

Um estudo das questões de Ciências do PISA: analisando os conceitos transversais

RESUMO

O objetivo deste artigo consiste em identificar e analisar os Conceitos Transversais (CT) contemplados em questões de Ciências do PISA, em especial aquelas que abordam conteúdos químicos. As questões investigadas correspondem aos anos de aplicação entre 2000 a 2015, totalizando 59 questões. Foram analisados os enunciados das questões bem como as respostas esperadas descritas no site do INEP. Trata-se de um estudo predominantemente qualitativo em que se fez uso dos pressupostos metodológicos da análise de conteúdo. Os CT podem ser considerados como conceitos unificadores que têm aplicação em todos os domínios da ciência, a saber: 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; CT7 - estabilidade e mudança. Os CT foram utilizados, nesta pesquisa, como categorias a priori sendo que os mais evidenciados nas questões analisadas foram o CT2; CT3 e o CT5, uma vez que se encontram diretamente ligados ao conceito de letramento científico e às competências científicas avaliadas pelo PISA. Mediante as análises, consideramos que, por meio dos CT, ideias norteadoras podem ser trazidas aos estudantes e contribuir para melhor investigar, modelar e compreender o mundo, ajudando também na compreensão de fenômenos científicos, valorizando a aprendizagem científica como um processo.

PALAVRAS-CHAVE: Conceitos Transversais. PISA. Letramento Científico. Ensino de Ciências.

Paulo dos Santos Nora

paulo.nora@gmail.com

orcid.org/0000-0002-4606-2720

Universidade Estadual de Londrina (UEL),
Londrina, Paraná, Brasil

Fabiele Cristiane Dias Broietti

fabieledias@uel.br

orcid.org/0000-0002-0638-3036

Universidade Estadual de Londrina (UEL),
Londrina, Paraná, Brasil

INTRODUÇÃO

A expressão letramento científico tem sua origem no termo inglês “*scientific literacy*”, mencionado em vários referenciais, tais como (AAAS, 1989; NRC 1996; NRC 2012). Porém, quando nos deparamos com a tradução, encontramos os seguintes vocábulos: alfabetização científica, letramento científico e enculturação científica, termos discutidos em Sasseron (2008) apresentando significados práticos semelhantes:

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).

Neste estudo decidimos utilizar o termo letramento científico, em vista do uso da ciência como uma prática social e por esta expressão ser a utilizada pelo PISA (*Programme for International Student Assessment*) e INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira).

O PISA é uma avaliação de larga escala que afere habilidades em ciências, matemática e em leitura, no final da escolaridade básica. 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).

Nessa perspectiva, no PISA, o letramento científico está definido a partir de três competências, as quais o estudante é capaz de se envolver com as questões relacionadas com a ciência, como um cidadão reflexivo:

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 descritas acima são necessárias, a fim de que a pessoa consiga participar de um discurso fundamentado sobre a ciência. Ou seja, jovens devem se tornar consumidores críticos diante da informação científica e frente a problemas socioeconômico-ambientais.

Considerando as competências do PISA descritas acima, assim como o letramento científico, os estudantes precisam da ajuda do professor, neste caso, de química, para que os auxiliem em sua formação, a fim de se tornarem letrados cientificamente, compreendendo a ciência como um processo, presente em vários aspectos da sua vida cotidiana.

Como uma forma de melhor compreender esta aprendizagem em ciências, trazemos as Dimensões da Aprendizagem Científica (DAC).

As DAC foram propostas por um comitê de pesquisadores norte-americanos, do *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. Neste documento é apresentada a importância do ensino e do aprendizado das Ciências, e assinalada a relevância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado das Ciências descrevendo três dimensões necessárias para isso:

1) Práticas Científicas (PC): correspondem às 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 (CT): 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 (ICD): 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.

Para este estudo, nosso enfoque será somente na identificação e análise da segunda dimensão, os Conceitos Transversais (CT), contemplados em questões do PISA que abordam conteúdos químicos.

