba o uso de diagramas, representações matemáticas, analogias, simulações computacionais, com a finalidade de contribuir para que se exteriorize aquilo que se pensa sobre uma situação ou um conceito. Embora, eles não correspondam exatamente à entidade que está sendo modelada, estes carregam certas características, enquanto minimizam e obscurecem outras.

Os cientistas usam modelos para representar seu entendimento de um sistema em estudo, para auxiliar no desenvolvimento de perguntas e explicações, e para comunicar ideias aos outros. Alguns modelos usados pelos cientistas são matemáticos, por exemplo, a lei do gás ideal. Para sistemas mais complexos, têm-se as representações matemáticas dos sistemas fixos, que são usados para criar simulações no computador, que permitem aos cientistas prever o comportamento de outros sistemas, como, por exemplo, os efeitos na atmosfera do aumento de níveis de dióxido de carbono na agricultura em diferentes regiões do mundo. Estes modelos podem ser avaliados e refinados por meio de comparações entre as previsões com o mundo real, ajustando-os, e produzindo a compreensão sobre o fenômeno que está sendo modelado.

O objetivo desta prática, ao final do nível K-12, sugere que os estudantes sejam capazes de:

- Construir desenhos ou diagramas como representações de eventos ou sistemas, como, por exemplo, desenhar um inseto e identificar suas características; representar o que acontece com a água em uma poça à medida que é aquecida pelo sol. Ou seja, fazer uso de modelos, tanto para explicar ou fazer previsões de como o sistema se comportará em determinadas circunstâncias;
- Representar e explicar fenômenos com múltiplos tipos de modelos; por exemplo, a representação de moléculas com modelo 3D ou diagrama de ligações. É importante saber ser flexível nos usos de diferentes tipos de modelos, para ser mais útil, de acordo com o seu fim;
- Discutir a limitação e precisão de modelos, como a representação de sistemas e processos. Refinar um modelo à luz de evidências empíricas ou críticas, para melhorar a sua qualidade e de seu poder explicativo;
- Usar simulações computacionais como ferramenta para entender e investigar aspectos de um sistema ou evento, particularmente aqueles que não são visíveis a “olho nu”.

A progressão no desenvolvimento dessa prática ao longo dos anos de escolarização se dá a partir de modelos de imagens concretas – desenho de carro de brinquedo – para mais abstratas – fazer um diagrama sobre as forças que agem em um objeto em particular, em um sistema. Os estudantes precisam utilizar diagramas, mapas e outros modelos abstratos que lhes permitam elaborar suas próprias ideias, e apresentá-las aos outros. Desta forma, o papel do professor neste processo está em buscar estratégias em sala de aula para que isso seja possível.

Tipos mais sofisticados de modelos são esperados à medida que se elevam os graus de estudo e o nível de conhecimento. Assim, a qualidade do modelo, depende do conhecimento prévio do aluno e de sua capacidade de compreender o sistema a ser modelado e, com o tempo, este entendimento é desenvolvido, tornando-se mais específico.

A Prática Científica 3 (PC3) – **Planejar e realizar investigações** – envolve, particularmente, a investigação científica, que pode ser realizada no campo ou no laboratório. As observações e dados coletados do trabalho são usados para testar as teorias e explicações existentes ou para rever e desenvolver novas. Esta prática exige a capacidade de projetar investigações experimentais ou observacionais que são apropriadas para responder à questão que se coloca, ou testar uma hipótese que foi formulada. Este processo começa por identificar as

variáveis relevantes, e considerar, como elas podem ser observadas, medidas e controladas.

Ao final do nível K-12, espera-se dos estudantes, no que diz respeito a essa prática, que sejam capazes de:

- Formular questões que possam ser investigadas dentro da sala de aula, no laboratório da escola, ou no campo com os recursos disponíveis. Quando necessário, formular uma hipótese (isto é, uma explicação possível, que prevê um resultado particular e estável) com base em um modelo ou teoria;
- Decidir quais dados serão coletados, quais ferramentas são necessárias para coletá-los e como as medições serão registradas;
- Decidir quantos dados serão necessários para produzir medidas confiáveis e considerar quaisquer limitações sobre a precisão dos dados;
- Planejar procedimentos experimentais ou pesquisa de campo, identificando variáveis dependentes e independentes relevantes, e, quando for o caso, a necessidade de controlá-las;
- Considerar possíveis confusões de variáveis e assegurar seu controle ao longo da investigação.

Nos Anos Iniciais<sup>9</sup>, as experiências dos estudantes necessitam ser estruturadas para ajudá-los a aprender a definir os recursos a serem investigados, tais como padrões que sugerem relações causais (por exemplo, características de que uma rampa pode afetar a velocidade de uma dada bola). No plano da investigação, é importante saber realizar os ensaios e como registrar as informações sobre eles, refinar de forma interativa as informações e reconhecer suas possíveis limitações.

Os estudantes precisam ter a oportunidade de planejar e realizar vários e diferentes tipos de investigações ao longo da escolarização regular. Em todos os níveis necessitam se envolver em investigações, que podem tanto ser

---

<sup>9</sup> Consideramos aqui os seguintes termos e equivalências, em relação ao ensino regular: no Brasil - Ensino Fundamental (idade de 6 a 14 anos), sendo: Anos Iniciais – 1º ao 5º ano, Anos Finais – 6º ao 9º ano; Ensino Médio (idade de 15 a 17 anos) sendo do 1º ao 3º ano. Disponível em: <[http://www.brasil.gov.br/educacao/2014/05/saiba-como-e-a-divisao-do-sistema-de-educacao-brasileiro/image\\_view\\_fullscreen](http://www.brasil.gov.br/educacao/2014/05/saiba-como-e-a-divisao-do-sistema-de-educacao-brasileiro/image_view_fullscreen)>. Acesso em: 05 fev. 2017.

Equivalências ao ensino americano – *Elementary Grades or Elementay School* (grades 1-5) = Anos Iniciais; *Middle School* (grades 6-8) = Anos Finais; *High School* (grades 9-12) = Ensino Médio. Fonte: (NGSS, 2013b). Disponível em: <[http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL\\_V2.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2017.

estruturadas pelo professor quanto aquelas que emergem dos estudantes a partir de suas próprias questões. Neste caso, os estudantes precisam ter a oportunidade, não só de identificar questões a serem pesquisadas, mas também de decidir quais os dados deverão ser coletados, quais variáveis devem ser controladas, quais ferramentas ou instrumentos são necessários para se coletar e registrar os dados, e considerar o erro de medição, na análise de dados.

Portanto, os estudantes precisam de oportunidades para que possam realizar investigações, e assim aprender a importância da tomada de decisões (como e o que medir, o que manter constante, como selecionar ou construir instrumentos de coleta de dados) que sejam adequadas às necessidades de uma investigação. Eles também precisam de experiências que os ajudem a reconhecer que o laboratório não é um campo exclusivo para a investigação científica e que, para muitos cientistas (por exemplo, cientistas da terra, ecologistas), o “laboratório” pode ser o mundo natural, no qual experimentos são conduzidos e dados são coletados.

Em relação à Prática Científica 4 (PC4) – **Analisar e interpretar dados** – estes, uma vez coletados devem ser apresentados de uma forma que possam revelar padrões e relações que permitam ser comunicados aos outros. A principal prática dos cientistas é organizar e interpretar dados por meio de tabulações, gráficos e análises estatísticas. Tais análises podem revelar o significado dos dados e sua relevância, e então eles podem ser usados como evidências.

A utilização de tabelas permite que as principais características de uma grande quantidade de dados possam ser resumidas em uma forma mais acessível, os gráficos oferecem um meio de resumir visualmente os dados, e a matemática é essencial para expressar as relações entre as diferentes variáveis no conjunto de dados. As ferramentas de visualização modernas, baseadas na computação, muitas vezes, permitem que os dados sejam exibidos em variadas formas e, portanto, permitem que os estudantes possam se envolver interativamente com os dados, em suas análises.

Além disso, as técnicas estatísticas podem ajudar a reduzir o efeito do erro. Os estudantes precisam de oportunidades para analisar grandes conjuntos de dados e identificar correlações. Pois, cada vez mais, esses conjuntos, envolvendo dados de temperatura, níveis de poluição, e outras medições científicas, estão

disponíveis na *Internet*. Além disso, a tecnologia da informação permite a captura de dados para além da sala de aula.

Para esta prática, os estudantes ao final do nível K-12, precisam ser capazes de:

- Analisar dados sistematicamente, tanto para procurar padrões, quanto para testar se os dados são consistentes com as hipóteses iniciais;
- Reconhecer quando os dados estão em conflito com as expectativas e considerar que revisões no modelo inicial podem ser necessárias;
- Usar planilhas, tabelas, gráficos, estatísticas, cálculos, e a informação e a tecnologia computacional para comparar, resumir, exibir os dados e explorar relações entre as variáveis;
- Avaliar a consistência de uma conclusão que pode ser inferida a partir de um conjunto de dados, utilizando técnicas matemáticas e estatísticas apropriadas;
- Reconhecer padrões nos dados que estabelecem alguma relação com a investigação, distinguir relações causais e correlacionais;
- Coletar dados a partir de modelos físicos e analisar o desempenho de um modelo sob um conjunto de condições.

Nos Anos Iniciais, os estudantes necessitam de apoio para reconhecer a necessidade de registrar as observações, em desenhos, palavras ou números e compartilhá-los com outros. Quando eles se envolvem na investigação científica mais profundamente, eles precisam começar a recolher dados de forma categórica ou numérica para apresentação de uma forma que facilite a interpretação, tais como tabelas e gráficos. Quando viável, computadores e outras ferramentas digitais necessitam ser introduzidos como um meio de permitir esta prática.

Nos Anos Finais do Ensino Fundamental, os estudantes devem ter a oportunidade de aprender técnicas padrão para a exibição, análise e interpretação dos dados. Tais técnicas incluem diferentes tipos de gráficos, a identificação de dados discrepantes em um conjunto de dados, e reduzir os efeitos do erro de medidas. Os estudantes também devem saber explicar por que estas técnicas são necessárias.

No Ensino Médio, as investigações se tornam mais complexas, eles precisam desenvolver habilidades adicionais e técnicas para a exibição e análise de dados, tais como gráficos de dispersão x-y, para exprimir a relação entre duas

variáveis. Os estudantes devem reconhecer que eles podem precisar de mais de uma maneira para explorar e exibir seus dados a fim de identificar e apresentar características significativas. Eles também precisam de oportunidades para usar a matemática e estatística para analisar características de dados, tais como covariação. Também os estudantes devem ter a oportunidade de usar uma maior diversidade de amostras de dados científicos e de utilizar computadores ou outras ferramentas digitais para apoiar este tipo de análise.

A Prática Científica 5 (PC5) – **Fazer uso do pensamento matemático e computacional** – consiste na utilização de ferramentas fundamentais para a representação física de variáveis e suas relações. A matemática possibilita a representação numérica de variáveis, a representação simbólica entre entidades físicas e a predição de resultados. Por sua vez os computadores possibilitam coletar e analisar um grande número de dados, buscar por distintos padrões e identificar relações e características significativas.

A matemática e a computação podem ser ferramentas poderosas quando temos uma investigação científica. A matemática serve como: funções úteis; ferramenta; função comunicativa; uma das linguagens da Ciência e uma função estrutural, que permite a dedução lógica. Ela permite a identificação de novas ideias, e que elas sejam expressas de uma forma precisa.

Em grande parte da Ciência moderna, previsões e inferências têm uma natureza probabilística, nesse sentido entender de probabilidade e inferências estatísticas é uma parte importante da compreensão científica. Por sua vez, as ferramentas computacionais aumentam o poder da matemática, permitindo cálculos que não podem ser realizados analiticamente. Por exemplo, elas permitem o desenvolvimento de simulações, que combinam representações matemáticas de vários fenômenos subjacentes para modelar a dinâmica de um sistema complexo. Métodos computacionais também são ferramentas potentes para representar visualmente dados, e eles podem mostrar os resultados dos cálculos ou simulações em formas que permitem a exploração de padrões.

Ao final do nível K-12, em relação a esta prática científica, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Reconhecer quantidades dimensionais e usar unidades apropriadas em aplicações científicas, de fórmulas e gráficos matemáticos;

- Expressar relações e quantidades em formas matemáticas e algorítmicas para a modelagem e investigação científica;
- Reconhecer que simulações computacionais são construídas com base em modelos matemáticos que incorporam pressupostos subjacentes sobre os fenômenos ou sistemas que estão sendo estudados;
- Usar expressões matemáticas, programas computacionais ou simulações, para comparar resultados com o que se conhece sobre o mundo;
- Usar nível de conhecimento apropriado de matemática e de estatística na análise de dados.

O aumento da familiaridade dos estudantes com o papel da matemática na Ciência é central para o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda de como a Ciência funciona. Assim que os estudantes aprendem a contar, eles podem começar a usar números para encontrar ou descrever padrões na natureza. Posteriormente, aprendem a usar instrumentos como régua, transferidores e termômetros para a medição de variáveis que são melhor representadas por uma escala numérica contínua, para aplicar a matemática, interpolar valores, e identificar características, tais como máximo, mínimo, intervalo, média e mediana, de conjuntos de dados simples.

Um avanço significativo vem, quando as relações são expressas usando igualdades pela primeira vez em palavras, e depois em símbolos algébricos, por exemplo, para calcular a distância, por meio da velocidade multiplicada pelo tempo decorrido ( $s = vt$ ). Os estudantes precisam ter a oportunidade de explorar a forma como tais representações simbólicas podem ser usadas para representar os dados, para prever resultados e, eventualmente, para derivar novos relacionamentos usando a matemática. Os estudantes necessitam adquirir experiência no uso de computadores para permitir múltiplas medições que podem ser feitas rápida e repetidamente, para expressar os seus dados em tabelas e gráficos, ajudando assim na identificação de padrões. O uso da matemática e do computador deve progredir na sala de aula de Ciências, e essas ferramentas devem ser progressivamente exploradas.

A Prática Científica 6 (PC6) – **Construir explicações** – ressalta a explicação de fenômenos a partir do que se conhece de teorias científicas a respeito. Isto porque a Ciência procura aumentar a compreensão humana do mundo. As teorias científicas são desenvolvidas para fornecer explicações

destinadas a compreender a natureza de fenômenos particulares, prevendo eventos futuros, ou fazendo inferências sobre eventos passados. A Ciência desenvolveu teorias explicativas, tais como a teoria dos germes da doença, a teoria do *Big Bang* da origem do universo, e a teoria de Darwin da evolução de espécies. As teorias não são meras suposições, elas especialmente são valorizadas porque fornecem explicações para várias instâncias.

As explicações científicas são relatos que ligam a teoria científica a específicas observações ou fenômenos. Por exemplo, explicam relações observadas entre as variáveis e descrevem os mecanismos que sustentam inferências de causa e o efeito sobre elas.

É importante envolver os estudantes com explicações científicas a respeito do mundo que os cercam, ajudando-os a obter um entendimento das principais ideias que a Ciência tem desenvolvido. É essencial pedir aos estudantes que demonstrem seu próprio entendimento sobre as implicações de uma ideia científica, por meio do desenvolvimento de suas próprias explicações de fenômenos, sejam estas, baseadas em observações ou em modelos que eles tenham desenvolvido.

Os estudantes, ao final do nível K-12, precisam ser capazes de:

- Construir suas próprias explicações dos fenômenos usando o conhecimento da teoria científica, conectando com modelos e evidências;
- Usar evidências científicas primárias e secundárias para dar suporte ou refutar uma explicação sobre um fenômeno;
- Oferecer explicações causais apropriadas de acordo com o nível de conhecimento científico;
- Identificar lacunas ou fragilidades nas suas próprias explicações, ou nas de outros.

No início de sua educação científica, os estudantes precisam de oportunidades para se envolverem na construção e na crítica de explicações. Eles necessitam ser incentivados a desenvolver explicações sobre o que observam, ao conduzir suas próprias investigações, e ao avaliar as suas próprias explicações e a dos outros.

Como o conhecimento dos estudantes se desenvolve, eles podem começar a identificar e isolar variáveis, e incorporar as observações resultantes em suas explicações sobre os fenômenos. Usando suas medições, de como um fator

afeta ou não, eles podem desenvolver outros relatos, outros raciocínios; neste caso, o fator causal, ajuda a explicar o que eles observam. Por exemplo, em uma investigação acerca das condições em que as plantas se desenvolvem mais rápido, eles podem notar que as plantas morrem quando mantidas no escuro e procurar desenvolver uma explicação para este achado. Embora, a explicação a este nível, possa ser tão simples quanto “plantas morrem no escuro, porque elas precisam de luz para viver e crescer”, ele fornece uma base para mais perguntas e aprofunda sua compreensão, de como as plantas utilizam a luz, que pode ser desenvolvida em séries posteriores.

Com base na comparação da sua explicação, com as suas observações, os estudantes podem apreciar que uma explicação, tais como “as plantas precisam de luz para crescer”, não consegue explicar por que elas morrem quando não é fornecido água. Eles precisam ser encorajados a rever as suas ideias iniciais e a produzir explicações mais completas, que representam mais do que suas observações.

A Prática Científica 7 (PC7) – **Argumentar a partir de evidências** – compreende que os cientistas precisam defender suas explicações, formular evidências baseadas em uma fundamentação sólida de dados, examinar seu próprio entendimento à luz das evidências e dos comentários oferecidos por outros, e colaborar com os colegas na busca da melhor explicação para o fenômeno que está sendo investigado.

Na Ciência, a produção de conhecimento é dependente de um processo de raciocínio que requer um cientista para fazer uma crítica justificada sobre o mundo. Em resposta, outros cientistas tentam identificar fraquezas e limitações da sua reivindicação. Seus argumentos podem ser, com base em deduções a partir de premissas, em generalizações indutivas de padrões existentes, ou em inferências sobre a melhor explicação possível. Em suma, a Ciência está repleta de argumentos que ocorrem tanto informalmente, em reuniões de laboratório e simpósios, e formalmente, em revisão por pares.

Com o tempo, as ideias que sobrevivem ao exame crítico, mesmo à luz de novos dados, alcançam aceitação consensual na comunidade, e, por este processo do discurso, o argumento mantém a sua objetividade e progresso. Os cientistas devem fazer julgamentos críticos sobre seu próprio trabalho e o de seus pares. Além disso, o cientista e o cidadão necessitam, igualmente, fazer julgamentos

de avaliação sobre a validade de reportagens relacionadas com a Ciência e suas implicações para a vida das pessoas e de sua própria vida.

Ao final do nível K-12, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Construir argumentos científicos mostrando como os dados apoiam a afirmação;
- Identificar possíveis lacunas nos argumentos científicos e discuti-los a partir de conhecimentos, raciocínios e evidências;
- Identificar falhas em seus próprios argumentos, modificá-los e melhorá-los em resposta às críticas;
- Reconhecer que as principais características dos argumentos científicos são alegações, dados e raciocínios, e distinguir esses elementos em exemplos;
- Explicar a natureza de controvérsias no desenvolvimento de ideias científicas, descrever o debate que cerca sua criação e por que certa teoria foi bem-sucedida;
- Explicar como certas afirmações científicas são julgadas pela comunidade científica e articuladas a méritos, e as limitações da revisão por pares e a necessidade para a replicação independente dessas investigações críticas;
- Ler relatos de Ciência ou tecnologia, de maneira crítica, e identificar seus pontos fortes e fracos.

Construir e criticar argumentos são ambos um processo central da Ciência, entendida como a investigação. Assim, a interação com outras pessoas é a mais cognitivamente eficaz maneira de aprender. Jovens estudantes podem começar por construir um argumento para sua própria interpretação dos fenômenos que observam, e de quaisquer dados que possam coletar. Necessitam de apoio instrucional, para ir além do simples fazer reivindicações, ou seja, é importante incluir razões ou referências a provas, e começar a distinguir provas de opinião.

À medida que desenvolvem sua capacidade de construir argumentos científicos, os estudantes podem recorrer a uma ampla gama de causas ou evidências, de modo que os seus argumentos se tornam mais sofisticados. Além disso, eles precisam ser esperados para discernir quais os aspectos das provas que são potencialmente significativas, para apoiar ou refutar um argumento particular.

Os estudantes precisam começar a aprender a criticar, fazendo perguntas sobre suas próprias conclusões e as dos outros. Mais tarde, eles necessitam ser preparados para identificar possíveis fraquezas em dados ou em um argumento, e explicar por que sua crítica é justificada. Como eles se tornam mais aptos a discutir e criticar, eles necessitam ser introduzidos em uma linguagem necessária para falar sobre o argumento, tal como reivindicação, razão, dados etc.

Exploração de episódios históricos em Ciência pode proporcionar oportunidades para os estudantes identificar as ideias, provas e argumentos de cientistas profissionais. Ao fazê-lo, eles devem ser encorajados a reconhecer os critérios utilizados para julgar pedidos de novos conhecimentos e os meios formais pelos quais as ideias científicas são avaliadas hoje. Em particular, eles devem ver como é a prática de revisão por pares e verificação, independentemente dos resultados experimentais reivindicados, ajudando os estudantes a manterem a objetividade e a confiarem na Ciência.

Por fim, a Prática Científica 8 (PC8) – **Obter, avaliar e comunicar a informação** – compreende a importância da comunicação de ideias e dos resultados da investigação e do engajamento nas discussões com os seus pares.

Ser alfabetizado em Ciência requer a capacidade de ler e compreender suas literaturas. Leitura, interpretação e produção de texto são práticas fundamentais da Ciência. Os textos científicos devem ser lidos de forma a extrair informações com precisão. Porque o significado preciso de cada palavra ou cláusula pode ser importante. Tais textos requerem um modo de leitura que é bastante diferente de ler um romance ou mesmo um jornal. Os textos científicos são multimodais, usam uma mistura de palavras, diagramas, gráficos, símbolos e elementos matemáticos para comunicar. Assim, para se compreender textos de Ciência é preciso muito mais do que simplesmente conhecer os significados de termos técnicos.

Comunicar por escrito, ou por meio da fala, é outra prática fundamental na Ciência; requer cientistas para descrever observações precisamente, clarificar o seu pensamento, e justificar seus argumentos. A escrita é um dos principais meios de comunicação da comunidade científica. Portanto, a Ciência simplesmente não pode avançar se os cientistas não conseguem comunicar seus resultados de forma clara e persuasiva.

A comunicação ocorre em uma variedade de locais e formas, incluindo revistas e jornais, livros, apresentações em conferências; ocorre também por meios informais, tais como discussões, *e-mails*, telefonemas e *blogs*. Cada vez mais, também, cientistas são obrigados a envolver-se em diálogos com o público leigo sobre o seu trabalho, que requer especialmente boa capacidade de comunicação.

Ser um consumidor crítico da Ciência, seja como um cidadão leigo ou um cientista, requer a capacidade de ler ou visualizar relatórios sobre a Ciência na imprensa ou na *Internet* e reconhecer no discurso a relevância da Ciência, identificar fontes de erros e falhas metodológicas, e distinguir observações a partir de inferências, argumentos de explicações e alegações de provas. Todas estas habilidades são construções, aprendidas a partir do envolvimento em um discurso crítico em torno de textos.

Ao final do nível K-12, relacionado a essa prática científica, os estudantes precisam ser capazes de:

- Usar palavras, gráficos, tabelas, diagramas ou expressões matemáticas para comunicar seu entendimento ou questionamento sobre o sistema em estudo;
- Ler textos científicos, incluindo tabelas e gráficos mediante o seu conhecimento científico e explicar as principais ideias que estão sendo comunicadas;
- Reconhecer as principais características da escrita científica e ser capaz de produzir textos e apresentá-los;
- Engajar em uma leitura crítica de textos científicos (adaptados para o nível de ensino) ou de relatórios de Ciências e discutir a validade e a confiabilidade dos dados, as hipóteses e as conclusões.

Desde o início da educação científica, os estudantes precisam ser convidados a envolverem-se na comunicação, especialmente em relação às investigações e às observações científicas que estão a realizar. É importante a descrição cuidadosa das observações e do discurso claro de ideias, com a capacidade de ambos, em refinar uma declaração, em resposta a perguntas e fazer perguntas de outros, para alcançar o esclarecimento do que está sendo dito.

Ao longo de sua educação científica, os estudantes são continuamente introduzidos a novos termos, e os significados desses termos pode

ser aprendido por meio de oportunidades de seu uso e aplicação em seus contextos específicos. Os estudantes necessitam escrever registros de seu trabalho, usando diários para anotar suas observações, pensamentos, ideias e modelos. Eles precisam ser encorajados a criar diagramas para representar os dados e observações com quadros e tabelas, bem como texto escrito; e também, a começar a produzir relatórios ou cartazes que apresentam o seu trabalho para os outros.

Além disso, os estudantes precisam ter oportunidades de se envolverem na discussão sobre as observações e explicações, e fazer apresentações orais de seus resultados e conclusões, bem como se envolver em discurso apropriado com outros estudantes, fazendo perguntas e discutindo questões levantadas, nessas apresentações.

No Ensino Médio, essas práticas necessitam ser mais desenvolvidas, fornecendo aos estudantes textos mais complexos, com uma ampla gama de materiais, tais como relatórios técnicos ou literatura científica da *internet*. Além disso, os estudantes precisam de oportunidades para ler e discutir os relatórios gerais de mídia, com um olhar crítico e, posteriormente, comunicá-la.

Dessa forma, de acordo com o NRC (2012), aprender como a Ciência funciona requer combinar o conhecimento de conteúdo, o conhecimento processual e o conhecimento epistemológico. O conhecimento processual se refere a métodos que os cientistas usam para assegurar que os resultados são válidos e confiáveis e o conhecimento epistemológico é o conhecimento das construções e valores que são intrínsecos à Ciência. Os estudantes precisam entender o que significa, por exemplo, uma: observação, hipótese, inferência, modelo, teoria ou afirmação e ser capaz de distingui-las. A educação em Ciências deve mostrar que novas ideias científicas são atos de imaginação, normalmente criados nos dias de hoje a partir da colaboração de esforços de grupos de cientistas cujas críticas e argumentos são fundamentais para determinar quais ideias devem permanecer.

A seguir, apresentamos alguns documentos brasileiros que sugerem ações a serem utilizadas no Ensino Médio, em que percebemos algumas relações com as Práticas Científicas, que acabamos de expor. Nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +), menciona-se que que estar formado para a vida é mais do que compreender, identificar e codificar símbolos:

Significa: saber se informar, comunicar-se, argumentar, compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente, de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e, especialmente, adquirir uma atitude de permanente aprendizado. (BRASIL, 2002, p. 9).

Este mesmo documento, traz também que o desenvolvimento de competências no domínio da representação e comunicação, são necessários, sintetizando: símbolos códigos e nomenclaturas; articulação dos símbolos e códigos; análise e interpretação de textos e outras comunicações; elaboração de comunicações (oral, escrita, experimentos, questões); e a discussão e argumentação de temas de interesse (BRASIL, 2002).

As PC podem ser consideradas como possíveis recursos que auxiliam os estudantes a compreenderem e a utilizarem a ciência em seus diferentes contextos, ajudando-os a minimizar as dificuldades encontradas, principalmente em provas de larga escala, como evidenciadas nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio:

As avaliações realizadas – como, por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), mostram que os alunos não têm conseguido produzir respostas coerentes a partir de um conjunto de dados que exigem interpretação, leitura de tabelas, quadros e gráficos, e não conseguem fazer comparações ou fundamentar seus julgamentos (BRASIL, 2006, p. 104).

Assim, por meio das PC, é possível compreender a ciência como um processo, sendo o estudante o sujeito ativo; podendo deslocar entre saberes teóricos e práticos a fim de compreender e atuar em seu contexto de vida, porém, para isso, a mediação deste processo pelo professor em sala de aula é essencial: “que o professor compreenda o sentido e a relevância de seu trabalho, em sua disciplina, para que as metas formativas gerais definidas para os alunos da escola sejam atingidas” (BRASIL, 2002, p. 9). Neste sentido, temos na Orientações Curriculares para o Ensino Médio:

Os processos de construção do conhecimento escolar supõem a inter-relação dinâmica de conceitos cotidianos e químicos, de saberes teóricos e práticos, não na perspectiva da conversão de um no outro, nem da substituição de um pelo outro, mas, sim, do diálogo capaz de ajudar no estabelecimento de relações entre conhecimentos diversificados, pela constituição de um conhecimento plural capaz de potencializar a melhoria da vida. (BRASIL, 2006, p. 118).

Portanto, a participação nas oito práticas científicas ajuda os estudantes a melhor compreender as outras duas dimensões científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares, além de atribuir mais significado ao conhecimento dos estudantes, ampliando sua visão de mundo. Além disso, pode despertar a curiosidade dos estudantes e motivá-los ao estudo das Ciências e em seu estudo continuado.

A seguir apresentamos a segunda dimensão, os Conceitos Transversais.

### 1.1.2 Conceitos Transversais (CT)

Os Conceitos Transversais correspondem a segunda dimensão e se referem a temas comuns que transcendem as fronteiras disciplinares, ou seja, tratam de conceitos unificadores comuns a tantas áreas das Ciências (NRC, 2012). Eles fornecem maneiras de interligar os domínios das Ideias Centrais Disciplinares, terceira dimensão, às práticas realizadas pelos cientistas, primeira dimensão.

Os Conceitos Transversais não são exclusivos do NRC (2012), pois já eram conhecidos, ao menos em partes, em documentos anteriores, denominados por outros termos como “conceitos unificadores” (NRC, 1996) ou “temas comuns” (AAAS, 1989).

No NRC (1996, p. 104) os Conceitos Transversais eram conhecidos como esquemas conceituais e processuais que unificam as disciplinas das Ciências, e proporcionam, aos estudantes, ideias para ajudá-los a compreender o mundo natural, incluindo os seguintes processos: sistemas, ordem e organização; evidências, modelos e explicação; mudança, constância e medição; evolução e equilíbrio; e, por fim, forma e função.

No documento AAAS (1989) intitulado *Ciência: conhecimento para todos*, traduzido do inglês americano, *Science for All Americans*, no Capítulo 11, são apresentados os “temas comuns”, definidos como ideias que transcendem os limites disciplinares e se revelam frutíferos na explicação, teoria, observação e desenho, a respeito de um determinado fenômeno. Os temas se apresentam em quatro ideias temáticas: sistemas; modelos; constância e mudança; escala.

Nesse sentido, os Conceitos Transversais devem “ajudar os estudantes a aprofundar a compreensão das Ideias Centrais Disciplinares e

desenvolver uma visão coerente e científica do mundo” (NGSS, 2013, p.1). Para isso, eles podem contribuir nos seguintes aspectos: como princípios orientadores; ajudar os estudantes a compreender melhor as ideias centrais disciplinares em Ciências; orientar melhor os estudantes a compreenderem as práticas científicas (primeira dimensão); somar na formação de um vocabulário comum a Ciências. Porém, a compreensão acerca desses CT deve evoluir de acordo com a série dos estudantes e precisa ser avaliada juntamente com as práticas e os conceitos disciplinares (NGSS, 2013).

O NRC (2012) apresenta sete Conceitos Transversais para a aprendizagem em Ciências, que estão descritos no Quadro 2.

**Quadro 2 – Conceitos transversais e suas descrições**

<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Descrição</b>
<b>CT1 Padrões</b>	Padrões são importantes para orientar a organização e a classificação e isso depende da cuidadosa observação de similaridades e diferenças; eles incitam questões acerca das relações e dos fatores que influenciam estes padrões.
<b>CT2 Causa e efeito: mecanismo e previsão</b>	A atividade principal da Ciência é a investigação e explicação de relações causais e os mecanismos pelos quais elas são mediadas. Esses mecanismos podem então ser testados por meio de determinados contextos e usados para prever e explicar eventos em outros contextos.
<b>CT3 Escala, proporção e quantidade</b>	Ao considerar os fenômenos é fundamental reconhecer que eles variam de tamanho, tempo, quantidade de energia e que, mudanças na escala, proporção e quantidade afetam a estrutura ou o desempenho do sistema.
<b>CT4 Sistemas e modelos de sistema</b>	Cientistas e estudantes aprendem a definir pequenas porções do mundo natural para investigar, denominados de sistemas. Sistema é um grupo organizado de objetos relacionados ou componentes que formam um conjunto.
<b>CT5 Energia e matéria</b>	A capacidade de analisar, caracterizar e modelar as transferências e os ciclos de matéria e energia é uma ferramenta útil para todas as áreas da Ciência. Estudar as interações entre matéria e energia fornece aos estudantes o desenvolvimento de concepções cada vez mais sofisticadas de seus papéis em qualquer sistema.
<b>CT6 Estrutura e função</b>	A forma e a função são aspectos complementares dos objetos, um explica o outro. O funcionamento dos objetos depende das propriedades do material a partir do qual ele é feito.
<b>CT7 Estabilidade e mudança</b>	Para os sistemas naturais e construídos, as condições de estabilidade são determinantes das taxas de alteração ou evolução de um sistema. Conhecendo a estabilidade, com seus padrões, pode-se construir explicações que proporcionem mudanças da estabilidade.

Fonte: Adaptado NRC (2012, tradução nossa).

A seguir discutiremos de forma mais aprofundada, de acordo com o NRC (2012), cada um dos Conceitos Transversais descritos no Quadro 2.

O Conceito Transversal 1 (CT1) – **Padrões** – existe em toda parte. Podemos observar padrões, na simetria das flores ou nos flocos de neve, no ciclo das estações do ano. Ao observar padrões, formas e acontecimentos, podemos nos questionar acerca do motivo e como eles ocorrem. Dessa forma, objetos podem ser classificados em grupos, de acordo com as similaridades visíveis ou microscópicas, para isso, depende de cuidadosa observação, das semelhanças e diferenças.

Os padrões de similaridades e diferenças podem mudar de acordo com a escala em que o fenômeno está sendo observado. Por exemplo, os isótopos de um elemento são diferentes, eles podem conter diferentes números de nêutrons, mas dependendo do ponto de vista da química eles podem ser classificados como equivalentes, porque apresentam padrões idênticos de interação química.

As crianças começam a reconhecer padrões em suas próprias vidas, muito antes de passarem a frequentar a escola. Elas observam, por exemplo, que o Sol e a Lua seguem diferentes padrões de aparência no céu (fases da Lua). De início, para os estudantes, é importante que eles desenvolvam maneiras de reconhecer, de classificar e de registrar os padrões dos fenômenos que observam.

Estudantes dos Anos Iniciais podem descrever e prever os padrões das estações do ano e, também, podem observar e registrar padrões nas semelhanças e diferenças entre os pais e seus descendentes. Da mesma forma, eles podem investigar características que permitam classificar os tipos de animais – por exemplo, mamíferos, peixes, insetos –, de plantas – por exemplo, árvores, arbustos, gramíneas – ou de materiais – por exemplo, madeira, pedra, metal e plástico –. Estas classificações tornam-se mais detalhadas e específicas ao longo do ensino regular.

Além disso, nos Anos Finais do Ensino Fundamental, os estudantes podem começar a relacionar os padrões da natureza microscópica e sua estrutura de nível atômico. Ainda, eles podem notar que as moléculas químicas podem conter proporções particulares de diferentes átomos.

No Ensino Médio, os estudantes devem reconhecer que diferentes padrões podem ser observados para cada escala em que o sistema é estudado. A

classificação utilizada pode conter falhas e precisar de revisão, quando novas mudanças de escalas forem introduzidas.

O Conceito Transversal 2 (CT2) – **Causa e efeito: mecanismo e previsão** – refere-se a muitas das questões interessantes e produtivas das Ciências que são a respeito do porquê ou de como as coisas acontecem. A noção de que as doenças podem ser transmitidas por contato com uma pessoa, foi inicialmente tratada com ceticismo pelos médicos, por falta de um mecanismo plausível, que conseguisse explicar. Hoje, sabe-se que doenças infecciosas podem ser transmitidas de uma pessoa infectada para outra, a partir da transmissão por bactérias ou vírus. Assim, uma das características da Ciência está em encontrar conexões causais, a fim de conceber medidas preventivas ou curas.

Uma forma de se reconhecer a causa ou efeito, em um fenômeno, ocorre por meio da investigação, em que se busca uma observação detalhada de ocorrência ou não de regularidades, que podem fornecer pistas e relações úteis. Por meio do conhecimento de reações, de seu mecanismo, é possível compreender melhor diversos fenômenos que se aplicam à Ciência, possibilitando possíveis previsões. Por exemplo, as sementes germinam e produzem plantas, mas apenas quando o solo é úmido e quente. Frequentemente, as causalidades descritas podem ser apenas uma forma probabilística, isto é, há probabilidade de levar um evento para outro, mas um resultado específico não pode ser garantido, há somente mais chances de que ocorra, podendo prever a fração de um conjunto idêntico de átomos que passarão por decaimento radioativo em um certo período, mas não o tempo exato de cada átomo dado.

As causas, em sistema de larga escala devem ser coerentes com as realizadas em menor escala; porém, em sistemas de maior escala podem ocorrer implicações não previstas em escalas menores, como o conhecimento de átomos não ser suficiente para prever o código genético. A capacidade de modelar processos causais complexos – com a ajuda de computadores – pode ajudar a integrar múltiplos fatores, e na previsão mais próxima do que se espera na realidade. O importante é que o estudante compreenda, que os eventos no mundo, apresentam uma causa que é compreensível, mesmo quando estas causas estão além da compreensão humana.

Os estudantes começam a procurar e analisar os padrões desde muito cedo, nas suas observações do mundo ou nas relações entre diferentes

quantidades, como os tamanhos das plantas ao longo do tempo. Eles também podem começar a considerar o que pode estar causando esses padrões e relacionar testes e evidências para apoiar ou refutar suas ideias.

Os estudantes nos Anos Iniciais (Ensino Fundamental), no decorrer do ensino, devem desenvolver o hábito de realizar perguntas, como: “Como isso aconteceu?” e “Por que isso ocorreu?”. Movendo-se para perguntas do tipo: “Que mecanismos provocaram estes acontecimentos?” e “Quais foram as condições essenciais para que isso acontecesse?”

Nos Anos Finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, a argumentação dos estudantes, que começa a partir de sua própria explicação, de causa e efeito, pode ajudá-los a apreciar o padrão científico e as teorias que explicam o mecanismo causal nos sistemas de estudo. Estratégias para esse tipo de instrução incluem questionar os estudantes para argumentarem, a partir de evidências, quando atribuem a um fenômeno observado uma causa específica.

O domínio do Conceito Transversal 3 (CT3) – **Escalas, proporção e quantidade** – é essencial para que se consiga pensar cientificamente sobre sistemas e processos, pois podem variar de tamanho – células, baleias, galáxias –, no intervalo de tempo - nanossegundos, horas, milênios -, na quantidade de energia que flui através deles - lâmpadas, redes de energia, o sol - e nas relações entre as diferentes escalas destas quantidades. Pode-se separar em três grandes perspectivas de escalas para estudar Ciências: 1) escalas macroscópicas: aquelas que são observáveis - ver, sentir, observar ou manipular -; 2) escalas que são muito pequenas ou muito rápidas para serem observadas; e, 3) escalas que são muito grandes ou muito lentas.

As ideias de proporção e proporcionalidade, utilizados na Ciência, podem ampliar e desafiar a compreensão matemática dos estudantes nestes conceitos. Appreciar a magnitude relativa de algumas propriedades ou processos pode ser necessário para compreender os diferentes tipos de relações e quantidades, como, por exemplo, a velocidade percorrida por um carro, a densidade, como uma proporção da massa pelo volume. Este Conceito Transversal apresenta como objetivo contribuir na compreensão e formulação de estimativas de escalas em diferentes contextos, o que é importante para dar mais sentido aos dados. Isso pode ajudar os estudantes, a não desenvolver somente um sentido de tamanho e escalas

de tempo relevantes para vários objetos, sistemas e processos, mas também analisar se um resultado numérico é ou não razoável (NRC, 2012).

A evolução na compreensão desse conceito ao longo da escolarização pode ser estimulada, as crianças podem começar o entendimento de escala com objetos, elas discutem escalas relativas à maior e menor, mais quente e mais frio, mais rápido e mais lento, sem referência a unidades individuais de medição. O importante é que os estudantes se familiarizem com medições de comprimento; depois eles podem expandir na compreensão de escala e da necessidade de outras unidades, como as quantidades de peso, de tempo, de temperatura, entre outras. Eles podem também desenvolver uma compreensão da estimativa através de escalas e contextos, que é importante para fazer sentido aos dados. Com o avanço do nível escolar, o uso da estimativa pode ajudá-los não só a desenvolver um sentido do tamanho e escalas de tempo, mas também para avaliar se o resultado alcançado é ou não razoável.

Assim, a capacidade de reconhecer relações matemáticas entre quantidades deve começar a ser desenvolvida nos primeiros anos da escola, com a soma das representações dos estudantes, comparações de valores, as medições e a ordem de quantidades, tais como o número, comprimento e peso. Os estudantes podem explorar, na sequência, representações mais sofisticadas da matemática, como os gráficos para representar os dados recolhidos. Com o tempo, os estudantes podem aprofundar na compreensão algébrica, ou seja, ser capazes de aplicá-lo a examinar os dados científicos para prever o efeito na mudança de uma variável sobre outra, para apreciar a diferença entre o crescimento linear e crescimento exponencial. Como seus avanços no pensamento devem ser capazes de reconhecer e aplicar mais relação matemática e estatística na Ciência.

O Conceito Transversal 4 (CT4) – **Sistemas e modelos de sistema** – é importante para que ajude o aluno, o cientista, na compreensão do mundo, pois, sendo complexo, é complicado investigar e compreender tudo de uma só vez. Desta forma, por conveniência da investigação, eles aprendem a definir pequenas porções (unidades de investigação) que podem ser referidas como sistemas.

Um sistema é um grupo organizado de objetos ou componentes relacionados para formar um todo. Os sistemas podem consistir, por exemplo, de organismos, máquinas, partículas fundamentais, galáxias, ideias e números, fluxo de energia, entre outros. Os sistemas, menores ou maiores, interagem com outros

sistemas e são dependentes de sistemas externos. A compreensão do que flui para dentro ou sai de um sistema é importante para uma investigação ou elaboração de um modelo.

À medida que o sistema em estudo é isolado ou as condições externas são controladas, as partes são mais compreensíveis, o que facilita na interpretação dos dados. Os fatos que são vistos como subsistemas em uma escala podem ser observados como sistemas inteiros em uma escala menor. Por exemplo, o sistema circulatório, pode ser visto como uma entidade em si ou como um subsistema do corpo humano inteiro; uma molécula pode ser estudada como uma configuração estável de átomos, mas também como um subsistema de uma célula ou de gás.

Um modelo de um sistema em estudo pode ser uma ferramenta útil não só para ganhar uma compreensão do sistema, mas também para transmitir a outros, simples ou ricos em detalhes. Os modelos podem ser valiosos para prever comportamentos de um sistema ou no diagnóstico de problemas ou falhas no seu funcionamento, independentemente de que tipo de sistema está sendo examinado. Um bom sistema de modelo para uso no desenvolvimento de explicações científicas deve especificar não apenas as partes do sistema ou subsistemas, mas também como eles interagem uns com os outros.

Por meio dos modelos e sistema é possível que os estudantes organizem o que sabem a respeito do fenômeno em estudo, desenvolvam uma forma de representá-lo, e diferenciem os processos de interação, bem como em termos de entradas, saídas e processos. Além disso, possibilita a geração de perguntas, que pode levar a uma melhor compreensão, para testar aspectos do seu modelo de sistema, e, por fim, refinar o seu modelo.

Começando nos primeiros anos do ensino regular, os estudantes devem ser convidados a expressar as suas ideias com desenhos ou diagramas e realizar descrição escrita e oral. Descrever objetos ou organismos em termos de suas peças e as funções das partes que desempenha funcionamento do objeto e devem observar a relação entre as peças. Também, os estudantes devem ser convidados a criar projetos, como para desenhar ou escrever um conjunto de instruções para a construção de algo, que outra criança pode seguir. Tais experiências podem ajudá-los a desenvolver o conceito de um modelo de um

sistema e perceber a importância de representar seus pensamentos e que outros podem usá-los.

Como os estudantes progredem, seus modelos devem ir além de meras representações ou mapas, começando a incorporar e tornando explícitas as características invisíveis de um sistema, tais interações como fluxos de energia. Eventualmente, os modelos de estudantes devem incorporar matemática em um nível apropriado. No Ensino Médio, os estudantes devem ser capazes de identificar as hipóteses e aproximações que tenham sido construídas em um modelo e discutir limitações em termos de precisão e confiabilidade de suas previsões.

Como o entendimento se aprofunda, os estudantes podem passar de uma vaga noção de interação, acerca de como uma coisa afeta outra, para explicações dos sistemas químicos, biológicos e as interações sociais e sua relativa importância. Posteriormente, as explicações das interações em seus modelos devem se tornar mais sofisticadas, relacionadas ao mundo microscópico (átomos, moléculas, células, microrganismos) e com a possibilidade de utilizar na sua interpretação, relações complexas da matemática.

O Conceito Transversal 5 (CT5) – **Energia e matéria** – permite que o estudante assimile uma das grandes conquistas da Ciência, que é o reconhecimento de que, em qualquer sistema, há conservação de massa e de energia. A conservação de matéria e energia apresenta importantes implicações nas disciplinas da Ciência. O fornecimento de energia e os elementos químicos podem limitar um sistema de estudo, pois, sem entrada de luz (do Sol) e matéria (dióxido de carbono e água), uma planta não pode crescer.

