

# Análise das Práticas Científicas em questões que envolvem conceitos químicos do PISA

Paulo dos Santos Nora (PG)<sup>1\*</sup>; Fabiele Cristiane Dias Broietti<sup>2\*</sup> (PQ); Marinez Meneghello Passos<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

<sup>2</sup>Docentes do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina – UEL. Rod. Celso Garcia Cid, PR 445, km 380, Campus Universitário, Londrina, PR – Brasil.

*Palavras-Chave: Práticas Científicas, PISA, Letramento Científico.*

Resumo: Uma das formas que se tem para conhecer a realidade da educação e da aprendizagem dos estudantes, de uma sala de aula, de um município, de um estado ou de um país pode ocorrer por meio de avaliações. O PISA, uma avaliação internacional de larga escala afere habilidades em leitura, matemática e ciências ao final da escolaridade básica, as questões que constituem o PISA buscam estimular o desenvolvimento da capacidade cognitiva dos estudantes, associado a investigação científica e ao uso da tecnologia. Neste trabalho, o objetivo consiste em investigar as práticas científicas contempladas nas questões do PISA. Foram utilizadas como *corpus* as questões que envolvem conceitos químicos das provas dos anos 2000 até 2015, totalizando 66 questões. Como categorias de análise, utilizou-se as oito práticas científicas descritas no NRC (2012). Como resultado, foi encontrado convergência entre as competências exigidas no PISA e as Práticas Científicas, ou seja, esta avaliação aprecia o letramento científico em sua concepção e aplicação, segundo o NRC.

## INTRODUÇÃO

Para que se consiga melhorar a qualidade da educação, torna-se necessário que se conheça suas principais características e deficiências. O Brasil participa do Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes – *Programme for international Student Assessment* (PISA) – que é uma avaliação em larga escala, realizada em vários países, proposta a estudantes na faixa dos 15 anos de idade. O programa é desenvolvido e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), sendo no país, coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

O PISA além de ser uma avaliação que afere as habilidades de leitura, matemática e ciências tem se tornado um programa de longo prazo que monitora tendências em cada ênfase avaliada nos países participantes. Para tanto, no período de três anos, uma área de conhecimento é testada em profundidade, compreendendo cerca de dois terços da prova. Em 2000 e 2009 a ênfase foi dada ao letramento em leitura, em 2003 e 2012 ao letramento em matemática e em 2006 e 2015 ao letramento em ciências.

O PISA avalia considerando a ideia de que as habilidades adquiridas ao longo da escolarização refletem a capacidade dos estudantes 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 (OECD, 2007, p.7).

A combinação de distintas áreas cognitivas em uma avaliação permite que na própria resolução de suas questões seja estimulado o interesse do aluno, motivando-o futuramente para seu envolvimento com a ciência (OECD, 2007), desta forma, é

estimulado o desenvolvimento da capacidade cognitiva dos estudantes, associado à investigação científica e ao uso da tecnologia, com temas familiares ao seu contexto.

Nesta perspectiva não basta somente aprender os conteúdos específicos das disciplinas, mas ser capaz de aplicar essas informações em outros contextos, externos ao ambiente escolar. O termo que melhor explica essa concepção mais ampla de conhecimentos e habilidades é conhecido como “letramento científico”.

O conceito de “Letramento Científico”, ou “Alfabetização Científica”, é discutido na literatura (Sasseron e Carvalho, 2011; Tenreiro-Vieira e Vieira, 2013), e certamente a definição adotada pela OCDE não é a única. O letramento científico, no PISA, é definido com base em quatro principais dimensões de natureza diferenciada: conteúdos, processos, contextos e atitudes (OECD, 2007). A primeira diz respeito aos conhecimentos dos alunos 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.

Outros documentos também mencionam a importância do letramento científico, como no NRC (1996), em que este termo significa 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 prever os fenômenos naturais.