OS CONCEITOS TRANSVERSAIS

Os Conceitos Transversais (CT) correspondem à segunda dimensão da aprendizagem científica, descritos no NRC (2012). Podem ser compreendidos como 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.

No Quadro 1 apresentamos os sete Conceitos Transversais mencionados no NRC (2012).

Quadro 1 – Conceitos transversais e suas descrições

Conceitos Transversais	Descrição
CT1 Padrões	Padrões são importantes para orientar a organização e a classificação. Isso depende da cuidadosa observação de similaridades e diferenças que incitam questões acerca das relações e dos fatores que influenciam estes padrões.
CT2 Causa e efeito: mecanismo e previsão	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.
CT3 Escala, proporção e quantidade	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.
CT4 Sistemas e modelos de sistema	Cientistas e estudantes aprendem a definir pequenas porções do mundo natural, denominadas de sistemas, para investigá-las. Sistema é um grupo organizado de objetos relacionados ou componentes que formam um conjunto.
CT5 Energia e matéria	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.
CT6 Estrutura e função	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 eles são feitos.
CT7 Estabilidade e mudança	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: Autoria própria (2017).

Os Conceitos Transversais podem fornecer uma estrutura conectiva que apoia a compreensão das Ciências pelos estudantes, facilitando a compreensão dos fenômenos em estudo, nas disciplinas específicas (NGSS, 2013). Além disso, não devem ser ensinados de forma isolada, mas a partir de exemplos fornecidos no contexto disciplinar; por meio desta linguagem, podem ajudar os estudantes a reconhecer que um mesmo conceito pode ser relevante em diferentes contextos (NRC, 2012).

CONTEXTO DA PESQUISA E CAMINHO METODOLÓGICO

O PISA é uma avaliação em larga escala internacional, elaborada em 1997 por um consórcio de instituições, lideradas pelo *Australian Council for Educational Research*, no âmbito da *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), 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. 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, levando em consideração os contextos cultural e curricular dos países membros (OCDE, 2007).

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 (OCDE, 2016).

Esta avaliação ocorre a cada três anos, tendo sido aplicada 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). No Brasil, no ano de 2009 participaram 9.295 estudantes e nos anos de 2012 e 2015, 18.589 e 23.141 estudantes, respectivamente, devido à dimensão geográfica do Brasil, assegurando melhor qualidade aos resultados.

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.

De acordo com a Matriz de avaliação de Ciências do PISA, como já mencionado, o letramento científico é definido por três competências básicas: 1 – explicar fenômenos cientificamente, 2 – avaliar e planejar experimentos científicos, 3 – Interpretar dados e evidências cientificamente. Estas competências descritas vão além do conhecimento do conteúdo e dependem da compreensão de como o conhecimento científico é construído.

Considerando o objetivo desta pesquisa, que consiste em identificar e analisar os CT contemplados nas questões de ciências do PISA fizemos uso de uma 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. Nesta abordagem, os encaminhamentos da pesquisa são relevantes e não somente a conclusão, que é a consequência. Embora a pesquisa qualitativa não seja generalizável, pode fornecer grandes indícios, a partir da utilização de métodos apropriados, reduzindo os erros de subjetividade na análise e interpretação dos dados.

As análises foram desenvolvidas com o uso da análise textual com ênfase nos procedimentos e critérios da Análise de Conteúdo (AC), preconizadas por Bardin (2011), definida como um conjunto de técnicas de análise de comunicações (entrevistas, relatórios e outros documentos) visando a descrição destes documentos, a partir de procedimentos sistemáticos, permitindo a inferência de conhecimentos relativos, atingindo assim, uma maior compreensão de seus significados.

Os sete Conceitos Transversais, descritos no NRC (2012) foram utilizados como categorias *a priori*, uma vez que foram utilizadas da mesma forma que apresentadas no referencial teórico utilizado.

As questões selecionadas para análise foram extraídas de dois cadernos de itens liberados no portal do INEP, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Quantidade de questões e conteúdos predominantes

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

Fonte: Autoria própria (2017).