Em muitos sistemas há também diversos tipos de ciclos. No ciclo da água, ela evapora com a absorção de energia e passa para a atmosfera da Terra retornando, com a chuva, para seus reservatórios superficiais e para o subsolo. A capacidade de examinar, caracterizar e modelar as transferências e ciclos de matéria e energia fornece uma ferramenta que os estudantes podem usar em praticamente todas as áreas da Ciência. Estudar as interações, entre matéria e energia, apoia os estudantes a desenvolver concepções cada vez mais sofisticadas de seu papel em qualquer sistema.

Este conceito não é algo fácil de ser estudado no início dos Anos Iniciais, porém, no final dos Anos Iniciais é possível analisar os sistemas, ciclos e fenômenos a partir de entrada e saída de energia. Posteriormente, acrescenta-se às

relações e fluxos de massa e energia nos sistemas envolvidos, não menos, que nos Anos Finais do Ensino Fundamental, sendo desenvolvido totalmente no Ensino Médio.

A partir dos Anos Finais do Ensino Fundamental é possível trabalhar melhor, evitando equívocos, nas relações entre massa e energia. Por exemplo, ao considerar que a comida é um combustível, esta percepção de energia poderia levar a erros de compreensão a estudantes dos Anos Iniciais desse mesmo nível de ensino, porém, aos estudantes dos Anos Finais, poderia explicar a partir da natureza da energia, que seria proveniente das reações químicas. Esta explicação exige domínio da compreensão microscópica, com a ideia de átomos e sua conservação. No Ensino Médio pode-se aprofundar na subestrutura nuclear, relatando a conservação de energia para processos nucleares.

No Conceito Transversal 6 (CT6) – **Estrutura e função** – o importante é explorar a relação entre estrutura e função, a partir de investigações de sistemas acessíveis e visíveis no mundo natural e construído. A forma e a função são aspectos complementares de objetos, organismos, no mundo natural e criado; sua compreensão aplica-se a diferentes níveis de organização. A função pode ser explicada em termos de forma e esta pode ser explicada em termos de função.

O funcionamento dos sistemas naturais e construídos, igualmente, depende das formas e de certas relações de suas partes essenciais, bem como sobre as propriedades de que são feitos os materiais. A noção de escala é necessária, a fim de conhecer quais as propriedades e aspectos da forma ou materiais são relevantes, para a particular magnitude ou particular investigação de fenômenos, isto é, a seleção de uma dimensão adequada depende da questão que se coloca.

As subestruturas de moléculas, por exemplo, não são particularmente importantes na compreensão do fenômeno da pressão, mas são relevantes para entender por que a razão entre a temperatura e pressão, a volume constante, é diferente para substâncias diferentes. Da mesma forma, a compreensão de como uma bicicleta trabalha é melhor abordada por meio da análise de suas estruturas e as funções na escala de, digamos, o quadro, rodas e pedais. No entanto, a construção de uma bicicleta mais leve pode exigir o conhecimento das propriedades - tais como rigidez e dureza - dos materiais necessários para partes específicas da bicicleta. Dessa forma, o construtor pode procurar materiais menos

densos com a adequada propriedade. Esta busca pode conduzir a um exame da escala atômica e na estrutura de materiais necessários para isso. Como resultado, as novas peças com as propriedades desejadas, possivelmente feitas de novos materiais, podem ser concebidas e fabricadas.

A exploração da relação entre estrutura e função pode começar nos Anos Iniciais, através de investigações de sistemas acessíveis e visíveis em construções naturais e as que têm participação humana. A forma e estabilidade estão relacionadas por uma variedade de estruturas ou finalidades, assim as crianças se movem através de níveis elementares – atômico -, progridem para compreender as relações de estrutura e função mecânica.

Os estudantes dos Anos Iniciais podem examinar também mais estruturas complexas, subsistemas, como, por exemplo, o corpo humano e considerar a relação das formas e suas funções. Já nos Anos Finais, os estudantes começam a visualizar modelos e aplicar o seu conhecimento da estrutura e função de forma mais complexa. Posteriormente, os estudantes devem compreender o conceito de estrutura submicroscópica que apresenta relação com as propriedades dos materiais. Um modelo, baseado em átomos e/ou moléculas e seus movimentos, pode ser usado para explicar as propriedades dos sólidos, líquidos e gases ou a evaporação e a condensação da água.

Como os estudantes desenvolvem a sua compreensão das relações entre a estrutura e função, eles devem aplicar esse conhecimento quando investigam os fenômenos que não conhecem. O importante é reconhecer que muitas vezes o primeiro passo, em decifrar como o sistema funciona, é examinar em detalhes do que são feitos os materiais e como suas partes se apresentam.

O Conceito Transversal 7 (CT7) – **Estabilidade e Mudança** – procura auxiliar em uma das principais buscas da Ciência, que é a compreensão das mudanças que ocorrem nos fenômenos e como controlar estas mudanças. A estabilidade denota uma condição em que alguns aspectos de um sistema são imutáveis, pelo menos na escala de observação. Essa estabilidade pode assumir diferentes formas, como o mais simples sendo um equilíbrio estático, tal como uma escada encostada numa parede. Em contraste, um sistema estável com entradas e saídas, ou seja, a condições constantes, está em equilíbrio dinâmico; uma represa pode estar com a quantidade de nível constante de água. Aumentar o fluxo de entrada provocará um novo nível de equilíbrio.

Um sistema pode ser estável em uma escala de tempo pequeno, mas apresentar alterações em uma escala maior. Por exemplo, quando olhamos para um organismo vivo, no período de uma hora ou um dia, este poderá manter a estabilidade, porém, em períodos mais longos, o organismo cresce, envelhece e eventualmente morre. Para o desenvolvimento de sistemas maiores, tais como a variedade de espécies vivas que habitam a Terra ou a formação de uma Galáxia é importante, ao estudar os padrões de um sistema de mudança ao longo do tempo, examinar o que é imutável. Note-se que a estabilidade é sempre um equilíbrio de efeitos concorrentes, uma pequena mudança nas condições ou em um componente do sistema, pode levar a alterações se os mecanismos compensatórios estão ausentes.

Uma compreensão de equilíbrio dinâmico é crucial para a compreensão de questões importantes, em qualquer exemplo de sistema complexo, como para a dinâmica populacional em um ecossistema ou a relação entre o nível de dióxido de carbono na atmosfera e a temperatura média da Terra. O conceito de equilíbrio dinâmico é igualmente importante para a compreensão das forças físicas sobre a matéria. O uso de escalas de longo tempo pode ser difícil para os estudantes compreenderem, no entanto, parte do seu entendimento deve crescer a partir de uma apreciação de como os cientistas investigam a natureza desses processos, por meio da interação de provas e modelagem do sistema.

Mesmo as crianças muito jovens começam a explorar a estabilidade e mudança. O papel da instrução nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental é ajudar os estudantes a desenvolverem alguma linguagem para estes conceitos e aplicá-lo, por meio de vários exemplos, para que eles possam fazer perguntas como: 'O que eu poderia mudar para fazer esse equilíbrio melhor? Qual a velocidade que as plantas crescem?'

Da mesma forma, os estudantes devem começar a reconhecer que ambas as regularidades de um padrão ao longo do tempo e da sua variabilidade são questões para as quais podem ser fornecidas explicações. Examinando estas questões, em diferentes contextos, amplia-se o conhecimento dos estudantes que a estabilidade, a mudança e a compreensão, estão relacionadas, e que um bom modelo para um sistema deve ser confiável, para oferecer explicações para ambos.

Nos Anos Finais do Ensino Fundamental, como a compreensão do estudante sobre a matéria avança para a escala atômica, assim também avançam

os seus modelos e suas explicações de estabilidade e mudança. Além disso, eles podem começar a apreciar situações mais sutis ou condicionais e a necessidade de opinião para manter a estabilidade. No Ensino Médio, os estudantes podem modelar sistemas mais complexos e compreender as questões mais sutis de estabilidade ou da mudança súbita ou gradual ao longo do tempo. Neste nível, os estudantes devem também reconhecer que muito da Ciência envolve a construção de explicações históricas de como as coisas evoluíram para ser do jeito que são hoje, que envolve as taxas de modelagem de mudança e condições em que o sistema é estável ou muda gradualmente, tão bem como as explicações de alguma mudança repentina.

De acordo com o NRC (2012), os Conceitos Transversais têm por características iniciais dois aspectos que são fundamentais para a natureza da Ciência: a observação de padrões, a partir da investigação do fenômeno de interesse e a relação de causa e efeito que pode ser explicada pelos mecanismos envolvidos; a escala, proporção e quantidade também são necessárias para conhecer a influência sobre a quantidade e tamanho dos elementos envolvidos, assim como na demonstração dos dados e sua proporção. As outras características mencionadas: sistemas e modelos de sistema, energia e matéria, estrutura e função e estabilidade e mudança estão interligadas, sendo que a primeira define a região de estudo para aprofundamento, e ela mesma é explicada – iluminada - pelos outros três conceitos, cada um com sua característica, em particular.

Em relação às aproximações dos CT com os documentos brasileiros, percebemos algumas similaridades, a partir das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, que traz competências necessárias para a compreensão e investigação de fenômenos quaisquer:

**Investigação e compreensão:**

**Estratégias para enfrentamento de situações-problema:** Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis; **Interações, relações e funções; invariantes e transformações:** Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações; **Medidas, quantificações, grandezas e escalas:** Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados; **Modelos explicativos e representativos:** Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos; **Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas:** Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de

uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento. (BRASIL, 2002, p. 30).

É possível perceber similaridades entre estas competências necessárias à investigação e compreensão dos fenômenos descritos nos PCN + e os Conceitos Transversais, descritos no NRC (2012) tais como: as estratégias para enfrentamento de situações e as interações, relações e funções, invariantes e transformações, podem estar relacionados ao CT1 – padrões. As medidas, quantificações, grandezas e escalas estão relacionados ao CT3 – escala, proporção e quantidades. Os modelos explicativos e representativos, relacionados ao CT4 – sistemas e modelos de sistemas. E, por fim, as relações entre os conhecimentos disciplinares, interdisciplinares, já nos antecipa o que será visto na próxima seção, que são as Ideias Centrais Disciplinares, que é a terceira dimensão da aprendizagem científica.

Desta forma, a compreensão dos estudantes a respeito dos Conceitos Transversais deve ser reforçada por meio do uso repetitivo no contexto de instrução nas Ideias Centrais Disciplinares. Assim, os CT podem fornecer uma estrutura conectiva que apoia a compreensão das Ciências dos estudantes, como disciplina, e que facilita sua compreensão dos fenômenos em estudo, nas disciplinas específicas (NGSS, 2013).

Os CT não devem ser ensinados de forma isolada, mas a partir de exemplos fornecidos no contexto disciplinar, que por meio de uma linguagem comum podem ajudar os estudantes a reconhecer que o mesmo conceito é relevante em diferentes contextos (NRC, 2012).

### 1.1.3 Ideias Centrais Disciplinares (ICD)

As Ideias Centrais Disciplinares correspondem à terceira dimensão. Segundo o NRC (2012), a tarefa da educação em Ciências não se encontra em ensinar todos os fatos, mas em preparar os estudantes, com partes essenciais do conhecimento, a fim de que eles possam adquirir informações adicionais próprias mais tarde, de acordo com seu interesse e necessidade.

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) um grande número de conteúdo a ser ensinado, não contribui para a participação ativa dos estudantes na construção deste conhecimento:

[...] observa-se em programas escolares um número enorme de conteúdos a se desenvolver, com detalhamentos desnecessários e anacrônicos, fazendo com que professores “corram” com a matéria e impedindo que o aluno participe produtivamente da construção deste conhecimento (BRASIL, 2006, p. 108).

Neste sentido, o conceito das ICD parte da ideia de que se faz necessário eleger conteúdos essenciais que ajudem na compreensão e explicação do mundo físico, mas que não limitem os estudantes a utilizarem somente estes conceitos científicos, podendo, de acordo com o ambiente escolar, recorrer a outros, da mesma disciplina ou de outras áreas do conhecimento. Neste sentido, temos de acordo com Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (DCE):

[...] além de seus conteúdos “mais estáveis”, as disciplinas escolares incorporam e atualizam conteúdos decorrentes do movimento das relações de produção e dominação que determinam relações sociais, geram pesquisas científicas e trazem para o debate questões políticas e filosóficas emergentes (PARANÁ, 2008, p. 26).

A seguir, são apresentadas, no Quadro 3, as Ideias Centrais Disciplinares (ICD), sugeridas pelo NRC (2012): ICD1 - Ciências físicas, ICD2 - Ciências da vida, ICD3 - Ciências da Terra e espaciais; e, ICD4 - Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência. O Quadro 3 apresenta também as principais subdivisões (subcategorias) de cada uma das ICD e o conteúdo específico disciplinar estabelecido.

**Quadro 3 – Ideias Centrais Disciplinares e suas descrições**

ICD	Descrição	
<b>Ciências físicas (ICD1)</b>	ICD1.1 Matéria e suas interações	ICD1.1A – Estrutura e propriedade da matéria: propriedade atômica, modelos, tabela periódica, ligações químicas, força intermolecular, estabilidade. ICD1.1B – Reações químicas e propriedades dos elementos. ICD1.1C – Processos nucleares: Radioatividade e explica abundância de elementos químicos. Fissão e fissão nuclear.
	ICD1.2 Movimento e estabilidade: forças e interações	ICD1.2A – Força e movimento: Leis de Newton e Velocidade. ICD1.2B – Tipos de Interações: Força gravitacional, magnetismo e elétrica. ICD1.2C – Estabilidade e Instabilidade nos sistemas físicos. Força e energia.
	ICD1.3	ICD1.3A – Definições de energia: em macro (luz,

	Energia	<p>rádio) e microescala (elétrica, magnetismo). Energia potencial, sonora, térmica, mecânica e química. Transferência de energia entre objetos.</p> <p>ICD1.3B – Conservação de energia e transferência de energia: energia não é criada, é transformada. Em processos químicos, com mudança de temperatura, absorção e emissão de energia.</p> <p>ICD1.3C – Relação entre energia e força: força gravitacional, elétrica, magnética.</p> <p>ICD1.3D – Energia nos processos químicos na vida cotidiana: energia de alimentos e de combustíveis, proveniente de suas ligações. Geração de energia de combustíveis fósseis, nuclear e recursos renováveis.</p>
	<p>ICD1.4</p> <p>Ondas e suas aplicações na tecnologia para transferência de informações</p>	<p>ICD1.4A – Propriedades da onda: amplitude, interação, tipos e cores de objetos.</p> <p>ICD1.4B – Radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.</p> <p>ICD1.4C – Informação tecnológica e instrumentação. Investigação (microscópio, telescópio), Medicina: raio x.</p>
<p><b>Ciências da vida (ICD2)</b></p>	<p>ICD2.1</p> <p>Das moléculas aos organismos: estruturas e processos</p>	<p>ICD2.1A – Estrutura e função: sistemas do organismo e DNA.</p> <p>ICD2.1B – Crescimento e desenvolvimento de organismos: formação e comportamento do organismo e carga genética.</p> <p>ICD2.1C – Organização para matéria e fluxo de energia em organismos: como os organismos obtêm e usam a energia. Resultado de reações químicas e transformação de energia. Fotossíntese.</p> <p>ICD2.1D – Processando informação. Como o organismo detecta, processa e usa a informação sobre o ambiente. Receptores eletromagnético, químico e mecânico.</p>
	<p>ICD2.2</p> <p>Ecosistema: interações, energia e dinâmica</p>	<p>ICD2.2A – Relações interdependentes no ecossistema: como o organismo interage para obter matéria e energia. Predador, decompositor. Condições do meio podem contribuir: solo, água, luz.</p> <p>ICD2.2B – Ciclos da matéria e transferência de energia no ecossistema: energia a partir de reações químicas nos organismos animais e vegetais. Combinação de elementos que formam os alimentos. Processos: respiração, digestão, entre outros.</p> <p>ICD2.2C – Dinâmica do ecossistema, funcionamento e resiliência. Problemas da atividade humana, poluição e extinção de espécies.</p> <p>ICD2.2D – Interações sociais e comportamento de grupos.</p>
	<p>ICD2.3</p> <p>Hereditariedade:</p>	<p>ICD2.3A – Herança de características.</p> <p>ICD2.3B – Variação de características.</p>

	herança e variação de características	
	ICD2.4 Evolução biológica: unidade e diversidade	ICD2.4A – Evidência da ancestralidade comum e diversidade. ICD2.4B – Seleção natural. ICD2.4C – Adaptação. ICD2.4D – Biodiversidade e os humanos: o ecossistema fornece água, comida e problemas da ação humana: poluição do ar e água.
<b>Ciências da Terra e espaciais (ICD3)</b>	ICD3.1 Lugar da Terra no universo	ICD3.1A – O universo e as estrelas. Origem do universo, importância de se conhecer a distância das estrelas e sua composição. ICD3.1B – A Terra e o Sistema Solar. Padrões de movimentos dos planetas e seus satélites. Sua influência no clima terrestre. ICD3.1C – A História do Planeta Terra. Importância dos fósseis na história.
	ICD3.2 Sistemas da Terra	ICD3.2A – Terra: materiais e sistema: importância e movimento da Terra. ICD3.2B – Placas tectônicas e sistema de interação em larga escala: movimento continental e vulcões. ICD3.2C – O papel da água nos processos da superfície da Terra: propriedades e movimento da água e efeito no sistema. Transporte, dissolução, densidade. ICD3.2D – Tempo e clima: o oceano exerce grande influência no clima, sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com gases estufa: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. ICD3.2E – Biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e condições da Terra e os efeitos na atmosfera e ambiente. Relação entre hidrosfera, litosfera e atmosfera. Ciclo do carbono e relações químicas.
	ICD3.3 Terra e a atividade humana	ICD3.3A – Recursos naturais: recursos como ar, água, solo, minerais, metais, energia, plantas e animais. Materiais importantes na tecnologia não são distribuídos uniformemente no planeta. Formas de extração devem relacionar aspectos econômico, social, ambiental e político para avaliar riscos e benefícios. ICD3.3B – Riscos naturais: a humanidade se prepara para responder aos tsunamis, erupções vulcânicas, enchentes. ICD3.3C – Impactos humanos em sistemas da Terra: como o humano muda o planeta? Evidências geológicas e químicas dão conta de mudanças na terra, rios, oceano e ar. As florestas são substituídas pela agricultura, promovendo a erosão do solo. As comunidades estão reduzindo quantidades de poluentes e mudando atitudes,

		para diminuir estas consequências. As novas tecnologias contribuem para ser menos agressivas e sustentáveis. ICD3.3D – Mudança global do clima: as ações humanas provocam grandes mudanças no clima global. O conhecimento acumulado pode ajudar as pessoas a reconhecerem responsabilidades e na construção de modelos de previsão.
<b>Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência (ICD4)</b>	ICD4.1 Projetos de engenharia	ICD4.1A – Definindo e delimitando um problema de engenharia. ICD4.1B – Desenvolvendo possíveis soluções. ICD4.1C – Otimizando soluções de projetos.
	ICD4.2 Conexões entre engenharia, tecnologia, Ciência e sociedade.	ICD4.2A – Interdependência da Ciência, engenharia e tecnologia. Avanço na Ciência pode desenvolver novos materiais, processos. Esforço dos engenheiros em desenvolver novas tecnologias, surgindo novas questões de investigação científica. ICD4.2B – Influências da engenharia, tecnologia e Ciência na sociedade e no mundo natural: avanços da Ciência e engenharia têm influenciado cada vez mais na vida da sociedade atual. Efeitos: agricultura, medicina, transporte, energia etc. envolve análise dos custos, benefícios e riscos.

**Fonte:** Adaptado NRC (2012, tradução nossa).

A dimensão 3 é importante para a compreensão dos fenômenos que se quer explicar, pois, a partir das ICD é possível evidenciar o conhecimento do conteúdo científico, acumulado durante a história, para posterior apropriação por parte dos estudantes. A ideia não está em elencar todos os conteúdos da Ciência, que seriam muitos, mas listar alguns que foram considerados essenciais pela comissão de cientistas que elaboraram o NRC (2012), considerando que posteriormente os estudantes podem adquirir os conteúdos adicionais que necessitarem ao longo de suas vidas.

Os conteúdos selecionados nesta dimensão não estão divididos nas tradicionais disciplinas, como Química, Física e Biologia. De acordo com o documento, para ser considerada uma ICD é necessário atender alguns requisitos, tais como: 1) ter importância nas várias disciplinas da Ciência e ser um princípio-chave de organização em uma disciplina; 2) fornecer uma ferramenta-chave para a compreensão de ideias mais complexas e na resolução de problemas; 3) relacionar-se com os interesses e as experiências de vida dos estudantes ou estar conectado a preocupações sociais ou individuais que exigem conhecimento científico ou tecnológico; e, 4) que possa ser aprendido ao longo de vários níveis crescentes de

profundidade e sofisticação, ou seja, que seja acessível a estudantes mais novos, mas amplo o suficiente para sustentar investigação contínua ao longo dos anos (NRC, 2012, p. 31). Na sequência, descrevemos detalhes acerca da relevância destas ideias, ao invés de outras.

Em relação à Ideia Central Disciplinar 1 (ICD1) – **Ciências físicas** – é importante destacar que a maioria dos processos ou sistemas dependem, em algum nível, de subprocessos físicos e químicos que ocorrem dentro dele. Por exemplo, se o sistema é uma estrela, a atmosfera da terra, um rio, o cérebro humano ou uma célula viva. O sistema em larga escala tem muitas vezes propriedades emergentes que não podem ser explicadas com base em processos de escala atômica; no entanto, ao compreender a base física e química de um sistema, deve-se, em última instância, considerar a estrutura da matéria em escalas atômicas e subatômicas para descobrir como ela influencia as estruturas do sistema de maior escala, propriedades e funções.

Da mesma forma, a compreensão de um processo, em qualquer escala, requer a consciência das interações que ocorrem em termos de forças entre os objetos, as transferências de energia relacionadas e suas consequências. O objetivo da aprendizagem das Ciências físicas está em ajudar os estudantes a ver que existem mecanismos de causa e efeito em todos os sistemas e processos, e que podem ser compreendidos por meio de um conjunto comum de princípios físicos e químicos. Neste sentido, vale lembrar também que muitos dos avanços das Ciências físicas durante o século vinte são a base de todas as tecnologias sofisticadas disponíveis hoje.

Assim, é importante salientar a relação entre as Ciências, o desenvolvimento e o uso da tecnologia, que contribuiu para o avanço da Ciência, com ferramentas úteis para isso. Assim, a comissão desenvolveu quatro subcategorias nesta ideia central, que contribuem para o letramento científico: 1) matéria e suas interações; 2) movimento e estabilidade: forças e interações; 3) energia; e, por fim, 4) ondas e suas aplicações na tecnologia para transferência de informações.

Estas ideias fundamentais podem ser aplicadas para explicar e prever uma ampla variedade de fenômenos que ocorrem na vida cotidiana das pessoas, tais como a evaporação de uma poça de água, a transmissão de som, o armazenamento digital e transmissão de informações, a oxidação dos metais, e a

fotossíntese. E porque essas explicações e previsões dependem de uma compreensão básica de matéria e energia, a capacidade dos estudantes para conceber as interações de matéria e energia são fundamentais para a sua educação científica.

Em relação à Ideia Central Disciplinar 2 (ICD2) – **Ciências da vida** – a mesma concentra em padrões, processos e relações dos organismos vivos. A vida é autossuficiente, autossustentável, autorreplicante, e, evoluindo, opera de acordo com as leis do mundo físico, assim como a programação genética. Os cientistas da vida usam observações, experiências, hipóteses, testes, modelos, teoria e a tecnologia para explorar como a vida funciona. O estudo da vida varia em escalas de moléculas individuais, por meio de organismos e ecossistema, para a biosfera inteira, que é toda a vida na Terra. Ela examina processos que vão desde o piscar de olhos até os que ocorrem ao longo de bilhões de anos atrás. Os sistemas vivos são interligados e interagem entre si.

Os rápidos avanços nas Ciências da vida estão ajudando a fornecer soluções biológicas para os problemas sociais relacionados com os alimentos, energia, saúde e meio ambiente. Sem os princípios unificadores, seria difícil fazer o sentido do mundo vivo e aplicar esses entendimentos para resolver os problemas. Um dos princípios fundamentais desta ciência é que todos os organismos vivos estão relacionados pela evolução e o processo evolutivo, levando a enorme diversidade da biosfera, no entanto, o que se aprende acerca da função de um gene, uma célula ou processo é relevante para compreender os organismos, devido a características genéticas, interações ecológicas e parentesco evolutivo.

A comissão desenvolveu quatro subcategorias que compreendem as Ciências da vida. São elas: 1) das moléculas aos organismos: estruturas e processos; 2) ecossistema: interações, energia e dinâmica; 3) hereditariedade: herança e variação de características; e, 4) evolução biológica: unidade e variedade. Desta forma, esta ICD envolve organismos, processos e estruturas que vão desde sistemas que consistem de átomos individuais a sistemas orgânicos que são necessários para sustentar a vida. Considera os organismos em seu ambiente e de como ocorre esta interação, com suas características físicas (ou seja, aspectos bióticos e abióticos). Depois disso, é importante a reprodução dos organismos e como ocorre a passagem da informação genética aos descendentes e ocorrência de variabilidade e diversidade. E, finalmente, a evolução, que explica a diversidade

observada dentro de cada espécie e a semelhança das características fundamentais de todas as espécies.

A Ideia Central Disciplinar 3 (ICD3) – **Ciências da Terra e espaciais** – procura investigar os processos que operam na Terra e também abordar o seu lugar no sistema solar e na galáxia. Neste sentido, envolvem fenômenos que variam em escala, a partir do inimaginavelmente grande para o invisivelmente pequeno. Esta ideia disciplinar tem muito em comum com os outros ramos da Ciência, mas também inclui um conjunto único de atividades científicas. Investigações sobre as Ciências físicas (por exemplo, forças, energia, gravidade, magnetismo) foram buscadas, em parte, como um meio de compreender o tamanho, idade, estrutura, composição e comportamento da Terra, do Sol, e da Lua; a Física e a Química, mais tarde, foram desenvolvidas como disciplinas separadas.

Da mesma forma, as Ciências da vida são parcialmente enraizadas nas Ciências da Terra, a exemplo dos fósseis, encontrados em rochas, os quais são de interesse de ambos os cientistas, tanto das Ciências da vida, quanto da Terra. Como resultado, as Ciências da Terra e espaciais apresenta natureza interdisciplinar, com aspectos da Astrofísica, Geofísica, Geoquímica e Geobiologia. Esta ICD trabalha em conjuntos de sistemas como a atmosfera, hidrosfera, geosfera, e biosfera, que estão intrinsecamente ligados. Estes sistemas apresentam fontes diferentes de energia e matéria, que circulam dentro e entre eles, de várias formas e escalas de tempo; assim, pequenas mudanças em uma parte podem ocasionar consequências grandes e repentinas em outros sistemas.

Esta ideia disciplinar apresenta grande complexidade, dada a sua abrangência e natureza interdisciplinar. Tendo em vista a promoção do letramento científico, poderão ser apresentados estes conteúdos aos estudantes por uma variedade de maneiras. Ela está dividida em: 1) lugar da Terra no universo; 2) sistemas da Terra; e, 3) Terra e a atividade humana.

Descrevendo em escalas maiores, o Universo, sua composição e história, forças e processos envolvidos, para os processos que impulsionam as condições da Terra e sua evolução contínua - mudança ao longo do tempo -, e, por fim, avança em direção a escalas cada vez menores e um foco mais antropocêntrico, como os processos da Terra, que afetam as pessoas e a humanidade, que por sua vez afeta os processos da Terra.

A Ideia Central Disciplinar 4 (ICD4) – **Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência** – é uma forma de se ensinar aos estudantes como a Ciência é utilizada, por meio de concepções de engenharia, tecnologia e de aplicações da Ciência, ajudando na compreensão do conhecimento científico, incluindo-se, por exemplo, como os problemas de engenharia são definidos e delimitados, como os modelos podem ser usados para desenvolver e aperfeiçoar possíveis soluções para um problema de projeto e que métodos podem ser utilizados para otimizar um desenho (projeto). Esta ICD compreende dois aspectos principais: projetos de engenharia e conexões entre engenharia, tecnologia, Ciência e sociedade.

As aplicações do conhecimento da Ciência e das práticas de engenharia têm contribuído para as tecnologias e os sistemas que as suportam. Neste sentido, conhecimentos adquiridos, a partir de descobertas científicas, têm alterado as formas pelas quais os edifícios, pontes e cidades são construídas; mudou as operações das fábricas; levou a novos métodos de geração e distribuição de energia; criou novos meios de transporte e comunicação; modificou métodos de produção de alimentos; de eliminação de resíduos e no diagnóstico e tratamento de doença.

Por sua vez, a sociedade influencia na Ciência e na engenharia, por exemplo, nas decisões sociais, que podem ser moldadas por uma variedade de fatores econômicos, políticos e culturais, no estabelecimento de metas e prioridades para a melhoria ou substituição de tecnologias. Tais decisões também definem limites, como controlar a extração de matérias-primas. Os limites são necessários para a regulação das novas tecnologias, o que pode ter impactos profundos na sociedade e no meio ambiente.

Os campos da Ciência e da engenharia se apoiam mutuamente. Novas tecnologias expandem o alcance da Ciência, permitindo o estudo de reinos anteriormente inacessíveis à investigação, e os cientistas dependem do trabalho dos engenheiros para produzir os instrumentos e ferramentas computacionais que eles precisam para conduzir a pesquisa. Os estudantes devem compreender essas interações, pelo aumento dos níveis de sofisticação, à medida que amadurecem, numa percepção cada vez mais profunda.

Nesse contexto, ressaltamos que, segundo o NRC (2012), o objetivo do ensino de Ciências está em formar estudantes que compreendam o conhecimento científico e que saibam utilizá-lo em seu contexto local e global. Essa

compreensão ampliada, esperada para os estudantes, pode ser compreendida pelo termo letramento científico, que será abordado na próxima seção.

## 1.2 LETRAMENTO CIENTÍFICO

Diante da proposta de investigarmos as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) nas questões de Ciências do PISA que abordam conteúdos químicos, nos deparamos com o termo letramento científico, que é um dos aspectos que o PISA busca aferir.

Nos referenciais utilizados nesta pesquisa (AAAS, 1989; NRC 1996; NRC 2012; NGSS, 2013), é utilizado o termo em inglês “*scientific literacy*”, mas quando nos deparamos com a tradução encontramos as seguintes expressões: alfabetização científica e letramento científico.

O conceito de “letramento científico”, ou “alfabetização científica”, é amplamente discutido na literatura (SASSERON; CARVALHO, 2011; TENRERO-VIEIRA; VIEIRA, 2013; LORENZETTI, 2000). Dentre os autores brasileiros há quem use o termo letramento científico (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2005; SANTOS, 2007; MACEDO; MORTIMER, 2005) e o defina no sentido do uso da prática social, assim ao emprego do termo letramento “busca-se enfatizar a função social da educação científica contrapondo-se ao restrito significado de alfabetização escolar” (SANTOS, 2007, p. 479). Outros autores utilizam o termo alfabetização científica (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; CHASSOT, 2003; SASSERON, 2008) e a consideram na acepção do domínio da linguagem científica. Alguns autores a definem como um “processo pelo qual as Ciências Naturais adquirem significados, constituindo-se um meio para um indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento [...]” (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p.8-9).

Ambos os conceitos foram traduzidos do termo inglês “*scientific literacy*” (DEBOER, 2000; BYBEE, 1995; NRC, 1996), assim, estas duas expressões são variações de vocábulos para se referir ao ensino de Ciências dentro do processo de escolarização básica. Na presente pesquisa, optamos por utilizar o termo letramento científico, pois os referenciais que fundamentam esta investigação utilizam a ideia das Ciências como uma forma de compreender os fenômenos no seu contexto, e assim agir no mundo local e global; desta forma, a prática social é predominante.

A compreensão acerca da definição de letramento científico e da alfabetização científica é abordada na literatura em Ensino de Ciências, de forma ampla e, por vezes, controversa, com diversas caracterizações (SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011; TENRERO-VIEIRA; VIEIRA, 2013; LORENZETTI, 2000; SANTOS, 2007). Trazemos nesta seção algumas delas. De acordo com Sasseron (2008), há algumas formas de definir o ensino de Ciências que se preocupa com a formação cidadã dos estudantes para a atuação em sociedade.

Os autores de língua espanhola, por exemplo, costumam utilizar a expressão "*Alfabetización Científica*" para designar o ensino, cujo objetivo seria a promoção de capacidades e competências entre os estudantes capazes de permitir-lhes a participação nos processos de decisões do dia a dia (MEMBIELA, 2007; DÍAZ; ALONSO; MAS, 2003; CAJAS, 2001; GIL-PÉREZ; VILCHES-PEÑA, 2001); nas publicações em língua inglesa o mesmo objetivo aparece sob o termo "*Scientific Literacy*" (NORRIS; PHILLIPS, 2003; LAUGKSCH, 2000; HURD, 1998; BYBEE, 1995; BINGLE; GASKELL, 1994; BYBEE; DEBOER, 1994); e, nas publicações francesas, encontramos o uso da expressão "*Alphabétisation Scientifique*" (FOUREZ, 1994, 2000; ASTOLFI, 1995 apud SASSERON, 2008, p. 9-10).

É possível perceber, segundo Sasseron (2008), que os três termos são empregados para designar o mesmo objetivo, referindo-se à promoção de capacidades e competências entre os estudantes que os tornam capazes de uma participação ativa nas decisões do dia a dia.

Ainda, de acordo com Sasseron (2008), há vários autores que utilizam o termo "Letramento Científico", sendo que outros utilizam "Alfabetização Científica" e ainda alguns que utilizam "Enculturação Científica", contudo, todos utilizam para designar objetivos muito próximos:

[...] o objetivo das Ciências almeja a formação cidadã dos estudantes, para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida. Podemos perceber que no cerne das discussões levantadas pelos pesquisadores que usam um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, ou seja, motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente. (SASSERON, 2008, p. 10-11).

A autora anteriormente citada salienta que um dos objetivos do ensino das Ciências é de uma formação cidadã e que independentemente do termo usado, alfabetização ou letramento científico, as preocupações dos pesquisadores com o ensino de Ciências são as mesmas. Embora os objetivos sejam próximos,

ocasionados pelo uso deste termo ao longo dos anos, pela linguística conserva diferenças significativas.

Na área da linguagem, de acordo com Teixeira (2013), alfabetizar e letrar apresentam, cada um, suas especificidades e não são considerados a mesma coisa. Em seguida, aprofundaremos a discussão acerca dos termos letramento científico e alfabetização científica.

O termo letramento, para Soares (2009), chegou a nosso vocabulário na metade da década de 80. Este termo vem do inglês *literacy*, sendo definido como o “resultado da ação de ensinar ou de aprender a ler e escrever: o estado ou a condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita” (p.18). Segundo essa autora, o termo em inglês surgiu no fim do século XIX, devido às novas demandas, ligadas à sociedade e à tecnologia.

O letramento científico, assim como a alfabetização científica, deriva do inglês *scientific literacy* e foi utilizado pela primeira vez em 1958, por Paul Hurd, em seu livro intitulado *Science Literacy: Its Meaning for American Schools* (SASSERON, 2008), defendendo a ideia de que a sociedade depende dos conhecimentos cientificamente construídos, sendo importante para ela tais conhecimentos, e, para isso, no Ensino de Ciências seria necessário considerar o cotidiano dos estudantes.

Segundo Teixeira (2013), o letramento científico pode contribuir para preparar as pessoas eficientemente para viver e trabalhar em um mundo de mudanças rápidas. Em outubro de 1958 o termo *scientific literacy* apareceu publicado no *Educational Leadership*, em novembro foi mencionado pelo presidente da *Shell Chemicals Corporation*. Este termo foi usado inicialmente para diferenciar a formação de uma pessoa escolarizada da formação de uma não escolarizada cientificamente e utilizada também por pessoas ligadas a grandes grupos econômicos que estavam preocupados com as consequências da Segunda Guerra Mundial. Vale lembrar que em outubro de 1957 foi lançado, pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), o satélite artificial *Sputnik*, gerando uma certa inquietação aos americanos (TEIXEIRA, 2013 p. 802).

Complementando a respeito do significado da *scientific literacy*, segundo Deboer (2000, p. 591-593), este termo apresenta os seguintes objetivos/características:

- o ensino e a aprendizagem das Ciências contribui na compreensão e atuação no mundo moderno;
- ajuda na preparação ao mercado de trabalho;
- apresenta inúmeras aplicações na vida cotidiana;
- ensina os estudantes a serem cidadãos informados;
- aprender sobre Ciência é uma maneira de examinar o mundo natural;
- reconhecer a Ciência em publicações e discussões nos meios de comunicação em massa, formando cidadãos críticos;
- aprender Ciência por seu apelo estético;
- preparar os cidadãos para serem simpáticos à Ciência; e,
- compreender a importância e a relação entre a tecnologia e a Ciência.

Segundo Hurd (1997), a pessoa letrada cientificamente seria capaz de: distinguir teoria e dogma; saber que a Ciência apresenta dimensão política e ética; conhecer maneiras como a investigação científica é realizada e validada; usar conhecimento científico apropriado em suas tomadas de decisões e na resolução de problemas; distinguir Ciência da pseudociência - astrologia, superstição -; reconhecer a natureza cumulativa da Ciência; saber analisar e processar informações para gerar conhecimentos; reconhecer que soluções em curto prazo nem sempre são a melhor opção.

Teixeira (2013) sintetiza a compreensão acerca do termo *scientific literacy*:

Considerando que leitura e escrita são bens culturais que possibilitam a inserção nas sociedades grafocêntricas e que, também, são, nessas sociedades, habilidades cujo domínio é relevante para todos os indivíduos, interpretamos que a expressão *scientific literacy* transmite a ideia de que aprender ciências deveria ser algo tão imprescindível quanto aprender a leitura e a escrita, uma apropriação desejável para todos os seres humanos, a ser estabelecida como um fenômeno de massa (TEIXEIRA, 2013, p. 801).

Ainda, de acordo com a mesma autora, *scientific literacy* é um termo amplo que compreende, ao mesmo tempo, o domínio dos símbolos utilizados nas Ciências e o seu uso no dia a dia pela população. Segundo Deboer (2000), este termo envolve conhecimentos que tornam os indivíduos mais preparados para compreender o mundo, e de forma eficiente capacita-os a tomarem decisões mais

“inteligentes/acertadas” em questões de seu dia a dia. O projeto *Science for all Americans* (AAAS, 1989), desenvolvido pela Associação Americana para o Avanço da Ciência, utiliza o termo *scientific literacy* em destaque, fazendo deste um *slogan* (BYBEE, 1997; DEBOER, 2000; BINGLE; GASKELL, 1994), reafirmando a importância da Ciência e do Ensino de Ciência.

Para Teixeira (2013), a respeito do conceito alfabetizado, a autora considera que o aprendizado do sistema de escrita deve estar a serviço dos usos da leitura e da escrita. Porém, a demarcação entre o conhecimento do código escrito e seu uso ficou acentuada em 1981, quando na França se utilizou o termo *illettrisme*, traduzido como iletrado em português, referindo a indivíduos que, embora tenham vivenciado as etapas do ensino primário, não eram capazes de fazer uso efetivo da leitura e da escrita, expressando um sentido diferente do termo francês *analphabète*, analfabeto em português. Em 2005, a França adotou o termo *littérisme* “para se referir à habilidade de ler e entender um texto simples ou usar a escrita para receber ou transmitir a informação” (TEIXEIRA, 2013, p. 798). Este termo, ao ser traduzido para o português, pode receber o significado de alfabetização ou de letramento, porém, como na França, os linguistas atribuem sentidos diferentes.

Segundo Soares (2004), ocorreu simultaneamente, em meados dos anos 1980, a necessidade de nomear práticas de leitura e de escrita mais avançadas e complexas que as práticas do ler e do escrever, como a invenção do termo letramento no Brasil, do *illettrisme*, na França, da *literacia*, em Portugal, de *literacy* nos Estados Unidos, nomeando fenômenos distintos ao de alfabetização.

De acordo com Teixeira (2013) e Soares (2004), ao mencionar uma obra publicada em 1988, de Leda Tfouni, entendem que alfabetizar consiste em aprender o código escrito pelo indivíduo, enquanto o letrar se refere a fazer o uso deste código apropriadamente em diferentes contextos, considerando os aspectos sócio-históricos. Desta forma, segundo os autores, há uma diferença marcante entre o significado das duas expressões.

Sendo assim, Teixeira (2013) defende que o termo *scientific literacy* pode ser traduzido por alfabetização científica, desde “quando esta se referir à escrita e à leitura de texto científico e a tudo aquilo que envolver estas duas habilidades, como a construção de entendimento e a análise das informações” (TEIXEIRA, 2013, p. 806).

Para Lorenzetti (2000), o termo letramento pode ser entendido como:

Pode-se dizer que o letramento é o uso que as pessoas fazem da leitura e da escrita em seu contexto social. Convivendo com uma variedade muito grande de informações, almeja-se que as pessoas saibam compreender os significados que os textos propiciam, incorporando-os na sua prática social. O indivíduo faz uso competente e frequente da leitura e da escrita em seu trabalho, em casa, no seu lazer etc (LORENZETTI, 2000, p. 75).

Segundo esse mesmo autor, o letramento fica bastante evidente na ação social do conhecimento, ou seja, na sua aplicação no cotidiano, compreendendo os significados dos textos, utilizando-o criticamente, e incorporando-o em sua prática social.

Hurd (1998 apud LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001) menciona que o letramento científico envolve a produção e a utilização da Ciência na vida do homem, provocando mudanças em sua participação na sociedade, para o progresso social e na adaptação humana frente a suas necessidades. Neste mesmo sentido, Lorenzetti (2000) complementa a respeito desse termo:

A categoria letramento em ciências refere-se à forma como as pessoas utilizarão os conhecimentos científicos, seja no seu trabalho ou na sua vida pessoal, melhorando a sua vida ou simplesmente auxiliando na tomada de decisões frente ao mundo em constante mudança (LORENZETTI, 2000, p. 75).

Esta definição de letramento científico, onde não basta conhecer os conteúdos da ciência, mas que consiga utilizá-lo na vida cotidiana do indivíduo, ajudando-o em suas decisões e atitudes, comunga com os referenciais utilizados para esta investigação.

Para Paula e Lima (2007), o sentido de letramento científico, a partir da obra de Norris e Philips, é atribuído a partir do desenvolvimento de capacidades, que são necessárias:

i) apropriação do significado de conceitos científicos; ii) aquisição de competências linguísticas gerais do mesmo tipo que permite a leitura crítica de outros tipos de texto; iii) produção de um conhecimento sobre as ciências, ou conhecimento epistemológico [...] (PAULA; LIMA, 2007, p. 5).

Nessa perspectiva e corroborando o pensamento dos autores acima mencionados, assumimos nesta pesquisa o termo letramento científico para descrever o que se espera dos estudantes frente ao ensino de Ciências.

O letramento científico, a partir do inglês *scientific literacy*, é discutido em outros documentos americanos, desde meados da década de noventa, sendo apresentado, de acordo com a realidade da época e a diferentes públicos, como no NRC (1996), e utilizado em anos posteriores (NRC, 2007, 2009, 2012).

De acordo com o NRC (1996), letramento científico refere-se à capacidade do indivíduo de fazer perguntas e encontrar/propor respostas advindas das questões de curiosidade acerca das experiências cotidianas, ou seja, a pessoa precisa ter habilidade para descrever, explicar e prever fenômenos naturais. Além disso, deve ser capaz de ler um artigo científico e se engajar em debates sobre a validade das conclusões, tomar decisões acertadas em relação às tecnologias por meio da Ciência, avaliar a qualidade das informações recebidas e os argumentos, baseados em evidências para conclusões apropriadas.

Menciona-se também neste documento, que o letramento científico é desenvolvido ao longo da vida, não somente no período escolar. Nesse sentido, “o letramento científico sugere que a pessoa pode identificar uma questão científica oculta a decisões local e nacional e expressar posições que são científica e tecnologicamente informadas” (NRC, 1996, p.22). Tenrero-Vieira e Vieira (2013) sintetizam o que é necessário para que ocorra o letramento científico:

[...] é necessário que cada indivíduo seja capaz de: (1) questionar, pesquisar e responder a questões do cotidiano, suscitadas pela própria curiosidade; (2) descrever, explicar e prever fenômenos naturais correntes; (3) interpretar textos de divulgação científica e envolver-se na discussão pública da validade das conclusões neles apresentadas e das metodologias usadas; (4) identificar questões de natureza científica subjacentes a decisões de âmbito local e nacional; (5) assumir e expressar posições fundamentadas em conhecimentos científico-tecnológicos; (6) avaliar informação científica com base na credibilidade das fontes e na validade dos métodos usados para gerá-la; e, (7) argumentar com base em evidências científicas (TENRERO-VIEIRA; VIEIRA, 2013, p. 169).

O significado de letramento científico assumido nesta investigação refere-se à ideia de que o indivíduo, nesse caso, o estudante, precisa ter a compreensão dos conceitos científicos e a capacidade de tomar decisões pessoais acertadas diante das necessidades atuais diversas e que podem envolver tecnologia

e/ou anseios econômicos, para que se possa ter uma participação ativa na sociedade (NRC, 1996; OECD, 2013).