Nesse contexto e considerando a importância do letramento científico para a formação dos estudantes, o objetivo deste trabalho está em investigar as Práticas Científicas, contempladas nas questões do PISA que envolvem conceitos químicos, de acordo com o NRC (2012). Neste documento, as Práticas Científicas empregadas são: 1) formular questões; 2) desenvolver e usar modelos; 3) planejar e realizar investigações; 4) análise e interpretação de dados; 5) uso do pensamento matemático e computacional; 6) construir explicações; 7) argumentar a partir de evidências e em 8) obter, avaliar e comunicar a informação. Estas práticas serão descritas em seção própria.

## LETRAMENTO CIENTÍFICO

O significado de letramento científico utilizado neste trabalho refere-se à ideia de que o indivíduo, no nosso 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).

De acordo com documentos 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 a investigação científica e como eles possibilitam o avanço da ciência” (OECD, 2015 p. 4). De acordo com esse documento, nossos jovens devem se tornar consumidores críticos diante da informação científica e frente a problemas sócio-econômico-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, 2015, 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.

Em outro documento, elaborado por um comitê de pesquisadores sob a coordenação geral do National Research Council (NRC) e utilizado como referência neste trabalho, há aspectos adicionais sobre o letramento científico. Esses pesquisadores realizaram uma ampla revisão de trabalhos relacionados à aprendizagem científica, no que diz respeito às ideias e práticas da ciência. As conclusões resultantes desafiam a comunidade da educação científica, a examinar algumas suposições sobre o potencial das crianças e adolescentes para aprender ciências. O letramento científico é discutido nestes documentos, 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.

Está indicado também 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 cientificamente e tecnologicamente informadas” (NRC 1996, p. 22). Tenreiro-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 a gerar; e (7) argumentar com base em evidências científicas (TENREIRO-VIEIRA E VIEIRA 2013, p. 169).

O NRC (2007), intitulado “*Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*” discute como deve ser o ensino de ciências a estudantes do nível K-8, equivalente ao 9º no do Ensino Fundamental no ensino brasileiro, e descreve o que estudantes considerados proficientes em ciência deverão ser capazes de fazer, em ambientes formais de aprendizagem, considerados como “ensino escolar institucionalizado, cronologicamente gradual e hierarquicamente estruturado” (BIANCONI e CARUSO, 2005 p. 20). O documento elenca que os estudantes,

proficientes em ciência, deveriam ser capazes de: 1) conhecer, usar e interpretar explicações científicas; 2) gerar e avaliar evidências e explicações científicas; 3) conhecer a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico e; 4) participar produtivamente da prática e do discurso científico.

O NRC (2009), com o título “*Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*” enfatiza a respeito do ensino de ciências que ocorre em ambientes informais e que essa 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 e CARUSO, 2005, p. 20). O NRC (2009) reafirma as características expressas no NRC (2007), e por ser destinado a ambientes informais de aprendizagem, é relevante valorizar o interesse pela ciência e a identidade com a ciência, portanto, o ensino em ciências nestes ambientes deve ser orientado, por: 1) desenvolvimento do interesse pela ciência; 2) compreensão do conhecimento científico; 3) envolvimento com o raciocínio científico; 4) reflexão sobre a natureza da ciência; 5) envolvimento com a prática científica e; 6) identificação com o empreendimento científico (ARRUDA *et al.*, 2013; OECD, 2013).

Por sua vez, o NRC (2012), denominado por “*A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*”, apresenta a importância do ensino e do aprendizado da ciência, ressaltando que ela permeia muitos aspectos da vida moderna e é de grande importância para o avanço tecnológico do país, frente aos anseios mundiais por desenvolvimento. Este documento aponta a importância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado de ciência e descreve três dimensões necessárias para isso: 1) *Práticas Científicas*: em que são descritas as principais práticas que os cientistas empregam para investigar, construir modelos e teorias sobre o mundo; 2) *Conceitos Transversais*: são conceitos unificadores que têm aplicação em todos os domínios da ciência e; 3) *Ideias disciplinares centrais*: partes essenciais das disciplinas científicas a serem abordadas.

Propor uma aprendizagem da ciência 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. Para este trabalho as Práticas Científicas serão consideradas como categorias *a priori* que ressaltam diferentes práticas da competência científica e serão detalhadas na próxima seção.