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. 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 predominantemente conteúdos de Química. Portanto, foram analisadas nesta pesquisa 59 questões, referentes aos anos de 2000 a 2015.

Após selecionar as questões, estas foram codificadas de Q1 a Q59 e foi realizada a leitura dos enunciados, bem como das respostas esperadas, descritas no caderno de itens, buscando evidenciar os CT descritos no Quadro 1. Assim, após esta etapa de preparação das informações e unitarização, a categorização ocorreu a partir da utilização dos Conceitos Transversais como categorias *a priori*; em seguida a descrição das questões e os CT evidenciados, juntamente com a justificativa de tais escolhas, por fim, a interpretação, com uma compreensão mais aprofundada acerca das questões, a partir dos referenciais utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vale lembrar que os sete CT são constituídos por conceitos que ajudam o estudante na construção de esquemas conceituais e processuais, fornecendo ideias que o ajudam a compreender o mundo, neste caso, auxiliando na resolução das questões de Ciências do PISA.

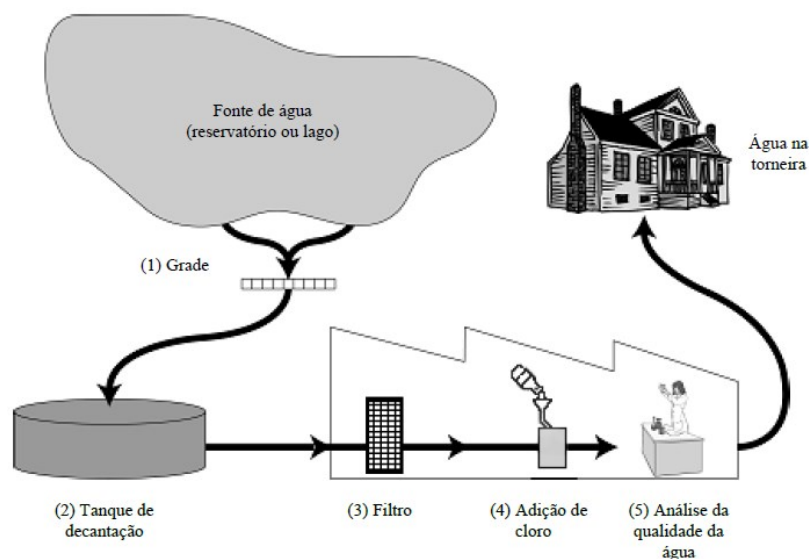
Estes conceitos são: Padrões (CT1); Causa e efeito: mecanismo e previsão (CT2); Escala, proporção e quantidade (CT3); Sistemas e modelos de sistema (CT4); Energia e matéria (CT5); Estrutura e função (CT6) e Estabilidade e mudança (CT7). A classificação das questões nos diferentes CT ocorreu pela análise do enunciado das questões propostas e a resposta esperada para cada uma delas.

A seguir apresentaremos exemplos de algumas questões e a identificação e análise dos Conceitos Transversais. Tais questões foram escolhidas, dentre as 59 questões, por apresentarem em sua totalidade, os sete Conceitos

Transversais, cada uma com sua particularidade, contribuindo para a compreensão acerca dos CT. Além disso, exploram variadas formas de apresentação das informações necessárias à resolução das questões (fluxograma, quadro, esquema, texto) podendo auxiliar na compreensão do leitor, acerca de como se apresentam as questões nas provas do PISA.

Na Figura 2 temos a questão Q16 que versa sobre o tema Água potável. O texto utilizado como suporte para esta questão encontra-se na Figura 1.

Figura 1 – Esquema fornecido para as questões que versam sobre o tema Água potável



Fonte: INEP (2015, p.45).

A Figura 1 apresenta um fluxograma que ilustra como se dá o tratamento de água, ou seja, as várias etapas dos processos de separação, como o gradeamento, a decantação, a filtração, a cloração, o teste de qualidade da água, até chegar às residências. Na sequência apresentamos a Figura 2 com a questão Q16 que aborda sobre este tema.