O letramento científico, no PISA, é definido com base em quatro principais dimensões de natureza diferenciada: conteúdos, processos, contextos e atitudes (OCDE, 2007). A primeira diz respeito aos conhecimentos dos estudantes e à sua capacidade para utilizar esses conhecimentos, enquanto executam processos cognitivos característicos da Ciência e da investigação científica, em contextos de relevância pessoal, social e global. A segunda está relacionada aos processos científicos, centrados na capacidade de adquirir, interpretar e agir baseado em evidências. A terceira dimensão define uma variedade de situações da vida cotidiana, e não limitadas ao contexto escolar, que envolvam Ciência e tecnologia. Por fim, a dimensão das atitudes desempenha um papel significativo no interesse, na atenção e nas reações dos indivíduos frente à Ciência e à tecnologia (OCDE, 2007).

Houve modificação, ao longo dos anos, a respeito do conceito de letramento científico utilizado pelo PISA, como pode ser percebida na citação que segue.

Nos ciclos de 2000 e de 2003 do PISA, o letramento científico foi descrito como “a capacidade de usar o conhecimento científico para identificar questões e tirar conclusões baseadas em evidências, a fim de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças feitas a ele por meio da atividade humana”. Em 2006, primeiro ciclo no qual o domínio ciências foi o foco do estudo, desdobrou-se o termo “conhecimento científico” em dois componentes: “conhecimento de ciências” e “conhecimento sobre ciências”. Nesse ciclo, reforçou-se o conceito com a adição do conhecimento da relação entre ciência e tecnologia – aspecto que havia sido assumido na descrição de 2003, embora não incorporado explicitamente a ela. A definição de letramento científico praticamente não mudou nos ciclos de 2009 e 2012, mas em 2015, novo ciclo no qual o domínio ciências aparece no foco do estudo, sofreu algumas alterações que representam a evolução das ideias apresentadas nos ciclos anteriores. A principal diferença é que a noção de “conhecimento sobre ciências” foi explicitada com base em sua divisão em dois componentes: “conhecimento procedimental” e “conhecimento epistemológico” (OCDE, 2016, p. 36).

Assim, no decorrer dos anos, a definição de letramento científico ficou mais detalhada e apropriou-se das necessidades atuais, como a tecnologia. O conhecimento sobre ciência, compreende a investigação científica e a explicação científica; o conhecimento de ciência é compreendido pelo conhecimento científico, podendo ser os sistemas físicos, sistemas vivos, Terra e sistemas espaciais e

sistemas de tecnologias (OECD, 2007). O conhecimento procedimental corresponde: “saber as formas e procedimentos padrão utilizados na investigação científica para obter tal conhecimento” (OCDE, 2016, p. 38); também levando em consideração o conhecimento de que incertezas podem ser reduzidas com o uso de técnicas estatísticas padronizadas. O conhecimento epistemológico engloba, em relação à investigação científica: “compreender seu papel e função para justificar o conhecimento produzido pela ciência” (OCDE, 2016, p. 38); ou seja, conhecer a função que esses procedimentos são necessários na elaboração da argumentação científica, ou mesmo, avaliar se afirmações dadas são apropriadas e justificadas coerentemente.

De acordo com a Matriz de Ciências do PISA 2015, o letramento científico é mais do que o conhecimento de leis e teorias:

[...] requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da ciência, mas também o conhecimento sobre os procedimentos e práticas comuns associadas à investigação científica e como eles possibilitam o avanço da ciência (OECD, 2013, p. 4).

De acordo com o documento acima, os jovens devem se tornar consumidores críticos diante da informação científica e frente a problemas socioeconômico-ambientais, portanto, o letramento científico acaba sendo definido por três competências básicas:

1 – Explicar fenômenos cientificamente: reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos; 2 – Avaliar e planejar experimentos científicos: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente; 3 – Interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas (OECD, 2013, p. 7).

As competências mencionadas vão além do conhecimento do conteúdo e dependem da compreensão de como o conhecimento científico é construído e do seu grau de confiança, ou seja, da natureza da Ciência.

## CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando que o objetivo desta pesquisa é investigar as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) nas questões de Ciências do PISA que abordam conteúdos químicos, neste capítulo relatamos o caminho percorrido para realizar tal investigação.

Descrevemos o contexto da pesquisa, um detalhamento acerca das provas do PISA, noções teóricas a respeito da abordagem qualitativa e da Análise de Conteúdo, e por fim, a sistemática realizada.

### 2.1 CONTEXTO DA PESQUISA

O PISA é uma avaliação internacional, elaborado em 1997 por um consórcio de instituições, lideradas pelo *Australian Council for Educational Research*, no âmbito da *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)*<sup>10</sup>, sendo no Brasil coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Visa ajudar os países membros a desenvolverem políticas nas áreas econômicas e sociais (BONAMINO; COSCARELLI; FRANCO, 2002) e apresenta o compromisso de monitorar o sistema educacional dos países membros da OECD, por meio de uma avaliação dos estudantes em uma estrutura internacional comum.

Os governos dos países membros são responsáveis pelo projeto político, e os especialistas destes países pela articulação entre os objetivos das políticas do PISA com os recursos disponíveis referentes à avaliação. Para isso, se leva em consideração os contextos cultural e curricular dos países membros, a fim de fornecer condições de mensuração consistente e autêntica, válida para a educação local e internacional (OCDE, 2007).

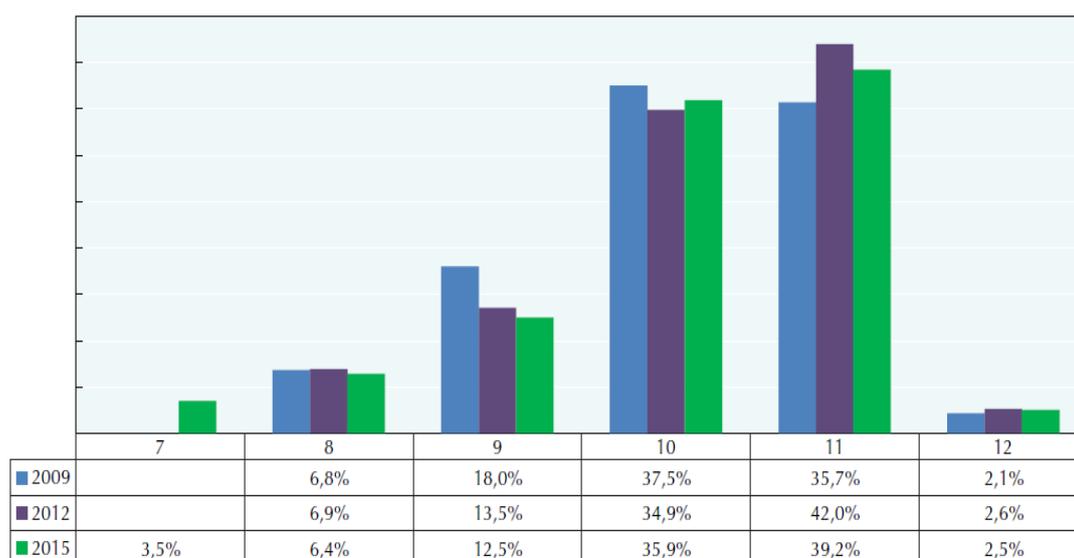
Esta avaliação ocorre a cada três anos, sendo aplicado pela primeira vez no ano de 2000. Participam em torno de 4.500 a 10.000 estudantes em cada país participante, a fim de uma maior segurança nos resultados apresentados (OCDE, 2007).

---

<sup>10</sup> A sigla no Brasil é conhecida como OCDE, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, que vem do inglês *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)*.

O PISA avalia estudantes de aproximadamente 15 anos de idade, por se tratar de jovens que estão próximos ao fim do ciclo obrigatório, estando supostamente preparados para enfrentar os desafios da atualidade, ou seja, eles devem apresentar conhecimentos, habilidades e atitudes acumuladas de, ao menos, dez anos de educação. A seriação dos estudantes legíveis para a prova ocorre a partir do sétimo ano, desde que esteja na faixa etária esperada. A Figura 1 resume a porcentagem de estudantes do Brasil que fizeram as provas do PISA, para os anos de 2009 a 2015. Os números de 7 a 9 correspondem aos Anos Finais do Ensino Fundamental e os números de 10 a 12 correspondem aos três anos do Ensino Médio.

**Figura 1** – Percentual de estudantes por ano escolar que realizaram o PISA nos anos de 2009 a 2015, no Brasil



**Fonte:** OCDE (2016, p. 28).

A Figura 1 mostra que mais de 70% dos estudantes que realizaram a prova do PISA (nos anos 2009 a 2015) estavam cursando o primeiro e o segundo ano do Ensino Médio (números 10 e 11).

No Quadro 4, apresentamos a quantidade de estudantes que fizeram a prova no Brasil, entre os anos 2000 a 2015.

**Quadro 4** – Ano de aplicação e número de estudantes participantes no Brasil

Ano	2000	2003	2006	2009	2012	2015
Número estudantes	4893	4452	9295	20127 <sup>11</sup>	18589	23141

Fonte: OCDE (2001, 2008, 2016).

Em 2015, no Brasil, a aplicação ocorreu, em sua totalidade, por meio de computador e envolveu 23.141 estudantes, com idade entre 15 anos e dois meses e 16 anos e três meses, no momento da aplicação do teste. Consistiu em 841 escolas, e pela primeira vez, contou também com a participação de 8.287 professores, com questionário próprio (OCDE, 2016, p.20).

O PISA 2015, que foi realizado por meio de computadores, pode utilizar ferramentas próprias da tecnologia, auxiliando na resolução colaborativa de problemas. As questões podiam apresentar suporte tecnológico - como a simulação -. A tecnologia permitiu também, a avaliação de itens que antes não eram possíveis, como o tempo de resolução para cada questão, tipo e números de interações ocorridas com os suportes disponibilizados, e as sequências de ações realizadas pelo estudante (OCDE, 2016).

Os conteúdos do PISA apresentam ênfase no domínio de processos, na compreensão de textos, de gráficos e tabelas, aplicados a variados contextos, exigindo dos estudantes, em sua resolução, a capacidade de atuação em diversas situações de cada área. A cada ano é analisada uma área principal em profundidade, à qual são destinados dois terços da prova, e nas outras áreas é fornecido um perfil resumido das habilidades. Assim, a cada nove anos se consegue analisar certa área com mais profundidade, por ser possível uma comparação entre os resultados, como sintetizados no Quadro 5.

<sup>11</sup> O PISA avalia em torno de 4.500 a 10.000 estudantes em cada país participante, a fim de uma maior segurança nos resultados apresentados (OCDE, 2007). Porém, pelo Brasil apresentar grandes dimensões geográficas, desde 2009, este número foi aumentado – em média de 20.000 estudantes - para garantir uma amostra que melhor representasse a realidade brasileira.

**Quadro 5 – Ênfase nas áreas e instrumentos avaliados pelo PISA 2000 a 2015**

PISA	Testes	Questionário
2000	Leitura, Matemática, Ciências	Estudante – Geral Escola
2003	Leitura, Matemática, Ciências	Estudante – Geral Escola
2006	Leitura, Matemática, Ciências	Estudante – Geral Escola
2009	Leitura, Matemática, Ciências	Estudante – Geral Escola
2012	Leitura, Matemática, Ciências	Estudante – Geral Escola
2015	Leitura, Matemática, Ciências Resolução colaborativa de problemas. Letramento Financeiro	Estudante – Geral Escola Estudante – Familiaridade com a tecnologia Professor

Fonte: adaptado (OCDE, 2016, p. 19).

De acordo com o Quadro 5, nos anos 2000 e 2009 a ênfase foi dada ao letramento em leitura, nos anos 2003 e 2012 ao letramento em matemática e em 2006 e 2015 ao letramento em Ciências. Os testes incluem questões de múltipla escolha, discursivas e outras que exigem que assinalem “sim” ou “não” para a afirmação ou negação das sentenças, de acordo com o enunciado da questão. Elas exigem dos estudantes a construção de suas próprias respostas, e são organizadas em grupos ou temas, o que facilita a contextualização a partir de fatos da vida real, e ajuda no tempo de realização da prova.

Ainda de acordo com o Quadro 5, além das questões de Ciências, leitura e matemática, é necessária a resolução de questões sobre o histórico de vida dos estudantes, a respeito de si mesmo e de seus familiares. A direção da escola também responde, no que diz respeito à infraestrutura. No ano de 2015 os professores também tiveram questionário próprio, porém, a sua resolução é opcional. A seguir, temos a duração da prova e as atividades propostas, de acordo com o PISA 2015, descritas no Quadro 6.

**Quadro 6** – Tempo e atividades propostas do PISA 2015

<b>Tempo</b>	<b>Atividades propostas</b>	<b>Público</b>
2 horas	Responder questões de Ciências, leitura, matemática e resolução colaborativa de problemas	Estudantes
35 minutos	Questionário contextual	Estudantes
10 minutos	Questionário sobre tecnologias da informação	Estudantes
1 hora	Avaliação letramento financeiro	Estudantes
45 minutos	Questionários da escola: sobre a escola e práticas institucionais.	Diretores
30 minutos	Questionário opcional	Professores

**Fonte:** adaptado OECD (2016).

A avaliação consiste na aplicação de conhecimentos científicos em contextos pessoal, social e global. As questões são elaboradas por meio de temas científicos que envolvem a utilização, pelos estudantes, de conhecimentos específicos selecionados a respeito de um aspecto sobre o mundo natural (OCDE, 2007). Cada tema, chamado de unidade de teste, é composto por materiais específicos de estímulo, com texto curto que vem acompanhado de tabela, diagrama, gráfico ou quadro. Estes materiais de estímulo servem para facilitar a resolução das questões no tempo previsto para avaliação e também explora mais de uma possibilidade de exposição das informações (OCDE, 2007).

De acordo com a Matriz do PISA 2006 (OCDE, 2007), esta avaliação permite que os estudantes, na sua resolução, se envolvam no contexto específico do problema, por meio de uma série de questões de complexidade crescente, inseridas sob um determinado tema. A avaliação do PISA, segundo a OCDE (2007):

[...] adota uma abordagem abrangente para avaliar conhecimentos, habilidades e atitudes que refletem as modificações atuais dos currículos, passando das abordagens baseadas na escola para a aplicação do conhecimento em tarefas e desafios cotidianos. As habilidades adquiridas refletem a capacidade dos estudantes em continuar aprendendo ao longo da vida, aplicando o que aprenderam na escola em ambientes não escolares, avaliando suas opções e tomando decisões. Com a orientação conjunta dos governos participantes, a avaliação reúne os interesses de políticas dos países, por meio da aplicação de *expertise* científica nos níveis nacional e internacional (OCDE, 2007, p. 7).

Dessa forma, o PISA procura avaliar o que os estudantes conseguem fazer com aquilo que aprenderam, examinando sua capacidade de

refletir e aplicar os conhecimentos adquiridos em questões cotidianas, a nível local e global, ou seja, procura investigar o que os estudantes podem fazer com o que sabem:

O PISA não apenas estabelece o que os estudantes podem reproduzir de conhecimento, mas também examina quão bem eles podem extrapolar o que têm apreendido e aplicar o conhecimento em situações não familiares, ambos no contexto escolar ou não. Essa perspectiva reflete o fato de economias modernas valorizarem indivíduos não pelo que sabem, mas pelo que podem fazer com o que sabem (OCDE, 2016, p. 18).

Além de ser uma avaliação que afere as habilidades descritas acima, tem se tornado um programa de longo prazo que monitora tendências em cada ênfase (leitura, matemática e ciências) avaliada nos países participantes. Ele considera a ideia de que as habilidades adquiridas ao longo da escolarização refletem a capacidade dos estudantes a continuarem aprendendo ao longo da vida, justapondo o conhecimento em ambientes não escolares.

O PISA combina a avaliação de áreas cognitivas específicas, tais como ciências, matemática e leitura, com informações sobre o *background* familiar dos estudantes, suas abordagens ao aprendizado, suas percepções dos ambientes de aprendizagem e sua familiaridade com computadores (OCDE, 2007, p. 7).

O empenho do Brasil, em relação ao letramento em Ciências do PISA 2015, apresentou uma pequena queda, em relação aos anos anteriores, atingiu 401 pontos em Ciências, estando praticamente estagnado desde o PISA 2009. O empenho do Brasil referente ao letramento em Ciências, entre os anos 2000 e 2015, está detalhado no Quadro 7.

**Quadro 7** – Empenho do Brasil no letramento em Ciências no PISA

Ano	2000	2003	2006	2009	2012	2015
Média	375	390	390	405	402	401

Fonte: OCDE (2003, 2016).

Estes valores apresentados no Quadro 7, indicam que o Brasil se encontra no nível 2 de proficiência em Ciências, em todos os anos de sua aplicação. Até o ano de 2009 houve um crescente aumento de seu empenho, porém, a partir deste ano ocorreu uma pequena redução. Embora, os estudantes avaliados tenham

apontado interesse nas disciplinas relacionadas a Ciências<sup>12</sup>, mas seu desempenho foi abaixo da média da OCDE.

A seguir, apresentamos a descrição do nível 1 (que corresponde a nota de 334,9) e o nível 2 (que corresponde a nota de 409,5) de um total de seis níveis de proficiência. Estes níveis definem os conhecimentos e habilidades necessários para completar cada uma das tarefas propostas pelo PISA.

O nível 1 compreende estudantes com limitado conhecimento científico, capazes de apresentar conclusões a partir de evidências explícitas e explicações científicas óbvias; o nível 2 compreende estudantes com conhecimentos científicos razoáveis, fornecendo explicações baseadas em explicações simples e do cotidiano, e interpretação literal de resultados de pesquisa (OCDE, 2008).

No Quadro 8, temos os níveis de proficiência avaliados no PISA 2015, com o percentual de estudantes que alcançaram cada um deles, tanto no Brasil quanto aos países membros da OCDE. O nível 1 foi subdividido em dois, nível 1a e 1b. O nível 1b (nota de 261), sendo a base da escala, correspondendo às tarefas mais fáceis da avaliação, indicando habilidades com desempenho abaixo do nível 1a (Nota 335) – antigo nível 1 – Assim, é possível diferenciar, os conhecimentos e habilidades com mais detalhes, da grande porcentagem de estudantes brasileiros – 52% dos estudantes estão alocados no nível 1 (1a e 1b).

**Quadro 8** – Níveis de proficiência avaliados para o PISA 2015

Nível	Percentual de estudantes	Características das tarefas
6	OCDE: 1,06% Brasil: 0,02%	No nível 6, os estudantes podem recorrer a uma série de ideias e conceitos científicos interligados de física, Ciências da vida, Terra e espaço e usar conhecimentos de conteúdo, procedimental e epistemológico para formular hipóteses explicativas para novos fenômenos científicos, eventos e processos ou para fazer suposições. Ao interpretar dados e evidências, conseguem fazer a discriminação entre informação relevante e irrelevante e podem recorrer a conhecimento externo ao currículo escolar. Podem distinguir argumentos baseados em teorias e evidência científica dos baseados em outros fatores. Os estudantes do nível 6 podem avaliar projetos concorrentes de experimentos complexos, estudos de campo ou simulações e justificar suas escolhas.
5	OCDE: 6,67% Brasil: 0,65%	No nível 5, os estudantes podem usar ideias ou conceitos científicos abstratos para explicar fenômenos incomuns e mais complexos, eventos e processos que envolvam relações causais

<sup>12</sup> Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33571>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

		múltiplas. Eles conseguem aplicar conhecimento epistemológico mais avançado para avaliar projetos experimentais alternativos, justificar suas escolhas e usar conhecimento teórico para interpretar informações e fazer suposições. Os estudantes do nível 5 podem avaliar formas de explorar determinado problema cientificamente e identificar limitações na interpretação de dados, incluindo fontes e os efeitos de incerteza dos dados científicos.
4	OCDE:19,01% Brasil: 4,22%	No nível 4, os estudantes conseguem usar conhecimento de conteúdo mais complexo e mais abstrato, proporcionado ou recordado, para construir explicações de eventos e processos mais complexos ou pouco conhecidos. Podem conduzir experimentos que envolvam duas ou mais variáveis independentes em contextos restritos. Conseguem justificar um projeto experimental recorrendo a elementos de conhecimento procedimental e epistemológico. Os estudantes do nível 4 podem interpretar dados provenientes de um conjunto moderadamente complexo ou de contexto pouco conhecido, chegar a conclusões adequadas que vão além dos dados e justificar suas escolhas.
3	OCDE: 27,23% Brasil: 13,15%	No nível 3, os estudantes podem recorrer a conhecimento de conteúdo de moderada complexidade para identificar ou formular explicações de fenômenos conhecidos. Em situações mais complexas ou menos conhecidas, podem formular explicações desde que com apoio ou dicas. Podem recorrer a elementos de conhecimento procedimental e epistemológico para realizar um experimento simples em contexto restrito. Os estudantes do nível 3 conseguem fazer distinção entre questões científicas e não científicas e identificar a evidência que apoia uma afirmação científica.
2	OCDE: 24,80% Brasil: 25,36%	No nível 2, os estudantes conseguem recorrer a conhecimento cotidiano e a conhecimento procedimental básico para identificar uma explicação científica adequada, interpretar dados e identificar a questão abordada em um projeto experimental simples. Conseguem usar conhecimento científico básico ou cotidiano para identificar uma conclusão válida em um conjunto simples de dados. Os estudantes do nível 2 demonstram ter conhecimento epistemológico básico ao conseguir identificar questões que podem ser investigadas cientificamente.
1a	OCDE: 15,74% Brasil: 32,37%	No nível 1a, os estudantes conseguem usar conhecimento de conteúdo e procedimental básico ou cotidiano para reconhecer ou identificar explicações de fenômenos científicos simples. Com apoio, conseguem realizar investigações científicas estruturadas com no máximo duas variáveis. Conseguem identificar relações causais ou correlações simples e interpretar dados em gráficos e em imagens que exijam baixo nível de demanda cognitiva. Os estudantes do nível 1a podem selecionar a melhor explicação científica para determinado dado em contextos global, local e pessoal.
1b	OCDE: 4,91% Brasil: 19,85%	No nível 1b, os estudantes podem usar conhecimento científico básico ou cotidiano para reconhecer aspectos de fenômenos simples e conhecidos. Conseguem identificar padrões simples em fontes de dados, reconhecer termos científicos básicos e seguir instruções explícitas para executar um procedimento científico.
Abaixo de 1b	OCDE: 0,59% Brasil: 4,38%	A OCDE não especifica as habilidades desenvolvidas.

Fonte: adaptado OCDE (2016, p. 49)

De acordo com o Quadro 7 – ver página 74 -, o Brasil em 2015 atingiu 401 pontos, referente ao letramento em Ciências. Como apresentado no Quadro 8, os estudantes apresentaram os conhecimentos e habilidades referentes aos níveis 1a, 1b e 2, semelhante ao encontrado no PISA 2012. Cerca de 20% dos estudantes brasileiros que realizaram esta prova somente utilizam conhecimento científico básico (corresponde ao nível 1b), identificando padrões simples nos dados; cerca de 32% identificam fenômenos científicos simples, interpretando situações e dados fornecidos que exijam baixo nível de demanda cognitiva (corresponde ao nível 1b) e cerca de 25% apresentam conhecimento procedimental básico, para identificar uma explicação científica adequada, de acordo com evidências, e conseguem identificar questões que possam ser investigadas cientificamente (corresponde ao nível 2).

Tendo em vista que o nível de proficiência em Ciências, ou seja, de letramento científico atinge no Brasil os níveis mais baixos – cerca de 80% somando os níveis 1b, 1a e 2, diferentemente dos países da OCDE que apresentam cerca de 70% somando os níveis 2, 3 e 4 (correspondem ao domínio de procedimentos experimentais e explicações a situações mais complexas, a contextos distintos) – são necessárias mais investigações a este respeito, a fim de que se proponha meios para que esta realidade do Brasil possa ser repensada.

As Dimensões da Aprendizagem Científica, proposta nesta dissertação, pode oferecer indícios para se (re)pensar estes resultados, embora não tenha sido foco desta investigação.

A seguir descrevemos a abordagem metodológica utilizada neste estudo.

## 2.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Considerando que o objetivo está em investigar as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) contempladas em questões de Ciências do PISA que abordam conteúdos químicos, optou-se por adotar o método de análise de texto. Sendo assim, fez-se uso da abordagem qualitativa de natureza interpretativa.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), o objetivo da investigação qualitativa está em analisar o processo, com toda a complexidade envolvida, e não somente o produto final, ou seja, nesta abordagem os encaminhamentos da

pesquisa que são relevantes e não somente a conclusão, que é a consequência. Aspectos da vida do pesquisador e os referenciais utilizados na investigação influenciam na análise, e conseqüentemente na sua interpretação. Assim, o resultado da pesquisa qualitativa não é generalizável, mas pode fornecer grandes indícios. Para isso ocorrer, é preciso utilizar métodos apropriados que reduzem os riscos da subjetividade na análise dos dados. Com isso, a investigação deve ser bem detalhada para não dar margem de interpretação subjetiva.

Para Bogdan e Biklen (1994) e Ludke e André (1986), há cinco características que definem a pesquisa qualitativa: 1) a fonte direta dos dados é o ambiente natural, e o pesquisador é o seu instrumento. Há necessidade de um contato direto e prolongado com o ambiente ou situação que está sendo investigada; 2) a investigação qualitativa é descritiva na medida em que o material obtido é rico e as descrições e as citações são frequentes, para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista; 3) a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto, ou seja, o interesse do pesquisador está em verificar, por meio das atividades e nos procedimentos, como o problema se manifesta; 4) os investigadores qualitativos tendem a analisar os dados de forma indutiva, pois os dados são recolhidos de acordo com hipóteses definidas antes do estudo, as abstrações são construídas a partir do agrupamento dos dados; 5) o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial e os investigadores devem continuamente questionar os sujeitos da investigação, de modo a interpretar suas expectativas e o modo como estruturam o mundo social em que vivem.

Flick (2009, p.85) explicita que “os fatos apenas tornam-se relevantes por meio de sua seleção e interpretação”. Assim, é preciso assumir critérios apropriados para seleção e interpretação dos dados a fim de melhor conhecer o objeto de estudo. Sendo caracterizada como pesquisa de caráter qualitativa, está compreendido que, sobre os dados utilizados, a interpretação assume os referenciais e a posição aceita pelos autores que leva consigo toda sua experiência e visão de mundo - que influencia na interpretação -; além de que no decorrer de todo o processo de análise há modificações na forma de ver e perceber as informações, com erros e acertos diante da situação de estudo.

A pesquisa qualitativa não se refere apenas ao emprego de técnica e de habilidade aos métodos, mas também inclui uma atitude de pesquisa específica. [...] essa atitude é também atribuída, em parte, a certo grau de reflexão sobre o tema, à apropriabilidade da questão e dos métodos de pesquisa [...] e a utilização adequada de métodos qualitativos frequentemente advém da experiência, dos problemas, dos erros e do trabalho contínuo do campo (FLICK, 2009, p. 36).

A abordagem qualitativa é definida também como análise textual, que dependendo dos materiais utilizados pode ter denominações específicas. As análises textuais possuem como foco de estudo as mensagens, a linguagem, o discurso e, além disso, podem se referir a outras linguagens simbólicas. A análise textual pode ser compreendida pela análise de conteúdo e pela análise de discurso.

As investigações e análises sobre as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) contempladas nas questões do PISA foram desenvolvidas com o uso da análise textual com ênfase nos procedimentos e critérios da Análise de Conteúdo (AC), preconizadas por Bardin (2011).

A AC se insere em um conjunto de técnicas de análises textuais, produzidas de diversas formas como, por exemplo, entrevistas, relatórios e outros documentos. O termo AC pode ser definido, segundo Bardin (2011), como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

Moraes (1999) complementa a ideia e define a AC da seguinte forma:

A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum (MORAES, 1999, p. 2).

Dessa forma, pertencem ao domínio da AC todas as iniciativas de análise que consistam em sistematizar e explicar o conteúdo das mensagens e da expressão desse conteúdo. Segundo Moraes (1999), a AC é constituída por cinco etapas: 1) preparação das informações; 2) unitarização ou transformação do

conteúdo em unidades de análise; 3) categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) descrição; e, 5) interpretação.

A preparação das informações ocorre por meio da identificação de diferentes informações a serem utilizadas. Nesta investigação utilizamos como *corpus* da pesquisa as questões de Ciências, que envolvem conteúdos químicos, das provas do PISA dos anos 2000 a 2015. Buscou-se investigar quais DAC são contempladas nestas questões.

Na etapa de unitarização, os documentos utilizados devem ser lidos de forma cuidadosa, e relidos até a definição de unidades de análise, que são palavras ou frases, pelo pesquisador. Para esta investigação, o enunciado das questões bem como as respostas esperadas foram lidas até a definição de unidades de análise.

O processo de categorização é definido como um processo de agrupar dados, considerando a parte comum existente entre eles. As categorias podem ser *a priori*, quando são utilizadas da mesma forma que apresentadas no referencial teórico utilizado, ou emergentes, quando emergem a partir dos dados utilizados na análise. Nesta pesquisa, as três Dimensões da Aprendizagem Científica, apresentadas no primeiro capítulo, foram consideradas como categorias *a priori*.

A descrição é uma forma de comunicar o resultado do trabalho. Para isto foi realizada a produção de um texto síntese que expressa o conjunto de significados presentes nas diversas unidades de análise incluídas em cada uma delas. A organização desta descrição foi determinada em vista de cada uma das categorias utilizadas, ou seja, pelas oito PC - primeira dimensão -, pelos sete CT - segunda dimensão - e pelas quatro ICD - terceira dimensão -.

Por fim, a interpretação, etapa que consiste em ir além da descrição, atingir uma compreensão mais aprofundada dos conteúdos das mensagens. Nesta etapa foram explorados significados expressos do NRC - pelas três dimensões -, da OECD - pela prova do PISA - e demais referenciais utilizados, em vista de atingir uma maior profundidade na análise de cada uma das dimensões investigadas.

Para o desenvolvimento da análise realizada nesta pesquisa foram utilizadas como *corpus* da pesquisa as questões de Ciências do PISA, mais especificamente as que abordavam conteúdos químicos, presente nas provas dos anos 2000 até 2015, disponibilizadas pelo INEP.

As Dimensões da Aprendizagem Científica, explicitadas no Capítulo 1, foram utilizadas como categorias *a priori* para a análise das questões. Estas seguem agrupadas no Quadro 9.

**Quadro 9** – As DAC utilizadas como categorias *a priori*

<b>Dimensão 1</b>	<b>Dimensão 2</b>	<b>Dimensão 3</b>
<b>Práticas Científicas (PC)</b>	<b>Conceitos Transversais (CT)</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares (ICD)</b>
PC1 Formular questões	CT1 Padrões	ICD1 Ciências Físicas
PC2 Desenvolver e usar modelos	CT2 Causa e efeito: Mecanismo e previsão	ICD2 Ciências da Vida
PC3 Planejar e realizar Investigações	CT3 Escala, proporção e quantidade	ICD3 Ciências da Terra e Espaciais
PC4 Analisar e interpretar dados	CT4 Sistemas e modelos de sistema	ICD4 Engenharia, Tecnologia e aplicações das Ciências
PC5 Fazer uso do pensamento matemático e computacional	CT5 Energia e matéria	
PC6 Construir explicações	CT6 Estrutura e função	
PC7 Argumentar a partir de evidências	CT7 Estabilidade e mudança	
PC8 Obter, avaliar e comunicar a informação		

Fonte: O próprio autor.

As questões selecionadas para análise foram extraídas de dois cadernos de itens liberados no portal do INEP<sup>13</sup>, de acordo com o Quadro 10.

**Quadro 10** – Quantidade de questões e conteúdos predominantes nas questões

<b>Quantidade de questões disponibilizadas no Caderno 1 (2000-2012)</b>	<b>Quantidade de questões disponibilizadas no Caderno 2 (2015)</b>	<b>Conteúdo predominante</b>
50	9	Química
24	17	Física
48	5	Biologia
122	32	TOTAL

Fonte: o próprio autor.

<sup>13</sup> Itens liberados do INEP, disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-itens>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

No primeiro caderno, há um total de 122 questões de Ciências, que correspondem aos anos de aplicação do PISA de 2000 a 2012, estas questões estão organizadas em 33 temas. Destas questões, identificamos 50 que abordam predominantemente conteúdos de Química, 48 de Biologia e 24 de Física. Esta classificação foi feita com base nos conteúdos abordados nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 113-115).

O segundo caderno de itens liberados pelo INEP, corresponde à avaliação aplicada no ano de 2015, com 32 questões, que abordam um total de 8 temas. Identificamos 9 questões que abordam conteúdos de Química, 17 de Física e 5 de Biologia. Portanto, foram analisadas nesta pesquisa as 59 questões de Ciências que abordam conteúdos de Química referentes aos anos de 2000 a 2015.

Após selecionar as questões de Química, dentre os itens liberados de Ciências, estas foram codificadas de Q1 a Q59, de acordo com o Quadro 11.

**Quadro 11** – Questões do PISA codificadas, ano de aplicação e temas correspondentes

Questões codificadas	Ano de aplicação	Número da questão	Tema
Q1	2000	1	Mudança climática
Q2		2	
Q3	2000	1	Moscas
Q4	2000	1	Ozônio
Q5		2	
Q6		3	
Q7		4	
Q8		5	
Q9	2003	1	Milho
Q10		2	
Q11		3	
Q12		4	
Q13		5	
Q14		6	
Q15		7	
Q16	2000-2006 <sup>14</sup>	1	Água potável
Q17		2	
Q18		4	

<sup>14</sup> Nos temas em que consta a aplicação das questões do PISA entre os anos 2000 a 2006, não foi identificado o ano exato de sua aplicação, uma vez que no caderno de itens liberados pelo INEP e de alguns outros países consultados – liberados pela OECD -, as questões estão sem detalhamento de datas.

Q19		6	
Q20	2000-2006	1	Cáries dentárias
Q21		4	
Q22		6	
Q23		7	
Q24		8	
Q25	2000-2006	1	Brilho Labial
Q26		2	
Q27		3	
Q28	2000-2006	1	Massa de pão
Q29		2	
Q30		3	
Q31		4	
Q32	2000-2006	1	Um risco para a saúde?
Q33		3	
Q34	2000-2006	1	Conversor catalítico
Q35		2	
Q36		4	
Q37	2006	3	Efeito estufa
Q38		4	
Q39		5	
Q40	2006	1	O Grand Canyon
Q41		3	
Q42	2006	2	Protetor solar
Q43		3	
Q44		4	
Q45		5	
Q46	2006	2	Chuva ácida
Q47		3	
Q48		4	
Q49		5	
Q50		8	
Q51	2015	1	Combustíveis fósseis
Q52		2	
Q53		3	
Q54	2015	3	Erupções vulcânicas
Q55		4	
Q56	2015	1	Usina elétrica azul
Q57		2	
Q58		3	
Q59		4	

Fonte: o próprio autor.

Realizou-se, na sequência, a leitura e releitura de todas as questões, buscando compreender os conceitos exigidos e as temáticas envolvidas.

Considerando a primeira dimensão, as características de cada uma das 8 Práticas Científicas, buscou-se categorizar as questões nas seguintes práticas: PC1 – Formular questões; PC2 – Desenvolver e usar modelos; PC3 – Planejar e realizar investigações; PC4 – Analisar e interpretar dados; PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional; PC6 – Construir explicações; PC7 – Argumentar a partir de evidências; PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação. Foi realizada a descrição e interpretação que justificasse a classificação nas práticas, a partir do enunciado das questões e das respostas esperadas para cada uma delas.

Posteriormente, foi realizada uma releitura das questões e das respostas esperadas, a partir da segunda dimensão, os 7 Conceitos Transversais, buscando encontrar indícios desses conceitos, categorizando-as por apresentarem: CT1 – Padrões; CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão; CT3 – Escala, proporção e quantidade; CT4 – Sistemas e modelos de sistema; CT5 – Energia e matéria; CT6 – Estrutura e função; e, CT7 – Estabilidade e mudança. Foi realizada a descrição e interpretação, que justificasse a classificação de cada um destes conceitos, a partir do enunciado das questões e das respostas esperadas.

Realizamos, então, o mesmo movimento interpretativo utilizando as categorias da terceira dimensão, as Ideias Centrais Disciplinares, a saber: ICD1 – Ciências físicas; ICD2: – Ciências da vida; ICD3 – Ciências da Terra e espaciais; e, ICD4 – Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência. Foi realizada a alocação dos conteúdos disciplinares de química a partir do enunciado das questões e das respostas esperadas para cada uma delas.

No próximo capítulo apresentamos as DAC contempladas na 59 questões analisadas.

### **CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS QUESTÕES**

Neste capítulo apresentamos a análise das 59 questões do PISA de acordo com as três Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC): as Práticas Científicas (PC), os Conceitos Transversais (CT) e as Ideias Centrais Disciplinares (ICD).

A análise ocorreu a partir do enunciado da questão e das expectativas de respostas, descritas nos cadernos de itens. Vale lembrar, que as oito Práticas Científicas são constituídas por práticas empregadas na resolução de problemas ou compreensão de fenômenos, a fim de se investigar, construir modelos e teorias sobre o mundo, que acreditamos serem essenciais na constituição do letramento científico. Tais práticas se constituem em: Formular questões (PC1); Desenvolver e usar modelos (PC2); Planejar e realizar investigações (PC3); Analisar e interpretar dados (PC4); Fazer uso do pensamento matemático e computacional (PC5); Construir explicações (PC6); Argumentar a partir de evidências (PC7) e Obter, avaliar e comunicar a informação (PC8).

Os sete Conceitos Transversais são constituídos por conceitos que ajudam o estudante na construção de esquemas conceituais e processuais, fornecendo ideias que o ajudam a compreender o mundo. Estes conceitos são: Padrões (CT1); Causa e efeito: mecanismo e previsão (CT2); Escala, proporção e quantidade (CT3); Sistemas e modelos de sistema (CT4); Energia e matéria (CT5); Estrutura e função (CT6) e Estabilidade e mudança (CT7).

As quatro Ideias Centrais Disciplinares correspondem a conteúdos de ciência considerados essenciais, que são importantes na compreensão dos fenômenos, obtidos a partir do conhecimento científico acumulado durante a história. Compreendem: as Ciências físicas (ICD1); as Ciências da vida (ICD2); as Ciências da Terra e espaciais (ICD3) e a Engenharia, tecnologia e aplicações da Ciência (ICD4).

Apresentamos nas Figuras 3 e 4, as questões Q1 e Q2 que pertencem ao tema Mudança climática, ambas, referentes à prova aplicada no ano 2000. Na Figura 2, apresentamos o texto e os gráficos que servem como suporte para a resolução.

## Figura 2 – Texto e gráfico fornecidos para as questões Q1 e Q2

Leia o texto abaixo e responda às questões que se seguem.

### QUAIS SÃO AS ATIVIDADES HUMANAS QUE CONTRIBUEM PARA A MUDANÇA CLIMÁTICA?

A queima de carvão, óleo e gás natural, assim como o desflorestamento e várias atividades agrícolas e industriais estão alterando a composição da atmosfera e contribuindo para a mudança climática. Estas atividades humanas têm levado a um aumento na concentração de partículas e gases na atmosfera (efeito estufa). A importância relativa dos principais fatores que contribuem para a mudança de temperatura é mostrado na figura 1. O aumento nas concentrações de dióxido de carbono e metano têm um efeito aquecedor. Um aumento nas concentrações de partículas tem um efeito resfriador que age de duas maneiras, chamados no esquema de "partículas" e "efeito das partículas sobre as nuvens".

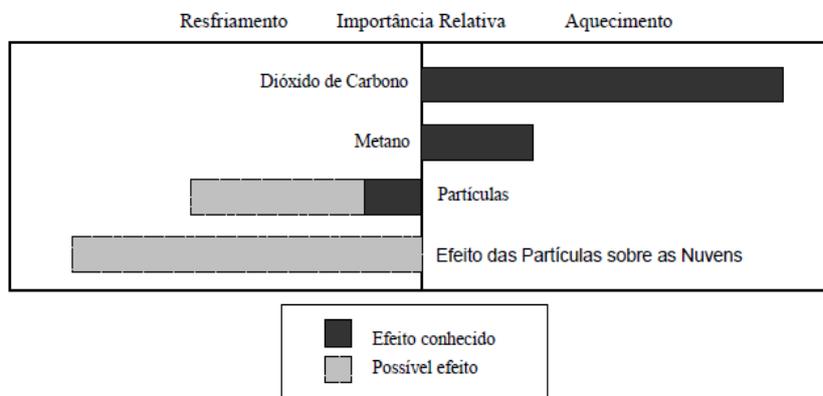


Figure 1: Importância relativa dos principais fatores responsáveis pela mudança de temperatura na atmosfera.

As barras estendendo-se para a direita da linha central indicam um efeito de aquecimento. As da esquerda da linha central indicam um efeito de resfriamento. O efeito relativo das "partículas" e "efeito das partículas nas nuvens" são um tanto incerto: em cada caso o efeito está em algum lugar no intervalo mostrado pela barra cinza clara.

**Fonte:** INEP (2015, p. 20).

A Figura 2 apresenta um texto que aborda as atividades humanas que contribuem para a mudança climática, além disso, há um gráfico a respeito da importância relativa dos principais fatores responsáveis pela mudança de temperatura na atmosfera. Na Figura 3, temos a questão Q1.

### Figura 3 – Questão Q1

Use a informação da Figura 1 para desenvolver um argumento a favor da redução de dióxido de carbono emitido quando das atividades humanas mencionadas.

**Fonte:** INEP (2015, p. 21).

A resolução da Q1 exige que os estudantes utilizem o texto disponibilizado para desenvolver a argumentação de que as atividades humanas não constituem um problema à atmosfera.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

O dióxido de carbono é a causa principal do aumento da temperatura atmosférica, causando mudança climática, portanto, a redução da quantidade emitida deste gás, terá como seu maior efeito a redução do impacto das atividades humanas (INEP, 2015, p. 21).

Na questão Q1 foram identificadas as seguintes Práticas Científicas: a **PC4 – Análise e interpretação de dados**, pois, para resolver a questão é necessário perceber as relações, de aquecimento e resfriamento, fornecido pelo texto e pelo gráfico; a **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, por perceber as relações de proporção entre as variáveis, temperatura e quantidade de dióxido de carbono, metano e de partículas; a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, uma vez que a própria questão solicita que seja construída uma argumentação.

Em relação aos Conceitos Transversais foram evidenciados: o **CT1 – Padrões**, pois o estudante precisa analisar os padrões nos dados – semelhanças ou diferenças nas concentrações de dióxido de carbono – para chegar a uma conclusão satisfatória; o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois na própria resposta esperada, há a palavra causa, sendo o aquecimento da terra causado pelo aumento de dióxido de carbono; e, por fim, o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, onde é necessário comparar as quantidades emitidas de dióxido de carbono e o aquecimento provocado.

Esta questão corresponde à **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2D – tempo e clima: o oceano exerce grande influência no clima, sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com gases estufa, CO<sub>2</sub>, metano e oxido nitroso.

Na sequência, apresentamos na Figura 4 a questão Q2, pertencente ao mesmo tema – Mudança climática.

#### Figura 4 – Questão Q2

Use a informação da Figure 1 para desenvolver uma argumentação em favor do ponto de vista de que os efeitos das atividades humanas no clima não constituem um problema.

Fonte: INEP (2015, p.22).

A questão Q2 solicita a construção de uma argumentação a favor de que a atividade humana não contribui para as mudanças climáticas.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “O efeito do aquecimento de dióxido de carbono e metano pode ser compensado pelo efeito do resfriamento das partículas na atmosfera, portanto, o resultado final seria uma não variação na temperatura” (INEP, 2015, p. 22, grifo nosso).

Identificamos na questão Q2 a **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez que, para conseguir desenvolver uma argumentação a fim de evidenciar se a atividade humana é ou não um problema, o estudante precisa observar as relações de proporção entre as variáveis/substâncias apresentadas na figura. Neste caso, o aumento da temperatura provocado pelos gases dióxido de carbono e metano pode ser compensado pelo resfriamento provocado pelas partículas na atmosfera. Identificamos também a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois, a fim de chegar a alguma conclusão a respeito da resolução da questão, foi utilizado o raciocínio matemático com a finalidade de compreender os dados tabulados que foram apresentados; por fim, identificamos a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, uma vez que é solicitada uma argumentação que deve estar baseada nos dados fornecidos pela questão.

Com relação aos Conceitos Transversais, foram identificados o **CT1 – Padrões**, onde é necessário analisar os padrões nos dados para chegar a uma conclusão; o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que na resposta esperada contém a palavra causa – o aquecimento da terra é causado pelo aumento de dióxido, e o resfriamento pela presença de partículas –; o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, pois é necessário comparar as quantidades emitidas de dióxido e seu aquecimento provocado, assim como o de partículas e seu resfriamento; o **CT5 – Matéria e energia**, pois a relação existente entre a energia – aquecimento da Terra – está relacionada à quantidade de dióxido, e com o resfriamento pelas partículas.