## AS PRÁTICAS CIENTÍFICAS

Engajar-se em Práticas Científicas (PC) auxilia os estudantes a entenderem como o conhecimento científico é construído, e tal envolvimento fornece aos estudantes uma variedade de abordagens que são usadas para investigar, modelar e explicar o mundo.

O NRC (2012) descreve oito práticas consideradas essenciais a serem desenvolvidas pelos estudantes ao longo da escolaridade, apresentadas no Quadro 1. Vale destacar que ao fazer ciência, as práticas são desenvolvidas de forma interativa e em combinação; elas não devem ser vistas como uma sequência linear de passos a serem tomadas 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, reformulando e refinando questões que podem ser 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 e posteriormente comunica-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 argumento 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 Obter, avaliar e comunicar a informação.</b>	Compreende a comunicação de ideias e dos resultados da 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 PC 1 consiste na busca de respostas ao fenômeno em questão, a partir de teorias conhecidas, podem estar precedidas: O quê? Por quê? Como? Nesta PC podem-se questionar características, padrões e contradições em questões já elaboradas (NRC, 2012). 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).

Na PC2 inclui-se o uso de diagramas, representações matemáticas e analogias com a finalidade de contribuir para que se exteriorize aquilo que se pensa sobre uma situação ou um conceito, sendo possível fazer previsões e testar explicações hipotéticas. Pretende-se com esta prática fazer uso de ferramentas para entender e investigar aspectos de um sistema ou evento (NRC, 2012).

A PC3 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. Os objetivos desta prática são: formular questões investigativas adequadas, decidir quais dados podem ser agrupados adequadamente a fim de produzir medidas confiáveis; planejar experimentos e procedimentos, e considerar possíveis efeitos/erros para poder controlá-los.

A PC4 é essencial para a compreensão de um fenômeno e para responder a uma questão científica, pois, as investigações científicas produzem dados que devem ser analisados e organizados de forma apropriada. Para isso, os cientistas usam uma variedade de ferramentas, incluindo tabulação, interpretação gráfica, visualização, e análise estatística para identificar características significativas e padrões nos dados. Fontes de erro podem ser identificadas e o grau de certeza calculado.

A PC 5 consiste na utilização de ferramentas fundamentais para a representação física de variáveis e suas relações. Elas são usadas na construção de simulações, análise estatística de dados, para expressar aplicações e relações quantitativas. Os objetivos desta prática consistem em reconhecer quantidades dimensionais e o uso de unidades apropriadas em aplicações científicas de fórmulas matemáticas; usar testes e programas para comparar resultados novos com o que se conhece sobre o mundo, e verificar se: “faz sentido”; usar nível de conhecimento matemático na análise de dados (NRC, 2012).

Na PC6 ressalta-se a explicação de fenômenos a partir do que se conhece de teorias científicas a respeito, apresenta os seguintes objetivos: construir 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 de outros.

A PC7 compreende que os cientistas devem defender suas explicações, formular evidências baseadas em uma fundamentação sólida de dados, examinar seu próprio entendimento à luz das evidências e dos comentários oferecido por outros, e colaborar com os colegas na busca da melhor explicação para o fenômeno que está sendo investigado. Os objetivos são: construir argumentos científicos mostrando como os dados apoiam a afirmação; identificar possíveis lacunas nos argumentos científicos e discuti-los a partir de conhecimentos e evidências; identificar falhas nos próprios argumentos e modificar, melhorar em resposta às críticas (NRC, 2012).

Por fim, a PC8 compreende a importância da comunicação de ideias e dos resultados da investigação e do engajamento nas discussões com os seus pares científicos. Os objetivos são: usar palavras, gráficos, tabelas, diagramas e expressões matemáticas para comunicar o conhecimento ou para questionar sobre o sistema em estudo; ler textos científicos usando tabelas e gráficos mediante o conhecimento científico e explicar como as ideias têm sido comunicadas; reconhecer as principais características da escrita científica e ser capaz de comunicá-las; engajar em uma leitura crítica da literatura científica e discutir a validade e a confiabilidade dos dados hipóteses e conclusões (NRC, 2012).