Figura 2 – 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).

Primeiro, a questão Q16 discorre a respeito da qualidade da água subterrânea. Depois, 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).

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

Em seguida, na Figura 3, apresentamos o texto/quadro utilizado como suporte para a questão Q25 que versa sobre o tema Brilho labial (o cosmético).

Figura 3 – Texto e quadro fornecido para as questões que abordam sobre o tema Brilho labial

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>Ingredientes: 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>Modo de fazer: 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>Ingredientes: 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>Modo de fazer: 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 apresentamos, na figura 4, a questão Q25, que trata deste tema.

Figura 4 – 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).

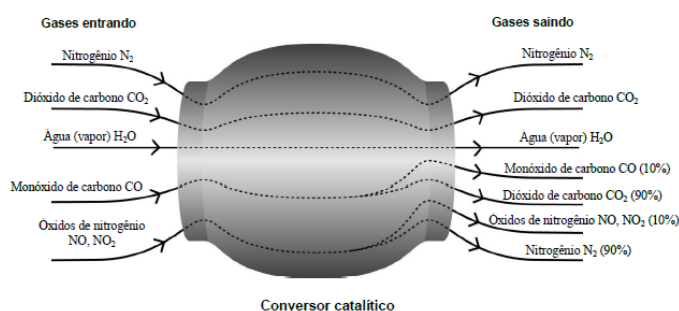
Identificamos nesta questão o **CT3 – Escala, proporção e quantidade**, pois a proporção entre os ingredientes de óleo e de ceras influencia na obtenção do produto final, em que o batom pode ser mais ou menos firme. Esta questão ainda contempla outros conceitos transversais, como o **CT1 – Padrões**, 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.

Em seguida, na Figura 5, apresentamos o esquema utilizado como suporte para a questão Q36 que versa sobre o tema Conversor catalítico.

Figura 5 – Texto e esquema fornecido para a questão 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 esquema acima ilustra o conversor catalítico, um dispositivo automotivo que transforma gases prejudiciais em gases menos nocivos.

A seguir apresentamos, na figura 6, a questão Q36, que trata deste tema.

Figura 6 – 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 a descrição de 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).

Identificamos inicialmente o **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, uma vez que envolve o funcionamento de um conversor catalítico, que 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 é necessário 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, ou até mesmo na sugestão de opções razoáveis aos engenheiros que seguem os princípios de conservação de massa e de energia.

Na Figura 7, apresentamos o esquema utilizado como suporte para a questão Q32 que versa sobre o tema Um risco para a saúde?

Figura 7 – Texto fornecido para a questão Q32

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 acima fala sobre possíveis problemas respiratórios provocados por uma fábrica de produtos químicos.

Na Figura 8, apresentamos a questão Q32, que trata deste tema.

Figura 8 – 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).

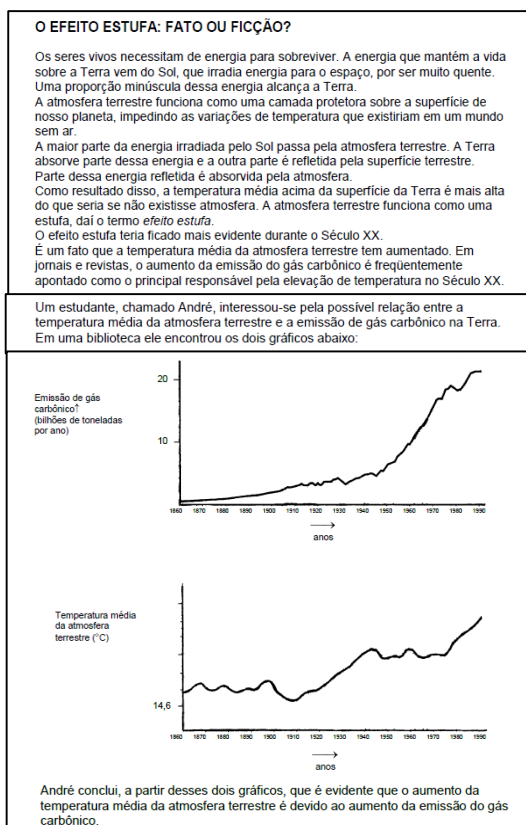
A questão Q32 solicita a apresentação de uma justificativa que explique a possibilidade de duvidar da declaração dos cientistas em relação ao argumento do proprietário. Como resposta esperada o PISA estabelece:

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).