Temos na questão Q2 a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2E – biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e condições da Terra e os efeitos na atmosfera e ambiente; relação entre hidrosfera, litosfera e atmosfera, ciclo do carbono e relações químicas.

No Quadro 12 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q1 a Q2, que abordam a respeito do tema Mudança climática.

**Quadro 12** – As DAC identificadas nas questões Q1 e Q2

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q1	PC4; PC5; PC7	CT1; CT2; CT3	ICD3.2D
Q2	PC4; PC5; PC7	CT1; CT2; CT3; CT5	ICD3.2E

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, trazemos a questão Q3 referente ao tema Moscas, pertence a prova aplicada no ano 2000. O texto utilizado como suporte para a resolução das questões encontra-se na Figura 5.

**Figura 5** – Texto fornecido para a questão Q3

*Leia o texto abaixo e responda às questões que se seguem.*

#### **MOSCAS**

Um fazendeiro trabalha com gado leiteiro em uma estação experimental agrícola. A população de moscas no curral onde o gado ficava era tão grande que a saúde dos animais foi afetada. Então, o fazendeiro pulverizou o curral e o gado com uma solução de inseticida A. O inseticida matou quase todas as moscas. Algum tempo depois, entretanto, o número de moscas voltou a crescer. O fazendeiro pulverizou novamente o inseticida. O resultado foi semelhante ao obtido na primeira pulverização. A maior parte das moscas, mas não todas, foram mortas. Novamente, dentro de pouco tempo, a população de moscas aumentou e mais uma vez foram pulverizadas com o inseticida. Esta seqüência de acontecimentos se repetiu por cinco vezes, então ficou evidente que o inseticida A estava se tornando cada vez menos eficiente para matar as moscas.

O fazendeiro percebeu que uma grande quantidade da solução do inseticida tinha sido feita e utilizada em todas as pulverizações. Portanto, ele levantou a possibilidade de que a solução do inseticida tivesse se decomposto com o tempo.

Fonte: INEP (2015, p. 23).

O texto acima relata a situação de um fazendeiro que trabalha em uma estação experimental agrícola, onde a grande população de moscas prejudicava a sua criação de gado leiteiro. Para resolver este problema, aplicou uma solução de inseticida, porém, como ficava menos eficiente com o tempo, concluiu que a solução poderia se decompor com o tempo.

A seguir, na Figura 6, temos a questão Q3.

### Figura 6 – Questão Q3

A opinião do fazendeiro é de que o inseticida se decompõe com o tempo. Explique resumidamente como esta opinião pode ser testada.

Fonte: INEP (2015, p. 23-24).

A questão Q3 solicita que o estudante explique como testar a opinião do fazendeiro, de que o inseticida se decompõe com o tempo.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Compara os resultados de um novo lote do inseticida com os resultados do lote velho em dois grupos de moscas da mesma espécie que não tenham sido previamente expostas ao inseticida. (OU) Compara os resultados de um novo lote do inseticida com os resultados do lote nas moscas do curral. (OU) (Quimicamente) analisa amostras do inseticida em intervalos regulares para ver se ele se altera com o decorrer do tempo (INEP, 2015, p. 23).

Identificamos na questão Q3 a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, pois a questão solicita que o estudante explique uma forma de se testar a opinião do fazendeiro, de que o inseticida se decompõe com o tempo.

O **CT1 – Padrões**, foi identificado, uma vez que na resposta esperada apresenta a necessidade de que se compare lotes e/ou resultados velhos com os novos, buscando certa semelhança ou diferença entre as relações encontradas; mesmo na composição química, em que é necessário analisar intervalos regulares de tempo para comparar se há um certo padrão com as concentrações do inseticida. Além do CT1 identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, para comparar os padrões, da eficiência do inseticida em relação à sua composição ou tipo de lote com o número de morte de moscas é necessário comparar os efeitos evidenciados, para a descoberta das possíveis causas. Também identificamos o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, uma vez que as relações entre o número de moscas e a quantidade das que foram mortas é uma forma de compreensão da proporção entre as variáveis investigadas. E, por fim, temos o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, pois foi definida uma porção do mundo natural, onde se realizou uma investigação, identificando fatores que pudessem influenciar no problema inicial, de que o inseticida se decompõe com o tempo.

A **ICD1 - Ciências físicas** foi também identificada, corresponde a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos; e a ICD2.1B – crescimento e desenvolvimento de organismos: formação e comportamento do organismo.

No Quadro 13 apresentamos um resumo das DAC identificadas na questão Q3, que aborda a respeito do tema Moscas.

**Quadro 13** – As DAC identificadas na questão Q3

<b>Dimensões/ questão</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q3	PC3	CT1; CT2; CT3; CT4	ICD1.1B; ICD2.1B

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q4 a Q8 que versam sobre o tema Ozônio, todas aplicadas no ano 2000. O texto utilizado como suporte para as questões que versam sobre este tema se encontra na Figura 7.

### Figura 7 – Texto e diagrama fornecidos para as questões Q4 a Q8

Leia a seguinte seção de um artigo a respeito da camada de ozônio.

A atmosfera é um imenso reservatório de ar e um recurso natural precioso para a manutenção da vida na Terra. Infelizmente, as atividades humanas baseadas nos interesses nacionais / pessoais estão danificando esse recurso comum, principalmente destruindo a frágil camada de ozônio que funciona

05 como um escudo protetor para a vida na Terra. Uma molécula de ozônio é composta por 3 átomos de oxigênio, em contraposição às moléculas de oxigênio, que são compostas por dois átomos de oxigênio. As moléculas de ozônio são raríssimas: menos que 10 em cada

10 um milhão de moléculas de ar. Entretanto, já há quase um bilhão de anos, sua presença na atmosfera desempenha um papel vital na proteção de vida na Terra. Dependendo de onde está localizado, o ozônio pode proteger ou prejudicar a vida na Terra. O ozônio que se encontra na troposfera (até 10 km acima da superfície da Terra) é ozônio "ruim" que pode danificar plantas e tecidos

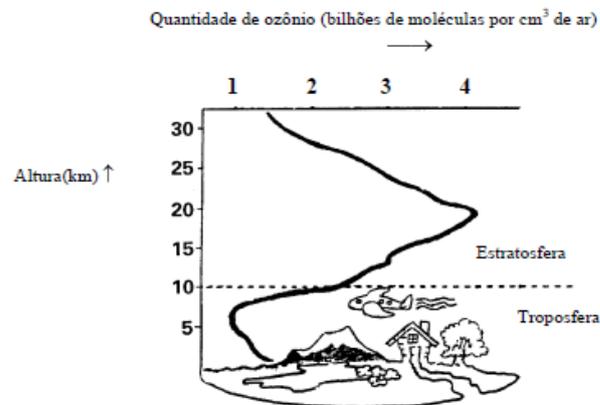
15 pulmonares. Mas cerca de 90 por cento do ozônio que se encontra na estratosfera (entre 10 e 40 km acima da superfície da Terra) é ozônio "bom" que desempenha um papel benéfico, absorvendo a perigosa radiação ultravioleta emitido pelo Sol. Sem essa camada de ozônio benéfica, os humanos seriam mais

20 suscetíveis a certas doenças devido à incidência de raios ultravioleta vindos do Sol. A destruição da camada de ozônio poderia também quebrar a cadeia alimentar marinha devido ao efeito nocivo do raios ultravioleta-B sobre o plâncton.

Fonte: Connect, UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, Seção de um artigo intitulado 'The Chemistry of Atmospheric Policy' (A Química da Política Atmosférica), Vol. XXII, No. 2, 1997 (ortografia adaptada)

#### OZÔNIO – DIAGRAMA

Examine a linha espessa no seguinte diagrama que mostra a distribuição das



moléculas de ozônio na atmosfera.

Fonte: Deilig er den Himmel, Temahäfte 1, Instituto de Física, Universidade de Oslo, agosto de 1997

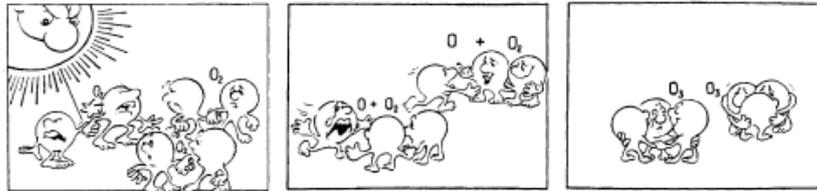
Fonte: INEP (2015, p. 30-31).

O texto, extraído de um artigo, descreve como são constituídas as moléculas de ozônio e de oxigênio, como ocorre sua formação e sua importância na atmosfera para a vida terrestre. Há também, ao final, um diagrama que mostra a distribuição das moléculas de ozônio na atmosfera em função da altitude.

A seguir, na Figura 8, temos a questão Q4.

### Figura 8 – Questão Q4

No texto acima nada é mencionado com relação ao modo como o ozônio é formado na atmosfera. Na verdade, todos os dias certa quantidade de ozônio é formada e certa quantidade de ozônio desaparece. O modo como o ozônio é formado está ilustrado nos quadrinhos abaixo:



Suponha que você tenha um tio que tente entender o significado desta tira. Ele, entretanto, nunca estudou ciências na escola e não entende o que o autor do desenho está explicando. Ele sabe que não há companheiros pequeninos na atmosfera, mas pergunta o que esses companheirinhos do desenho representam, o que essas estranhas notações  $O_1$ ,  $O_2$  e  $O_3$  representam e quais processos o desenho representa. Seu tio pede para que você lhe explique os quadrinhos.

Escreva uma explicação dos quadrinhos para seu tio.

Fonte: INEP (2015, p. 32).

Na questão Q4 há um texto complementar sobre a formação de ozônio na atmosfera, há também alguns quadrinhos ilustrativos que buscam demonstrar o modo como o ozônio é formado. É solicitado que o estudante explique os processos químicos representados nos quadrinhos, contudo, a explicação deve ser dada para alguém que supostamente é leigo no assunto, ou seja, que não estudou ciências na escola.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Cita uma resposta em que os três aspectos seguintes são mencionados: algumas moléculas de oxigênio - cada uma composta por dois átomos de oxigênio - são quebradas em átomos de oxigênio - Figura 1 -; a quebra - das moléculas de oxigênio - acontece sob a influência da luz do sol - Figura 1 -; os átomos de oxigênio se combinam com outras moléculas de oxigênio para formar moléculas de ozônio - Figuras 2 e 3 -. (INEP, 2015, p. 32).

Identificamos na questão Q5 a **PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação**, visto que o estudante deve formular uma resposta visando explicar o fenômeno químico envolvido para outra pessoa, ou seja, uma explicação que seria comunicada a uma pessoa que desconhece o assunto – seu tio – havendo, portanto, a necessidade de adaptar a linguagem; a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que é necessário interpretar as representações expressas nos quadrinhos; a **PC6 – Construir explicações**, já que o estudante deve estruturar uma explicação

das situações representadas na figura, e precisa explicar o modo como o ozônio é formado na atmosfera, descrevendo cada etapa deste processo.

Os CT identificados nesta questão são o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, uma vez que é necessário reconhecer a quantidade de átomos de oxigênio envolvidos, tanto na forma de gás oxigênio como na molécula de ozônio; o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, pois, além desta tira ser uma forma de representar ou modelar um fenômeno, trata-se também de um recorte, ou seja de um sistema de investigação; por fim, o **CT5 – Energia e matéria**, uma vez que trata de relações de matéria – átomos de oxigênio – que são modificadas sua estrutura devido a ação da luz solar, mais especificamente a energia luminosa.

A ICD relacionada aborda a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: ligações químicas, tabela periódica e estabilidade; e a ICD1.3B – conservação de energia e transferência de energia, em processos químicos, com absorção e liberação de energia; e a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

Na Figura 9 apresentamos a questão Q5.

### Figura 9 - Questão Q5

O ozônio também é formado durante tempestades com trovoadas. É ele que provoca o cheiro típico que se sente após esse tipo de tempestade. Nas linhas 13-18, o autor do texto faz uma distinção entre o “ozônio ruim” e “ozônio bom”.

Segundo o artigo, o ozônio formado durante as tempestades com trovoadas é “ozônio ruim” ou “ozônio bom”? Escolha uma resposta com a explicação correta

	Ozônio ruim ou ozônio bom?	Explicação:
A	Ruim	É formado durante mau tempo.
B	Ruim	É formado na troposfera.
C	Bom	É formado na estratosfera.
D	Bom	Ele cheira bem.

Fonte: INEP (2015, p. 33).

Para a questão Q5 é solicitado que o estudante assinale a alternativa que aponte a região em que o ozônio é formado, a partir de tempestades com trovoadas, e se este, corresponde ao “ozônio bom” ou ao “ozônio ruim”.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Ruim. É formado na troposfera” (INEP, 2015, p. 33, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q5 é necessária a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois a partir das informações do enunciado da questão e do diagrama, é possível avaliar a resposta correta que contemple as exigências

requeridas da questão, que é: ruim, formada na troposfera; esta conclusão está baseada no texto, nas linhas de 13-18, que diz a respeito da presença de dois ‘tipos’ de ozônio e também pelo diagrama, que é possível perceber onde é a região da troposfera, que é a região inferior a 10km de altura.

Para que se compreenda a PC4 é necessário o **CT3 - Escala, proporção e quantidade**, pois, para compreender o gráfico é preciso saber noções de escala, proporção e quantidade, a fim de chegar a uma resposta.

Por fim, evidenciamos em relação a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2D - tempo e clima: sistemas de energia nos processos que influenciam temperatura do planeta e relações com os gases estufa.

Na Figura 10 apresentamos a questão Q6.

### Figura 10 – Questão Q6

Nas linhas 13 -19 , o autor do texto faz uma distinção entre o “ozônio ruim” e o “ozônio bom”, embora as propriedades do ozônio sejam sempre as mesmas.

Suponha que você esteja num avião voando a 10km de altitude. Se você fosse usar o ar (comprimido) que está do lado de fora do avião para respirar, esse ar poderia danificar os seus tecidos pulmonares? Escolha a resposta com a explicação correta.

	O ar poderia danificar os seus tecidos pulmonares?	Explicação:
A	Não	Existe apenas ozônio “bom” a 10km de altitude.
B	Sim	Existe apenas ozônio “ruim” 10 km de altitude.
C	Sim	Existe uma mistura de ozônio “bom” e de ozônio “ruim” a 10km de altitude. Somente o ozônio ‘ruim’ poderia danificar seus tecidos pulmonares.
D	Sim	Seus tecidos pulmonares não fariam distinção entre o ozônio “ruim” e o ozônio “bom”; o ozônio poderia danificar seus tecidos pulmonares em qualquer circunstância.

Fonte: INEP (2015, p. 34).

A questão Q6 apresenta a suposição de que o estudante esteja em um avião e precisasse usar o ar comprimido que está do lado de fora, a 10km de altitude. É solicitado que assinale a alternativa que relacione o que isso poderia influenciar aos seus tecidos pulmonares.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Sim. Seus tecidos pulmonares não fazem nenhuma distinção entre o ozônio “bom” ou “ruim”; o ozônio poderia danificar seus tecidos pulmonares em qualquer circunstância” (INEP, 2015, p. 34, grifo nosso).

Identificamos na questão Q6 a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que o estudante precisa compreender o diagrama, com os dados disponíveis, a partir das informações contidas no texto; assim também, a **PC6 -**

**Construir explicações**, pois, com as informações em mãos, é possível elaborar uma explicação aplicável ao problema proposto: O ar poderia danificar os tecidos pulmonares? Com a resposta esperada, sim, haja visto, os tecidos pulmonares não fazem distinção dos dois “tipos” de ozônio.

Identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que é possível prever, a partir das informações fornecidas, que a 10 km de altitude há grande quantidade de ozônio, logo, pode ser a causa de danos aos tecidos pulmonares, se alguém respirar o ar comprimido desta altitude.

Evidenciamos na Q6 a **ICD3 – Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2E – biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e condições da Terra e os efeitos na atmosfera e o ambiente, e relações entre a litosfera e atmosfera.

A próxima questão, ainda sobre o tema Ozônio é a Q7, apresentada na Figura 11.

#### Figura 11 – Questão Q7

A radiação ultravioleta que atinge a superfície da Terra é influenciada pela quantidade total de ozônio acima da superfície da Terra. Algumas montanhas têm 7km de altitude. Baseado no diagrama você pode concluir que a sua exposição à radiação ultravioleta ao nível do mar não tem a mesma intensidade que a sua exposição à radiação ultravioleta, quando você está no topo dessas montanhas.

Onde você estaria mais exposto à radiação ultravioleta: ao nível do mar ou no topo de uma montanha de 7 km de altitude? Escolha a resposta com a explicação correta.

	Onde você estará mais exposto à mais radiação ultravioleta?	Explicação:
A	Ao nível do mar	A concentração de ozônio ao nível do mar é maior que a 7km de altitude..
B	No topo da montanha	A quantidade de ozônio a 7km de altitude de altitude é menor que ao nível do mar.
C	Ao nível do mar	A quantidade total de ozônio acima do nível do mar é superior a quantidade total de ozônio acima do nível de 7 km.
D	No topo da montanha	A quantidade total de ozônio acima do nível de 7 km é menor que a quantidade total de ozônio acima do nível do mar.

Fonte: INEP (2015, p. 35).

A questão Q7 traz ao estudante informações referentes a radiação ultravioleta que incide sobre a Terra. Solicita que assinale, a opção e a explicação, a respeito da região em que estaria mais exposto à radiação ultravioleta.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “No topo da montanha. A quantidade total de ozônio acima do nível de 7km é menor que a quantidade total de ozônio acima do nível do mar” (INEP, 2015, p. 35, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q7 é possibilitado a **PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez que o estudante precisa observar a curva fornecida no diagrama e perceber que a quantidade de ozônio a 7km de altitude é menor que a quantidade a nível do mar, portanto, no topo da montanha há maior incidência de radiação ultravioleta.

Neste sentido identificamos também o **CT3 – Escala, proporção e quantidade** ajuda o estudante a explicar a PC5, sendo essencial compreender a proporção e a escala utilizada no diagrama.

Por fim, a **ICD1 - Ciências físicas**, que corresponde a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

A seguir temos a questão Q8, apresentada na Figura 12.

### **Figura 12 – Questão Q8**

As linhas 19-21 afirmam: “Sem essa camada benéfica de ozônio, os humanos seriam mais suscetíveis a certas doenças devido aos raios ultravioleta do Sol.”

Cite uma das doenças que acredita-se ser resultado da destruição da camada de ozônio.

**Fonte:** INEP (2015, p. 36).

A questão Q9 solicita que o estudante escreva o nome de uma doença que pode ser causada em consequência da destruição da camada de ozônio.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “câncer de pele e/ou catarata” (INEP, 2015, p. 36, grifo nosso).

A questão Q8 possibilita o uso da **PC6 – Construir explicações**, haja vista, solicitar ao estudante explicar somente qual doença está relacionada a incidência de radiação ultravioleta do sol, exigindo conhecimentos adicionais relacionado ao tema.

Evidenciamos também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que os efeitos nas doenças, como da catarata e do câncer de pele, são causados pela incidência da radiação ultravioleta do sol, que por sua vez, causados pela destruição da camada de ozônio.

Por fim, identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4B - radiação eletromagnética: espectro de luz e interação e a ICD.1C – organização para a matéria e fluxo de energia em organismos.

No Quadro 14 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q4 a Q8, que abordam a respeito do tema Ozônio.

**Quadro 14** – As DAC identificadas nas questões Q4 a Q8

<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q4	PC4; PC6; PC8	CT3; CT4; CT5	ICD1.1A; ICD1.3B; ICD1.4B
Q5	PC4	CT3	ICD3.2D
Q6	PC4; PC6	CT2	ICD3.2E
Q7	PC5	CT3	ICD1.4B
Q8	PC6	CT2	ICD1.4B; ICD.1C

**Fonte:** o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q9 a Q15 que versam sobre o tema Milho, aplicadas no ano de 2003. O texto utilizado como suporte para as questões que abordam este tema encontra-se apresentado na Figura 13.

### Figura 13 – Texto fornecido para as questões Q9 a Q15

*Analise a seguinte reportagem extraída de um jornal.*

#### HOLANDÊS UTILIZA MILHO COMO COMBUSTÍVEL

Um pouco de lenha queima lentamente no fogão de Auke Ferwerda. De uma sacola de papel próxima ao fogão, ele retira um punhado de milho e o joga sobre as chamas. Imediatamente, labaredas de fogo se levantam brilhantes. “Observe.”, diz Ferwerda, “O visor do fogão fica limpo e transparente. A combustão é completa.” Ferwerda fala sobre o fato de que o milho poder ser utilizado como combustível, assim como alimento para gado. Segundo ele, este é o futuro.

Ferwerda explica que o milho na forma de alimento para gado também é, na verdade, um tipo de combustível. As vacas comem milho para obter energia. Mas, Ferwerda explica que a venda do milho como combustível, em vez de alimento para o gado, poderia ser muito mais lucrativa para os fazendeiros.

Ferwerda está convencido de que, a longo prazo, o milho será amplamente utilizado como combustível. Ele imagina como será a colheita, a armazenagem, a secagem e o acondicionamento dos grãos em sacos para a venda.

Atualmente, Ferwerda está pesquisando a possibilidade de utilização de toda a planta do milho como combustível, mas esta pesquisa ainda não está concluída.

O que Ferwerda também precisa levar em consideração é a atenção que está sendo dispensada ao gás carbônico. O gás carbônico é considerado a causa principal do aumento do efeito estufa. Afirma-se que o aumento do

efeito estufa é a causa do aumento da temperatura média da atmosfera da terra.

Segundo Ferwerda, entretanto, não há nada errado com o gás carbônico, pelo contrário. Ele argumenta que as plantas o absorvem e o convertem em oxigênio para os seres humanos.

Entretanto, os planos de Ferwerda podem entrar em conflito com os do governo que atualmente está tentando reduzir a emissão de gás carbônico. Ferwerda diz: “Há muitos cientistas que dizem que o gás carbônico não é a causa principal do efeito estufa.”

**Fonte:** INEP (2015, p. 38).

O texto acima fornece informações experimentais acerca da combustão do milho, em que o milho pode ser usado além de alimento, como combustível para o futuro, ajudando no controle do efeito estufa.

Na Figura 14 apresentamos a questão Q9.

### Figura 14 – Questão Q9

Em ciências, faz-se uma distinção entre observação e conclusão.

A tabela abaixo contém duas afirmações feitas por Ferwerda na reportagem.

Leia as afirmações e faça um círculo em “Observação” ou “Conclusão” para cada uma das afirmações.

Afirmação	Observação ou conclusão?
O visor do fogão fica limpo e transparente.	Observação / Conclusão
A combustão é completa.	Observação / Conclusão

**Fonte:** INEP (2015, p. 39).

A questão Q9 descreve duas afirmações contidas no texto (Figura 14) e solicita que os estudantes as classifiquem, como observação ou conclusão.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Observação, conclusão (nesta ordem)” (INEP, 2015, p. 39, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q9 destacamos a **PC4 – Análise e interpretação de dados**, pois esta prática compreende a avaliação de conclusões e, neste caso, é solicitada a identificação de uma conclusão científica. É necessário que o estudante interprete as informações fornecidas no texto e nas afirmações da questão, e, a partir de conceitos e teorias conhecidas sobre combustão, tomar uma posição.

Com relação à segunda dimensão, identificamos o **CT2 – Causa e Efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que são fornecidas na primeira afirmação evidências de uma combustão. Para reconhecer, é necessário o conhecimento de causalidade, no qual direciona este olhar a esta pista científica, que por sinal implica na segunda afirmação, em que se pode concluir que a combustão é completa (o visor do fogão fica limpo e transparente devido a ocorrência de combustão completa, caso contrário, sobriaria fuligem no visor).

No que diz respeito à terceira dimensão, este conteúdo está relacionado à **ICD1 - Ciências Físicas**, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos, compreendidos pela reação de combustão.

Apresentamos na Figura 15, a questão Q10.

### Figura 15 – Questão Q10

Ferwerda compara o milho utilizado como combustível ao milho utilizado como alimento.

A primeira coluna da tabela abaixo contém uma lista de fenômenos que ocorrem quando o milho queima.

Estes fenômenos também são produzidos quando o milho funciona como um combustível no organismo de um animal?

Faça um círculo em “Sim” ou “Não” para cada uma das opções abaixo.

Quando o milho queima:	Isto também acontece quando o milho funciona como um combustível no organismo de um animal?
Há consumo de oxigênio.	Sim / Não
Há produção de gás carbônico.	Sim / Não
Há produção de energia.	Sim / Não

Fonte: INEP (2015, p. 40).

A questão Q10 solicita que o estudante identifique, dentre as três características listadas, aquelas que ocorrem na queima do milho similarmente ao que ocorre no organismo de um animal.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “Sim, Sim, Sim” (INEP, 2015, p. 40, grifo nosso).

Na questão Q10 foi identificada a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, por se tratar somente da interpretação de algumas afirmações em relação ao funcionamento do milho como combustível animal, sendo necessário o conhecimento específico de reações químicas e de conservação de massa e energia, para a avaliação das sentenças.

O **CT5 – Energia e matéria** foi identificado, pois nas duas primeiras características – consumo de oxigênio e produção de gás carbônico – envolvem conceitos de conservação de massa, e na terceira – produção de energia – relaciona-se a conservação de energia. Em ambos os casos exigem o conhecimento de conceitos de conservação de massa e de energia dos estudantes para a tomada de decisão, para escolher se as características mencionadas ocorrem ou não em um organismo animal.

Identificamos nesta questão, a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3D - energia nos processos químicos na vida cotidiana: energia de alimentos e de combustíveis, proveniente de suas ligações.

Na sequência apresentamos na Figura 16 a questão Q11.

### Figura 16 – Questão Q11

Ferwerda imagina como será no futuro “a colheita, a armazenagem, a secagem e o acondicionamento dos grãos em sacos para a venda.”

Se ele fizer estas coisas, qual das afirmações a seguir será verdadeira?

Faça um círculo em “Verdadeiro” ou “Falso” para cada uma das afirmações a seguir.

Afirmação	Verdadeira ou Falsa?
Um kg de grãos de milho empacotado contém menos água do que um kg de grãos frescos.	Verdadeira / Falsa
Um kg de grãos de milho empacotado contém menos material combustível do que um kg de grãos frescos.	Verdadeira / Falsa

Fonte: INEP (2015, p. 41).

Na questão Q11 são propostas duas afirmações que devem ser julgadas como verdadeiras ou falsas. Elas dizem respeito às condições de colheita do milho até o armazenamento.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Verdadeiro e Falsa (nesta ordem)” (INEP, 2015, p. 41, grifo nosso).

A questão Q11 possibilita a identificação da **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez que são necessários para a resolução noções sobre os processos de armazenamento e de secagem de grãos, assim como os teores de umidade.

Identificamos o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, sendo assim possível avaliar as afirmações apresentadas e relacionar que os grãos empacotados apresentam menor umidade, e, desta forma, pela mesma quantidade de massa, apresenta maior material combustível.

Quanto ao conteúdo apresentado identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3D, que diz respeito à energia nos processos químicos na vida cotidiana: energia de alimentos e de combustíveis, proveniente de suas ligações e a geração de energia de combustíveis renováveis.

A seguir, apresentamos a questão Q12, apresentada na Figura 17.

### Figura 17: Questão Q12

A reportagem afirma: “Atualmente, Ferwerda está pesquisando a possibilidade de utilização de toda a planta do milho como combustível, mas esta pesquisa ainda não está concluída”.

Qual das questões a seguir pode ser respondida por meio de uma pesquisa científica?

Faça um círculo em “Sim” ou “Não” para cada uma das opções a seguir.

Questão	Pode ser respondida por meio de uma pesquisa científica?
Que substâncias são formadas quando se queima toda a planta do milho?	Sim / Não
Qual a quantidade de calor liberada pela queima de toda a planta do milho seca no fogão de Ferwerda?	Sim / Não

Fonte: INEP (2015, p. 42).

A questão Q12 solicita que o estudante avalie duas questões e identifique qual delas pode ou não ser respondida mediante pesquisa científica.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Sim. Sim.” (INEP, 2015, p. 42, grifo nosso).

Identificamos a **PC1 – Formular questões**, pois esta prática compreende não somente a elaboração de questões, mas também em saber diferenciar uma questão científica das que não são, precisando para isso noções de sistemática investigativa.

O Conceito Transversal possibilitado é o **CT5 – Energia e matéria**, sendo necessário para a avaliação das questões, ter claras as relações existentes entre as proporções de massa envolvidas na reação de combustão do milho – na primeira questão – e também em relação à energia envolvida – na segunda questão –. A partir do domínio destes conceitos e da sistemática de investigação para cada uma das questões sugeridas, é fornecida segurança aos estudantes na sua tomada de decisão, em relação ao que foi proposto na questão.

Por fim, a Ideia Central Disciplinar correspondente a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3B - conservação de energia e transferência de energia: energia não é criada, é transformada, em processos químicos, com mudança de temperatura, absorção e emissão de energia.

Na Figura 18, apresentamos a questão Q13.

### Figura 18 – Questão Q13

Na reportagem, a conversão do gás carbônico é descrita da seguinte maneira: “...as plantas o absorvem e o convertem em oxigênio...”.

Há mais substâncias envolvidas nesta conversão além do gás carbônico e do oxigênio. A conversão pode ser representada da seguinte maneira:

gás carbônico + água → oxigênio +

Escreva o nome de uma substância que está faltando no quadro.

Fonte: INEP (2015, p. 42).

A questão Q13 está relacionada ao processo de fotossíntese. É solicitado que o estudante complete o espaço que está vazio, o qual corresponde a um dos produtos desta reação.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Um dos seguintes nomes: glicose; açúcar(es); carboidrato(s); sacarídeo(s); amido” (INEP, 2015, p. 42-43, grifo nosso).

Identificamos a **PC6 – Construir explicações**, embora a questão não solicite a explicação de como ocorre a fotossíntese, somente o nome de uma

das substâncias envolvidas. É necessário o uso de teoria da ciência a respeito deste processo, a fim de que se possa prever a substância que completa a reação, demonstrando assim a compreensão deste fenômeno, preenchendo a resposta corretamente.

Quando se pensa em como explicar a respeito deste fenômeno, o **CT5 – Energia e matéria** possibilita ao estudante lembrar-se do ciclo do carbono, que relaciona massa e energia, no qual o dióxido de carbono e água sob o efeito da luz solar formam o gás oxigênio. Sendo assim, na resposta esperada aceita-se: glicose, açúcar, carboidratos, sacarídeos ou amido.

A Ideia Central Disciplinar correspondente aborda a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3B – conservação de energia e transferência de energia: energia não é criada, é transformada em processos químicos, com mudança de temperatura, absorção e emissão de energia.

Na Figura 19, apresentamos a questão Q14.

### Figura 19 – Questão Q14

Suponha que Júlio escreva o seguinte texto em relação à reportagem e queira enviá-lo ao editor do jornal.

“Li sobre o receio do Sr. Ferwerda em relação ao fato de o governo opor-se à emissão de gás carbônico produzido pelos fogões que queimam milho.

Acho que este medo é um equívoco. O governo deveria ficar contente com iniciativas como a do Sr. Ferwerda.

Do ponto de vista ambiental, a utilização de carvão ou gás natural como combustível é pior, em termos de concentração de gás carbônico no ar, do que a utilização do milho como combustível.

Ao contrário do carvão e do gás natural, o milho é uma fonte de energia renovável. A quantidade de gás carbônico liberada quando o milho é queimado será igual à quantidade de gás carbônico previamente absorvida quando o milho foi cultivado.

Portanto, esperamos que governo seja sábio e aplauda os planos do Sr. Ferwerda!”

Antes de enviar este texto ao editor do jornal, Júlio quer encontrar um título apropriado para o mesmo.

Qual das opções abaixo seria o melhor título para o texto de Júlio?

- A O milho queima melhor do que o carvão ou o gás natural.
- B O gás carbônico não é a causa principal do efeito estufa.
- C O milho absorve mais gás carbônico do que o carvão ou o gás natural.
- D O cultivo e a queima do milho não aumentam os níveis de gás carbônico no ar.

Fonte: INEP (2015, p. 43-44).

A questão Q14 solicita que o estudante assinale a alternativa que corresponda, a um título apropriado à carta descrita acima.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “D. O cultivo e a queima do milho não aumentam os níveis de gás carbônico no ar” (INEP, 2015, p. 44, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q15 é possibilitado que o estudante utilize a **PC4 – Analisar e interpretar de dados**, uma vez que precisa utilizar a compreensão do texto e escolher dentre as alternativas, qual seria o melhor título, no qual sintetiza a ideia central do texto.

Para isso, é importante o **CT5 – Energia e matéria**, pois é necessário considerar o ciclo do carbono e que a mesma quantidade de dióxido de carbono que é absorvido pelo milho é emitida quando utilizada como combustível, desde que a combustão seja completa.

A ICD identificada está relacionada à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3D - energia nos processos químicos na vida cotidiana: energia de alimentos e de combustíveis, proveniente de suas ligações e a geração de energia de combustíveis renováveis.

Apresentamos na Figura 20 a questão Q15.

### Figura 20 – Questão Q15

No final da reportagem, Ferwerda refere-se aos cientistas que dizem que o gás carbônico não é a causa principal do efeito estufa.

Karina encontra a tabela a seguir que mostra o efeito estufa relativo, causado por quatro gases:

Efeito estufa relativo por molécula de gás			
Gás carbônico	Metano	Óxido nitroso	Clorofluorcarboneto
1	30	160	17 000

A partir desta tabela, Karina não pode determinar qual gás é a causa principal do aumento do efeito estufa. É necessário combinar os dados da tabela com outros dados para que Karina possa determinar qual dos gases é a causa principal do aumento do efeito estufa.

Que outros dados Karina precisa coletar?

- A Dados sobre a origem dos quatro gases.
- B Dados sobre a absorção dos quatro gases pelas plantas.
- C Dados sobre o tamanho dos quatro tipos de moléculas.
- D Dados sobre as quantidades de cada um dos gases encontradas na atmosfera.

**Fonte:** INEP (2015, p. 44)

A questão Q15 apresenta uma conclusão extraída do final do texto, utilizado como suporte para este tema, na Figura 13 – ver página 98 -. A questão acrescenta a personagem Karina, que mostra uma tabela com dados adicionais acerca do efeito estufa. A questão é de múltipla escolha e solicita que o estudante aponte, quais seriam os dados adicionais necessários para determinar o gás que mais influencia para o efeito estufa?

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. Dados sobre as quantidades encontradas na atmosfera de cada um dos gases” (INEP, 2015, p. 44, grifo nosso).

Para a resolução desta questão é necessária a utilização da **PC3 - Planejar e realizar investigações**, visto que, para investigar a questão problema é preciso conhecer os procedimentos científicos necessários, mesmo que não envolva diretamente a etapa experimental. Outra prática necessária é a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que que é preciso analisar os dados atentamente a fim de que consiga trabalhar com as variáveis necessárias e proponha a utilização de dados novos que complemente a pesquisa. Embora, nem sempre esteja claro a classificação nas práticas, assim como nas outras dimensões, podemos dizer que nesta resolução também esteja relacionada a **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez, que para analisar os dados é preciso utilizar o raciocínio matemático necessário para perceber a relação dos valores relativos de cada gás envolvido.

Para orientar o estudante na interpretação dos dados, e em qual raciocínio matemático utilizar, ou mesmo, que tipos de dados coletar para complementar a investigação é necessário o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, haja visto ser preciso a compreensão de que a quantidade de cada uma das moléculas de gás na atmosfera ajuda a contribuir para o efeito estufa, uma vez que não basta o efeito relativo de cada gás, mas também a concentração de cada gás na atmosfera – quantidade de cada gás por volume de ar –.

Na terceira dimensão identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**, a **ICD1.3B – conservação de energia e transferência de energia: energia não é criada, é transformada, em processos químicos, com mudança de temperatura, absorção e emissão de energia;** e a **ICD3 – Ciências da Terra e espaciais**, que corresponde a **ICD3.2E – biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e**

condições da Terra e os efeitos na atmosfera e ambiente, a relação entre hidrosfera, litosfera e atmosfera o ciclo do carbono e relações químicas.

No Quadro 15 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q9 a Q15, que abordam a respeito do tema Milho.

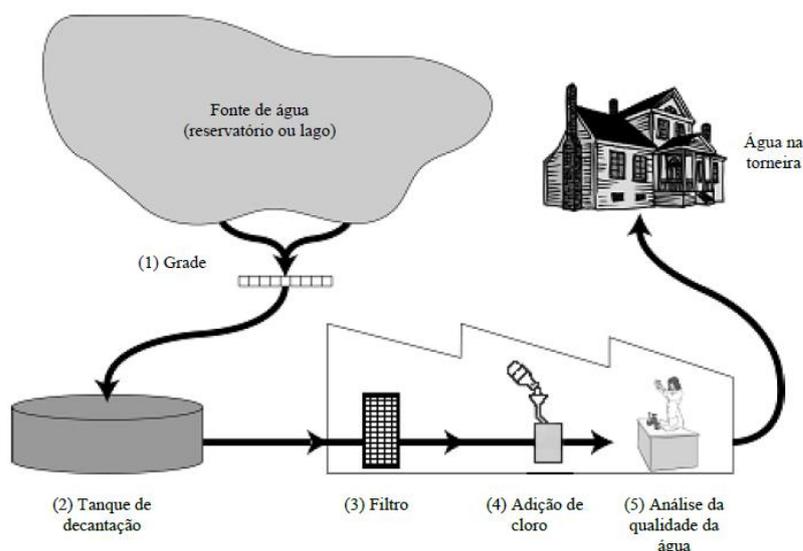
**Quadro 15** – As DAC identificadas nas questões Q9 a Q15

Dimensões/questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q9	PC4	CT2	ICD1.B
Q10	PC4	CT5	ICD3.D
Q11	PC5	CT3	ICD3.D
Q12	PC1	CT5	ICD3.B
Q13	PC6	CT5	ICD3.B
Q14	PC4	CT5	ICD3.D
Q15	PC3; PC4	CT3	ICD3.B; ICD2.E

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q16 a Q19 que versam sobre o tema Água potável, aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O texto utilizado como suporte para as questões que versam sobre este tema se encontra na Figura 21.

**Figura 21** – Esquema fornecido para as questões Q16 a Q19



A figura acima mostra como é tratada a água que abastece as residências nas cidades, para que se torne potável.

Fonte: INEP (2015, p. 45).

A Figura 21 fornece ao estudante um fluxograma ilustrado do tratamento de água, que corresponde às várias etapas de processos de separação,

como o gradeamento, a decantação, a filtração, a cloração, o teste de qualidade da água, e por fim, até chegar às residências.

Apresentamos na Figura 22 a questão Q16.

### Figura 22 – Questão Q16

É importante ter uma fonte de água potável de boa qualidade. A água encontrada no subsolo é conhecida como **água subterrânea**.

Dê uma razão pela qual existem menos bactérias e partículas de poluição na água subterrânea do que na água proveniente de fontes da superfície, tais como lagos e rios.

**Fonte:** INEP (2015, p. 45-46).

A questão Q16 descreve aos estudantes a respeito da água subterrânea. Solicita a explicação do motivo pelo qual há menos bactérias e partículas de poluição nestas águas do que em águas de superfície.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Respostas que se referem à água subterrânea sendo filtrada pelo solo: Quando ela passa pela areia e terra, a água é limpa; ela é filtrada naturalmente; porque quando a água atravessa o solo ela é filtrada pelas pedras e pela areia.

Respostas que se referem ao fato de que a água subterrânea é confinada, e portanto, protegida de possível poluição; ou que a água da superfície é mais facilmente poluída: a água subterrânea está dentro da terra e, portanto, a poluição do ar não pode sujá-la; porque a água subterrânea não está exposta ao ar livre, ela está localizada embaixo de alguma coisa; os lagos e rios podem ser poluídos pelo ar e é possível nadar neles, e assim por diante. É por isso que a água não é limpa; outras respostas corretas; a água subterrânea é uma água sem muito alimento para as bactérias, portanto, elas não sobreviverão (INEP, 2015, p. 45-46).

Para a resolução da questão Q16 identificamos a **PC6 – Construir explicações**, uma vez que é preciso a explicação a partir de teorias conhecidas a respeito dos dois tipos de água, a subterrânea e a de superfície, além da composição e função das camadas de solo.

Consideramos ser importante o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois, é essencial conhecer o efeito da passagem da água pelo solo, que é filtrado e também saber, que a falta de alimentos poderia promover a não sobrevivência bacteriana.

A **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, corresponde a ICD3.3A – recursos naturais: recursos como o ar, água, solo, minerais.

A seguir temos a questão Q17, apresentada na Figura 23.

### Figura 23 – Questão Q17

Em geral, o tratamento da água ocorre em várias etapas e envolve técnicas diferentes. O processo de tratamento mostrado na figura envolve quatro etapas (numeradas de 1 a 4). Na segunda etapa, a água é coletada em um tanque de decantação.

De que maneira esta etapa torna a água mais limpa?

A água torna-se menos ácida.  
As bactérias presentes na água morrem.  
O oxigênio é adicionado à água.  
Terra e areia ficam depositados no fundo.  
As substâncias tóxicas são decompostas.

Fonte: INEP (2015, p. 47).

A questão Q17 solicita ao estudante que assinale uma alternativa, que justifique o fato do processo de decantação contribuir para o tratamento da água.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. Terra e areia ficam depositados no fundo” (INEP, 2015, p. 47, grifo nosso).

Na questão Q17 identificamos a **PC6 – Construir explicações**, mesmo sendo uma questão objetiva, é necessária uma teoria a fim de reconhecer a importância e o mecanismo do processo de decantação, não sendo possível apenas por meio da análise e interpretação de dados.

Assim, também identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, relacionando como o efeito da decantação, onde a terra e a areia são depositados no fundo do tanque de decantação.

Por fim, compreendendo a **ICD1 - Ciências físicas**, temos a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria, que não diz exatamente sobre os processos de separação de misturas, mas compreende os mecanismos que a explicam.

Na Figura 24 apresentamos a questão Q18.

### Figura 24 – Questão Q18

Na quarta etapa do processo de limpeza, adiciona-se cloro à água.

Por que se adiciona cloro à água?

Fonte: INEP (2015, p. 47).

A questão Q18 solicita ao estudante a explicação da etapa de cloração usada no tratamento de água.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “Respostas que se referem à remoção, eliminação ou decomposição das bactérias: para que ela fique livre das bactérias; o cloro mata as bactérias” (INEP, 2015, p. 47, grifo nosso).

Como a questão Q18 solicita apenas a explicação a respeito da adição de cloro no tratamento de água, identificamos a **PC6 – Construir explicações**.

Para esta explicação, é preciso que o conhecimento acerca do efeito da adição do cloro na água, para que fique livre de bactérias, ou seja, é evidente o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**.

A **ICD1 - Ciências físicas** foi identificada, corresponde a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos, no qual as características de desinfecção é dependente das características do elemento cloro.

A seguir temos a questão Q19, apresentada na Figura 25.

#### **Figura 25 – Questão Q19**

Suponha que, na estação de tratamento da água, os cientistas encarregados de testar a água descubram que existem algumas bactérias perigosas na água **depois** de concluído o processo de tratamento.

O que as pessoas deveriam fazer em casa com esta água antes de bebê-la?

**Fonte:** INEP (2015, p. 48).

A questão Q19 faz a suposição de que no final do processo de tratamento de água, os cientistas do controle de qualidade descobrem que há presença na água de bactérias perigosas. Se esta água chegasse nas casas das pessoas, o que elas deveriam fazer antes de tomá-la?

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Respostas que se referem à fervura da água: fervê-la; aquecê-la e, então, as bactérias morrerão; fervê-la ou filtrá-la.

Respostas que se referem a outros métodos de purificação que podem ser feitos em casa de maneira segura: tratar a água com pastilhas de cloro - por exemplo, Genco -; usar um filtro microporoso (INEP, 2015, p. 48).

A questão Q19 solicita ao estudante que explique experimentalmente, como tratar de uma água que está contaminada com bactérias, evidenciamos assim a **PC3 - Planejar e realizar investigações**, visto não solicitar somente uma explicação, mas sim, o procedimento de como descontaminar a água em questão.

Assim, identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que a morte das bactérias está submetida ao efeito da fervura, aquecimento ou filtração da água, de acordo com a resposta esperada.

Por fim, evidenciamos a **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.1B – crescimento e desenvolvimento de organismos, formação e desenvolvimento de organismos.

No Quadro 16 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q16 a Q19, que abordam a respeito do tema Água potável.

**Quadro 16** – As DAC identificadas nas questões Q16 a Q19

Dimensões/questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q16	PC6	CT2	ICD3.3A
Q17	PC6	CT2	ICD1.1A
Q18	PC6	CT2	ICD1.1B
Q19	PC3	CT2	ICD2.1B

Fonte: o próprio autor.

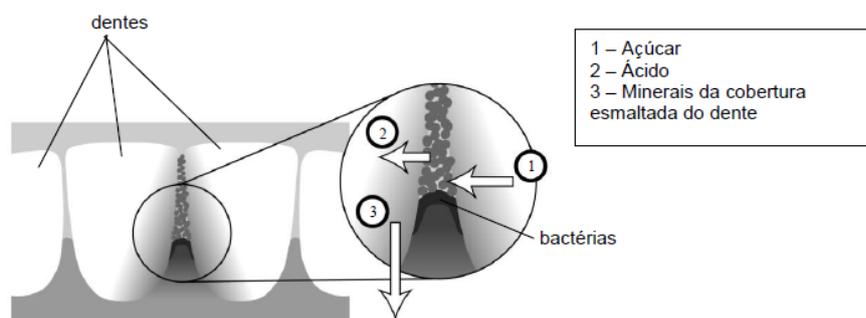
Em seguida, temos as questões Q20 a Q24 que versam sobre o tema Cáries dentárias, aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O texto utilizado como suporte para este tema se encontra na Figura 26.