## METODOLOGIA

As investigações e análises sobre as PC abordadas nas questões do PISA foram desenvolvidas com o uso da análise textual com ênfase nos procedimentos e critérios da Análise de Conteúdo apresentados por Bardin (2011). Para o desenvolvimento da análise foram utilizadas como *corpus* da pesquisa questões de Ciências do PISA presentes nas provas dos anos 2000, 2003, 2006, 2009, 2012 e 2015, disponibilizadas pelo INEP.

No caderno de itens liberado pelo INEP há 122 questões de Ciências, subdivididos em 33 temas, sendo que destas, 56 questões abordam conteúdos de química, 44 de biologia e 22 de física. Em 2015 foram liberadas outras 32 questões, de um total de 8 temas, 10 questões abordam conteúdos de química, 17 de física e 5 de

biologia. O critério escolhido para selecionar as questões consistiu em eleger as que envolviam algum conceito químico, dessa forma foram selecionadas 66 questões. Foram utilizadas como categorias *a priori* as Práticas Científicas estabelecidas no NRC (2012), apresentadas no Quadro 1. Busca-se com essa caracterização, investigar quais PC são evidenciadas nas questões do PISA e a relevância do letramento científico por meio das disciplinas científicas no ensino obrigatório, ampliando a visão de ciências adquirida pelos estudantes nesta etapa de ensino.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação das questões nas distintas PC foi realizada considerando o enunciado das questões propostas e a resposta esperada para cada uma delas, ambos descritos no caderno de itens liberado pela OCDE e disponibilizado no sítio eletrônico do INEP (<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-itens>). A seguir apresentamos algumas questões e exemplos das análises.

Na Figura 1 apresentamos as questões 3 e 4 que abordam o tema Efeito Estufa.

### EFEITO ESTUFA

Leia os textos e responda às questões que seguem.

#### 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 frequentemente 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.

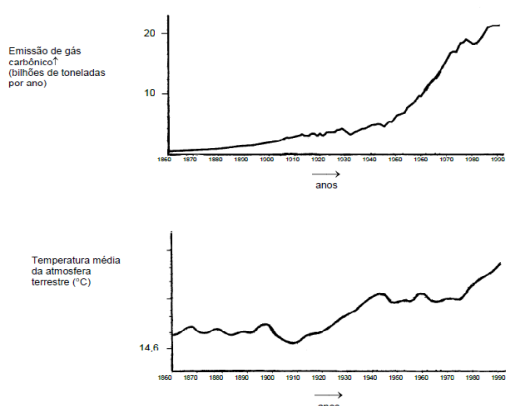


Figura 1: Questões 3 e 4 do tema efeito estufa.

Fonte: Questões de Ciências da prova do PISA (OCDE, p. 112-113).

Na questão de número 3, o estudante necessita comparar os gráficos e identificar evidências que justifiquem a conclusão de André, ou seja, que a emissão do gás carbônico é o responsável pelo aumento da temperatura média da atmosfera. Para

#### QUESTÃO 3 : EFEITO ESTUFA

O que há nos gráficos que justifica a conclusão de André?

#### EFEITO ESTUFA: CORREÇÃO 3

Crédito completo

Código 11: 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.
- Porque 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.

Código 12: Refere-se a uma relação positiva entre a temperatura e a emissão de gás carbônico.

[Observação: apesar da relação "diretamente proporcional" não ser correta, esta resposta pode ser considerada correta no seu conjunto.]

- A quantidade de CO<sub>2</sub> e a temperatura média da Terra são diretamente proporcionais
- Elas possuem um traçado análogo que indica uma relação.

#### Questão 4 : EFEITO ESTUFA

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.

#### EFEITO ESTUFA: CORREÇÃO 4

Crédito completo

Código 21: 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 e 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.

a questão de número 4, o estudante precisa identificar no gráfico, partes que não justificam a conclusão do André e explicar a resposta.

**Quadro 2: Classificação das questões 3 e 4 do PISA.**

Tema	Questões	Práticas Científicas
Efeito Estufa	3	4
	4	4 e 7

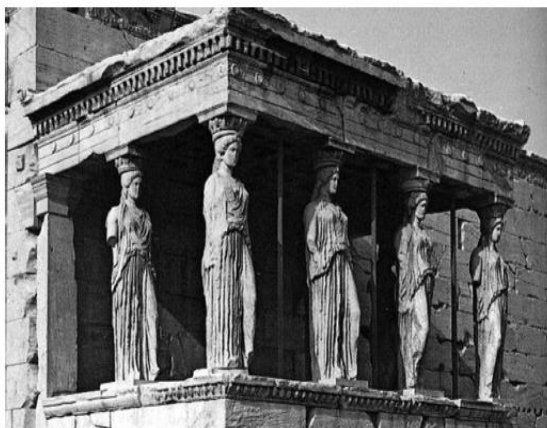
Fonte: os autores

Na questão 3 foi identificada 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. Para a questão 4 foram identificadas PC4 e PC7 – Argumentar a partir de evidências. A PC4 se deu pelos mesmos motivos da questão 3; e PC7 visto que a questão solicita que identifique nos gráficos evidências que a posição assumida por Jane, é contrária à de André.

Na Figura 2 apresentamos as questões 5 e 8 do tema Chuva Ácida.

### CHUVA ÁCIDA

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.

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.

#### QUESTÃO 5: CHUVA ÁCIDA

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.

---



---

#### Crédito completo

Código 2: 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.

#### QUESTÃO 8: CHUVA ÁCIDA

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.	

#### CHUVA ÁCIDA: CORREÇÃO 8

##### Crédito completo

Código 2: Para cada um dos problemas, o aluno propõe uma questão pertinente (uma para cada problema), cuja solução necessita da intervenção dos cientistas ou tecnólogos.

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?

**Figura 2: Questões 5 e 8 do tema chuva ácida**  
 Fonte: Questões de Ciências da prova do PISA (OCDE, p. 138-139)



Na questão 5, o estudante necessita explicar porque os alunos incluíram uma etapa no experimento e na questão 8, o estudante deve propor uma questão pertinente a cada um dos problemas no qual é possível a intervenção de um cientista.

**Quadro 3: Classificação das questões 5 e 8 do PISA.**

Tema	Questões	Práticas Científicas
Chuva Ácida	5	3
	8	1

Fonte: os autores

Identificamos na questão 5 a PC3 – Planejar e realizar investigações, uma vez que a inclusão dessa etapa no experimento serve para comparar o teste do ácido e do mármore, evidenciando a necessidade do ácido para que ocorra a reação. Na questão 8, identificamos a PC1 - Formular questões, uma vez que é solicitado ao estudante elaborar uma questão científica para que o problema seja solucionado e/ou investigado.

Na Figura 3 apresentamos as questões 1 e 2 do tema Ozônio.

**OZÔNIO - TEXTO**

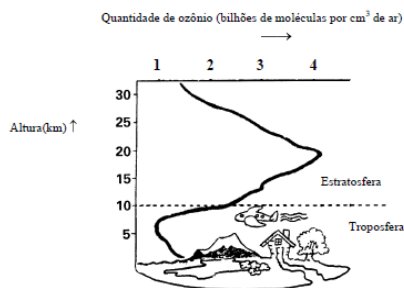
Leia a seguinte seção de um artigo a respeito da camada de ozônio.

- 05 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 como um escudo protetor para a vida na Terra.
- 10 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 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.
- 15 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 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.
- 20 Sem essa camada de ozônio benéfica, os humanos seriam mais 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 entitulado '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

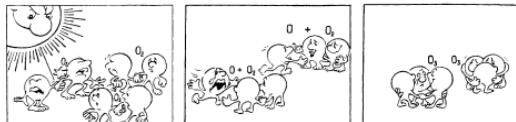


moléculas de ozônio na atmosfera.