**Figura 26** – Texto e esquema fornecidos para as questões Q20 a Q24

As bactérias que vivem na nossa boca causam cáries dentárias. As cáries têm sido um problema desde 1700, quando o açúcar tornou-se mais disponível graças à expansão da indústria da cana-de-açúcar.

Atualmente, sabe-se muito a respeito das cáries. Por exemplo:

1. As bactérias que causam as cáries alimentam-se de açúcar.
2. O açúcar é transformado em ácido.
3. O ácido danifica a superfície dos dentes.
4. A escovação dos dentes ajuda a prevenir as cáries.



Fonte: INEP (2015, p. 51).

O texto e o esquema retratam o processo de formação da cárie dentária, evidenciando a região em que ela geralmente ocorre, as substâncias e agentes envolvidos neste processo.

A seguir temos a questão Q20, apresentada na Figura 27.

### **Figura 27 – Questão Q20**

Qual é o papel das bactérias no aparecimento das cáries dentárias?

Produzem esmalte.  
Produzem açúcar.  
Produzem minerais.  
Produzem ácido.

**Fonte:** INEP (2015, p. 51).

A questão Q20 aborda a respeito do papel das bactérias no aparecimento das cáries dentárias. Para ajudar a respondê-la corretamente o estudante tem disponível o texto e o suporte apresentado na Figura 26.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “D. Produzem ácido” (INEP, 2015, p. 51, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q20 é possibilitada a utilização da **PC4 – Analisar e interpretar dados**, haja vista ser possível a resolução mediante a interpretação dos dados fornecidos na questão. Por exemplo, as bactérias causam as cáries, as bactérias se alimentam de açúcar, o açúcar é transformado em ácido.

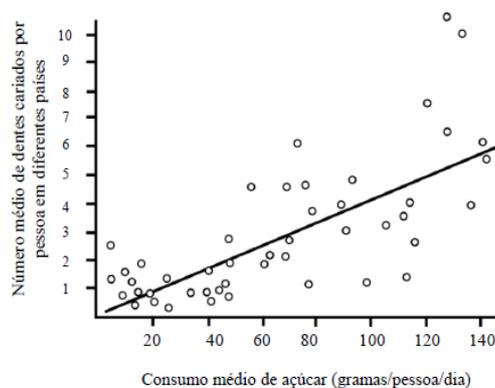
Identificamos nesta questão o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois é uma resposta à pergunta: Como as coisas ocorrem? Assim, a consequência da ação das bactérias nos dentes é a causa da produção de ácidos nos dentes, contribuindo na formação das cáries dentárias.

A **ICD1 - Ciências físicas** foi identificada, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos, explicada pela formação do ácido por meio das bactérias, utilizando o açúcar para isso.

A seguir temos a questão Q21, apresentada na Figura 28.

### Figura 28 – Questão Q21

O gráfico abaixo mostra a relação entre o consumo de açúcar e o número de dentes cariados em vários países. Cada país é representado por um círculo no gráfico.



Qual das seguintes afirmações baseia-se nos dados do gráfico?

- A Em alguns países, as pessoas escovam os dentes com mais frequência do que em outros países.
- B Comer menos de 20 gramas de açúcar por dia garante que a pessoa não terá cáries.
- C Quanto mais açúcar as pessoas consomem, maiores as chances de terem cáries.
- D Nos últimos anos, a taxa de cáries vem aumentando em muitos países.
- E Nos últimos anos, o consumo de açúcar vem aumentando em muitos países.

Fonte: INEP (2015, p. 53).

Para a questão Q21 é fornecido ao estudante um gráfico que mostra a relação entre o consumo de açúcar e o número de dentes cariados em vários países. Trata-se de uma questão de múltipla escolha em que é solicitado que o estudante avalie cinco afirmações e julgue qual delas está baseada nos dados fornecidos pelo gráfico.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “C. Quanto mais açúcar as pessoas consomem, maiores as chances de terem cáries” (INEP, 2015, p. 53, grifo nosso).

Identificamos a **PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional**, visto que o estudante precisa perceber a relação existente entre as duas variáveis mencionadas – consumo médio de açúcar e número de dentes cariados –. Faz-se necessário também o uso da **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que é necessário analisar os dados contidos no gráfico a fim de conseguir gerar alguma conclusão plausível para a questão, que é obtida por meio do raciocínio matemático (PC5).

O CT encontrado na questão Q21 vem a complementar o que fora explicado na PC5. Identificamos o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, uma

vez que para compreender o gráfico é necessário reconhecer a proporção existente e a escala, entre o número de dentes cariados e a quantidade de açúcar.

A **ICD2 - Ciências da vida** foi identificada, corresponde a ICD2.1C – que corresponde a organização da matéria e fluxo de energia em organismos. Mesmo que não mencione energia, mas diz respeito a utilização da matéria, para o organismo poder crescer e desenvolver.

A seguir temos a Q22, apresentada na Figura 29.

### Figura 29 – Questão Q22

Os dentistas observam que há mais cáries nas superfícies de mastigação do que nas superfícies interna e externa dos dentes.

Por que as cáries são geralmente mais comuns nas superfícies de mastigação dos dentes?

Fonte: INEP (2015, p. 52).

A questão Q22 descreve e justifica o local em que há maior incidência de formação de cáries dentárias. É solicitado que o estudante explique o motivo pelo qual as cáries são mais comuns nas superfícies de mastigação.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

As explicações que indicam que o aluno reconhece que há maior possibilidade de alimentos e bactérias se acumularem nas superfícies de mastigação, permitindo que as bactérias ali encontradas obtenham mais comida e produzam mais ácido (INEP, 2015, p. 52).

Para a resolução da questão Q22 é importante fazer-se uso da **PC6 – Construir explicações**, uma vez que já são fornecidas conclusões dos cientistas referentes a ação das cáries e onde há sua maior incidência, na superfície de mastigação, assim o estudante precisa a partir de seu conhecimento adquirido, explicar que na superfície de mastigação há maior quantidade de bactérias e de alimentos, contribuindo para a maior produção de ácidos.

O **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão** - foi identificado, a causa e o efeito ajudam o estudante a organizar e construir sua explicação, reconhecendo que para tudo existe uma causa, mesmo que se desconheça. Nesta questão, a maior quantidade de alimentos disponíveis na superfície de mastigação favorece o aumento no número de bactérias e a maior formação de ácido nesta região.

A **ICD2 - Ciências da vida** identificada, corresponde a ICD2.1C – similar a questão anterior, que corresponde a organização da matéria e fluxo de energia em organismos, embora não menciona energia, mas diz respeito a utilização da matéria para o organismo poder crescer e desenvolver.

A seguir temos a questão Q23, apresentada na Figura 30.

### Figura 30 – Questão Q23

Considerando que hoje em dia as causas da cárie dentária são conhecidas, a maneira de tratar os dentes é diferente de cem anos atrás.

As alterações seguintes tornaram-se possíveis graças aos avanços tecnológicos? Faça um círculo em “Sim” ou “Não” para cada opção.

Esta alteração tornou-se possível graças aos avanços tecnológicos?	Sim ou Não?
A adição de flúor à água corrente.	Sim / Não
As campanhas educativas para aumentar a conscientização a respeito da importância da higiene bucal.	Sim / Não
A utilização de amálgama no tratamento da cárie dentária.	Sim / Não
A existência da escova de dente e do creme dental.	Sim / Não

Fonte: INEP (2015, p. 55).

A questão Q23 relata que as maneiras de tratar os dentes são diferentes do passado, e atualmente são conhecidas as causas da cárie dentária. A questão solicita ao estudante, que circule entre as opções, quais ações contra as cáries tornaram-se possíveis mediante os avanços tecnológicos.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “As quatro respostas estão corretas, na seguinte ordem: Sim, Não, Sim e Sim” (INEP, 2015, p. 55, grifo nosso).

Nesta questão identificamos a **PC1 - Formular questões**, mesmo que não sejam questões científicas, mas consiste em avaliar afirmações e verificar se possuem alguma relação com a tecnologia.

Para definir os CT nesta questão, por serem afirmações distintas, partimos da ideia de que cada afirmação é uma pequena porção do mundo que é comparado com a tecnologia, assim, chegamos ao **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**.

Foi também identificada a **ICD4 - Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência**, a ICD4.2B – influência da engenharia e da ciência,

importantes na vida em sociedade e que auxilia na compreensão do mundo natural e construído.

Na Figura 31 apresentamos a questão Q24.

### Figura 31 – Questão Q24

Suponha que em um determinado país, o número de dentes cariados por pessoa seja alto.

A seguir, estão relacionadas várias perguntas sobre as cáries naquele país. Tais perguntas podem ser respondidas com experiências científicas? Faça um círculo em "Sim" ou "Não" para cada questão.

Esta pergunta pode ser respondida com experiências científicas?	Sim ou Não?
Deveria haver uma lei para obrigar os pais a dar gotas de flúor aos seus filhos?	Sim / Não
Qual seria o efeito sobre a cárie dentária se houvesse a adição de flúor na água corrente?	Sim / Não
Quanto deveria custar uma visita ao dentista?	Sim / Não

Fonte: INEP (2015, p. 54).

A questão Q24 aborda uma situação na qual o número de dentes cariados por pessoa, em um determinado país, é alto. Em seguida são expostas três questões, e solicita-se que o estudante circule em "sim" ou "não", quais das perguntas podem ser respondidas com experiências científicas.

A resposta esperada do PISA estabelece: "As três respostas estão corretas, na seguinte ordem: Não, Sim e Não" (INEP, 2015, p. 54, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q24 é necessário que o estudante utilize a **PC1 – Formular questões**, pois ele deverá avaliar se as questões são ou não passíveis de serem respondidas por experiência científica, sendo necessário conhecimento de teorias e procedimentos da ciência.

Para a avaliação das três perguntas descritas na questão, o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão** é o que mais se aproxima, uma vez que é importante reconhecê-lo a fim de corresponder a PC1 evidenciada.

Identificamos também a **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.1C – organização da matéria e fluxo de energia em organismos, embora não menciona energia, mas diz respeito a utilização da matéria para o organismo poder crescer e desenvolver.

No Quadro 17 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q20 a Q24, que abordam a respeito do tema Cáries Dentárias.

**Quadro 17 – As DAC identificadas nas questões Q20 a Q24**

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q20	PC6	CT2; CT4	ICD1.1B
Q21	PC4; PC5	CT3	ICD2.1C
Q22	PC6	CT2	ICD2.1C
Q23	PC1	CT4	ICD4.2B
Q24	PC1	CT2	ICD2.1C

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q25, Q26 e Q27 que versam sobre o tema Brilho labial, aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O texto utilizado como suporte para este tema encontra-se na Figura 32.

**Figura 32 – Texto e quadro fornecidos para as questões Q25 a Q27**

O quadro abaixo contém duas receitas diferentes de cosméticos que você mesmo pode fazer.

O batom é mais firme do que o brilho labial, que é macio e cremoso.

Brilho labial	Batom
<p><b>Ingredientes:</b> 5 g de óleo de rícino 0,2 g de cera de abelha 0,2 g de cera de carnaúba 1 colher de chá de corante 1 gota de essência alimentar</p> <p><b>Modo de fazer:</b> Aqueça o óleo e as ceras em banho-maria até que a mistura fique homogênea. Em seguida, adicione o corante e a essência. Misture tudo.</p>	<p><b>Ingredientes:</b> 5 g de óleo de rícino 1 g de cera de abelha 1 g de cera de carnaúba 1 colher de chá de corante 1 gota de essência alimentar</p> <p><b>Modo de fazer:</b> Aqueça o óleo e as ceras em banho-maria até que a mistura fique homogênea. Em seguida, adicione o corante e a essência. Misture tudo.</p>

Fonte: INEP (2015, p. 80).

O enunciado descreve que o batom é mais firme do que o brilho labial; traz também uma lista de ingredientes e o procedimento para fazer os dois cosméticos.

A seguir temos a questão Q25, apresentada na Figura 33.

**Figura 33 – Questão Q25**

Para a fabricação do brilho labial e do batom, o óleo e as ceras são misturados. O corante e a essência são adicionados em seguida.

O batom fabricado com essa receita é firme, portanto difícil de usar. Para obter um batom mais macio, que mudanças você faria na proporção dos ingredientes?

Fonte: INEP (2015, p. 80).

A questão Q25 descreve parte do procedimento de fabricação do brilho labial e do batom e algumas características de ambos os cosméticos. É solicitado que se proponha modificações no procedimento a fim de obter um batom mais macio.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Respostas indicando que é preciso adicionar menos cera e/ou mais óleo: poderíamos usar um pouco menos de cera de abelha e carnaúba; adicionar mais óleo de rícino” (INEP, 2015, p. 80, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q25 é necessário o uso da **PC3 – Planejar e realizar investigações**, haja vista que na própria questão é solicitado ao estudante propor como poderia ser feito um batom mais macio, precisando conhecer a sistemática da prática; a **PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional**, pois, permite que se faça a mudança correta na proporção dos ingredientes e permite uma previsão adequada do que se espera no comportamento do sistema físico em questão.

**O CT3 – Escala, proporção e quantidade**, foi identificado, pois a proporção entre os ingredientes de óleo e de ceras influencia na obtenção do produto final, em que o batom pode ser mais ou menos firme. Porém, esta questão ainda apresenta outros conceitos, como o **CT1 – Padrões**, visto que o estudante precisa encontrar as relações existentes nos ingredientes, como as ceras de carnaúba e abelha que influenciam na composição do batom e do brilho labial; o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois o efeito da maciez encontrada no batom depende da quantidade das ceras em sua composição.

Identificamos também a **ICD1 - Ciências físicas**, corresponde a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: propriedades atômicas, tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade.

Apresentamos na Figura 34 a questão Q26.

#### **Figura 34 – Questão Q26**

Óleos e ceras são materiais que se misturam facilmente. A água não se mistura ao óleo e as ceras não são solúveis em água.

Se uma grande quantidade de água caísse dentro da mistura para batom, enquanto essa mistura estiver sendo aquecida, o que provavelmente aconteceria?

- A Seria obtida uma mistura mais cremosa e macia.
- B A mistura ficaria mais firme.
- C A mistura pouco mudaria.
- D Pedacos da mistura ficariam boiando na água.

**Fonte:** INEP (2015, p. 81).

A questão Q26 descreve inicialmente a facilidade da mistura entre óleos e ceras, diferentemente da solubilidade desses materiais com a água. Solicita que o estudante escolha a alternativa, que corresponda ao efeito esperado, se acidentalmente, enquanto a mistura estivesse sendo aquecida, caísse uma grande quantidade de água.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. Pedacos da mistura ficariam boiando na água” (INEP, 2015, p. 81, grifo nosso).

Para a resolução desta questão é necessária a **PC3 – Planejar e realizar investigação**, mesmo que a questão não seja descritiva, porém, é necessário que o estudante tenha domínio da sistemática do preparo do batom e saiba prever e compreender as perturbações que possam ocorrer neste preparo, como a adição de água indevida no processo.

Identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois para se planejar adequadamente uma investigação é necessário que se conheça os efeitos – pedaço da mistura boiam – pela causa – adição de água –; além disso o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, visto que na questão menciona – uma grande quantidade de água caísse dentro da mistura –, ou seja, o efeito – de pedaços boiar – poderia não ocorrer se caísse pequena quantidade de água no preparo do batom.

A **ICD1 - Ciências físicas** foi identificada, a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: propriedades atômicas, tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade.

A seguir temos a questão Q27, apresentada na Figura 35.

### Figura 35 – Questão Q27

A adição de substâncias chamadas emulsificantes permite que óleos e ceras misturem-se bem com a água.

Por que o sabão e a água removem o batom?

A água contém um emulsificante que permite que o sabão e o batom se misturem.

O sabão age como um emulsificante e permite que a água e o batom se misturem.

Os emulsificantes do batom permitem que o sabão e a água se misturem.

O sabão e o batom combinam-se para formar um emulsificante que se mistura com a água.

Fonte: INEP (2015, p. 81).

A questão Q27 diz respeito aos emulsificantes. É possibilitado a escolha de uma alternativa que explique o motivo, pelo qual o sabão e água, apresentam a capacidade de remover o batom.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “B. O sabão age como um emulsificante e permite que a água e o batom se misturem” (INEP, 2015, p. 81. grifo nosso).

Para resolver a questão Q27 é necessário a **PC6 – Construir explicações**, pois, é solicitado ao estudante explicar o motivo pelo qual o sabão consegue remover o batom, mesmo que a resposta seja objetiva.

Nesta explicação, foi identificado também o **CT2 – Causa e efeito**, uma vez que o efeito da dissolução do sabão se deve a ação emulsificante, permitindo que a água e o batom se misturem.

A Ideia Central Disciplinar relacionada é a mesma das anteriores, a **ICD1 - Ciências físicas**, corresponde a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: propriedades atômicas, tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade.

No Quadro 18 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q25 a Q27, que abordam a respeito do tema Brilho labial.

**Quadro 18** – As DAC identificadas nas questões Q25 a Q27

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q25	PC3; PC5	CT1; CT2; CT3	ICD1.1A
Q26	PC3	CT2; CT3	ICD1.1A
Q27	PC6	CT2	ICD1.1A

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q28 a Q31 que versam sobre o tema Massa de pão, aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O texto utilizado como suporte para as questões que abordam este tema encontra-se na Figura 36.

**Figura 36** – Texto fornecido para as questões Q28 a Q31



Para fazer massa de pão, um cozinheiro mistura farinha, água, sal e fermento biológico. Após misturar a massa, ela é colocada em um recipiente por várias horas, a fim de permitir que o processo de fermentação ocorra. A fermentação é uma reação química na mistura: o fermento (um fungo unicelular) transforma o amido e os açúcares da farinha em dióxido de carbono e álcool.

Fonte: INEP (2015, p. 86).

Na Figura 36 é apresentado um texto que aborda a respeito da produção da massa do pão, desde os ingredientes necessários até o processo de fermentação, que ocorre em certo período de tempo. Trata-se uma reação química que ocorre por meio de um fungo unicelular – fermento – transformando o amido e os açúcares em dióxido de carbono e álcool.

A seguir temos a questão Q28, apresentada na Figura 37.

**Figura 37** – Questão Q28

A fermentação faz com que a massa de pão cresça. Por quê?

A massa de pão cresce porque o álcool é produzido e se transforma em um gás.  
 A massa de pão cresce por causa de um fungo unicelular que está se reproduzindo.  
 A massa de pão cresce porque ocorre a produção de um gás, o dióxido de carbono.  
 A massa de pão cresce porque, durante a fermentação, a água se transforma em vapor.

Fonte: INEP (2015, p. 86).

A questão Q28 solicita ao estudante que escolha, dentre as quatro alternativas apresentadas, qual delas explica o motivo pelo qual, a massa do pão, mediante a fermentação, ocorre seu crescimento.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “C. A massa de pão cresce porque ocorre a produção de um gás, o dióxido de carbono” (INEP, 2015, p. 86, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q28 é necessário a **PC6 – Construir explicações**, pois, a partir das informações apresentadas no texto inicial e do conhecimento do aluno, em saber que o dióxido de carbono é um gás, sendo responsável, portanto pelo crescimento do pão.

O CT que ajuda o estudante a vivenciar esta prática descrita é o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, sendo o dióxido de carbono a causa do crescimento da massa do pão.

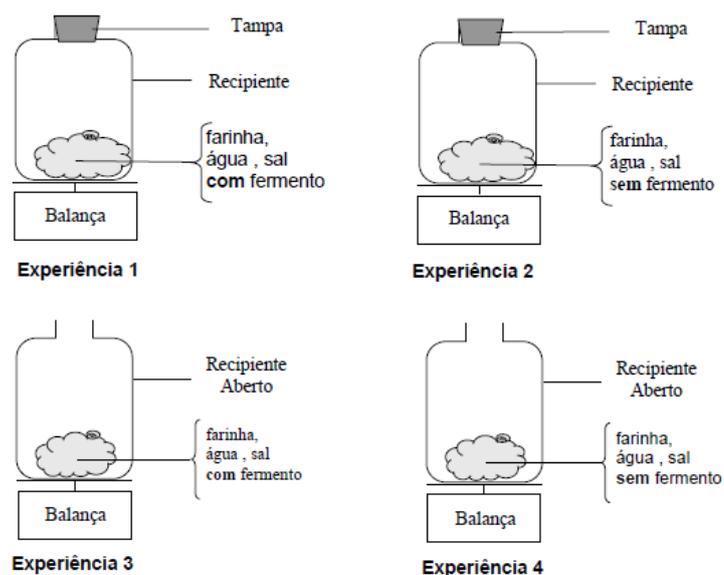
Identificamos também a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1B - reações químicas e propriedades dos elementos. Consideramos a reação de formação do dióxido de carbono, não sendo dada ênfase ao microorganismo envolvido.

A seguir temos a questão Q29, apresentada na Figura 38.

### Figura 38 – Questão Q29

Algumas horas depois de misturar os ingredientes, o cozinheiro pesa a mistura e observa que a mistura está pesando menos.

A massa (medida física) da mistura para se fazer o pão é a mesma no início de cada uma das quatro experiências mostradas abaixo. Quais são as **duas** experiências que o cozinheiro deveria comparar para averiguar se é o **fermento** que causa a



perda de massa na mistura?

- O cozinheiro deveria comparar as experiências 1 e 2.
- O cozinheiro deveria comparar as experiências 1 e 3.
- O cozinheiro deveria comparar as experiências 2 e 4.
- O cozinheiro deveria comparar as experiências 3 e 4.

Fonte: INEP (2015, p. 87).

A questão Q29 apresenta quatro experiências, no qual cita um cozinheiro, que depois de misturar os ingredientes, pesou a mistura e observou que estava pesando menos. Nestas experiências, de acordo com a figura, há dois frascos abertos – um com fermento e outro sem – e dois frascos fechados – também um com fermento e outro sem –. É solicitado que o estudante julgue, quais das

experiências poderiam ser úteis, para investigar se a diminuição da massa da mistura é causada pelo fermento.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. O cozinheiro deveria comparar as experiências 3 e 4” (INEP, 2015, p. 87, grifo nosso).

Para responder à questão Q29 o estudante precisa utilizar a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, haja vista, precisar saber identificar o que está sendo investigado – reconhecer se o fermento influencia na perda de massa – e as variáveis que influenciam, como por exemplo, se o sistema é aberto ou fechado.

Identificamos também o **CT1 – Padrões**, visto o estudante precisar reconhecer entre os experimentos, similaridades e diferenças sob uma cuidadosa observação; o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois está sendo investigado se o fermento causa a perda de massa ou não, objetivo da questão em sistemas abertos ou fechados; e o **CT5 – Energia e matéria**, não que o estudante precise explicar a respeito deste conceito, porém, está implícito ao se trabalhar com os sistemas abertos ou fechados, no caso da resposta correta, os experimentos 3 e 4, que estão abertos.

Relacionado às ICD, associamos à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos.

A seguir temos a questão Q30, apresentada na Figura 39.

### Figura 39 – Questão Q30

Na massa de pão, o fermento transforma o amido e os açúcares da farinha por meio de uma reação química, durante a qual se formam o dióxido de carbono e o álcool.

De onde vêm os **átomos de carbono** presentes no dióxido de carbono e no álcool? Faça um círculo em “Sim” ou “Não” para cada uma das possíveis explicações a seguir.

É correto explicar assim de onde vêm os átomos de carbono?	Sim ou Não?
Alguns átomos de carbono vêm dos açúcares.	Sim / Não
Alguns átomos de carbono são parte das moléculas de sal.	Sim / Não
Alguns átomos de carbono vêm da água.	Sim / Não
Os átomos de carbono são provenientes de outras substâncias da reação química.	Sim / Não

Fonte: INEP (2015, p. 88).

A questão Q30 descreve o processo de fermentação, em que o fermento transforma o amido e os açúcares da farinha de trigo em dióxido de

carbono e álcool. É solicitado ao estudante selecionar em “sim” ou “não” para as possíveis explicações acerca da origem dos átomos de carbono.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “As quatro respostas estão corretas, na seguinte ordem: Sim, Não, Não e Não” (INEP, 2015, p. 88, grifo nosso).

Para responder a esta questão é necessária a **PC3 - Construir explicações**, pois é solicitado que o estudante explique, dentre as alternativas, a origem dos átomos de carbono que formam o dióxido de carbono.

Assim, identificamos também o **CT5 – Energia e matéria**, haja vista envolver na resposta a compreensão a respeito da conservação de massa envolvida no processo de formação do dióxido de carbono.

Em relação às ICD, identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos e por mencionar o fermento, embora não se refira ao ecossistema. Identificamos também a **ICD2 - Ciências da vida**, com a ICD2.2B – ciclos da matéria e transferência de energia no ecossistema: combinação de elementos que formam os alimentos, processos de respiração e digestão.

A seguir temos a questão Q31, apresentada na Figura 40.

#### Figura 40 – Questão Q31

Quando o pão fermentado é colocado no forno para assar, bolsas de gás e vapor se expandem na massa.

Por que o gás e os vapores se expandem quando aquecidos?

- A. Suas moléculas ficam maiores.
- B. Suas moléculas se movimentam mais rapidamente.
- C. O número de moléculas aumenta.
- D. Suas moléculas colidem com menor frequência.

Fonte: INEP (2015, p. 88-89).

A questão Q31 acrescenta mais uma informação, a respeito da expansão da massa devido ao gás formado. Solicita a escolha de uma alternativa, que contemple a explicação da expansão dos gases e vapores, quando aquecidos.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “B. Suas moléculas se movimentam mais rapidamente” (INEP, 2015, p. 88-89, grifo nosso).

Identificamos na questão Q33 a **PC6 – Construir explicações**, pois é necessário que o estudante utilize, além das informações empíricas, a teoria correspondente, neste caso, a teoria cinética dos gases.

A esta prática está relacionada o **CT5 – Energia e matéria**, uma vez que a matéria, os gases envolvidos, têm sua velocidade modificada de acordo com a energia do meio, neste caso, o forno.

A Ideia Central Disciplinar relacionada corresponde à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3B – conservação e transferência de energia: a energia não é criada, é transformada; devido a absorção de energia térmica do forno, transformando em energia cinética.

No Quadro 19 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q28 a Q31, que abordam a respeito do tema Massa de pão.

**Quadro 19** – As DAC identificadas nas questões Q28 a Q31

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q28	PC6	CT2	ICD1.1B
Q29	PC3	CT1; CT2; CT5	ICD1.1B
Q30	PC3	CT5	ICD1.1B; ICD2.2B
Q31	PC6	CT5	ICD1.3B

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q32 e Q33 que versam sobre o tema Um risco para a saúde? Aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 41.

**Figura 41** – Texto fornecido para as questões Q32 e Q33

Imagine que você more perto de uma grande fábrica de produtos químicos que produz fertilizantes agrícolas. Nos últimos anos, tem havido diversos casos de problemas respiratórios crônicos nas pessoas da região. Muitas pessoas acreditam que esses sintomas são causados pela fumaça tóxica emitida pela fábrica de fertilizantes químicos localizada nas proximidades.

Foi realizada uma reunião pública para discutir o perigo potencial da fábrica de produtos químicos para a saúde dos habitantes locais. Nessa reunião, os cientistas deram as seguintes declarações:

**Declaração dos cientistas que trabalham para a empresa de produtos químicos.**

*“Fizemos um estudo relativo à toxicidade do solo nesta área. Não encontramos nenhum traço de produtos químicos tóxicos nas amostras coletadas.”*

**Declaração dos cientistas que trabalham para os habitantes da comunidade local que estão preocupados com essa situação.**

*“Contamos o número de casos de problemas respiratórios crônicos nesta área e os comparamos ao número de casos registrados em áreas distantes da fábrica de produtos químicos. Há mais ocorrências nas áreas próximas à fábrica de produtos químicos.”*

Fonte: INEP (2015, p. 93).

O texto apresentado na Figura 41 aborda acerca de problemas respiratórios provocados por uma fábrica de produtos químicos.

A seguir temos a questão Q32, apresentada na Figura 42.

### Figura 42 – Questão Q32

O proprietário da fábrica de produtos químicos usou a declaração dos cientistas que trabalham na empresa para afirmar que “a emissão de fumaças da fábrica não representa risco para a saúde dos habitantes locais”.

Dê uma justificativa que **permita duvidar** que a declaração dos cientistas que trabalham para a empresa confirma o argumento do proprietário.

Fonte: INEP (2015, p. 93-94).

A questão Q32 solicita que os estudantes apresentem uma justificativa que explique o motivo pelo qual é possível duvidar da declaração dos cientistas em relação ao argumento do proprietário.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Fornece uma justificativa apropriada que explique por que é possível duvidar de que a declaração dos cientistas confirma o argumento do proprietário: talvez a substância que causa os problemas respiratórios não tenha sido identificada como tóxica; talvez os problemas respiratórios tenham sido causados apenas pela presença de produtos químicos no ar e não por aqueles que estão no solo; as substâncias tóxicas podem alterar-se ou se decompor com o tempo e estar em estado não tóxico quando presentes no solo; não se sabe se as amostras são representativas de toda a área (INEP, 2015, p. 93-94).

Para responder a esta é necessária a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, uma vez que precisar conhecer bem a sistemática da investigação científica, identificando de forma apropriada as variáveis pertinentes que responde ao objeto da pesquisa; a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, uma vez que se conhece bem a respeito de como realizar uma investigação é possível examinar seu próprio entendimento e a de outros, identificando pontos fortes e fracos da linha de raciocínio.

O **CT6 – Estrutura e função**, foi identificado em uma das respostas esperadas, no qual é mencionado que as substâncias podem alterar-se com o tempo, modificando sua toxicidade. Desta forma, podemos dizer que a toxicidade está relacionada à estrutura das moléculas envolvidas, justificando a escolha deste CT. Temos também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, de acordo com as explicações causais encontradas nas respostas, na qual os problemas respiratórios

são causados por produtos químicos no ar; e também, quando cita que as substâncias que causam os problemas respiratórios poderiam não ter sido reportadas como tóxicas.

As Ideias Centrais Disciplinares identificadas correspondem a **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.2C – dinâmica do ecossistema, funcionamento e resiliência, problemas da atividade humana e poluição; e a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.3A – recursos naturais: recursos como o ar, solo, água e ar, minerais, metais e energia, plantas e animais, devem ser relacionados, em sua extração, aspecto econômico, social, ambiental e político, para avaliar riscos e benefícios.

A seguir temos a questão Q33, apresentada na Figura 43.

### Figura 43 – Questão Q33

Os cientistas que trabalham para os cidadãos preocupados com essa situação compararam o número de casos de pessoas com problemas respiratórios crônicos que moram próximos à fábrica de produtos químicos com o número de casos das pessoas que vivem em áreas distantes da fábrica.

Descreva uma possível diferença entre as duas áreas que o levasse a pensar que a comparação não é válida.

Fonte: INEP (2015, p. 94).

A questão Q33 descreve os cientistas que trabalham para os cidadãos, preocupados com essa situação, realizaram uma investigação comparando o número de casos de pessoas com problemas respiratórios crônicos que moram próximo da fábrica, com o número de casos das pessoas que vivem em áreas distantes da fábrica. Solicita-se que o estudante escreva uma possível diferença entre as duas áreas que encontre inconsistência neste procedimento realizado pelo cientista.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

As respostas devem pôr em foco as possíveis diferenças entre as áreas analisadas: talvez o número de pessoas não seja idêntico nas duas áreas; talvez uma das áreas disponha de serviços médicos melhores do que a outra; as condições climáticas podem não ser as mesmas, pode haver porcentagens diferentes de pessoas idosas em cada área; pode haver outros fatores de poluição do ar na outra área (INEP, 2015, p. 94).

As Práticas Científicas identificadas foram: a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, uma vez que esta prática requer a condução de uma

adequada sistemática de análise e a identificação das variáveis corretamente; a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois, os dados coletados pelo cientista pode ser que não estejam nas mesmas condições, de acordo com duas áreas analisadas; e a **PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional**, vem a complementar a PC4, uma vez que se precisa compreender, se as porcentagens de idosos são idênticos nas duas áreas, e se o número de pessoas das duas áreas são parecidos.

Os Conceitos Transversais encontrados foram o **CT1 – Padrões**, uma vez que é necessário comparar cuidadosamente, se as similaridade e diferenças encontradas, entre a população e as características ambientais são equivalentes; o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, que diz respeito a noção de proporção entre o número de pessoas idosas e o de habitantes.

As ICD que ficaram evidentes, correspondem a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**: a ICD3.2E – biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e condições da Terra e os efeitos na atmosfera e ambiente; e a ICD3.3C – impactos humanos e sistema da Terra: como o ser humano muda o planeta? Relaciona poluição e atitudes cidadãs.

No Quadro 20 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q32 e Q33, que abordam a respeito do tema Um risco para a saúde?

**Quadro 20** – As DAC identificadas nas questões Q32 e Q33

<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q32	PC3; PC7	CT2; CT4; CT5; CT6	ICD2.2C; ICD3.3A
Q33	PC3; PC4; PC5	CT1; CT3	ICD3.2E; ICD3.3C

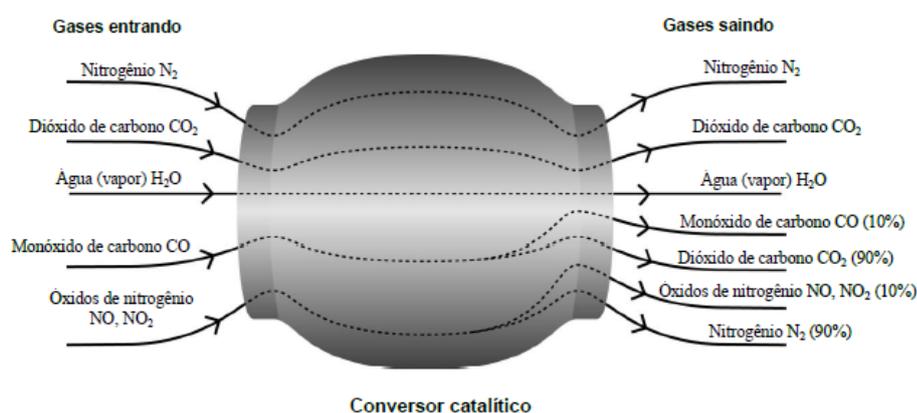
Fonte: o próprio autor.

Trazemos na sequência as questões Q34, Q35 e Q36 que versam sobre o tema Conversor catalítico, aplicadas entre os anos 2000 a 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 44.

### Figura 44 – Texto e esquema fornecidos para as questões Q34 a Q36

A maioria dos veículos modernos vem equipada com um conversor catalítico que torna os gases emitidos pelo escapamento menos prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente.

Cerca de 90% dos gases prejudiciais são convertidos em gases menos nocivos. Abaixo, apresentamos alguns dos gases que entram no conversor e a maneira como eles saem.



Fonte: INEP (2015, p. 96).

O texto e o esquema retratam a respeito do conversor catalítico, um dispositivo acoplado nos veículos modernos que transforma gases prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente, em gases menos nocivos.

A seguir temos a questão Q34, apresentado na Figura 45.

### Figura 45 – Questão Q34

Utilize as informações da ilustração acima para dar um exemplo de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases do escapamento.

Fonte: INEP (2015, p. 96).

Na questão Q34 é solicitado ao estudante dar um exemplo, de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases no escapamento.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Respostas que mencionam a conversão de monóxido de carbono, ou óxidos de nitrogênio, em outros compostos: o monóxido de carbono é transformado em dióxido de carbono; os óxidos de nitrogênio são transformados em nitrogênio; o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio prejudiciais são transformados em dióxido de carbono e nitrogênio menos prejudiciais (INEP, 2015, p. 96).

Para responder à questão Q34 é requerido o uso da **PC2 – Desenvolver e usar modelos**, uma vez que é necessária a utilização da ilustração acima para a compreensão a respeito do conversor catalítico. Esta ilustração foi uma forma de exteriorização a respeito do funcionamento (com entrada e saída dos gases) do fenômeno em questão. Também identificamos a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois, os dados disponibilizados se encontram em um modelo, e o estudante precisa identificar o padrão estabelecido entre os gases, na entrada e saída do conversor catalítico, explorando o sistema em questão.

Além das PC, temos os conceitos necessários à resolução, o **CT1 – Padrões**, onde é necessário perceber aquilo que está similar ou diferente, na entrada e saída do conversor; o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, uma vez que o reconhecimento da variação de porcentagem, de entrada e saída, dos gases dióxido de carbono e de nitrogênio – proveniente dos óxidos de nitrogênio –; e o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, uma vez que esta representação procura demonstrar como é o funcionamento do conversor catalítico, sendo este o sistema de estudo, um grupo organizado de objetos que formam um conjunto.

A ICD identificada corresponde a **ICD4 - Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência**, corresponde a ICD4.2E – Influências da engenharia, tecnologia e ciência na sociedade e no mundo natural, ou seja, os avanços da ciência e engenharia tem influenciado na vida da sociedade, e os efeitos sociais, ambientais e econômicos.

A seguir temos a questão Q35, apresentada na Figura 46.

#### **Figura 46 – Questão Q35**

Dentro do conversor catalítico, ocorrem mudanças com os gases. Explique o que acontece em termos de **átomos E moléculas**.

**Fonte:** INEP (2015, p. 97).

A questão Q35 solicita que o estudante explique, em termos de átomos e moléculas, como ocorrem as modificações dentro do conversor catalítico.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Expressa a ideia essencial na qual os átomos são reorganizados para formar moléculas diferentes, usando as duas palavras na mesma frase: as moléculas se quebram e os átomos são recombinados para formar

moléculas diferentes; os átomos se reorganizam para formar moléculas diferentes (INEP, 2015, p. 97).

Para a resolução da questão Q35 é fundamental a **PC6 – Construir explicações**, uma vez que o estudante necessita utilizar aplicações da teoria a respeito de átomos e moléculas, não bastando utilizar as informações do enunciado, deste modo, precisa explicar que os átomos se reorganizam formando moléculas diferentes.

O **CT5 – Energia e matéria**, está evidenciado, uma vez que as substâncias que passam pelo conversor catalítico obedecem aos princípios de conservação de massa de energia, ou seja, os átomos são reorganizados formando moléculas diferentes, menos prejudiciais ao meio ambiente.

Identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**: a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: propriedades atômicas, modelos, tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade; e a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos.

A seguir temos a questão Q36, apresentada na Figura 47.

#### **Figura 47 – Questão Q36**

Examine os gases emitidos pelo conversor catalítico. Cite um dos problemas que os engenheiros e cientistas que trabalham com o conversor catalítico deverão tentar resolver para produzir gases de escapamento menos prejudiciais.

**Fonte:** INEP (2015, p. 97).

A questão Q36 solicita que o estudante descreva quais os problemas que os engenheiros e cientistas deveriam tentar resolver para diminuir a toxicidade dos gases do escapamento.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Respostas aceitáveis devem fazer referência a uma melhora dos gases que são lançados na atmosfera (monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio) ou pela eliminação do dióxido de carbono: o monóxido de carbono não é totalmente transformado em dióxido de carbono; não é feita uma conversão suficiente dos óxidos de nitrogênio em nitrogênio; melhorar a porcentagem de monóxido de carbono convertido em dióxido de carbono, e a porcentagem de óxidos de nitrogênio convertidos em nitrogênio; o dióxido de carbono produzido deveria ser retido e impedido de escapar para a atmosfera; uma conversão mais completa de gases prejudiciais em gases menos prejudiciais (INEP, 2015, p. 98).

Para a resolução da questão Q36 é necessário o uso da **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, pois, o estudante precisa argumentar sua sugestão de acordo com o que aprendeu a este respeito, examinando seu próprio conhecimento e podendo colaborar ao entendimento de outros, neste caso também, como sugestão para o trabalho dos outros.

Identificamos o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, uma vez que envolve o funcionamento de um conversor catalítico. Este pode ser entendido como um sistema – unidade de investigação que é uma porção do mundo natural ou criado –, que se justifica pelas informações fornecidas – tipos e quantidades de gases que entram e saem no sistema – facilitando a compreensão do leitor. Identificamos também o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, pois na argumentação exigida é necessário perceber a relação de proporção entre as substâncias que entram e saem do conversor catalítico. Por fim, o **CT5 – Energia e matéria**, uma vez que precisa conhecer a conservação de massa e energia, a fim de se propor uma conversão mais eficiente na redução e/ou eliminação dos poluentes descritos na questão; até mesmo, na sugestão de opções razoáveis aos engenheiros que seguem os princípios de conservação de massa e de energia.

A ICD identificada corresponde à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: propriedades atômicas, modelos, tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade; a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos. E também a **ICD4 – Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência**, a ICD4.2E – influências da engenharia, tecnologia e ciência na sociedade e no mundo natural, ou seja, os avanços da ciência e engenharia tem influenciado na vida da sociedade, e os efeitos envolvidos, tais como sociais, ambientais e econômicos.

No Quadro 21 apresentamos um resumo das Dimensões da Aprendizagem identificadas nas questões Q34 a Q36, que abordam a respeito do tema Conversor catalítico.

**Quadro 21** – As DAC identificadas nas questões Q34 a Q36

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q34	PC2; PC4	CT1; CT3; CT4	ICD4.2E
Q35	PC6	CT5	ICD1.1A; ICD1.1B
Q36	PC7	CT3; CT4; CT5	ICD1.1A; ICD1.1B; ICD4.2E

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q37, Q38 e Q39 que versam sobre o tema Efeito estufa, aplicadas no ano de 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 48.

### Figura 48 – Texto e diagramas fornecidos para questões Q37 a Q39

#### O EFEITO ESTUFA: FATO OU FICÇÃO?

Os seres vivos necessitam de energia para sobreviver. A energia que mantém a vida sobre a Terra vem do Sol, que irradia energia para o espaço, por ser muito quente. Uma proporção minúscula dessa energia alcança a Terra.

A atmosfera terrestre funciona como uma camada protetora sobre a superfície de nosso planeta, impedindo as variações de temperatura que existiriam em um mundo sem ar.

A maior parte da energia irradiada pelo Sol passa pela atmosfera terrestre. A Terra absorve parte dessa energia e a outra parte é refletida pela superfície terrestre.

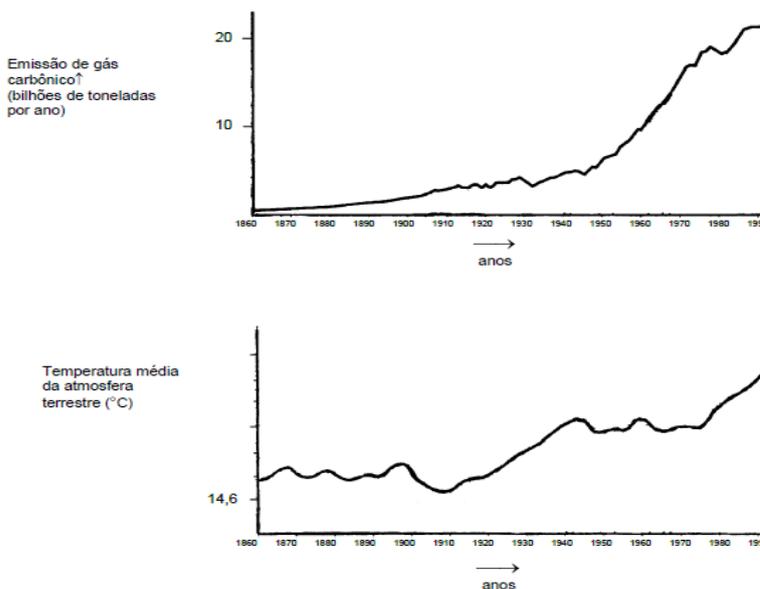
Parte dessa energia refletida é absorvida pela atmosfera.

Como resultado disso, a temperatura média acima da superfície da Terra é mais alta do que seria se não existisse atmosfera. A atmosfera terrestre funciona como uma estufa, daí o termo *efeito estufa*.

O efeito estufa teria ficado mais evidente durante o Século XX.

É um fato que a temperatura média da atmosfera terrestre tem aumentado. Em jornais e revistas, o aumento da emissão do gás carbônico é freqüentemente apontado como o principal responsável pela elevação de temperatura no Século XX.

Um estudante, chamado André, interessou-se pela possível relação entre a temperatura média da atmosfera terrestre e a emissão de gás carbônico na Terra. Em uma biblioteca ele encontrou os dois gráficos abaixo:



André conclui, a partir desses dois gráficos, que é evidente que o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre é devido ao aumento da emissão do gás carbônico.

Fonte: INEP (2015, p. 110-111).

O texto apresenta informações a respeito da temperatura da atmosfera terrestre e sua relação com a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida. Há ainda uma situação, na qual um menino, chamado André, se interessa pelo assunto e encontra, em uma biblioteca, dois gráficos. O primeiro relaciona a

emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) ao longo dos anos e, o segundo, relaciona a temperatura média da atmosfera terrestre ao longo dos anos.