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

**OZÔNIO - QUESTÃO 1**

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<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> 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.

**OZÔNIO - CORREÇÃO 1**

OBJETIVO DA QUESTÃO: Processo : Comunicação  
 Tema: Mudanças físicas e químicas  
 Área: Ciência da Terra & Meio Ambiente

Nota 3: 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);

**OZÔNIO – QUESTÃO 2**

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.

**OZÔNIO- QUESTÃO 2**

OBJETIVO DA QUESTÃO: Processo: Tirar/avaliar conclusões  
 Tema: Mudança atmosférica  
 Área: Ciência da Terra & Meio Ambiente

Nota 1: Ruim. É formado na troposfera.

**Figura 3: Questões 1 e 2 do tema Ozônio**  
 Fonte: Questões de Ciências da prova do PISA (OCDE, p. 32-33)

Na questão 1, é solicitado aos estudantes que com base nas ilustrações dos quadros seja explicado como o ozônio é formado na atmosfera, descrevendo os

processos. Para a questão 2 é solicitado que o estudante responda se o ozônio formado em tempestades com trovoadas seria o “ozônio bom” ou o “ozônio ruim”.

**Quadro 4: Classificação das questões 1 e 2 do PISA.**

Tema	Questões	Práticas Científicas
Ozônio	1	4; 6 e 8
	2	4

Fonte: os autores

Na questão 1 identificamos as seguintes PC: Analisar e interpretar dados (PC4), uma vez que é necessário interpretar os dados do texto e as representações expressas nos quadrinhos; Construir explicações (PC6), já que o estudante deve estruturar uma explicação dos fenômenos representados na figura e Obter, avaliar e comunicar a informação (PC8), pelo fato de ser solicitado que se comunique a explicação dos quadrinhos a outra pessoa, que supostamente é leiga no assunto (seu tio) havendo portanto, a necessidade de adaptar a linguagem. Para a questão 2 foi identificada a PC4 – Analisar e interpretar dados, pois a partir das informações do enunciado da questão e do diagrama contido é possível avaliar a resposta que corresponde à questão inicial.

O mesmo movimento foi adotado para as demais questões que versam sobre Química e que compõem as provas investigadas. A seguir apresentamos, no Quadro 5, os temas das questões do PISA, o número das questões analisadas e as PC identificadas.

**Quadro 5: Questões do PISA e Práticas Científicas identificadas.**

Temas das questões	Número das questões	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Mudança Climática	(1); (2)				(1);(2)	(1); (2)		(1);(2)	
Milho	(1);(2);(3); (4);(5);(6); (7)	(4)		(4);(7)	(1);(7)		(2);(3); (5);(6)		
Moscas	(1);(2)			(1)			(1);(2)		
Ozônio	(1);(2);(3); (4);(5);(6)				(1);(2); (3);(4); (6)	(4)	(1);(3); (6)		(1)
Água potável	(1);(2);(4); (6);(7)			(6)			(1);(2); (4);(6)		
Cáries dentárias	(1);(2);(4); (7)(8)	(7); (8)		(8)	(1);(2);(4)	(4)	(2);(7)		
Brilho Labial	(1);(2);(3)			(1)		(1)	(2);(3)		
Massa de pão	(1);(2);(3); (4)			(2)	(1)		(1);(3); (4)		
Um risco para a saúde	(1);(3)			(1);(3)	(1);(3)				
Conversor catalítico	(1);(2);(3)			(3)	(1);(2);(3)		(2)	(1);(2)	
Efeito Estufa	(3);(4);(5)				(3);(4);(5)	(3); (4); (5)	(5)	(3);(4);(5)	
O Grand Canyon	(1);(3);(4); (5);(7)	(7)			(3)		(1);(3); (4);(5)		
Protetor solar	(2);(3);(4); (5)	(3)		(2);(3);(4)	(2);(3);(5)		(4);(5)	(5)	
Chuva ácida	(2);(3);(4);	(8)		(5)	(3)	(3)	(2);(4);		