A seguir temos a questão Q37, apresentada na Figura 49.

### **Figura 49** – Questão Q37

O que há nos gráficos que justifica a conclusão de André?

**Fonte:** INEP (2015, p. 112).

A questão Q37 é uma questão discursiva que solicita, ao estudante, a busca de evidências nos gráficos que justifiquem a conclusão de André, ou seja, de que o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre é devido ao aumento da emissão de gás carbônico.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Refere-se ao aumento – geral – tanto da temperatura – média – quanto da emissão de gás carbônico: como as emissões aumentaram, a temperatura também aumentou; ambos os gráficos são crescentes; por que em 1910 as duas curvas começaram a crescer; a temperatura aumenta quando há emissões de CO<sub>2</sub>; as curvas do gráfico sobem ao mesmo tempo; tudo aumenta; quanto maior a emissão de CO<sub>2</sub>, mais a temperatura aumenta (INEP, 2015, p. 112).

Identificamos nesta questão a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que o estudante necessita, a partir da compreensão dos dados contidos no texto e nos gráficos, reconhecer as variáveis dependentes, ou seja, identificar a relação direta entre temperatura terrestre e a quantidade de dióxido de carbono emitido, transformando os dados em informações, que justificam sua conclusão.

O Conceito Transversal necessário para esta questão, temos o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, visto que na interpretação dos gráficos, descritas anteriormente, é preciso reconhecer a proporção e a quantidade das variáveis envolvidas.

A Ideia Central Disciplinar que se relaciona é a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2D – tempo e clima: sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com os gases estufa.

A seguir temos a questão Q38, apresentada na Figura 50.

### Figura 50 – Questão Q38

Uma outra aluna, Jane, discorda da conclusão de André. Ela compara os dois gráficos e diz que algumas partes dos gráficos não justificam sua conclusão.

Dê um exemplo de uma parte do gráfico que não justifica a conclusão de André. Explique a sua resposta.

Fonte: INEP (2015, p. 113).

Na questão Q38 é proposta uma situação em que outra aluna discorda da conclusão de André. É solicitado que o estudante identifique e explique, com dados retirados do gráfico, fatos que não justificam a conclusão de André.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Refere-se a uma parte específica do gráfico na qual as duas curvas não são ascendentes ou descendentes e dá a explicação correspondente: entre 1900-1910 (mais ou menos) a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada aumentou, enquanto a temperatura diminuiu; entre 1980-1983 a quantidade de gás carbônico liberada diminuiu e a temperatura aumentou; a temperatura nos anos de 1800 é bastante constante, mas a curva do primeiro gráfico continua a subir; entre 1950-1980 a temperatura não aumentou, mas o CO<sub>2</sub> sim; de 1940 a 1975 a temperatura permanece quase a mesma, mas a emissão de gás carbônico apresenta um nítido aumento; em 1940 a temperatura é bem mais alta do que em 1920, mas as emissões de gás carbônico são semelhantes (INEP, 2015, p. 113).

A **PC4 – Analisar e interpretar dados**, foi identificada nesta questão, uma vez que o estudante deve identificar uma parte específica do gráfico na qual justifique as conclusões de Jane, ou seja, situações em que as duas curvas não são ascendentes ou descendentes. Além disso, é solicitado para explicar a resposta encontrada, assim temos também a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, pois, o estudante deve, além de identificar evidências que justifiquem a posição assumida por Jane, construir uma explicação que seja contrária à de André.

O CT necessário para a resolução desta questão, assim como na anterior, é o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, pois, mesmo que a opinião de Jane seja oposta a de André, ela precisa perceber as proporções advindas das relações evidenciadas pelos gráficos, em que as curvas não são ascendentes ou descendentes.

Assim também como na questão anterior, a Ideia Central Disciplinar que se relaciona à **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2D – tempo e clima: sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com os gases estufa.

A seguir temos a questão Q39, apresentada na Figura 51.

### Figura 51 – Questão Q39

André mantém sua conclusão, segundo a qual o aumento na média da temperatura da atmosfera terrestre é causado pelo aumento da emissão de gás carbônico. Mas Jane acha que sua conclusão é prematura. Ela diz: “Antes de aceitar essa conclusão você deve estar certo de que outros fatores que poderiam influenciar o efeito estufa estão constantes”.

Cite um dos fatores a que Jane se refere.

**Fonte:** INEP (2015, p. 115).

A questão Q41 relata que André concluiu que o aumento da temperatura terrestre é causado pelo aumento da emissão de gás carbônico, porém, a outra aluna, Jane, discorda. É solicitado que o estudante mencione fatores que poderiam contribuir para o efeito estufa.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Dá um fator relativo à energia/radiação vinda do sol: o calor do sol e talvez a mudança de posição da terra; a energia solar refletida pela Terra.  
Dá um fator relativo a um componente natural ou a um agente poluente potencial: vapor de água no ar; nuvens; fenômenos tais como as erupções vulcânicas; poluição atmosférica – gás, combustível –; a quantidade de gases de escapamentos; CFC; o número de carros; ozônio – como componente do ar – (INEP, 2015, p. 115).

Para a resolução da questão Q39 é necessário a utilização da **PC6 – Construir explicações**, uma vez que é necessário utilizar teorias gerais para um problema específico, numa explicação coerente, consistente com as evidências disponíveis; as explicações aceitas se devem aos fatores que Jane se refere: fator relativo a energia/radiação vinda do sol; fator natural – vapor de água, nuvens, vulcões – e poluentes – CFC, poluição atmosférica, carros –.

Identificamos o **CT7 – Estabilidade e mudança**, pois, como a pergunta é ampla, podemos considerar ser importante conhecer o que seria a estabilidade da Terra, com suas variáveis complexas, a fim de procurar enxergar aquilo que está mudando a estabilidade terrestre, como os automóveis, a poluição, o números de carros, a posição da Terra, entre outros fatores. Para responder a esta questão são necessários também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que para o efeito estufa ocorrer há várias causas, como os citados acima: a energia do sol refletida pela Terra, nuvem, ozônio, entre outros. O **CT5 – Energia e matéria**, pois o Sol é uma fonte de energia e pode interagir com a matéria, havendo substâncias que podem reter mais ou menos energia, como a água – mudança de

estado –, nas nuvens, partículas, dióxido de carbono – absorve e depois emite parte da energia, responsável em parte pelo efeito estufa –, entre outros.

Identificamos o conteúdo relacionado à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação; em relação à **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.2B – ciclos da matéria e transferência de energia no ecossistema: energia a partir de reações químicas nos organismos animais e vegetais; e à **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.1B – a Terra e o sistema solar; a ICD3.2D – tempo e o clima: sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com os gases estufa: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso e, por fim, a ICD3.2B – placas tectônicas e sistema de interação em larga escala e movimento dos vulcões.

No Quadro 22 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q37 a Q39, que abordam a respeito do tema Efeito estufa.

**Quadro 22** – As DAC identificadas nas questões Q37 a Q39

Dimensões/questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q37	PC4	CT3	ICD3.2D
Q38	PC4; PC7	CT3	ICD3.2D
Q39	PC6	CT2; CT5; CT7	ICD1.4B; ICD2.2B; ICD3.1B; ICD3.2D; ICD3.2B

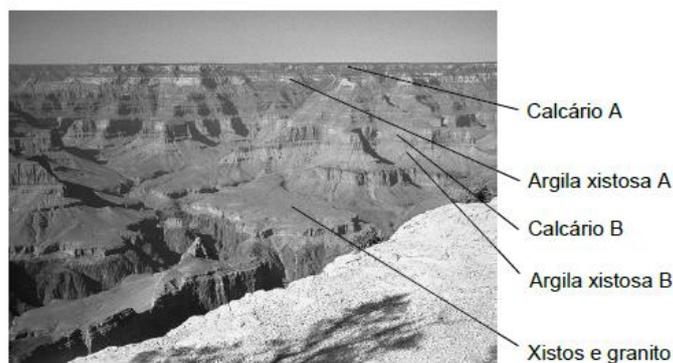
Fonte: o próprio autor

Apresentamos as questões Q40 e Q41 que versam sobre o tema o *Grand Canyon*, aplicadas no ano de 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 52.

### Figura 52 – Texto e foto fornecidos para as questões Q40 a Q41

O Grand Canyon está localizado em um deserto nos Estados Unidos. Ele é um cânion grande e profundo formado por muitas camadas de rochas. No passado, os movimentos na crosta terrestre ergueram estas camadas. Atualmente, o Grand Canyon apresenta 1,6 km de profundidade em determinadas partes. O Rio Colorado percorre todo o fundo do cânion.

Veja a foto abaixo do Grand Canyon tirada da margem sul. Várias camadas diferentes de rochas podem ser vistas nas paredes do cânion.



Fonte: INEP (2015, p. 121).

A Figura 52 apresenta o tema O *Grand Canyon*, formado por muitas camadas de rochas. Traz também um texto, com a localização do *Grand Canyon*, como foi sua formação e algumas características atuais.

A seguir temos a questão Q40, apresentada na Figura 53.

### Figura 53 – Questão Q40

Qual a causa da grande profundidade do Grand Canyon?

Fonte: INEP (2015, p. 121).

A questão Q40 solicita que os estudantes expliquem a causa do Grand Canyon possuir uma grande profundidade.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “O Rio Colorado atravessa as camadas causando a erosão das rochas: o rio cavou seu leito através das camadas de rocha; a erosão da água porque há um rio no fundo” (INEP, 2015, p. 121).

Na questão Q40 identificamos a **PC6 – Construir explicações**, pois, a questão solicita a explicação da causa da profundidade do *Grand Canyon*, assim, o estudante precisa utilizar, além das informações do texto, teorias das Ciências conhecidas que o ajude a relacionar a profundidade do *Grand Canyon* com o rio ali existente.

Para contribuir com a PC6, o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois, colabora na elaboração da explicação requerida, pois, o efeito do rio ser bem profundo é causado pela erosão causada pelas águas, em que o rio cavou seu leito através das camadas de rochas.

A este respeito, temos relacionada a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2C – o papel da água nos processos da superfície da Terra: propriedades e movimentos da água e efeito no sistema, transporte, dissolução e densidade.

A seguir temos a questão Q41, apresentada na Figura 54.

#### Figura 54 – Questão Q41

A temperatura no Grand Canyon varia de menos de 0 °C a mais de 40 °C. Embora ele esteja localizado em uma área desértica, as fendas das rochas, algumas vezes, contêm água. De que maneira essas mudanças de temperatura e a água contida nas fendas das rochas ajudam a acelerar a decomposição das rochas?

- A A água congelada dissolve as rochas quentes.
- B A água consolida as rochas entre si.
- C O gelo torna lisa a superfície das rochas.
- D A água congelada se expande nas fendas das rochas.

Fonte: INEP (2015, p. 122).

A questão Q41 apresenta um texto que relata a grande diferença de temperatura encontrada no *Grand Canyon*, e que nas fendas das rochas apresentam água. É solicitado que o estudante assinale a alternativa que explique como estas informações podem contribuir para acelerar a decomposição das rochas.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. A água congelada se expande nas fendas das rochas” (INEP, 2015, p. 123, grifo nosso).

Para responder a questão Q41 é importante o uso da **PC6 – Construir explicações**, onde o estudante precisa utilizar as informações contidas no enunciado, da diferença de temperatura e a presença de água nas fendas da rocha, a fim de construir uma lógica que responda ao problema, ou seja, a água congelada se expande nas fendas das rochas fazendo com que acelere a decomposição das rochas.

Para elaboração da explicação, é auxiliado pelo **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez, que a decomposição das rochas se deve em grande parte pela quantidade de água presente em suas fendas, quando se congela, causado pelo abaixamento da temperatura.

Este conteúdo está relacionado à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: força intermolecular e estabilidade.

No Quadro 23 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q40 a Q41, que abordam a respeito do tema O *Grand Canyon*.

**Quadro 23** – As DAC identificadas nas questões Q40 a Q41

<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q40	PC6	CT2	ICD3.2C
Q41	PC6	CT2	ICD1.1A

**Fonte:** o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q42 a Q45 que versam sobre o tema Protetor solar, aplicadas no ano de 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 55.

### Figura 55 – Texto e experimento fornecidos para as questões Q42 a Q45

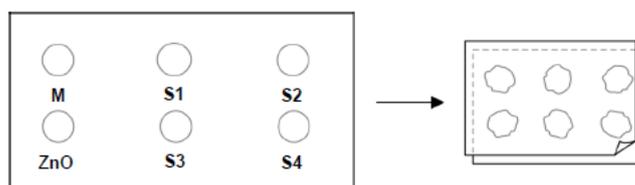
Miriam e Davi querem saber que protetor solar oferece a melhor proteção para a pele. Os protetores solares possuem um *Fator de Proteção Solar (FPS)* indicando o quanto cada produto absorve os raios ultravioleta da luz do sol. Um protetor solar com FPS maior protege a pele por mais tempo do que um protetor solar com FPS menor.

Miriam pensou em uma maneira de comparar alguns protetores solares diferentes. Ela e Davi reuniram os seguintes materiais:

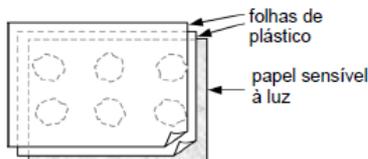
9. duas folhas de plástico claro que não absorvem a luz do sol;
10. uma folha de papel sensível à luz;
11. óleo mineral (M) e um creme contendo óxido de zinco (ZnO); e
12. quatro diferentes protetores solares denominados S1, S2, S3 e S4.

Miriam e Davi incluíram o óleo mineral, porque ele deixa a maior parte da luz solar passar e o óxido de zinco, porque bloqueia quase totalmente a luz do sol.

Davi colocou uma gota de cada produto dentro de um círculo marcado em uma folha de plástico e, em seguida, colocou uma segunda folha de plástico por cima. Ele colocou um livro grande em cima de ambas as folhas, para pressioná-las bem.



Em seguida, Miriam colocou as folhas de plástico em cima da folha do papel sensível à luz. O papel sensível à luz muda da cor cinza escuro para branco (ou cinza muito claro), dependendo do tempo que fica exposto à luz do sol. Por fim, Davi colocou as folhas em um local ensolarado.



Fonte: INEP (2015, p. 126-127).

A Figura 55 contextualiza com os personagens Miriam e Davi, que querem saber qual protetor oferece a melhor opção para a pele. Miriam pensou em uma forma de comparar alguns protetores solares diferentes, utilizando o óleo mineral e o óxido de zinco.

A seguir temos a questão Q42, apresentada na Figura 56.

### Figura 56 – Questão Q42

Qual das afirmações a seguir contém uma descrição científica da função do óleo mineral e do óxido de zinco, ao se comparar a eficácia dos protetores solares?

- Tanto o óleo mineral como o óxido de zinco são fatores que estão sendo testados.
- O óleo mineral é um fator que está sendo testado e o óxido de zinco é um produto usado como referência.
- O óleo mineral é um produto usado como referência e o óxido de zinco é um fator que está sendo testado.
- Tanto o óleo mineral como o óxido de zinco são produtos usados como referência.

Fonte: INEP (2015, p. 127).

A questão Q42 solicita que o estudante escolha a alternativa que contenha a explicação a respeito da função do óleo mineral e do óxido de zinco, usados no experimento.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. Tanto o óleo mineral como o óxido de zinco são produtos usados como referência” (INEP, 2015, p. 127, grifo nosso).

Para responder à questão Q42 é importante a utilização da **PC3 – Planejar e realizar investigações**, pois quando se conhece toda a sistemática de uma investigação, sabe-se o que está sendo analisado e qual a função de cada uma das etapas utilizadas, como o uso do óleo e do óxido de zinco, usados como referência, de maior e de menor passagem da luz solar, respectivamente.

Foi identificado também o **CT2 – Causa e feito: mecanismo e previsão**, uma vez que vem a auxiliar a PC3, como parâmetros para o experimento.

É evidenciado a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4A – propriedades da onda: amplitude, interação, tipos e cores de objetos; e a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

A seguir temos a questão Q43, apresentada na Figura 57.

### Figura 57 – Questão Q43

Qual das questões abaixo Miriam e Davi estavam tentando responder?

- A Qual é a proteção oferecida por cada protetor solar, comparada aos demais?
- B Como o protetor solar protege a pele dos raios ultravioleta?
- C Existe algum protetor solar que oferece menos proteção do que o óleo mineral?
- D Existe algum protetor solar que oferece mais proteção do que o óxido de zinco?

Fonte: INEP (2015, p. 128).

A questão Q43 solicita a escolha de uma opção que corresponda a pergunta que Miriam e Davi buscavam responder com o experimento.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “A. Qual é a proteção oferecida por cada protetor solar, comparada aos demais?” (INEP, 2015, p. 128, grifo nosso).

Para que seja possível a resolução da questão Q48, é necessário o uso da **PC1 – Formular questões**, pois dentre as opções de questões, é preciso escolher qual delas corresponderia às informações fornecidas para a questão; e a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, uma vez que é necessário conhecer a

sistemática de uma investigação para conseguir avaliar com maior propriedade se a questão ao problema está ou não correta.

É importante o uso do **CT1 – Padrões**, pois diante da exposição de como será o experimento, o estudante precisa observá-los cuidadosamente nas relações que possam ser feitas, a fim de orientar sua organização; o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, ao comparar o efeito de cada protetor na experiência citada, pode-se concluir, que a causa seria uma menor ou maior qualidade no fator de proteção; o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, haja visto, esta experiência ser o sistema de estudo, em relação à comparação entre os protetores solares.

A ICD identificada corresponde à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

A seguir temos a questão Q44, apresentada na Figura 58.

### Figura 58 – Questão Q44

Para que a segunda folha de plástico foi pressionada?

- A Para impedir que as gotas secassem.
- B Para espalhar as gotas o máximo possível.
- C Para manter as gotas dentro dos círculos marcados.
- D Para deixar as gotas com a mesma espessura.

Fonte: INEP (2015, p. 128).

A questão Q44 solicita que o estudante assinale a resposta que explique o motivo, pelo qual, a segunda folha de plástico fora pressionada.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “D. Para deixar as gotas com a mesma espessura” (INEP, 2015, p. 128, grifo nosso).

Para responder à questão Q44 é necessária a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, uma vez que para poder planejar e conduzir uma investigação é necessário conhecer todas as etapas do experimento.

Foi identificado o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois, o efeito de se pressionar a folha de plástico é de deixar as gotas com a mesma espessura.

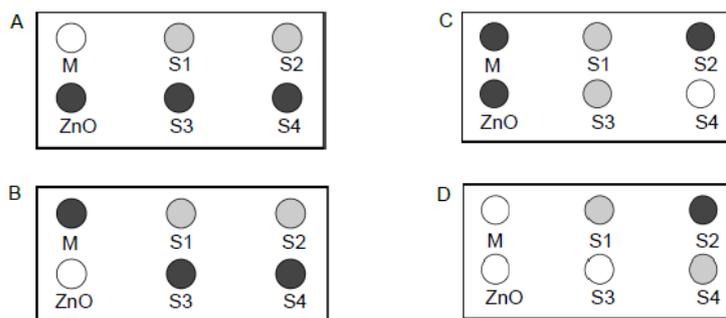
Assim como na questão anterior, identificamos o conteúdo relacionado à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

A seguir temos a questão Q45, apresentada na Figura 59.

### Figura 59 – Questão Q45

O papel sensível à luz é cinza escuro. Ele fica cinza mais claro, quando exposto a um pouco de luz solar, e branco, quando exposto a muita luz solar.

Qual dessas ilustrações mostra os resultados que poderiam ser obtidos? Explique o motivo da sua escolha.



Resposta: \_\_\_\_\_

Explicação: \_\_\_\_\_

Fonte: INEP (2015, p. 129-130).

A questão Q45, indicada na figura acima, adiciona a informação de que o papel sensível à luz é cinza escuro, que fica mais claro quando recebe um pouco de luz, e branco quando fica muito exposto à luz solar. É solicitado ao estudante, que selecione a ilustração que traz um resultado razoável para este experimento e em seguida, explique-a.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

A. Com uma explicação que o círculo ZnO permaneceu cinza escuro - porque ele bloqueia a luz do sol - e o M ficou branco - porque o óleo mineral absorve muito pouca luz do Sol -; o A. ZnO bloqueou a luz do sol como deveria e o M deixou a luz passar; escolhi o A. porque o óleo mineral é a sombra mais clara enquanto o óxido de zinco é a mais escura (INEP, 2015, p. 129-130).

Para a resolução da questão Q45 é necessária a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, pois, conhecendo a sistemática da investigação fica mais fácil de encontrar alguma divergência nos resultados; a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que ao reconhecer conflitos com as hipóteses iniciais estão interpretando os dados, para depois tornarem-se informações e posterior comunicação.

Para estas práticas científicas são importantes também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois sabendo dos efeitos esperados para o óxido de zinco – não absorvendo, o papel continuaria escuro mesmo – e do óleo mineral – passaria a luz, e o papel passaria a ficar branco – consegue saber que a letra (A) seria a resposta; temos também o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, haja vista, este experimento ser uma delimitação do mundo natural e os abjetos estarem organizados entre si.

Por fim, identificamos também como Ideia Central Disciplinar que corresponde à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

No Quadro 24 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q42 a Q45, que abordam a respeito do tema Protetor solar.

**Quadro 24** – As DAC identificadas nas questões Q42 a Q45

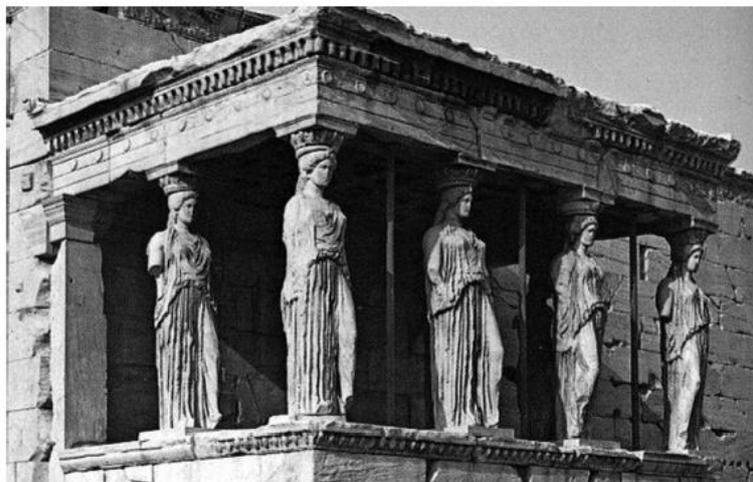
<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q42	PC3	CT2	ICD1.4A; ICD1.4B
Q43	PC1; PC3	CT1; CT2; CT4	ICD1.4B
Q44	PC3	CT2	ICD1.4B
Q45	PC3; PC4	CT2; CT4	ICD1.4B

**Fonte:** o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q46 a Q50 que versam sobre o tema Chuva ácida, aplicadas no ano de 2006. O suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 60.

**Figura 60** – Texto e imagem fornecidos para as questões Q46 a Q50

Abaixo, temos uma foto das estátuas chamadas cariátides que foram construídas na Acrópole, em Atenas, há mais de 2 500 anos. As estátuas são feitas de mármore, um tipo de rocha composta de carbonato de cálcio.



Em 1980, as estátuas originais foram transferidas para dentro do museu da Acrópole e substituídas por réplicas. As estátuas originais estavam sendo corroídas pela chuva ácida.

**Fonte:** INEP (2015, p. 135).

O texto e a imagem retratam danos causados pela chuva ácida nas estátuas feitas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

A seguir temos a questão Q46, apresentada na Figura 61.

**Figura 61** – Questão Q46

A chuva normal é ligeiramente ácida, porque contém dissolvido um pouco de dióxido de carbono do ar. A chuva ácida é muito mais ácida do que a chuva normal, porque absorve gases como óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio.

De onde provêm esses óxidos de enxofre e de nitrogênio encontrados no ar?

**Fonte:** INEP (2015, p. 135).

Na questão Q46 há a definição de chuva ácida, bem como, os gases que a formam. É solicitado que o estudante explique a origem dos óxidos de enxofre e de nitrogênio encontrados no ar.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

O aluno menciona qualquer uma das seguintes fontes: gases de escapamento de carros, as emissões de gases das fábricas, a queima de combustíveis fósseis, tais como petróleo e carvão, os gases provenientes de vulcões ou outras fontes semelhantes.

A queima de carvão e gasolina; os óxidos do ar provenientes da poluição das fábricas e da indústria (INEP, 2015, p. 136).

Identificamos nesta questão a **PC6 – Construir explicações**, visto que o estudante deve mencionar, como resposta correta, a origem dos óxidos de enxofre e nitrogênio, em suas variadas fontes, como na queima de carvão e gasolina, poluição das fábricas, e provenientes de vulcões. Para isto, não basta a leitura do enunciado da questão, mas o conhecimento de teorias e conhecimentos específicos, por parte do estudante.

Além das PC, é importante o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois o efeito da chuva ácida é explicada mediante as causas descritas acima.

Identificamos a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**: a ICD3.2C – o papel da água nos processos da superfície da Terra: propriedades e movimentos da água e efeito no sistema; a ICD3.2D – tempo e clima: o oceano influencia no clima, sistemas de energia nos processos que influenciam na temperatura do planeta e relações com os gases estufa, como o dióxido de carbono, óxido nitroso; e a ICD3.3C – impactos humanos em sistemas da Terra: como os seres humanos mudam o planeta? Mudanças na terra, rio, oceano e ar.

A seguir temos a questão Q47, apresentada na Figura 62.

### Figura 62 – Questão Q47

É possível simular o efeito da chuva ácida no mármore colocando-se lascas de mármore no vinagre durante uma noite. O vinagre e a chuva ácida têm quase o mesmo nível de acidez. Quando uma lasca de mármore é colocada no vinagre, formam-se bolhas de gás. Pode-se determinar a massa da lasca de mármore seca, antes e depois da experiência.

Uma lasca de mármore tem uma massa de 2 gramas antes de ficar imersa no vinagre durante uma noite. No dia seguinte, a lasca é retirada e seca. Qual seria a massa da lasca de mármore, após a secagem?

- I Menos de 2 gramas
- J Exatamente 2 gramas
- K Entre 2 e 2,4 gramas
- L Mais de 2,4 gramas

Fonte: INEP (2015, p. 137).

Na questão Q47 há um pequeno texto introdutório, descrevendo como simular experimentalmente o efeito da chuva ácida, a partir de lascas de mármore imersas em um pouco de vinagre. Partindo desse texto, é solicitado que o estudante faça uma previsão de qual seria a massa final, de uma lasca de mármore (2 g), supondo que ela ficasse imersa no vinagre por uma noite.

Como resposta esperada o PISA estabelece: “Menos de 2 gramas” (INEP, 2015, p. 137, grifo nosso).

Identificamos a **PC3 – Planejar e realizar investigações**, uma vez que o estudante precisa analisar as informações advindas do texto fornecido, para que se compreenda a sistemática do experimento, podendo então, realizar alguma previsão acerca da massa final da lasca de mármore. Além desta PC, identificamos também a **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez que é importante reconhecer as variações de massa ocorridas durante o experimento, conhecidas por meio de uma balança, em que se determina a massa antes e depois do experimento. O pensamento matemático é evidente pelo próprio reconhecimento das unidades de massa empregadas, e até mesmo pela previsão de redução de massa, promovidas pela corrosão ácida.

Para se chegar a estas Práticas Científicas descritas é necessário o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, uma vez que para compreender o fenômeno em questão basta reconhecer que eles variam de massa e tamanho, num certo tempo.

A ICD relacionada ao conteúdo proposto é a **ICD1 – Ciências físicas**, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos.

A seguir temos a questão Q48, apresentada na Figura 63.

### Figura 63 – Questão Q48

Por que surgem bolhas de gás, quando as lascas de mármore são imersas no vinagre?

- A Minúsculas bolsas de ar, aprisionadas no mármore durante a sua formação, são liberadas.
- B O ar dissolvido no vinagre no momento de sua fabricação é liberado.
- C Os átomos do mármore e do vinagre se reorganizam para formar novas substâncias.
- D O mármore se transforma em gás quando em contato com o vinagre.

Fonte: INEP (2015, p. 137).

A questão Q48 é de múltipla escolha e oferece quatro alternativas, uma delas explica o motivo do surgimento de bolhas quando se mistura lascas de mármore e vinagre.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “C. Os átomos do mármore e do vinagre se reorganizam para formar novas substâncias” (INEP, 2015, p. 137, grifo nosso).

Foi identificada nesta questão a **PC6 – Construir explicações**, pois para responder corretamente o estudante precisa realizar uma construção lógica coerente, incorporando as teorias e conceitos da Ciência, a respeito do fenômeno

em questão, ou seja, da formação de gás quando lascas de mármore são imersas no vinagre. Vale ressaltar que, mesmo sendo uma questão de múltipla escolha, podemos classificá-la como PC6, considerando a resposta correta como uma possível resposta escrita do estudante.

Para explicar a PC6 é necessário o **CT5 – Energia e matéria**, haja vista a importância de se reconhecer a conservação de matéria envolvida neste experimento, como descrito na resposta esperada que os átomos do mármore e do vinagre se reorganizam para formar novas substâncias.

Em relação a reorganização dos átomos, temos a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1A – estrutura e propriedades da matéria: tabela periódica, ligações química, força intermolecular e estabilidade; e também a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos.

A seguir temos a questão Q49, apresentada na Figura 64.

#### **Figura 64 – Questão Q49**

Os alunos que fizeram essa experiência também colocaram lascas de mármore na água pura destilada, durante uma noite. Nenhuma alteração foi observada.

Explique por que os alunos incluíram essa etapa na experiência.

**Fonte:** INEP (2015, p. 138).

Na questão Q49 é solicitado que o estudante explique o motivo de incluir mais uma etapa no experimento, que consistiu em deixar as lascas de mármore, por uma noite, em água.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Para comparar com o teste do ácido e do mármore e mostrar que o ácido (vinagre) é necessário para produzir a reação.  
Para certificar-se de que, para provocar essa reação, a água deve ser ácida como a chuva ácida (INEP, 2015, p. 138).

Identificamos a **PC3 – Planejar e realizar investigação**, uma vez que para o estudante conseguir explicar a inclusão de uma nova etapa no experimento, que serve para comparar o teste do ácido e do mármore, o estudante deve compreender que a solução à qual as lascas serão imersas deve apresentar características ácidas.

Assim, em vista da PC3, é necessário também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que sabendo o efeito da ação do ácido que é a formação de bolhas, testou-se somente a água, esperando que não se tenha o mesmo efeito, pois está sem o ácido – vinagre –, ou seja, para mostrar que a substância ácida é necessária para que ocorra a reação.

Identificamos a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos.

A seguir temos a questão Q50, apresentada na Figura 65.

### Figura 65 – Questão Q50

A combustão do carvão e dos derivados de petróleo para produzir a energia necessária à população e às indústrias teve um efeito inesperado: o aumento das chuvas ácidas.

Os dois problemas relacionados abaixo são provocados pela chuva ácida. Para cada um, sugira uma questão à qual os cientistas deveriam responder para ajudar a resolver o problema. As duas questões devem ser diferentes.

Problema provocado pela chuva ácida	Uma questão à qual os cientistas deveriam responder, para solucionar o problema
Muitas construções de pedra e metal estão deteriorando-se.	
As pessoas querem um grande fornecimento de energia elétrica, mas sem a poluição ligada à chuva ácida.	

Fonte: INEP (2015, p. 139).

A questão Q50 descreve que a combustão, do carvão e derivados do petróleo, contribui para o aumento da formação da chuva ácida, e solicita que o estudante elabore duas questões científicas.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Muitas construções de pedra e metal estão deteriorando-se: quando se queima combustível, podem-se retirar as substâncias que causam a chuva ácida? É possível fabricar um revestimento para os materiais de construção que os proteja dos ácidos?

As pessoas querem um grande fornecimento de energia elétrica, mas sem a poluição ligada à chuva ácida: É possível desenvolver métodos de produção de energia que não utilizem carvão ou gás? É possível filtrar as substâncias provenientes do carvão e do gás que causam a chuva ácida? (INEP, 2015, p. 139).

Identificamos nesta questão a **PC1 – Formular questões**, uma vez que é solicitado ao estudante elaborar uma questão para cada um dos problemas provocados pela chuva ácida, à qual os cientistas devem responder.

Para definir quais os CT são necessários a estas PC a escolha foi baseada em ponderações necessárias na elaboração de uma questão investigativa, e o que poderia ponderar diante uma investigação, ou de uma possível investigação. Deste modo, temos: o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que conhecendo as causas e efeitos, pode-se direcionar uma linha de investigação – é possível filtrar as substâncias provenientes do carvão que causam a chuva ácida? –; o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, já que cada problema provocado pela chuva ácida pode ser considerado um sistema, no qual deve ser explorado a partir de sua definição de domínio; e o **CT5 – Energia e matéria**, em razão das respostas esperadas envolverem relações de massa e de energia (por exemplo, quando se queima combustível, é possível retirar as substâncias que causam a chuva ácida?).

As Ideias Centrais Disciplinares relacionadas à **ICD1 - Ciências físicas**, são: a ICD1.1B – reações químicas e propriedades dos elementos; a ICD1.3D – energia nos processos químicos na vida cotidiana: energia dos alimentos e geração de energia partir de recursos fósseis e/ou renováveis; e devido as ideias de tecnologia temos, em relação a **ICD4 – Engenharia, tecnologia, e aplicações da Ciência**, a ICD4.2A – interdependência da ciência, engenharia e tecnologia, onde que avanços na ciência pode ajudar a desenvolver novos materiais e processos a variados fins.

No Quadro 25 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q46 a Q50, que abordam a respeito do tema Chuva ácida.

**Quadro 25** – As DAC identificadas nas questões Q46 a Q50

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q46	PC6	CT2	3.2C; 3.2D; 3.3C
Q47	PC3; PC5	CT3	ICD1.1B
Q48	PC6	CT5	ICD1.1A; ICD1.1B
Q49	PC3	CT2	ICD1.1B
Q50	PC1	CT2; CT4; CT5	ICD1.1B; ICD1.3D; ICD4.2A

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q51, Q52 e Q53 que versam sobre o tema Combustíveis fósseis, aplicadas no ano de 2015.

A questão Q51 e o suporte disponibilizado para a sua resolução se encontra na Figura 66.

**Figura 66 – Questão Q51**

**Combustíveis Fósseis**  
Questão 1 / 4

Consulte "Combustíveis Fósseis" à direita. Clique em uma opção para responder à questão.

Utilizar biocombustíveis não tem o mesmo efeito no nível de CO<sub>2</sub> na atmosfera do que utilizar combustíveis fósseis. Qual das afirmativas abaixo melhor explica por quê?

- Biocombustíveis não liberam CO<sub>2</sub> quando queimados.
- Plantas usadas para produção de biocombustíveis absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera à medida que crescem.
- A medida que queimam, biocombustíveis absorvem CO<sub>2</sub> da atmosfera.
- O CO<sub>2</sub> liberado pelas usinas que utilizam biocombustível tem diferentes propriedades químicas daquele liberado pelas usinas que usam combustíveis fósseis.

**COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS**

Muitas usinas queimam combustível à base de carbono e emitem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera tem um impacto negativo no clima global. Engenheiros têm utilizado diferentes estratégias para reduzir a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na atmosfera.

Uma dessas estratégias é queimar biocombustíveis ao invés de combustíveis fósseis. Enquanto combustíveis fósseis vêm de organismos mortos há muito tempo, biocombustíveis vêm das plantas que viveram e morreram recentemente.

Outra estratégia envolve o sequestro de uma porção de CO<sub>2</sub> emitido pelas usinas para armazená-lo no subsolo ou no oceano. Essa estratégia é chamada de captura e armazenamento de carbono.

Fonte: INEP (2016, p. 11).

Na questão Q51 é fornecido um diagrama que ilustra o ciclo do carbono no ambiente, além de um pequeno texto que aborda a respeito dos combustíveis fósseis, do uso de biocombustíveis e da captura de carbono nos oceanos. Solicita-se que seja selecionada a afirmativa que melhor explique a diferença no nível de CO<sub>2</sub> da atmosfera, em relação ao uso de biocombustíveis e de combustíveis fósseis.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes devem usar conteúdo de conhecimento científico apropriado para explicar por que o uso de biocombustíveis derivados de plantas não afeta os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera do mesmo modo que a queima de combustíveis fósseis. A segunda opção é a resposta correta: plantas usadas

na produção de biocombustíveis absorvem CO<sub>2</sub> na medida em que crescem (INEP, 2016, p. 11).

Para a resolução da questão Q51 é necessário a **PC2 – Desenvolver e usar modelos**, embora o estudante não precise criar um modelo, porém, o diagrama que contém o ciclo do carbono, pode ajudá-lo a responder a questão; a **PC6 – Construir explicações**, uma vez que a questão solicita a explicação de que ao utilizar biocombustíveis fósseis apresentam efeitos diferentes no nível de CO<sub>2</sub> na atmosfera do que ao utilizar combustíveis fósseis, pois, as plantas usadas na produção de biocombustíveis absorvem CO<sub>2</sub> na medida que crescem.

Identificamos o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, uma vez que a questão solicita avaliar afirmações que envolvem o ciclo de carbono. Consideramos este ciclo um sistema, pois dentre a complexidade do mundo natural este é uma porção, a qual está sendo estudada em maior profundidade. Além do que, na ilustração da figura consta um sistema mais amplo, com todo o ciclo do carbono envolvido – atmosfera, petróleo, plantas e oceano –, e cada um destes itens é considerado subsistema, com características próprias e outras que se relacionam entre si. Também identificamos o **CT5 – Energia e matéria**, haja vista que o ciclo de carbono envolvido, no uso de combustíveis fósseis e biocombustíveis, envolve transferências de matéria e energia em cada subsistema e no sistema como um todo.

A ICD identificada corresponde à **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.1C – organização para a matéria e fluxo de energia em organismos: como os organismos obtêm e usam energia, resultado de reações químicas e transformação de energia, o processo de fotossíntese; e a ICD2.2B – ciclos da matéria e transferência de energia no ecossistema: energia a partir de reações químicas nos organismos animais e vegetais, combinação de elementos que formam os alimentos.

A seguir temos a questão Q52, apresentada na Figura 67.

Figura 67 – Questão Q52

**Combustíveis Fósseis**  
Questão 2 / 4

Consulte "Combustíveis Fósseis" à direita. Digite suas respostas às questões.

Apesar das vantagens dos biocombustíveis para o meio ambiente, combustíveis fósseis ainda são largamente usados. A tabela seguinte compara a energia e o CO<sub>2</sub> liberados quando o petróleo e etanol são queimados. Petróleo é um combustível fóssil, ao passo que etanol é um biocombustível.

Fonte de Combustível	Energia Liberada (kJ de energia/g de combustível)	Dióxido de Carbono Liberado (mg de CO <sub>2</sub> /kJ de energia produzida pelo combustível)
Petróleo	43,6	78
Etanol	27,3	59

De acordo com a tabela, por que alguém deveria preferir usar petróleo ao invés de etanol, mesmo que seu custo seja o mesmo?

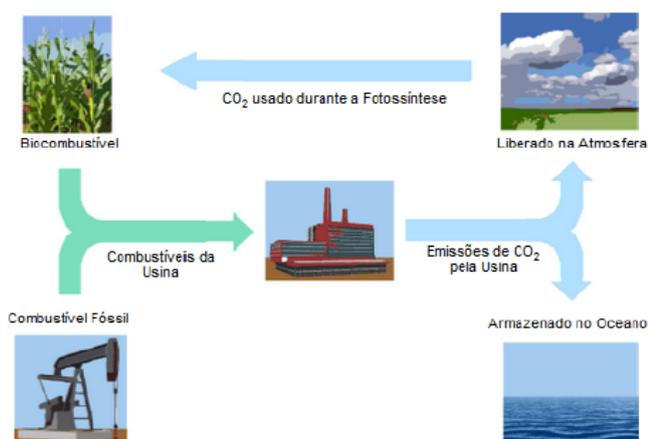
De acordo com a tabela, qual é a vantagem ambiental do uso do etanol ao invés do petróleo?

### COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Muitas usinas queimam combustível à base de carbono e emitem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera tem um impacto negativo no clima global. Engenheiros têm utilizado diferentes estratégias para reduzir a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada na atmosfera.

Uma dessas estratégias é queimar biocombustíveis ao invés de combustíveis fósseis. Enquanto combustíveis fósseis vêm de organismos mortos há muito tempo, biocombustíveis vêm das plantas que viveram e morreram recentemente.

Outra estratégia envolve o sequestro de uma porção de CO<sub>2</sub> emitido pelas usinas para armazená-lo no subsolo ou no oceano. Essa estratégia é chamada de captura e armazenamento de carbono.



Fonte: INEP (2016, p. 12).

A questão Q52 apresenta como suporte um diagrama que ilustra o ciclo do carbono no ambiente e um pequeno texto, que aborda a respeito da produção de combustíveis a partir de combustíveis fósseis, biocombustíveis, e a captura do carbono nos oceanos. Além disso, há uma tabela que expressa valores de energia liberada e a quantidade de dióxido de carbono proveniente da queima de petróleo e de etanol. Solicita-se, na primeira questão, que o estudante explique a preferência pelo uso do petróleo ao etanol. E na segunda questão qual a vantagem ambiental para o uso do etanol.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

O item solicita ao estudante que analise os dados apresentados na tabela para comparar o etanol e o petróleo como fontes de combustível. Os estudantes devem argumentar que as pessoas devem preferir o petróleo sobre o etanol porque ele (petróleo) libera mais energia com o mesmo custo e que o etanol apresenta uma vantagem ambiental sobre o petróleo porque ele libera menos dióxido de carbono (INEP, 2016, p. 12).

Identificamos a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, uma vez que o estudante precisa construir seu raciocínio e basear sua argumentação em

evidências, que são fornecidas pela tabela e pelo texto. Na resposta esperada estabelecida pelo PISA menciona-se que o estudante precisa “analisar os dados e argumentar...”. Além da PC7, identificamos também a **PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional**, pois é necessário comparar os valores de energia e quantidade de dióxido de carbono – reconhecendo as unidades matemáticas utilizadas de energia e massa – emitidos de ambos os combustíveis, para depois construir uma argumentação a favor do petróleo ou do etanol.

Identificamos o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, pois os efeitos ambientais são melhores do etanol em relação ao petróleo; o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, haja visto, ser necessário a comparação numérica de energia para cada combustível e sua comparação com o dióxido de carbono emitida; o **CT5 – Energia e matéria**, uma vez que existe relação entre a energia e a quantidade de material combustível, explicitado na tabela e no diagrama.

Identificamos a **ICD2 - Ciências da vida**, a ICD2.2B – ciclos da matéria e transferência de energia no ecossistema: energia a partir de reações químicas nos organismos animais e vegetais, combinação de elementos que formam os alimentos. E em relação a **ICD1 – Ciências físicas**. e a ICD1.3D – energia nos processos da vida cotidiana: energia de alimentos e de combustíveis, provenientes de suas ligações; geração de energia de combustíveis fósseis e recursos renováveis.

A seguir temos a questão Q53, apresentada na Figura 68.

## Figura 68– Questão Q53

### Combustíveis Fósseis

Questão 3 / 4

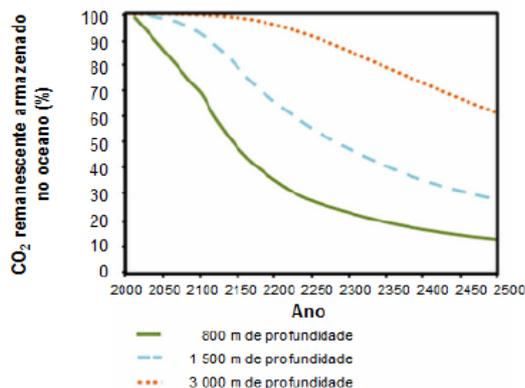
Consulte "Captura e Armazenamento de Carbono" à direita. Digite sua resposta à questão.

Use os dados no gráfico para explicar como a profundidade afeta a eficácia a longo prazo do armazenamento de CO<sub>2</sub> no oceano.

### COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS Captura e Armazenamento do Carbono

Captura e armazenamento do carbono envolve o sequestro de uma porção de CO<sub>2</sub> emitido pelas usinas e o armazenamento onde ele não possa ser liberado de volta à atmosfera. Um local possível para armazenar o CO<sub>2</sub> é no oceano porque o CO<sub>2</sub> se dissolve na água.

Cientistas desenvolveram um modelo matemático para calcular o percentual de CO<sub>2</sub> que continua armazenado depois que é bombeado para dentro do oceano em três profundidades diferentes (800 metros, 1 500 metros, e 3 000 metros). O modelo assume que o CO<sub>2</sub> foi bombeado para dentro do oceano no ano 2000. O gráfico abaixo mostra os resultados desse modelo.



Fonte: INEP (2016, p. 13)

A questão Q53 contém como suporte um texto que aborda a respeito do armazenamento de CO<sub>2</sub> em oceanos, devido à sua característica de dissolução em água, e um gráfico, que relaciona diferentes porcentagens de CO<sub>2</sub> em associação às profundidades do oceano. Solicita-se que o estudante construa uma argumentação a respeito do efeito da profundidade do oceano na captura e armazenamento do carbono.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes devem interpretar os dados apresentados no gráfico e fornecer uma explicação que resuma os resultados encontrados, ou seja, de que o dióxido de carbono armazenado mais profundamente no oceano propicia melhor taxa de retenção do que o armazenamento em profundidades menores (INEP, 2016, p. 13).