	(5);(8)						(5)		
Combustíveis fósseis	(1);(2);(3)				(2);(3)	(2);(3)	(1)	(2);(3)	
Erupções vulcânicas	(1);(3);(4)				(1);(3);(4)		(3)		
Usina elétrica azul	(1);(2);(3);(4)		(1);(2)		(1);(2);(3)		(4)		
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	<b>11</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>1</b>

Fonte: os autores

É possível perceber, no Quadro 5, que as PC mais identificadas nas questões foram a PC4 e a PC6, ambas contempladas em 34 questões, o que representa cerca de 50% das questões. Isto é de se esperar, pois, dentre as competências da prova do PISA estão: Explicar fenômenos cientificamente e interpretar dados e evidências cientificamente, competências 1 e 3, respectivamente (OECD, 2013). As questões classificadas nestas práticas solicitam que os estudantes construam explicações dos fenômenos a partir de dados gráficos, imagens e a partir de evidências empíricas, necessitando que se estabeleça raciocínio científico coerente para respondê-las, demonstrando também domínio do conhecimento científico adequado.

As PC que apareceram de forma escassa nas questões analisadas foram PC8 e PC2. Obter, avaliar e comunicar a informação foi identificada em somente uma questão, na qual deveria ser elaborada uma explicação para ser comunicada a outros indivíduos, devendo ser adaptada ao destinatário. Quanto a PC2 – desenvolver e usar modelos, esta foi identificada em duas questões, ambas na avaliação de 2015, o que pode ser justificado pelo fato dessa avaliação ter acontecido de forma digital o que contribui para o uso de modelos.

As demais Práticas foram identificadas em seis questões (PC1); 14 (PC3); 11(PC5) e 10 (PC7). A PC1 esteve relacionada à avaliação de questões consideradas científicas e a elaboração de uma questão, passível de ser investigada. A PC3 foi referente ao conhecimento de teorias e a habilidades em realizar investigação de acordo com o problema em questão. A PC5 esteve voltada a utilização do pensamento e recurso matemático a fim de explorar os dados e relações existentes. Por fim a PC7 consistiu 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.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da identificação das PC nas questões do PISA foi possível investigar acerca do letramento científico, uma vez que as questões exigem em sua resolução além do conhecimento de leis e teorias, raciocínio e habilidades voltadas a contextos atuais diversos.

As competências científicas, estabelecidas na Matriz do PISA, a saber: explicar fenômenos cientificamente; avaliar e planejar experimentos científicos e interpretar dados e evidências cientificamente, tanto definem o que se espera de um indivíduo letrado cientificamente, quanto se aproximam das definições de cada uma das PC estabelecidas no NRC (2012), utilizadas nesta pesquisa como categorias *a priori*.

As questões do PISA, em sua maioria, contemplam PC que possibilitam o letramento científico. Contudo, ressaltamos a importância de se abordar essas Práticas no contexto das aulas de forma a possibilitar uma visão de Ciências mais ampla a fim de

estimular/desenvolver a capacidade de decisões dos estudantes para uma participação ativa na sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. 485-487, 2013.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. Educação não formal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.57, n.4, p. 20, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy, 1996. 272p.  
Disponível: < <http://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>>. Acesso em: 26 jan. 2016.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **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 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.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Itens liberados de Ciências**. INEP.  
Disponível:<[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.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **PISA 2015: Exemplos de Itens liberados de Ciências**. Tradução do documento: CY6\_TST\_PISA2015FT\_Released\_Cognitive\_Items Produced by ETS (Core 3 Contractor). Traduzido por Lenice Medeiros – Daeb/Inep. 2015.  
Disponível:<[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.
- 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:<[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.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **PISA 2006 estrutura da avaliação: conhecimentos e habilidades em ciências, leitura e matemática**. São Paulo: Moderna, 2007.  
Disponível: < <http://www.oecd-library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1>>. Acesso em: 07 fev. 2016.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v.16, p. 59-77, 2011.
- TENRERO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, [S. l.], v. 18, n. 52, p. 163-188, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v18n52/10.pdf>>. Acesso em 05 out. 2015.