Identificamos, nesta questão, a **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, pois é preciso construir uma argumentação/explicação baseada nos resultados disponibilizados no gráfico. A evidência reforça a argumentação e contribui na elaboração do raciocínio, ajudando na identificação de pontos fortes e fracos de uma linha de pensamento. Para a resolução dessa questão identificamos também as práticas **PC4 – Análise e interpretação de dados**, pois as conclusões

foram obtidas por meio do gráfico, e também a **PC5 – Uso do pensamento matemático e computacional**, uma vez que a argumentação é construída mediante a compreensão da relação de proporção existente na porcentagem de dióxido nas diversas profundidades.

Para estas práticas encontradas, justifica-se o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, haja vista, que na resposta é necessário compreender a variação de quantidade, tempo, na proporção da escala utilizada no modelo; também identificamos o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, pois, o sistema envolvido corresponde ao armazenamento do dióxido de carbono nos oceanos e também há a presença de um modelo, que compara a quantidade de dióxido de carbono no ano de 2000 com a previsão de retenção até o ano de 2500.

Em relação as Ideias Centrais Disciplinares, temos a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2C – o papel da água nos processos da superfície da Terra: propriedades e movimentos da água, transporte, dissolução e densidade; e a ICD3.2D – tempo e clima: o oceano exerce grande influência no clima, relações com o efeito estufa: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso.

No Quadro 26 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q51 a Q53, que abordam a respeito do tema Combustíveis fósseis.

**Quadro 26** – As DAC identificadas nas questões Q51 a Q53

<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q51	PC2; PC6	CT4; CT5	ICD2.1C; ICD2.2B
Q52	PC5; PC7	CT2; CT3; CT5	ICD2.2B; ICD1.3D
Q53	PC4, PC7	CT3; CT4	ICD3.2C; ICD3.2D

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q54 e Q55 que versam sobre o tema Erupções vulcânicas, aplicadas no ano de 2015.

A seguir temos a questão Q54 e o suporte necessário para a questão, apresentada na Figura 69.

## Figura 69 – Questão Q54 e suporte disponibilizado

### Erupções Vulcânicas

Questão 3 / 4

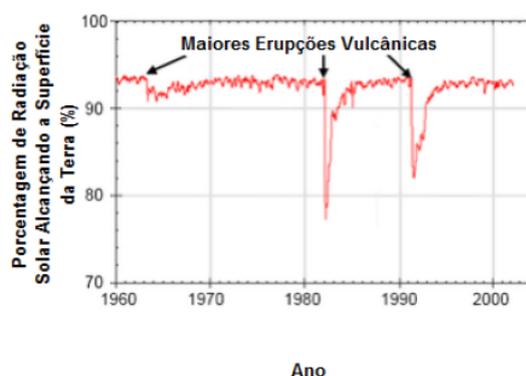
Consulte "Efeitos na Radiação Solar" à direita. Digite sua resposta para a questão.

Por que o percentual de radiação solar que alcança a superfície da Terra muda após erupções vulcânicas?

### ERUPÇÕES VULCÂNICAS Efeitos na Radiação Solar

Quando os vulcões entram em erupção, emitem cinzas vulcânicas e dióxido sulfúrico na atmosfera. O gráfico abaixo mostra o efeito que essas emissões têm na quantidade de radiação solar que alcança a superfície da Terra.

Radiação Solar Alcançando a Superfície da Terra Através do Tempo



Fonte: INEP (2016, p. 15).

A questão Q54 e seu suporte apresentam a informação de que quando os vulcões entram em erupção emitem cinzas vulcânicas e dióxido sulfúrico na atmosfera. É apresentado também um gráfico que mostra o efeito que estas emissões têm na quantidade da radiação solar que alcança a superfície da Terra. É solicitado a explicação do motivo, que após as erupções vulcânicas, a porcentagem de radiação solar que alcança a superfície da Terra é modificada.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Os estudantes devem interpretar corretamente os dados apresentados, mostrando que a porcentagem de radiação solar que atinge a superfície da Terra é reduzida durante as grandes erupções vulcânicas e dar uma explicação que indique que as emissões vulcânicas emitem ou absorvem radiação solar (INEP, 2016, p. 15).

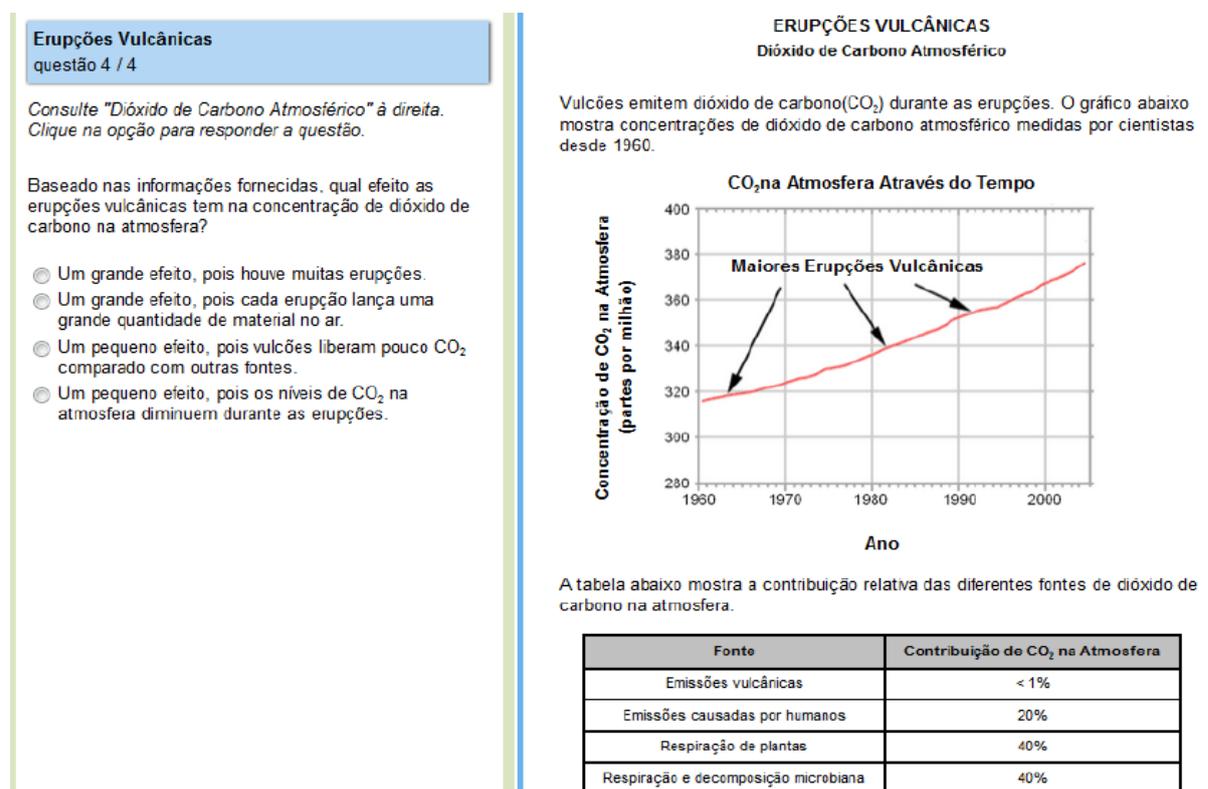
Para a resolução da questão Q54 é preciso a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois, é necessário analisar os dados provenientes do gráfico, pode-se perceber que há pontos comuns entre menor incidência de luz solar na superfície com as erupções vulcânicas; a **PC6 – Construir explicações**, uma vez que, na interpretação dos dados, é possível explicar que a porcentagem de radiação solar que atinge a terra é reduzida durante as grandes erupções vulcânicas, ou seja, elas possivelmente absorvem a luz.

Identificamos também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que os menores valores de incidência de radiação se deve a ocorrência de erupções vulcânicas; o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, pois o gráfico explora uma parte do mundo natural, relações entre incidência radiação solar e erupções vulcânicas.

A Ideia Central Disciplinar relacionada é correspondente à **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2B – placas tectônicas e sistemas de interação em larga escala: movimento continental e vulcões; e às Ciências físicas; e a ICD1.4B – radiação eletromagnética: espectro de luz e interação.

A seguir temos a questão Q55, apresentada na Figura 70.

**Figura 70** – Questão Q55 e suporte disponibilizado



Fonte: INEP (2016, p. 16).

A questão Q55 é de múltipla escolha, solicita que o estudante, baseando-se nas informações fornecidas no gráfico e na tabela, assinale qual o efeito das erupções vulcânicas na concentração de dióxido de carbono na atmosfera.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes devem interpretar os dados fornecidos que confirmem a terceira resposta, a qual afirma que os vulcões têm um efeito menor na concentração de dióxido de carbono na atmosfera porque emitem pouco CO<sub>2</sub>, comparado a outras fontes (INEP, 2016, p. 16).

Para responder a questão Q55 é necessário a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que mediante a análise do gráfico e da tabela consegue-se escolher a alternativa correta de que as erupções vulcânicas representam um pequeno efeito, visto liberar bem menos dióxido de carbono do que outras fontes.

O **CT1 – Padrões**, foi identificado, pois o gráfico seguiu o mesmo padrão de aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, em relação aos anos, sem picos adicionais quando ocorrem as erupções vulcânicas. Assim, não foi encontrada relação entre as erupções vulcânicas e as concentrações de dióxido de carbono. Por meio da tabela é possível perceber a pouca contribuição do dióxido de carbono proveniente das erupções vulcânicas. Além deste conceito, temos o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, visto que o reconhecimento de escala, tamanho e proporção na exposição das variáveis e nos valores da tabela e do gráfico, são essenciais para a resolução da questão.

A ICD identificada corresponde a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2B – placas tectônicas e sistemas de interação em larga escala: movimento continental e vulcões; e ICD3.2E – biogeologia: como os organismos vivem na Terra? Propriedades e condições da Terra e os efeitos na atmosfera e ambiente, relações entre hidrosfera, litosfera e atmosfera.

No Quadro 27 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q54 a Q55, que abordam a respeito do tema Erupções vulcânicas.

**Quadro 27** – As DAC identificadas nas questões Q54 e Q55

Dimensões/ questões	Práticas Científicas	Conceitos Transversais	Ideias Centrais Disciplinares
Q54	PC4; PC6	CT2; CT4	ICD3.2.B; ICD1.4B
Q55	PC4	CT1; CT3	ICD3.2B; ICD3.2E

Fonte: o próprio autor.

Em seguida, temos as questões Q56 a Q59 que versam sobre o tema Usina elétrica azul, aplicadas no ano de 2015.

É apresentado também, no início do tema uma visão geral da unidade, com ênfase em uma usina que produz energia elétrica a partir da concentração de sal entre a água doce e salgada; para isso é fornecido com estímulo um texto e uma animação que mostra o movimento das moléculas de água através de uma membrana semipermeável, apresentada na Figura 71.

**Figura 71** – Texto e modelo fornecidos para as questões Q56 a Q59

#### Usina Elétrica Azul

##### Introdução

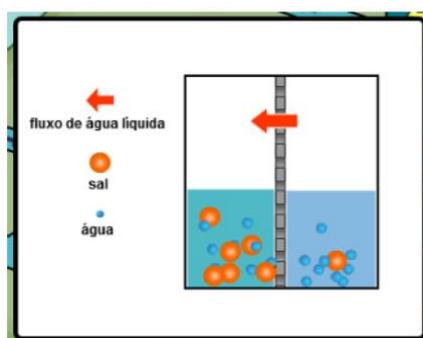
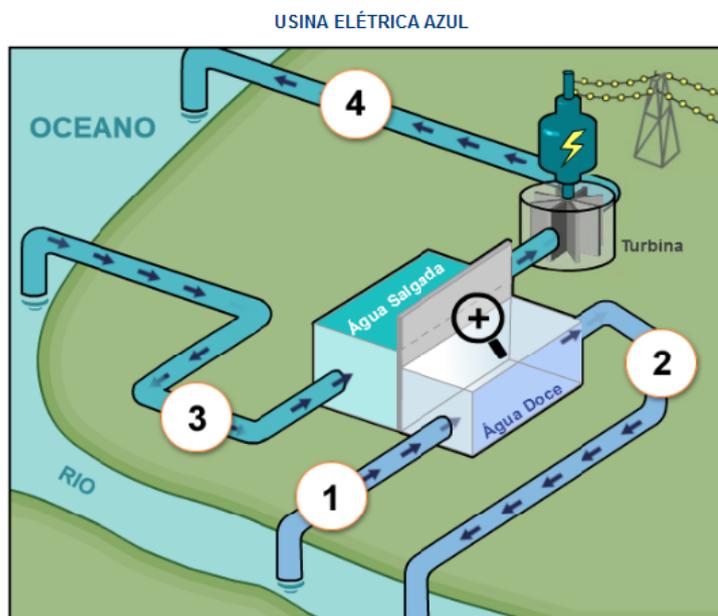
Leia a introdução. Então clique na seta PRÓXIMO.

Esta animação mostra um novo tipo de usina elétrica que está localizada onde um rio de água doce e a água do mar se encontram. A usina elétrica usa as diferenças nas concentrações de sal nos dois corpos de água para produzir eletricidade. Na usina elétrica, a água doce do rio é bombeada através de um tubo até um recipiente. A água salgada do mar é bombeada para outro recipiente. Os dois recipientes estão separados por uma membrana que permite que apenas as moléculas de água passem por ele.

As moléculas de água naturalmente movem-se através da membrana do recipiente de baixa concentração de sal para o recipiente de alta concentração de sal. Isto aumenta o volume e a pressão da água no recipiente de água salgada.

Clique na lente de aumento  para observar esse movimento das moléculas de água.

A água de alta pressão no recipiente de água salgada passa através do tubo, movendo a turbina para gerar eletricidade.



Fonte: INEP (2016, p. 21).

Nesta mesma figura é apresentado um texto, que relata a respeito da usina que funciona em uma região em que as águas do rio e do mar se encontram, pois, utilizam a diferença de concentração entre elas para a produção de energia elétrica. As duas soluções são separadas por uma membrana, e as

moléculas de água se movem naturalmente das soluções de baixa concentração de sal para o recipiente de alta concentração de sal. Além disso, é dada a possibilidade da ampliação deste movimento das moléculas de água – presente nesta mesma figura, intitulado “vista com lente de aumento” –, auxiliando o estudante na compreensão deste fenômeno. Vale lembrar que isto é possível devido a prova ser realizada por meio de computadores.

A seguir temos a Q56, apresentada na Figura 72.

**Figura 72** – Questão Q56

**Usina Elétrica Azul**  
Questão 1 / 4

Consulte "Usina Elétrica Azul" à direita. Clique em uma ou mais caixas para responder à questão.

Quatro locais na usina elétrica foram numerados. A água é bombeada do rio para o local 1, marcado na tela.

✓ Lembre-se de selecionar **uma ou mais** caixas.

Em quais locais as moléculas de água que vêm do rio poderão ser encontradas na sequência do processo?

Local 2  
 Local 3  
 Local 4

Fonte: INEP (2016, p. 22)

A questão Q56 traz a informação de que quatro locais na usina elétrica foram numeradas, de 1 a 4, e a água é bombeada inicialmente do rio para o local 1. É solicitado que o estudante assinale o(s) locais possíveis, em que as moléculas de água que vem do rio poderão ser encontradas, na sequência do processo – depois de passar pelo local 1.

Como resposta esperada, o PISA estabelece: “Os estudantes devem aplicar seu entendimento de como a água se move através da usina elétrica apresentada no diagrama para identificar os locais 2 e 4 como portadores de moléculas de água que vem do rio” (INEP, 2016, p. 22, grifo nosso).

Para a resolução da questão Q56 é importante o uso da **PC2 – Desenvolver e usar modelos**, haja vista, ser necessário o uso do diagrama, que é

um modelo que mostra o funcionamento da usina elétrica; a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, pois, precisa interpretar os dados de como a água se move na usina para conseguir seu funcionamento e prever a posição que a água se encontra em determinada condição.

Foi identificado também o **CT1 – Padrões**, por meio da relação existente em cada região que a água passa, de acordo com o conhecimento prévio do estudante; e o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, uma vez que o diagrama contribui para a compreensão do sistema em estudo: a usina elétrica.

A Ideia Central Disciplinar relacionada à **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.1A – estrutura e propriedade da matéria: tabela periódica, força intermolecular e estabilidade; e a **ICD3 – Ciências da Terra e espaciais**, a ICD3.2C – o papel da água nos procesos de superfície da Terra: propriedades e movimentos da água e efeito no sistema, transporte, dissolução, densidade.

A seguir temos a questão Q57, apresentada na Figura 73.

**Figura 73 – Questão Q57**

**Usina Elétrica Azul**  
Questão 2 / 4

*Clique na lente de aumento para ver o que acontece com as moléculas de água e o sal dissolvido nos recipientes. Selecione suas respostas nos menus suspensos para completar a sentença.*

A água do rio tem baixa concentração de sal. À medida que as moléculas se movem através da membrana, a concentração de sal no recipiente de água doce  e a concentração de sal no recipiente de água salgada .

**Usina Elétrica Azul**

Fonte: INEP (2016, p. 23).

Na questão Q57 é solicitado que o estudante selecione, no *menu* suspenso, a palavra que completa corretamente a sentença. Diz respeito às

concentrações de sal na água do rio e no oceano, após passarem pelas membranas.

Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes são convidados a usar a animação para determinar o efeito do movimento da água através da membrana sobre a concentração de sal no recipiente de água doce e no de água salgada. A resposta correta é: - à medida que as moléculas se movem através da membrana, a concentração de sal no recipiente de água doce aumenta e a concentração de sal no recipiente de água salgada diminui (INEP, 2016, p. 23).

Identificamos nesta questão a **PC2 – Desenvolver e usar modelos**, pois, para sua resolução é necessário o uso de conceitos referentes à osmose. Para auxiliar o estudante na compreensão deste fenômeno há, na figura, um esquema geral da usina, e uma animação que mostra visualmente, em termos de moléculas de água e íons de soluto, como ocorre o fluxo de água neste processo de osmose. Necessitando apenas que utilize o raciocínio para prever como seria a concentração de sal, sabendo da ocorrência de fluxo de água em certa direção. Além dessa prática, identificamos também a **PC4 – Analisar e interpretar dados**, uma vez que é preciso analisar o modelo e as informações apresentadas, juntamente com os conceitos a respeito, a fim de escolher a resposta correta.

Para as PC identificadas, faz-se necessário o uso do **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que, a o efeito da passagem pela membrana da água proveniente do rio faz com que sua concentração aumente, e a água do mar, ao contrário, tem sua concentração diminuída, causada pela entrada proveniente da água do rio; e o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, pois este é um recorte a ser melhor compreendido, com relações entre os objetos envolvido, definido como um sistema.

A ICD relacionada é a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais**, ICD3.2C – o papel da água nos processos de superfície da Terra: propriedades e movimentos da água e efeito no sistema, transporte, dissolução, densidade.

A seguir temos a questão Q58, apresentada na Figura 74.

### Figura 74 – Questão Q58

#### Usina Elétrica Azul

Questão 3 / 4

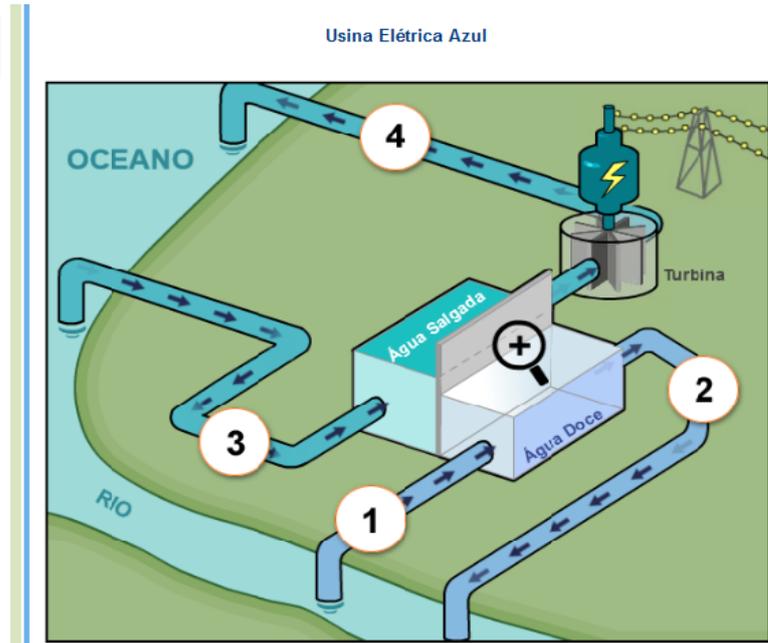
Consulte "Usina Elétrica Azul" à direita. Selecione suas respostas nos menus suspensos para responder à questão.

Várias conversões de energia ocorrem dentro de uma usina elétrica. Que tipo de conversão de energia ocorre na turbina e no gerador?

A turbina e o gerador convertem

energia cinética em

energia elétrica.



Fonte: INEP (2016, p. 24).

A questão Q58 descreve que dentro de uma usina elétrica ocorre várias conversões de energia. É solicitado que o estudante selecione a resposta que corresponda, em relação a turbina e o gerador, qual o tipo de conversão de energia está envolvida.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Cada *menu* suspenso nesse item lista quatro tipos de energia: gravitacional, potencial, cinética e elétrica. Os estudantes devem interpretar corretamente o diagrama animado e especificar que a turbina e o gerador convertem energia cinética em energia elétrica (INEP, 2016, p. 24).

Para responder a questão Q58 é importante o uso da **PC6 – Construir explicações**, mesmo que não precise descrever a resposta, precisa utilizar conceitos e teorias a respeito das conversões de energia, a fim de responder que no gerador há a conversão de energia cinética para energia elétrica.

O CT relacionado a esta questão é o **CT5 – Energia e matéria**, pois, neste caso a energia é conservada, ou seja, a energia elétrica é obtida a partir da conversão da energia cinética.

A ICD relacionada corresponde a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3B – conservação de energia e transferência de energia: a energia não é criada, é transformada.

A seguir, por fim, temos a questão Q59, apresentada na Figura 75.

**Figura 75 – Questão Q59**

**Usina Elétrica Azul**  
Questão 4 / 4

Consulte "Usina Elétrica Azul" à direita. Digite sua resposta à questão.

Muitas usinas de energia elétrica usam combustíveis fósseis, tais como petróleo e carvão, como fonte de energia.

Porque essa nova usina elétrica é considerada mais ecologicamente correta do que usinas elétricas que utilizam combustíveis fósseis?

Usina Elétrica Azul

Fonte: INEP (2016, p. 25).

A questão Q59 apresenta a informação de que muitas usinas de energia elétrica utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia. A questão é aberta e solicita ao estudante que explique porque essa nova usina elétrica é considerada mais ecologicamente correta do que as outras.

Como resposta esperada, o PISA estabelece:

Os estudantes devem fornecer uma explicação que identifica um caminho por meio do qual as usinas que queimam combustível fóssil são mais prejudiciais ao ambiente do que nova usina elétrica ilustrada, ou identificar uma característica da nova usina que a torna mais amigável do ponto de vista ambiental (INEP, 2016, p. 25).

Para responder a questão Q59 é importante o uso da **PC6 – Construir explicações**, uma vez que solicita a explicação de que as usinas que utilizam combustíveis fósseis podem contribuir para o efeito estufa, diferente da usina elétrica azul.

Identificamos também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, uma vez que é necessário comparar os efeitos relacionados ao meio ambiente, dos dois tipos de usinas.

Por fim, relacionado a **ICD1 - Ciências físicas**, a ICD1.3D – energia nos processos químicos na vida cotidiana, energia de alimentos, combustíveis, geração de energia de combustíveis fósseis, nuclear e recursos renováveis; e a **ICD4 – Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência**, a ICD4.2B – Influência da engenharia, Ciências, tecnologia e ciência na sociedade e no mundo natural, avanços na ciência e engenharia influencia a vida na sociedade; efeitos como na medicina, transporte, energia, envolve a análise de custos, benefícios e riscos.

No Quadro 28 apresentamos um resumo das DAC identificadas nas questões Q56 a Q59, que abordam a respeito do tema Usina elétrica azul.

**Quadro 28** – As DAC identificadas nas questões Q56 a Q59

<b>Dimensões/ questões</b>	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Conceitos Transversais</b>	<b>Ideias Centrais Disciplinares</b>
Q56	PC2; PC4	CT1; CT4	ICD1.1A; ICD3.2C
Q57	PC2; PC4	CT2; CT4	ICD3.2C
Q58	PC6	CT5	ICD1.3B
Q59	PC6	CT2	ICD1.3D; ICD4.2B

**Fonte:** o próprio autor.

No próximo capítulo apresentamos a discussão com os referencias relacionados a cada uma das três dimensões investigadas: as Práticas científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares.

## CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA

Neste capítulo apresentamos um resumo da análise das três Dimensões da Aprendizagem científica: as Práticas Científicas, os Conceitos Transversais e as Ideias Centrais Disciplinares, com seção própria a cada uma das dimensões.

### 4.1 AS PRÁTICAS CIENTÍFICAS

Nesta seção apresentamos um resumo das análises das questões com relação às PC e a discussão a partir de alguns referenciais relacionado a esta dimensão. Estão dispostos no Quadro 29, o número das questões analisadas para cada tema (separado por linhas, pois pretendemos evidenciar as questões e não os temas, mesmo que estes sejam importantes para a compreensão das questões) bem como as Práticas Científicas identificadas.

**Quadro 29** – As questões analisadas e as Práticas Científicas identificadas

Número das questões	Temas	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Q1; Q2	Mudança Climática				Q1; Q2	Q1; Q2		Q1; Q2	
Q3	Moscas			Q3					
Q4; Q5; Q6; Q7; Q8	Ozônio				Q4; Q5; Q6	Q7	Q4; Q6; Q8		Q4
Q9; Q10; Q11; Q12; Q13; Q14; Q15	Milho	Q12		Q15	Q9; Q15 Q11; Q15	Q11	Q13		
Q16; Q17; Q18; Q19	Água potável			Q19			Q16; Q17 Q18		
Q20; Q21; Q22; Q23; Q24	Cáries dentárias	Q23; Q24			Q20; Q21	Q21	Q22		
Q25; Q26; Q27	Brilho Labial			Q25; Q26		Q25	Q27		
Q28; Q29; Q30; Q31	Massa de pão			Q29; Q30			Q28; Q31		
Q32; Q33	Um risco para a saúde?			Q32; Q33	Q33	Q33		Q32	

Q34; Q35; Q36	Conversor catalítico		Q34		Q34		Q35	Q36	
Q37; Q38; Q39	Efeito Estufa				Q37; Q38		Q39	Q38	
Q40; Q41	O <i>Grand Canyon</i>						Q40; Q41		
Q42; Q43; Q44; Q45	Protetor solar	Q43		Q42; Q43; Q44; Q45	Q45				
Q46; Q47; Q48; Q49; Q50	Chuva ácida	Q50		Q47; Q49		Q47	Q46; Q48		
Q51; Q52; Q53	Combustíveis fósseis		Q51		Q53	Q52	Q51	Q52; Q53	
Q54; Q55	Erupções vulcânicas				Q54; Q55		Q54		
Q56; Q57; Q58; Q59	Usina elétrica azul		Q56 ; Q57		Q56; Q57		Q58; Q59		
<b>59</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>1</b>

Fonte: o próprio autor.

Com base nos dados apresentados no Quadro 29 observa-se que as Práticas Científicas mais identificadas nas questões analisadas foram a PC4 e a PC6, presentes em cerca de 35% das questões, cada uma delas.

A interpretação de dados e a construção de explicações a respeito dos fenômenos, são aspectos centrais citados pela OECD (2013), como competências das provas do PISA. Explicar fenômenos cientificamente e interpretar dados e evidências cientificamente são as competências 1 e 3, mencionadas na Matriz de Avaliação de Ciências, para o PISA 2015 (OECD, 2013). As questões que contemplam estas práticas solicitam que os estudantes construam explicações dos fenômenos, a partir de dados expressos em gráficos, imagens e evidências empíricas, necessitando que se estabeleça um raciocínio científico coerente para respondê-las, demonstrando também domínio do conhecimento científico adequado.

Como mencionado anteriormente, a PC4 e a PC6, ajudam os estudantes a realizarem práticas que são comuns aos cientistas, ajudando-os em seu letramento científico.

Para tal, espera-se que, a partir da **PC4 – Analisar e interpretar dados**, os estudantes sejam capazes de analisar dados sistematicamente, verificando conflitos, na procura de padrões que confirmem ou não as hipóteses formuladas; saibam utilizar adequadamente planilhas, tabelas, gráficos e modelos, a

fim de explorar relações existentes, gerando e avaliando conclusões a partir de um raciocínio matemático adequado.

O uso da PC4 é importante na compreensão de um fenômeno, pois não adianta haver dados disponíveis sem que seja exigida sua interpretação e análise, a fim de que revele padrões e relações que permitam sua comunicação aos outros. Os dados podem ser organizados por meio de tabulações, gráficos e análises estatísticas, a fim de encontrar relevância e que podem ser usados como evidência na construção de argumentação, essencial ao letramento científico (NRC, 2012).

Na literatura, em relação a esta PC, Gil Perez *et al.* (2001) afirmam que a interpretação condiz com a análise atenta dos resultados, que ocorre à luz dos conhecimentos disponíveis e das hipóteses realizadas. Podemos concluir também que esta prática é necessária ao letramento científico, como forma de fazer uma leitura e interpretação consciente do mundo.

Por sua vez, a partir da **PC6 – Construir explicações**, os estudantes são capazes de construir suas próprias conclusões, oferecendo explicações causais, a partir do uso adequado de leis, teorias e evidências primárias disponíveis que podem auxiliar na explicação. Por fim, adquire atribuições necessárias para identificar fragilidades em suas explicações e nas de outros (NRC, 2012).

De acordo com o NRC (2012), as explicações científicas são relatos que apontam uma teoria científica com específicas observações ou fenômenos. Assim, é importante envolver os estudantes com explicações científicas a respeito do mundo que os cerca, ajudando-os a obter um entendimento das principais ideias que a ciência tem desenvolvido. É essencial pedir aos estudantes que demonstrem seu próprio entendimento sobre as implicações de uma ideia científica, por meio do desenvolvimento de suas próprias explicações de fenômenos, sejam estas baseadas em observações ou em modelos que eles tenham desenvolvido.

Podemos relacionar à PC6, as contribuições de Sasseron (2008), que menciona a explicação de fenômenos como um dos indicadores do letramento

científico<sup>15</sup>. Assim:

A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem estas garantias (SASSERON, 2008, p. 68).

Desta forma, diante de muitas situações cotidianas, a busca de respostas a perguntas, como, por exemplo, por que isso ocorre? Como isso acontece? Isto estimula a procura por explicações para diversos problemas/perguntas, vivenciadas ou não pelos estudantes. Podemos relacionar este movimento de busca ao letramento científico, em que o estudante se apropria desta PC como uma prática social, como um meio de compreender o mundo e até mesmo de poder modificá-lo, de acordo com o seu contexto.

As PC menos identificadas foram PC8 e PC2, presentes em 2% e 7%, respectivamente. Embora, estas práticas sejam importantes no desenvolvimento do letramento científico, estiveram pouco presentes nas questões analisadas.

Quanto à **PC8 - Obter, avaliar e comunicar a informação**, atribuímos a pouca incidência nas questões, ao fato de que esta prática compreende a adequação da linguagem para a comunicação de ideias e o engajamento na leitura crítica de textos científicos. Para isso, poderia requerer a discussão em pares das ideias, visto ser uma avaliação individual, não havendo, no momento, abertura para interação com outras pessoas no momento da avaliação.

Defendemos a ideia de que haveria maior identificação desta prática em atividades de sala de aula, em que o estudante tivesse condições de expor suas ideias, orais ou não, e pudessem gerar discussões, e posteriormente a verificação se sua ideia apresentou ou não modificações. Por fim, espera-se que, a partir da PC8, os estudantes sejam capazes de usar tabela, gráficos e outras ferramentas para seu entendimento e na exposição aos outros sobre o sistema em estudo, compreendendo adequadamente as comunicações da comunidade científica, contribuindo assim para seu engajamento, e que consiga, enfim, discutir validade de dados, hipóteses e conclusões científicas.

---

<sup>15</sup> Utilizamos o termo letramento científico para mantermos a definição que adotamos nesta pesquisa, a autora utiliza em sua tese o termo 'indicadores da alfabetização científica' cuja definição, temos: "habilidades de ação e investigação que julgamos necessárias de serem usadas quando se pretende construir conhecimento sobre um tema qualquer" (SASSERON, 2008, p. 10).

A PC8 envolve a argumentação científica. Comunicar por escrito, ou por meio da fala, prática fundamental na ciência, requer cientistas para descrever observações precisamente, clarificar o seu pensamento, e justificar seus argumentos (NRC, 2012).

A respeito desta PC, Lemke (1997 *apud* Sasseron, 2008) afirma que tanto para o ato de falar, quanto para o ato de escrever não basta a compreensão de seus significados técnicos, mas que percebam a variação de seus significados a determinados contextos. A autora conclui: “Lemke assume a fala como a apresentação do domínio do conteúdo científico, uma vez que é ela quem dá vazão ao raciocínio e, conseqüentemente, ao modo como as informações foram estruturadas para gerar conhecimento” (LEMKE, 1997 *apud* SASSERON, 2008 p. 43). Assim, ao falar/argumentar a respeito de um fenômeno, é necessário construir uma organização mental, gerando conhecimento. Também a respeito disso Gil Perez *et al.* (2001) apontam a relevância da comunicação do trabalho realizado ou investigação, e que, a partir de grupos/comunidades é possível a confirmação ou refutação das hipóteses aceitas.

Quanto à **PC2 - Desenvolver e usar modelos**, atribuímos a pouca incidência nas questões analisadas ao fato de não ser comum a solicitação de construção de modelos para a explicação de fenômenos quaisquer em questões, e as competências exigidas no PISA solicitam a explicação sobre fenômenos, porém, não especificam a utilização de diagramas e esquemas para isso.

Os modelos identificados estavam presentes, em auxílio dos estudantes, facilitando a compreensão dos fenômenos envolvidos, contemplando assim um de seus objetivos, que é de ser uma ferramenta que ajuda na compreensão do sistema em estudo. Porém, acreditamos que esta PC pode ser melhor explorada, como forma de explicação a respeito de fenômenos quaisquer. Por meio da PC2 os estudantes deverão ser capazes de construir/elaborar desenhos, diagramas ou esquemas como forma de compreender, de explicar, ou mesmo de prever a respeito de um fenômeno, principalmente aos de escala microscópica. Assim o estudante adquire condições necessárias para discutir/criticar seu próprio modelo e o de outros.

Embora os modelos sejam um bom instrumento para compreender, explicar e prever um fenômeno, nem sempre é possível exigir esta prática na resolução de questões, principalmente se estas forem de múltipla escolha. Na última

questão analisada (Q59), por exemplo, foi utilizada uma animação como suporte para a sua resolução, auxiliando na compreensão do estudante. Das quatro questões em que identificamos esta PC, três delas foram propostas na avaliação do PISA de 2015, que ocorreu em sua totalidade de forma digital, formato que pode ter contribuído para potencializar esse tipo de prática. Ou seja, por meio de computadores é facilitada a realização de simulações, ampliações de imagem e animações que permitem a melhor compreensão do sistema em questão.

De acordo com o NRC (2012), a PC2 possibilita que se exteriorize aquilo que se pensa sobre uma situação ou um conceito representa o entendimento de um sistema em estudo, auxilia no desenvolvimento de perguntas e explicações e comunica ideias aos outros, assim como fazem os cientistas. Pode ser por meio de equações, simulações, representações que permitem a realização de previsão em um dado sistema, ou relacionados a este.

Na literatura, a respeito da PC2 temos a contribuição de Morgan e Morrison (1999 *apud* BATISTA; SALVI; LUCAS, 2011). Estes autores relatam que os modelos ajudam no desenvolvimento da autonomia do estudante e na relação entre teorias e o que se sabe do mundo, ou seja:

[...] modelos são considerados tecnologias capazes de fornecer instrumentos de investigação que possibilitam a compreensão de teorias e do mundo. Suas principais características envolvem autonomia, poder representacional e capacidade de promover relações entre teorias científicas e o mundo [...]. (MORGAN; MORRISON, 1999 *apud* BATISTA; SALVI; LUCAS, 2011, p. 3).

Deste modo, os modelos contribuem para que o estudante investigue o mundo de forma mais clara, relacionando aquilo que sabe a respeito do fenômeno de estudo e teorias relacionadas ao seu objeto de pesquisa. Segundo Márquez; Izquierdo; Espinet (2003 *apud* SASSERON, 2008), os modelos são uma forma de comunicação que contribuem para destacar aspectos da realidade, assim é necessário “permitir que os estudantes falem, escrevam, desenhem, interajam com objetos e materiais, com o objetivo de que, assim, os estudantes cheguem a tecer melhores representações do mundo” (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003 *apud* SASSERON, 2008, p.50).

A **PC3 - Planejar e realizar investigações**, esteve presente em 25% das questões investigadas. Essa porcentagem pode estar associada ao fato de

corresponder à competência número 2, exigida no PISA: “Avaliar e planejar experimentos científicos, descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente” (OECD, 2013, p.7). Ou seja, esta PC é essencial para a compreensão das Ciências e para que os estudantes sejam letrados cientificamente, pois apresentam condições para que, diante de uma questão ou problema, saibam percebê-la, se for científica, e assim conduzir a investigação necessária.

Por meio da PC3 os estudantes reúnem condições para formular adequadamente questões e hipóteses que possam ser investigadas, e assim decidir quais ferramentas e tipos de dados serão necessários para se chegar a conclusões confiáveis. Assim, tornam-se capacitados a planejar procedimentos experimentais, considerando possíveis confusões – antecipando possíveis erros - de variáveis em sua linha de investigação, porém, assegurando sua capacidade de controle do processo. De acordo com o NRC (2012), esta prática exige a capacidade de projetar investigações experimentais ou observacionais que são apropriadas para responder à questão que se coloca ou testar uma hipótese que foi formulada.

Com relação à importância da investigação científica, Gil Perez *et al.* (2001) relacionam, como a formulação de estratégias que contribui na resolução da questão de pesquisa, como as práticas experimentais, nas montagens e medidas. Ou seja, a investigação científica permite ao estudante trabalhar com as variáveis envolvidas, ajudando-o na tomada de decisões e na seleção de instrumentos adequados, a fim de resolver o problema em questão.

Há também as PC que foram encontradas em 9, 7 e 6 das questões, que correspondem à PC5 (15% das questões), PC7 (12% das questões) e PC1 (8% das questões).

**A PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional** é essencial para a compreensão e resolução de variados problemas. Acreditamos não ser uma incidência baixa, evidenciando ser também importante ao letramento científico, utilizado na compreensão de inúmeros fenômenos. Esteve presente, quando associados, a PC3, ajudando na sistemática de investigação; a PC4, na compreensão de relações nos gráficos; e a PC7 contribuindo na elaboração de argumentação baseada em evidências. Por meio da PC5, os estudantes deverão ser capazes de reconhecer quantidades dimensionais adequadas, quando aplicadas a gráficos, tabelas e fórmulas, e de expor sua ideia por meio desta linguagem. Assim,

reúne condições necessárias para perceber o raciocínio matemático envolvido em simulações, previsões e programas, e também para conseguir utilizá-los nas análises de dados de sua investigação.

A PC5 está voltada à utilização do pensamento e recurso matemático a fim de explorar os dados e as relações existentes, comum em muitas ações dos cientistas. De acordo com o NRC (2012), esta prática consiste no uso de ferramentas e linguagem adequadas para a representação de variáveis, importantes na investigação científica, contribuindo, até mesmo, na identificação e comunicação precisa de ideias.

Neste sentido, Sasseron (2008) diz que o pensamento pode ser estruturado por meio do raciocínio lógico e pelo raciocínio proporcional, “além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas” (SASSERON, 2008, p.67-68). Desta forma, os dados podem ser melhor explorados, chegando à elaboração de conclusões a respeito dos fenômenos, importantes para a compreensão científica.

A **PC7 – Argumentar a partir de evidências**, se refere ao uso de evidências para a elaboração de uma argumentação consistente, para examinar seu próprio entendimento e a dos outros a respeito de um dado sistema que foi investigado. Esta prática reforça que, para a argumentação em Ciências ser sólida, deve estar pautada em provas, que dão sustentação ao que está sendo explicado. Por meio da PC7, os estudantes deverão ter condições de construir argumentos científicos, apoiados em dados, e de identificar possíveis lacunas em sua argumentação e na de outros, a partir de raciocínio e evidências. Desta forma, o estudante apresenta condições de explicar a natureza de controvérsias científicas, debater teorias que foram ou não bem sucedidas, e ler e compreender afirmações da comunidade científica, avaliando pontos fortes e fracos.

A PC7 consiste na defesa de explicações de questões e/ou fenômenos a partir de evidências investigadas que contribuem para o apoio das afirmações que devem ser debatidas e/ou comunicadas, ajudando também a examinar o próprio entendimento do cientista, à luz das evidências e dos comentários oferecidos por outros, na busca da melhor explicação para o fenômeno que está sendo investigado (NRC, 2012).

A respeito da argumentação, Sasseron (2008) utiliza o termo justificativa para relacionar a validade que as evidências dão à argumentação: “A

justificativa aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura” (SASSERON, 2008, p.68). Assim, as evidências dão maior respaldo às afirmações gerando maior segurança na qualidade das respostas acerca dos fenômenos investigados.

Por fim, a **PC1 – Formular questões**, se refere à elaboração e avaliação de questões acerca dos fenômenos naturais e/ou construídos. As duas condições para esta PC foram encontradas nas questões do PISA, tanto na elaboração de questões quanto para sua avaliação. Vale ressaltar que, diante do letramento científico esta prática é essencial, haja vista ser preciso gerar questões diante de um dado problema para que posteriormente possa ser elaborada uma sistemática investigativa. Por meio da PC1, os estudantes deverão ser capazes de indagar a respeito do mundo natural e construído, em perguntas: Como? Por quê? E de avaliar se uma questão pode ou não ser investigada, refinando perguntas a fim de serem respondidas em determinados campos, como em sala de aula, por exemplo.

No NRC (2012) esta prática é considerada imprescindível ao letramento científico, pois, para que se forme consumidores críticos é necessário que sejam questionadores de sua realidade, tanto por curiosidade, como para explicar algum fenômeno, ou mesmo para proporcionar uma melhor solução a um problema.

A respeito da compreensão acerca da PC1, de acordo com a Matriz de Ciências do PISA, o desenvolvimento do letramento científico “é dependente da capacidade de discriminar questões científicas de outras formas de investigação, ou reconhecer questões que poderiam ser investigadas cientificamente em um dado contexto” (OECD, 2013, p.15). E complementa a respeito: “A Identificação de questões científicas exige que os estudantes possuam conhecimentos sobre Ciências, mas que também possam basear-se, em diversos graus, em seu conhecimento de ciência” (OCDE, 2007, p.30). Além disso, a este respeito Gil Perez *et al.* (2001) mencionam que para a construção do conhecimento científico é importante a análise qualitativa significativa, que ajuda o estudante a definir e enquadrar melhor a situação de estudo, e a formular perguntas operativas sobre o que procura.

Contudo, vale ressaltar que nossa preocupação não está em quantificar as PC mais ou menos identificadas nas questões. Pretendemos, mediante as análises, evidenciar a importância de trabalhar essas práticas na discussão de conceitos científicos, a fim de que os estudantes sejam estimulados nestas Práticas Científicas, possibilitando o letramento científico dos estudantes.

Assim, podemos dizer que por meio das PC, possibilita-se compreender as competências do PISA: explicar fenômenos cientificamente; avaliar e planejar experimentos científicos; e interpretar dados e evidências cientificamente; e que o letramento ocorre por meio de conteúdos, processos, contextos e atitude (OECD, 2013).

A seguir, apresentamos nossas análises para os Conceitos Transversais identificados nas questões do PISA.

#### 4.2 OS CONCEITOS TRANSVERSAIS

Nesta seção apresentamos um resumo das análises das questões com relação aos CT e a discussão a partir de alguns referenciais relacionado a esta dimensão. Estão dispostos no Quadro 30, um resumo das análises realizadas acerca dos CT. Lembrando que as linhas subdividem as questões por temas propostos pelo PISA.

**Quadro 30** – As questões analisadas e os Conceitos Transversais identificados

Questões	Temas	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7
Q1; Q2	Mudança Climática	Q1; Q2	Q1; Q2	Q1; Q2		Q2		
Q3	Moscas	Q3	Q3	Q3	Q3			
Q4; Q5; Q6; Q7; Q8	Ozônio		Q6; Q8	Q4; Q5; Q7	Q4	Q4		
Q9; Q10; Q11; Q12; Q13; Q14; Q15	Milho		Q9	Q12; Q15		Q10; Q12; Q13; Q14		
Q16; Q17; Q18; Q19	Água potável		Q16; Q17; Q18; Q19					
Q20; Q21; Q22; Q23; Q24	Cáries dentárias		Q20; Q22; Q24	Q21	Q20; Q23			
Q25; Q26; Q27	Brilho Labial	Q25	Q25; Q26;	Q25; Q26				

			Q27					
Q28; Q29; Q30; Q31	Massa de pão	Q29	Q28; Q29			Q29; Q30; Q31		
Q32; Q33	Um risco para a saúde?	Q33	Q32	Q33	Q32	Q32	Q32	
Q34; Q35; Q36	Conversor catalítico	Q34		Q34; Q36	Q34; Q36	Q35; Q36		
Q37; Q38; Q39	Efeito Estufa		Q39	Q38	Q37	Q39		Q39
Q40; Q41	O <i>Grand Canyon</i>		Q40; Q41					
Q42; Q43; Q44; Q45	Protetor solar	Q43	Q42; Q43 Q44; Q45		Q43; Q45			
Q46; Q47; Q48; Q49; Q50	Chuva ácida		Q46; Q49; Q50	Q47	Q50	Q48; Q50		
Q51; Q52; Q53	Combustíveis fósseis		Q52	Q52; Q53	Q51; Q53	Q51; Q52		
Q54; Q55	Erupções vulcânicas	Q55	Q54	Q55	Q54			
Q56; Q57; Q58; Q59	Usina elétrica azul	Q56	Q57; Q59		Q56; Q57	Q58		
<b>59</b>		<b>10</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Fonte: o próprio autor.

Com base nos dados apresentados no Quadro 30, observa-se que o Conceito Transversal que sobressaiu entre os demais foi o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, identificado em aproximadamente 56% das questões. Este valor representa que mais da metade das questões do PISA podem ser respondidas com o auxílio deste Conceito. Este CT possibilita algumas das mais interessantes e produtivas questões das Ciências, que são a respeito do porquê ou de como as coisas acontecem. Por meio destas questões é que, muitas vezes, se inicia uma investigação, envolvendo uma observação detalhada do fenômeno de interesse (relaciona-se à PC3 - Planejar e realizar investigação). Na procura de explicações mais minuciosas, é promovida a busca por mecanismos que justificam os efeitos encontrados.

A grande incidência do CT2 nas questões pode ser justificada, tendo em vista o letramento científico. Podemos dizer que a avaliação do PISA valoriza a investigação científica e a explicação de fenômenos do cotidiano, de acordo com as competências requeridas: 1 – Explicar fenômenos cientificamente; 2 – Avaliar e planejar experimentos científicos; e 3 – Interpretar dados e evidências cientificamente (OECD, 2013).

Assim, o CT2 pode ser estimulado aos estudantes, inicialmente por meio da percepção de padrões do mundo natural (como as plantas crescem ao longo do tempo) e posteriormente relacionar testes ou evidências que podem justificar esses padrões. Em seguida estimular perguntas, por exemplo: por que isso aconteceu? Quais as condições em que isso ocorre? Por fim, é esperado que utilizem essa causalidade na elaboração de explicação e argumentação, apreciando as leis e teorias que justificam o mecanismo causal do sistema de estudo.

De acordo com o NRC (2012), o conhecimento da causa e efeito é muito importante na construção de explicações do mundo natural, assim também no letramento científico. Pois, diante das perguntas: por quê? e como?, pode-se promover a busca por respostas das causas aos efeitos encontradas, e posteriormente a busca por mecanismos que justificam as causas. Uma forma de incentivo à investigação científica (PC3) e para a argumentação a partir de evidências (PC7).

Tendo em vista que o PISA busca avaliar as competências que contemplam a explicação dos fenômenos a partir de evidências, este CT apresenta grande relevância na competência requerida, uma vez que para a compreensão de experimentos, assim como de fenômenos no geral, é importante a comparação e/ou conhecimento dos efeitos e de suas causas.

A respeito da ideia do CT2, Jiménez-Alexandre, Bugallo Rodriguez e Duschi, 2000 *apud* Sasseron (2008 p.58), mencionam que a causalidade é uma “relação causa-efeito, procura por mecanismo, predição”, importante operação epistemológica (como forma de ação e pensamento para se fazer ciência). Deste modo, a causalidade é uma das operações epistemológicas de forma a auxiliar o estudante na construção e também na defesa de sua argumentação.

O conhecimento da causa e efeito, é uma possível forma de organizar a construção de uma argumentação, um dos objetivos do letramento científico. Assim como para explicar a respeito de um fenômeno qualquer, utiliza-se inicialmente um efeito conhecido, depois busca-se suas causas e mecanismos (passando pelo conteúdo específico) e, por fim, almejando a previsão, para casos similares ou relacionados.

Os CT menos identificados nas questões analisadas foram o CT6 e CT7, ambos presentes em apenas uma questão, correspondendo a 2%.

Para o **CT6 – Estrutura e função**, está relacionado à propriedade dos materiais, em que a função de um objeto está relacionada à sua estrutura. A pequena incidência deve-se, provavelmente, à não preocupação do domínio das explicações detalhadas a respeito da função dos objetos, restringindo-se normalmente à sua causa e efeito. Poucas questões do PISA solicitavam explicação microscópica para as funções físicas visíveis, limitando-se, geralmente, a características macroscópicas. Geralmente não exigiam relações complexas de domínio dos sistemas apresentados, sendo questões mais pontuais a determinados temas de estudo.

Por meio do CT6 o estudante pode ser estimulado a reconhecer exemplos, em que a forma de um objeto pode ser afetada pela sua estrutura, movimentando-se do micro às funções mecânicas dos objetos. Com o tempo melhora-se a explicação a respeito disso, a partir da estrutura microscópica (átomos e moléculas). De acordo com o NRC (2012), a forma e a função são aspectos complementares, ou seja, um ajuda a explicar o outro. Assim, compreender a estrutura microscópica, contribui para a compreensão das propriedades dos materiais. Ou seja, para saber como funciona, é necessário examinar em detalhes do que são feitos os materiais.

O **CT7 – Estabilidade e mudança**, consiste na procura da compreensão das mudanças que ocorrem nos fenômenos e em como controlar estas mudanças. A escala é essencial nesta compreensão, podendo ao mesmo tempo estar em equilíbrio estático e em equilíbrio dinâmico, dependendo da escala que está sendo utilizada para análise.

Poucas questões do PISA propuseram problemas que envolvessem o conhecimento de condições de estabilidade de sistemas e de relações existentes entre eles, que poderiam contribuir até mesmo na previsibilidade de fenômenos. Este CT procura auxiliar em uma das principais buscas da ciência, a compreensão das mudanças que ocorrem nos fenômenos e como controlar estas mudanças. Para isso, passa pela compreensão do equilíbrio dinâmico, pelo reconhecimento de similaridades, pelo uso de modelos, pela compreensão da conservação de massa e energia, a fim de compreender a influência de cada um dos elementos envolvidos, em escala apropriada (NRC, 2012).

O CT7 pode ser estimulado por meio de exemplos aos estudantes, solicitando que explorem as estabilidades e mudanças de um sistema. Para isso, há

perguntas que auxiliam, como: O que eu poderia mudar para fazer esse equilíbrio melhorar? Isto para que reconheçam que, diante de um padrão conhecido, pode ser explicado, mesmo diante de sua variação, aplicado a diferentes contextos. A utilização de modelos pode ser importante, até mesmo para explorar aspectos microscópicos envolvidos, que podem ser manipulados por meio da mudança de condições do sistema (NRC, 2012).

Sasseron (2008) relata que a previsão é um indicador do letramento científico. Podemos relacioná-lo quando ocorre a alteração da estabilidade de um sistema, pois, segundo Sasseron (2008, p.68), “O indicador da previsão é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos”. Assim, quando se conhece a estabilidade e as condições necessárias para isso, também se conhece seus padrões, gerando uma explicação mais abrangente que, por sua vez, permite executar a mudança desta estabilidade encontrada, contribuindo na elaboração de modelos e também na previsão, de acordo com o sistema em estudo.

O **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, foi identificado em cerca de 32% das questões. Este conceito possibilita ao estudante o raciocínio de proporção e proporcionalidade para compreender e explicar os fenômenos, que podem ser de escala macroscópica – pode ser manuseada, sentida, vista –, ou muito pequenas – átomos e moléculas – ou muito grandes – Terra, Universo –. Consideramos esta incidência encontrada, de valor significativo, uma vez que está relacionada com a competência de número três, em que é necessário interpretar os dados advindos de uma investigação científica. Para isso é essencial reconhecer se há algum padrão nos dados ou alguma proporção na relação entre as variáveis envolvidas.

A quantidade encontrada do CT3 é expressiva, pois uma a cada três questões do PISA é solicitado que se utilize o pensamento matemático, a fim de solucionar algum problema. Além disso, o uso de padrões ajuda no reconhecimento de um fenômeno, em uma investigação ou na análise de dados, assim como nas unidades de tempo e tamanho utilizados. Além disso, este conceito envolve o reconhecimento de relações matemáticas entre as quantidades em gráficos, tabelas e contas algébricas (NRC, 2012).

Este CT pode ser estimulado, junto aos estudantes, a partir da utilização e reconhecimento de escalas mais simples, como maior e menor, quente e

frio, rápido e devagar. Posteriormente, a utilização de unidades que representam estas grandezas, como comprimento, peso, temperatura. Em seguida, passam a fazer estimativas a partir de dados disponíveis, tabelas e gráficos, aplicados a variados contextos, e, por fim, possibilita condições de avaliar se o resultado alcançado é ou não razoável, podendo utilizar para isso relações matemáticas e estatísticas.

A respeito da ideia do CT3, Sasseron (2008) relata que o pensamento pode ser estruturado por meio do raciocínio lógico e pelo raciocínio proporcional, ou seja, relaciona-se a conhecimentos de proporção e quantidade, na relação entre variáveis: “Além de se referir também à maneira como as variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas” (SASSERON, 2008, p. 67-68).

O **CT5 – Energia e matéria**, foi identificado em 31% das questões. Há importância de se abordar a conservação da matéria e energia, uma vez que isto ocorre em todos os processos químicos, físicos ou biológicos. Consideramos também, essencial ao letramento científico, uma vez que se relaciona à competência 1 do PISA, quando se utilizam leis e teorias que podem auxiliar na adequada interpretação a um dado problema, e a competência 2, ao sistematizar ou avaliar uma linha investigativa. Ambos os conceitos auxiliam o estudante na compreensão dos fenômenos.

Este CT está relacionado à conservação de massa e de energia, possibilita ao estudante o uso de uma ferramenta importante para analisar, caracterizar e modelar as transferências de massa de energia envolvida nos sistemas. Capacidade, esta, que apoia os estudantes a desenvolverem concepções mais sofisticadas a respeito de fenômenos quaisquer.

O CT5 é imprescindível na elaboração mental de explicações a respeito do mundo natural ou criado, pois ajuda o estudante a organizar sua argumentação a respeito do fenômeno em questão, para que se questione: o que há de energia e matéria em minha explicação? Assim, apoia os estudantes a desenvolver concepções cada vez mais sofisticadas de seu papel em qualquer sistema (NRC, 2012).

O CT1 e o CT4 foram identificados em 17% e 27% das questões, respectivamente. Em alguns casos, estavam associados ao CT2 e ao CT3, demonstrando serem importantes para o reconhecimento da causa e efeito e

também para o desenvolvimento do raciocínio matemático. Estes CT se referem ao reconhecimento de padrões diante do fenômeno de estudo, precedidas por questões acerca do porquê e como eles ocorrem, requerendo cuidadosa observação.

O **CT1 – Padrões**, esteve presente em cerca de 17% das questões, pode ser estimulado desde cedo, ajudando o cientista (o estudante) a descobrir as primeiras relações ou diferenças no sistema que está sendo investigado, após cuidadosa observação do mundo natural. Além disso, por meio dos padrões é uma forma de reconhecimento do mundo microscópico, como nas funções químicas, nos tipos de ligações e substâncias, ou macroscópicas, como na observação do crescimento de uma planta, semelhanças nas espécies de animais e plantas, que são classificados em seus reinos (NRC, 2012).

É necessário possibilitar que os estudantes desenvolvam maneiras próprias de classificar e de registrar os padrões observados como, por exemplo, as estações do ano, as fases da lua, assim como investigar alguma classificação conhecida, como semelhanças de animais – mamíferos, peixes – e tipos de plantas. Com o tempo é requerido mais detalhamento das características, explorando a natureza microscópica – tipos de moléculas, proporção – e, em seguida, pode-se aplicar a diferentes contextos e até mesmo revisar padrões encontrados, apropriados a escalas novas introduzidas. Relaciona-se às competências 2 e 3 do PISA, em busca de uma leitura de situações cotidianas aplicadas a diferentes contextos.

A respeito da ideia deste conceito, Sasseron (2008) descreve em sua tese as operações epistemológicas utilizadas para a argumentação. Neste caso, a indução é a responsável pela procura por padrões, regularidades. A autora utiliza a procura de padrões na construção da argumentação. Consideramos relevante, uma vez que um dos objetivos do letramento científico está em encontrar relações no fenômeno investigado, para posteriormente conduzir uma sistemática adequada para que se construa uma argumentação baseada em evidências (PC7) e, em seguida, possa ser comunicada e discutida (PC8).

O **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, foi identificado em cerca de 27% das questões. O uso de sistemas é importante para a compreensão do mundo natural, em vista de sua complexidade, sendo necessário definir pequenas porções para investigação. Assim, por meio de modelos se consegue explorar melhor o sistema e evidenciar interações existentes, identificar as variáveis que

influenciam no sistema de estudo, tornando mais compreensíveis, facilitando a sua interpretação e compreensão (NRC, 2012). Embora este CT corresponda à criação e compreensão de modelos, somente foi encontrado em auxílio na resolução de questões. Porém, é uma forma de explicação de fenômenos que precisa ser mais explorada, e até mesmo poderia ser utilizada em avaliações, tanto em sala de aula quanto em larga escala.

Este CT pode ser estimulado aos estudantes por meio da construção de desenhos ou diagramas para representar ideias ou explicações de forma escrita ou oral. Com o tempo, os sistemas podem apresentar mais detalhes, incorporando características invisíveis e raciocínio matemático, para que se realize, em seguida, previsões e se possa discutir limitações de seu modelo e de outros. Por fim, explorar relações em outros sistemas, biológicos, químicos, que são relacionados aos aspectos sociais relevantes.

Ainda a respeito do CT4, Sasseron (2008) menciona que nas operações epistemológicas utilizadas para a argumentação, o 'apelo a' é identificado pela utilização de analogia, exemplo, atributo, como uma forma de explicação. Na argumentação é necessária a utilização de ferramentas científicas adequadas, desta forma os modelos se adequam a esta necessidade: "Assim será possível chegar ao estabelecimento de explicações ou modelos que mostrem a relação entre as hipóteses levantadas, os testes executados e os resultados encontrados" (SASSERON, 2008 p.60). Assim, a utilização de modelos científicos auxilia na limitação do fenômeno em estudo, na leitura do próprio conhecimento do estudante, e como uma forma de auxiliar na explicação e argumentação em Ciências.

Podemos perceber que existem relações entre os CT e as competências estabelecidas para as questões do PISA, assim como nas Práticas Científicas, descritas na seção anterior.

Os Conceitos Transversais auxiliam os estudantes a lembrar – perceber - a presença de conceitos unificadores que fornecem indícios, de como conduzir uma linha de raciocínio, para a resolução de questões, problemas, ou mesmo, na explicação de fenômenos (competência 1 do PISA – explicar fenômenos cientificamente). Nesta perspectiva, os CT mais encontrados nas questões estavam relacionados ao processo de investigação científica, corresponde à competência 2 do PISA – planejar experimentos cientificamente e a competência 3 – interpretar dados e evidências cientificamente, uma vez, é necessário para isso, perceber

padrões (CT1), usar escala adequada (CT3), as causa e efeitos ocorridos (CT2), nas relações de massa e energia (CT5). Auxiliando assim, o estudante, a compreender melhor os fenômenos e as questões científicas de interesse; ou seja, a desenvolver o letramento científico.

Vale ressaltar, que nossa preocupação, assim como nas PC, não está somente em quantificar os Conceitos Transversais, mas em favorecer a sua compreensão. Por meio dos CT, pode ser facilitada a vivência das PC, e ao mesmo tempo, abre-se caminho para a apropriação de conceitos e teorias das Ciências, ou seja, a dimensão 3, as Ideias Centrais Disciplinares, que veremos a seguir.

#### 4.3 AS IDEIAS CENTRAIS DISCIPLINARES

Nesta seção apresentamos um resumo das análises das questões com relação às ICD e a discussão a partir de alguns referenciais relacionado a esta dimensão. Estão dispostos no Quadro 31. Vale lembrar que as Ideias Centrais Disciplinares correspondem a partes essenciais do conhecimento científico, que foram construídos no decorrer da história, são fundamentais para a compreensão de quaisquer fenômenos (NRC, 2012).

**Quadro 31** – As questões do PISA analisadas e as Ideias Centrais Disciplinares identificadas

Número das questões	Temas	ICD1	ICD2	ICD3	ICD4
Q1; Q2	Mudança Climática			Q1, Q2	
Q3	Moscas	Q3	Q3		
Q4; Q5; Q6; Q7; Q8	Ozônio	Q4, Q4, Q4, Q7, Q8	Q8	Q5, Q6	
Q9; Q10; Q11; Q12; Q13; Q14; Q15	Milho	Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15		Q15	
Q16; Q17; Q18; Q19	Água potável	Q17, Q18	Q19	Q16	
Q20; Q21; Q22; Q23; Q24	Cáries dentárias	Q20	Q21, Q22, Q24		Q23
Q25; Q26; Q27	Brilho Labial	Q25, Q26, Q27			
Q28; Q29; Q30; Q31	Massa de pão	Q28, Q29, Q30, Q31	Q30		
Q32; Q33	Um risco para a saúde?		Q32	Q32, Q33, Q33	

Q34; Q35; Q36	Conversor catalítico	Q35, Q35, Q36			Q34, Q36
Q37; Q38; Q39	Efeito Estufa	Q39	Q39	Q37, Q38, Q39, Q39, Q39	
Q40; Q41	O <i>Grand Canyon</i>	Q41		Q40	
Q42; Q43; Q44; Q45	Protetor solar	Q42, Q42, Q43, Q44, Q45			
Q46; Q47; Q48; Q49; Q50	Chuva ácida	Q47, Q48, Q48, Q49, Q50, Q50		Q46, Q46, Q46	Q50
Q51; Q52; Q53	Combustíveis fósseis	Q52	Q51, Q51, Q52	Q53, Q53	
Q54; Q55	Erupções vulcânicas	Q54		Q54, Q55, Q55	
Q56; Q57; Q58; Q59	Usina elétrica azul	Q56, Q58, Q59		Q56, Q57	Q59
<b>59</b>		<b>38 (44)</b>	<b>10 (12)</b>	<b>18 (25)</b>	<b>5</b>

Fonte: o próprio autor.

No Quadro 31 apresentamos um resumo das análises referentes às quatro Ideias Centrais Disciplinares. Vale destacar, que diferentemente das Práticas Científicas e dos Conceitos Transversais, uma mesma questão pode apresentar mais de uma vez a mesma ICD, devido as subcategorias que elas apresentam. Nestes casos, a soma de cada uma das ICD identificadas se encontra entre parênteses, assim, fora dos parênteses (em negrito) estão a soma das ICD, sem repetição.

A Ideia Central Disciplinar que mais esteve presente nas questões foi a **ICD1 - Ciências físicas**, identificada em 38 das 59 questões, correspondendo a 64%. Considerando que cada uma das ICD tem suas subcategorias, elas podem aparecer mais de uma vez em uma mesma questão, assim a ICD1 chega ao número de 44 conteúdos identificados.

A grande incidência de questões na ICD1 pode ser explicada por esta dimensão contemplar principalmente conteúdos de Química e de Física, uma vez que, dizem respeito à matéria e suas interações, movimento, forças, energia e ondas. Além disso, estes conceitos contribuem para a compreensão e construção de explicações a diferentes fenômenos, características importantes valorizadas nas competências da prova do PISA, no que compete a proficiência em Ciências, ou seja, no letramento científico.

A ICD1 ocorre na maioria dos sistemas e processos, o que justifica a grande incidência desta ideia disciplinar, por meio das interações de matéria, energia e força, e suas consequências. São úteis na explicação e previsão de uma ampla variedade de fenômenos.

Comparando, de forma geral, os conteúdos compreendidos na ICD1 com documentos brasileiros, temos que alguns temas são semelhantes. Por exemplo, nos PCN+ – Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - (BRASIL, 2002) há o tema 1 - reconhecimento e caracterização das transformações químicas; o tema 2 - primeiros modelos de constituição da matéria; o tema 3 - energia e transformação química; o tema 4 - aspectos dinâmicos das transformações químicas; o tema 9 - modelos quânticos e propriedades químicas.

Nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (DCE), há similaridades ao conteúdo estruturante: matéria e sua natureza (PARANÁ, 2008).

Temos no Quadro 32 a relação de conteúdos avaliados nas provas do PISA, relacionados à ICD1 – Ciências físicas, retirados de relatórios que apresentam os resultados das aplicações de 2006 e 2015, anos em que o letramento em ciências foi avaliado em maior profundidade.

#### Quadro 32– Sistemas físicos avaliados no PISA 2006 e 2015

<b>PISA 2006</b>	Estrutura e propriedades da matéria, mudanças químicas da matéria, força e movimento, energia, interação entre energia e matéria.
<b>PISA 2015</b>	Estrutura da matéria (modelo de partículas, ligações) Propriedades da matéria (mudanças de estado, condutividade térmica e elétrica); Mudanças químicas da matéria (reações químicas, transferência de energia, ácidos/bases); Movimento e forças (velocidade, fricção) e ação em distância (magnetismo, gravitação e forças eletrostáticas); Energia e transformação (conservação, dissipação, reações químicas) Interações entre energia e matéria (ondas sonoras e luminosas, som e ondas sísmicas).

Fonte: OCDE (2008, p. 35); OCDE (2016, p. 40).

É possível perceber no Quadro 32, que os conteúdos são similares em ambas as avaliações (PISA 2006 e PISA 2015), contudo no ano de 2015 há mais detalhes.

A Ideia Central Disciplinar que menos foi identificada nas questões é a **ICD4 - Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência**, abrangendo cerca de 8% das questões. Isto pode indicar que a proficiência em Ciências no PISA não

prioriza muito a compreensão do desenvolvimento de materiais, por meio da contribuição das Ciências e engenharia, mas reconhece sua importância, pela presença das cinco questões identificadas.

A respeito dos conteúdos que pertencem a esta dimensão e relacionando-os com documentos nacionais, temos os PCN+, que apontam a tecnologia como uma forma de contextualizar o ensino de Ciências, trazendo consigo competências necessárias para a inserção da ciência e reconhecimento de discussão de aspectos práticos e éticos da ciência (BRASIL, 2002). Nas DCE temos a Química sintética como um conteúdo estruturante, que também abrange vários conteúdos científicos, não somente no desenvolvimento de materiais, mas também nos aspectos sociais envolvidos. Pode contribuir para o desenvolvimento econômico do país e amplia as possibilidades que envolve o trabalho humano. A Química Sintética, de acordo com as DCE:

[...] tem papel importante a cumprir, pois com a síntese de novos materiais e o aperfeiçoamento dos que já foram sintetizados, alarga horizontes em todas as atividades humanas. Além disso, o sucesso econômico de um país não se restringe à fabricação de produtos novos, mas sim, à capacidade de aperfeiçoar, desenvolver materiais e transformá-los (PARANÁ, 2008, p. 64).

Temos no Quadro 33 a relação de conteúdos avaliados nas provas do PISA, relacionados à ICD4 – Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência, retirados de relatórios que apresentam os resultados das aplicações de 2006 e 2015, anos em que o letramento em Ciências foi avaliado em maior profundidade.

**Quadro 33** – Engenharia, tecnologia e aplicações da ciência, avaliados no PISA 2006 e 2015

<b>PISA 2006</b>	Relações entre ciência e tecnologia, o papel da tecnologia científica, conceitos e princípios importantes.
<b>PISA 2015</b>	Como um conhecimento epistemológico (sobre ciência) necessários para: produção de soluções para as necessidades humanas (tecnologia).

Fonte: OCDE (2008, p. 35); OCDE (2016, p. 41).

O Quadro 33 relaciona os conteúdos que envolvem a ICD4 para o PISA 2006 e 2015, porém, no PISA 2015 a tecnologia não é apresentada como um conhecimento de conteúdo, mas como um conhecimento sobre ciência, necessário para a compreensão dos conteúdos de ciência.

A **ICD2 - Ciências da vida**, esteve presente em 10 questões investigadas, correspondendo a 17%. A maioria dos conceitos compreendidos nesta dimensão, se referem ao conhecimento da Biologia, por exemplo, das moléculas aos organismos (ICD2.1), hereditariedade (ICD2.3), evolução (ICD2.4). Considerando que cada uma das ICD tem suas subcategorias, assim, a ICD2 chega ao número de 12 conteúdos identificados.

As Ciências da vida foram identificadas nas questões que envolvem processos e relações dos organismos vivos. A partir deste conceito é possível compreender melhor o mundo vivo e, aplicando esse entendimento, contribui na resolução de problemas NRC (2012).

Em relação aos documentos brasileiros, de acordo com os PCN+ (BRASIL, 2002) o tema 8 - química e biosfera, foi o conteúdo que mais se aproximou da ICD2. E nas DCE (PARANÁ, 2008), correspondem, em parte, ao conteúdo estruturante, biogeoquímica, abrangendo tanto esta dimensão quanto a ICD3. De acordo as DCE, temos:

Adota-se o termo biogeoquímica como forma de entender as complexas relações existentes entre a matéria viva e não viva da biosfera, suas propriedades e modificações ao longo dos tempos para aproximar ou interligar saberes biológicos, geológicos e químicos (PARANÁ, 2008, p. 61).

Assim, a biogeoquímica, de acordo com as DCE, compreende conteúdos voltados a relações entre a matéria viva e não viva da biosfera.

Temos no Quadro 34 a relação de conteúdos avaliados nas provas do PISA, relacionados à ICD2 – Ciências da vida (intitulado sistemas vivos), retirados de relatórios que apresentam os resultados das aplicações de 2006 e 2015, anos em que o letramento em Ciências foi avaliado em maior profundidade.

**Quadro 34 – Sistemas vivos, avaliados no PISA 2006 e 2015**

<b>PISA 2006</b>	Células, seres humanos, populações, ecossistemas, biosfera;
<b>PISA 2015</b>	Células (estrutura e função, DNA) Conceito de organismo (unicelular e pluricelular) Seres humanos (saúde, nutrição, subsistemas digestório, respiratório, excretor, reprodutivo e suas relações) Populações (espécies, diversidade, variabilidade, evolução) Ecossistemas (cadeias e teias alimentares, fluxo de matéria e energia) Biosfera (sustentabilidade).

Fonte: OCDE (2008, p. 35); OCDE (2016, p. 40).

Observa-se que os conteúdos no PISA 2006 e no PISA 2015 foram semelhantes, porém, com alguns conceitos adicionais no último ano.

Por fim, a **ICD3 - Ciências da Terra e espaciais** foi a segunda ICD mais identificada nas questões do PISA, uma vez que apresentam mais conhecimentos químicos. Foi identificada em 18 questões totalizando 31%. Considerando que cada uma das ICD tem suas subcategorias, a ICD3 chega ao número de 25 conteúdos identificados.

Este valor pode ser explicado, em parte, pela abrangência desta dimensão, pois compreende conceitos desde o Universo, os planetas, aos sistemas da Terra, como os organismos vivem na Terra, o clima, e entre outros. Esta dimensão é a mais interdisciplinar dentre as outras três. Logo, a ICD3 auxilia o estudante com conceitos das ciências, que o ajudam a compreender e explicar os fenômenos de seu interesse ou necessidade.

A ICD3 compreende conteúdos relacionados a processos que ocorrem na Terra e aborda o seu lugar no sistema solar e na galáxia, envolvendo fenômenos muito grandes e também infinitamente pequenos, apresenta grande complexidade e natureza interdisciplinar NRC (2012). Relacionado aos PCN+ (BRASIL, 2002), constam três temas em que seus conteúdos se aproximam da ICD3, são eles: o tema 5 - química a atmosfera; o tema 6 - química e hidrosfera; e o tema 7 - química e litosfera.

Temos no Quadro 35 a relação de conteúdos avaliados nas provas do PISA, relacionados à ICD3 – Ciências da Terra e espaciais (intitulado sistemas da Terra e espaço), retirados de relatórios que apresentam os resultados das aplicações de 2006 e 2015, anos em que o letramento em Ciências foi avaliado em maior profundidade.

**Quadro 35** – Sistemas da Terra e espaço, avaliados no PISA 2006 e 2015

<b>PISA 2006</b>	Estruturas da Terra e seus sistemas, energia e mudanças nos sistemas da Terra, história da Terra, a Terra no espaço.
<b>PISA 2015</b>	Estruturas do sistema Terra (litosfera, hidrosfera, atmosfera); Energia no sistema Terra (fontes, clima global); Mudanças no sistema Terra (placas tectônicas, ciclos geoquímicos, forças construtivas e destrutivas); História da Terra (origem e evolução, fósseis); Terra no espaço (gravidade, Sistema Solar e galáxias); História e escala do Universo (ano-luz, teoria do Big Bang).

Fonte: OCDE (2008, p. 35); OCDE (2016, p. 41).

Os conteúdos avaliados no PISA 2006 e 2015 apresentam semelhanças, em 2015 há um pouco mais de história e escala do Universo.

Vale lembrar, que as ICD foram elaboradas de forma interdisciplinar, havendo articulação entre as disciplinas, enriquecendo a compreensão dos conteúdos. Além disso, não abordam somente conteúdos científicos, mas os sociocientíficos, como apontam as Orientações Curriculares para o Ensino Médio:

A discussão de aspectos sociocientíficos articuladamente aos conteúdos químicos e aos contextos é fundamental, pois propicia que os estudantes compreendam o mundo social em que estão inseridos e desenvolvam a capacidade de tomada de decisão com maior responsabilidade, na qualidade de cidadãos, sobre questões relativas à Química e à Tecnologia, e desenvolvam também atitudes e valores comprometidos com a cidadania planetária em busca da preservação ambiental e da diminuição das desigualdades econômicas, sociais, culturais e étnicas (BRASIL, 2006, p. 119).

Desta forma, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio apontam que a partir de aspectos sociocientíficos, em proximidade ao que o PISA exige em sua avaliação, os conteúdos precisam estar relacionados a determinados contextos, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão dos estudantes, desenvolvendo valores comprometidos à cidadania, relacionados à química e a tecnologia. Ou seja, que os estudantes sejam letrados cientificamente.

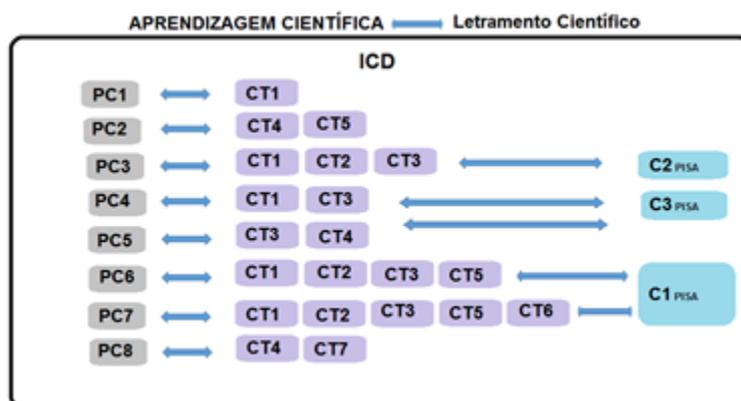
A seguir, apresentamos algumas relações evidenciadas entre as Dimensões da Aprendizagem Científica e as três competências do PISA.

#### 4.4 AS DAC E AS COMPETÊNCIAS DO PISA

Nesta seção apresentamos algumas relações que evidenciamos entre as dimensões 1 e 2 (Práticas Científicas e os Conceitos Transversais) e as três competências do PISA (explicar fenômenos cientificamente, avaliar e planejar experimentos científicos, interpretar dados e evidências cientificamente).

Em síntese, apresentamos na Figura 76, algumas das relações que identificamos entre as DAC e as competências do PISA; aspectos de uma formação que almeja a aprendizagem científica, ou mesmo, o letramento científico.

**Figura 76** – Relações entre as DAC e as competências do PISA



**Fonte:** o próprio autor.

A Figura 76 apresenta um esquema que procura representar a Aprendizagem Científica, mais especificamente o Letramento Científico, uma vez que a prática social é necessária. Pensando em uma formação que almeja o letramento científico, pode-se considerar que a compreensão dos fenômenos ocorre por meio do conhecimento de leis e teorias existentes, que são as Ideias Centrais Disciplinares (ICD), assim, a terceira dimensão está presente quando se utiliza a primeira e segunda dimensão (a ciência como um processo).

De forma geral, o letramento científico, como um processo, pode ser alcançado por meio da vivência das oito Práticas Científicas, no qual são ações que buscam explicar, modelar e compreender o mundo físico, cada uma com suas especificidades. Cada uma das PC pode relacionar-se com outras PC, a fim de possibilitar melhor compreensão do fenômeno de interesse.

A Figura 76 demonstra que para cada PC, existem Conceitos Transversais específicos, que a ajudam na sua implementação, assim como, há também CT que auxiliam na implementação de mais de uma PC. Além disso, as Práticas Científicas e os Conceitos Transversais estão diretamente vinculados às três competências do PISA, a lembrar: explicar fenômenos cientificamente, avaliar e planejar investigações científicas e por fim, interpretar dados e evidências cientificamente.

A primeira competência do PISA, explicar fenômenos cientificamente, requer especialmente a PC6, construir explicações, e a PC7, argumentar a partir de evidências, sendo necessário o conhecimento de leis e teorias da ciência (ICD – Ideias Centrais Disciplinares) e o conhecimento de

procedimentos comuns à investigação científica, podendo relacioná-las ao CT1, padrões; CT2, causa e efeito: mecanismo e previsão; CT3, escala, proporção, medida e quantidade; CT5, energia e matéria. O CT6, estrutura e função, seria mais comum na utilização da PC7, em que se pode utilizar evidências microscópicas no auxílio da elaboração da argumentação.

A segunda competência do PISA, avaliar e planejar investigações científicas, abrange o conhecimento de leis e teorias da ciência (ICD), e seus procedimentos comuns de investigação científica, e na avaliação de perguntas e argumentos científicos (OECD, 2013). Assim, podemos relacionar a esta competência a PC3 - planejar e realizar investigações, e também podemos adicionar a PC1 - formular questões, uma vez que é necessário também avaliar perguntas científicas. São necessárias a estas práticas, o CT1 - padrões; o CT2 - causa e efeito, mecanismo e previsão; e o CT3 - escala, proporção e quantidade, são conceitos essenciais para a investigação científica.

A terceira competência do PISA, interpretar dados e evidências cientificamente, corresponde ao uso de adequados meios para a compreensão dos dados disponíveis, assim como, a avaliação das argumentações disponíveis. Para isso, são necessários a PC4 - analisar e interpretar dados, a PC5 - uso do pensamento matemático e computacional. Para estas PC, é importante o uso do CT1 – padrões; o CT3 - escala, proporção e quantidade. A PC7 - argumentar a partir de evidências também está relacionada, uma vez que esta competência também é compreendida pela avaliação das argumentações disponíveis para a compreensão do fenômeno que se queira compreender, ou explicar.

Assim, podemos perceber que por meio das Dimensões da Aprendizagem Científica, o letramento científico é possibilitado aos estudantes de forma gradativa, com ações específicas (PC) e conceitos norteadores (CT), dando maior sentido ao conteúdo científico (ICD), a fim de se compreender, modelar e explicar o mundo, no contexto do estudante, favorecendo uma atitude crítica. Além disso, por meio das DAC, os professores podem trilhar formas de conduzir a aula, possibilitando o letramento científico, que segundo o PISA, é contemplado por meio do conteúdo, processo, contexto e atitude.

A seguir temos as considerações finais.

## CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando nossa problemática de investigação, que consistiu em identificar e analisar as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC) em questões de Ciências do PISA que abordam conteúdos químicos destacamos que a aprendizagem científica e a proficiência em ciência foram pontos relevantes para a dissertação.

As questões do PISA foram analisadas utilizando como categorias *a priori* as DAC, mais especificamente as Práticas Científicas (PC), os Conceitos Transversais (CT) e as Ideias Centrais disciplinares (ICD).

As oito Práticas Científicas identificadas nas questões do PISA, demonstraram ser necessárias para indicar aos estudantes ações úteis para a compreensão dos fenômenos, ou mesmo, para a sua resolução. As PC que mais ficaram evidentes foram a PC6 - Construir explicações; a PC4 - Analisar e interpretar dados; e a PC3 - Planejar e realizar investigações. Estes resultados estão em sintonia com o significado destas PC, uma vez que enfatizam o envolvimento nas investigações científicas, em que não requer somente habilidades, mas também o conhecimento específico para cada prática, fornecendo assim, múltiplas abordagens para investigar, modelar e compreender o mundo.

Como forma de melhor vivenciar as Práticas Científicas, temos os Conceitos Transversais, que possibilitam orientar as ações, diante da compreensão de um fenômeno, dando maior foco nas ideias dos estudantes, contribuindo na implementação da ação pretendida. Os CT mais identificados foram o CT2 - Causa e efeito: mecanismo e previsão; o CT3 - Escala, proporção e quantidade; e o CT5 - Energia e matéria. Todos estes CT possibilitam investigar, modelar e compreender o mundo, fornecendo ideias que norteiam sua exploração.

As Ideias Centrais Disciplinares reforçam o princípio, de que o conhecimento do conteúdo científico é essencial para a compreensão de fenômenos quaisquer, uma vez que é consequência da contribuição de muitos outros cientistas no decorrer da história. Além disso, ao utilizar as ICD, é possível perceber que na explicação dos fenômenos, os conteúdos científicos não ficam restritos a disciplinas, ou seja, apresentam caráter interdisciplinar. A ICD1 - Ciências físicas, foi a ICD mais identificada nas questões.

Além disso, destacamos que as três dimensões se inter-relacionam, favorecendo a explicação e compreensão dos fenômenos, ou seja, no letramento em Ciências. Por exemplo, em várias questões analisadas, foi identificada a PC1 - Formular questões e a PC6 - Construir explicações; e em ambas, identificamos o CT5, em que a ideia de energia e matéria foi a base necessária utilizada (ou referencial) para a verificação se as perguntas eram científicas ou não, e contribuiu também para a explicação de fenômenos, que envolvia conservação de matéria.

Outro exemplo, o CT3 - Escala, proporção e quantidade, foi identificado nas questões que contemplaram as PC3, PC4 e PC5, contribuindo para a realização de uma sistemática de investigação, na interpretação de dados e no uso do pensamento matemático e computacional, respectivamente. Assim, este CT pode ajudar na elaboração mental que envolve o interpretar, o investigar e o raciocinar matematicamente.

Neste sentido, o letramento científico, de acordo com o PISA e a partir das nossas análises, pode ser compreendido por meio do contexto, do processo (como as PC e os CT), do conteúdo (ICD) e por fim, da atitude; que sendo bem conduzido pelos docentes pode contribuir para a formação de estudantes críticos, que podem melhor compreender o mundo físico e poder mudar/melhorar o ambiente que vivem.

Nessa perspectiva, enfatizamos que as DAC podem favorecer um Ensino de Ciências em que a compreensão do mundo não depende somente de conteúdos específicos acumulados que devem ser aplicados para um problema, mas entendido como um processo. Processo este que pode ser desenvolvido, ao menos, por meio das oito Práticas Científicas, dos sete Conceitos Transversais aqui discutidos e de algumas Ideias Centrais Disciplinares elencadas. Ressaltamos, que este ensino deve ser construído por meio de uma participação ativa dos sujeitos envolvidos neste processo, favorecendo desta forma, o letramento científico.

## REFERÊNCIAS

- AAAS - AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. Proyecto 2061. In: \_\_\_\_\_. **Ciencia**: conocimiento para todos. Oxford: Oxford University Press, cap. 11, 1989, version *on-line*. Disponível em: <<http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/chap11.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M.; FREGOLENTE, A. Focos da aprendizagem docente. **Alexandria**, Florianópolis, v. 5, n. 3, p. 25-48, nov. 2012.
- ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M.; PIZA, C. A. M.; FELIX, R. A. B. O aprendizado científico no cotidiano. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 481-498, 2013.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BATISTA, I. L.; SALVI, R. F.; LUCAS, L. B. Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica. In. ENPEC, 2011, Campinas. **Atas...** Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1554-2.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2016.
- BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. Educação não formal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 4, p. 20, 2005.
- BINGLE, W. H.; GASKELL, P. J. Scientific Literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. **Science Education**, Salem, n. 78, p. 185-201. 1994.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto, 1994.
- BONAMINO, A.; COSCARELLI, C.; FRANCO, C. Avaliação e letramento: concepções de aluno letrado subjacentes ao Saeb e ao Pisa. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 81, p. 91-113, dez. 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2017.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN (+) ensino médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy. **The Science Teacher**, Washington, v. 62, n. 7, p. 28-33, 1995.

\_\_\_\_\_. Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding “A Framework for K-12 Science Education”. **NSTA’s Journals**, dez. 2011. Disponível em: <[http://www.nsta.org/docs/ngss/201112\\_Framework-Bybee.pdf](http://www.nsta.org/docs/ngss/201112_Framework-Bybee.pdf)>. Acesso em: 21 mar. 2016.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, jan. /abr. 2003.

DEBOER, G. E. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. **Journal of research in science teaching**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000. Disponível em: <[http://web.nmsu.edu/~susanbro/eced440/docs/scientific\\_literacy\\_another\\_look.pdf](http://web.nmsu.edu/~susanbro/eced440/docs/scientific_literacy_another_look.pdf)>. Acesso em: 4 maio 2016.

FEJOLO, T. B.; ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M. Aprendizagem científica informal no Pibid: Identificando e interpretando os focos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, dez. 2013.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HURD, P. D. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. **Science Education**, p. 407-416, 1997. Disponível em: <[http://www.csun.edu/~balboa/images/480/Hurd%20-%20Science%20Literacy\[1\].pdf](http://www.csun.edu/~balboa/images/480/Hurd%20-%20Science%20Literacy[1].pdf)>. Acesso em: 6 jul. 2016.

INEP. Programa da OCDE para Avaliação Internacional de Alunos - PISA. **Itens liberados de ciências**. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens\\_liberados\\_Ciencias.pdf](http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens_liberados_Ciencias.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2015.

INEP. PISA 2015 - **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes**: exemplos de itens liberados de Ciências. 2015. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/itens/2015/itens\\_liberados\\_ciencias\\_pisa\\_2015.pdf](http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/itens/2015/itens_liberados_ciencias_pisa_2015.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. 2000. 134f. Dissertação (Mestre em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, jun. 2001.

LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EDU, 1986.

MACEDO, M. S. A. N.; MORTIMER, E. F. Interações nas práticas de letramento em sala de aula: o trabalho com projetos no primeiro ciclo. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 131-152, jan./jul. 2005.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de Ciências. **Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], n. extra, VII Congresso, 2005.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MORYAMA, N. **Aprendizagem da Docência no Pibid-Biologia**: uma caracterização por meio dos focos da aprendizagem docente. 2013. 102f. Dissertação (Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A Framework for K-12 Science Education**: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards, 2012. 320p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Learning Science in Informal Environments**: People, Places and Pursuits. Committee on Learning Science in Informal Environments: Washington, D.C. 2009. 352p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/12190/learning-science-in-informal-environments-people-places-and-pursuits>>. Acesso em: 11 maio 2015.

\_\_\_\_\_. **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy, 1996. 272p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

\_\_\_\_\_. **Taking Science to School**: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. Washington, DC: The National Academies, 2007. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/11625.html>>. Acesso em: 11 maio 2015.

NGSS - NEXT GENERATION SCIENCE STANDARD. **Appendix G – Crosscutting Concepts**, abr. 2013a. Disponível em: <<http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20G%20-%20Crosscutting%20Concepts%20FINAL%20edited%204.10.13.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Appendix I – Engineering Design in the NGSS**, abr. 2013b. Disponível em: <[http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL\\_V2.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/Appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2017.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Brasil no PISA 2015**: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

\_\_\_\_\_. **PISA 2006 estrutura da avaliação**: conhecimentos e habilidades em ciências, leitura e matemática. São Paulo: Moderna, 2007. Disponível em: <<http://www.oecd-library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1>>. Acesso em: 7 fev. 2016.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Matriz de avaliação de ciências**. Tradução do documento: PISA 2015 Draft Science Framework, 2013. Traduzido por Lenice Medeiros – Daeb/Inep. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/marcos\\_referenciais/2015/matriz\\_de\\_ciencias\\_PISA\\_2015.pdf](http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2016.

PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. Educação em Ciências, letramento e cidadania. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 26, p. 3-9, nov. 2007. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a02.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

PARANA. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Química**. [S. l.], 2008.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, set./dez. 2007.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008, 265f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, p. 59-77, 2011.

SOARES, M. **Letramento**: um tema em três gêneros. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2009. p. 13-60.

\_\_\_\_\_. Letramento e alfabetização: as muitas facetas. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-17, jan./fev./mar./abr., 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n25/n25a01.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2016.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão, **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n4/v19n4a02.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2016.

TENRERO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 163-188, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v18n52/10.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2015.