O **CT6 – Estrutura e função** foi identificado em uma das respostas esperadas, na qual é mencionado que as substâncias podem se alterar com o tempo, modificando sua toxicidade. Desta forma, podemos dizer que a toxicidade está relacionada à estrutura das moléculas envolvidas. Identificamos também o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, de acordo com as explicações causais encontradas nas respostas, nas quais 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.

Por fim, na Figura 9, apresentamos o texto e o diagrama utilizados como suporte para a questão Q39 que versa sobre o tema Efeito estufa.

Figura 9 – Texto e diagramas fornecidos para a questão Q39



Fonte: INEP (2015, p.110-111).

O texto relaciona a temperatura da atmosfera terrestre com a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) emitida. Traz a situação de um menino, chamado André, que se interessa pelo assunto e encontra, em uma biblioteca, dois gráficos. O primeiro relaciona a emissão de gás carbônico (CO₂) ao longo dos anos e, o segundo, relaciona a temperatura média da atmosfera terrestre ao longo dos anos.

A seguir temos a questão Q39, apresentada na Figura 10.

Figura 10 – 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 Q39 relata que André concluiu que o aumento da temperatura terrestre é causado pelo aumento da emissão de gás carbônico e, 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).

Identificamos o **CT7 – Estabilidade e mudança**, uma vez que 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 número 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.

A seguir, apresentamos no Quadro 3, um resumo das análises das questões com relação aos CT.

Quadro 3 – Conceitos Transversais identificados nas questões do PISA analisadas

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; Q27	Q25; Q26				
Q28; Q29; Q30; Q31	Massa de pão	Q29	Q28; Q29			Q29; Q30; Q31		
Q32; Q33	Um risco para a saúde?	Q33	Q32	Q33			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		
59		10	33	19	15	17	1	1

Fonte: Autoria própria (2017).

Com base nos dados apresentados no Quadro 3, observa-se que o Conceito Transversal que sobressaiu entre os demais foi o **CT2 – Causa e efeito: mecanismo e previsão**, identificado em 56% das questões, por sua vez, os CT menos identificados foram o CT6 – Estrutura e função e o CT7 – Estabilidade e

Mudança. Quanto ao CT2, este possibilita algumas das mais interessantes e produtivas questões das Ciências, que são a respeito do por que 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. Na procura de explicações mais minuciosas, é promovida a busca por mecanismos que justificam os efeitos encontrados.

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.

No que diz respeito ao **CT6 – Estrutura e função**, identificado em apenas uma questão, correspondendo a 2%, está relacionado à propriedade dos materiais, em que a função de um objeto está relacionada à sua estrutura. A pequena incidência deve-se, provavelmente, a 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.

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**, também foi identificado em apenas uma questão, correspondendo a 2%, consiste na procura da compreensão das mudanças que ocorrem nos fenômenos e em como controlar estas mudanças. 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.

A este respeito, Sasseron (2008)¹ 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”.

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 3 do PISA, 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 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 científicos.

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).

Por fim, 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 por que e como eles ocorrem, exigindo cuidadosa observação.

O **CT1 – Padrões**, 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 pode-se observar o 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).

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.

O **CT4 – Sistemas e modelos de sistema**, 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).

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. 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse das análises realizadas, ressaltamos que nossa preocupação não esteve em quantificar os Conceitos Transversais mais ou menos identificados nas questões, mas em evidenciarmos estes conceitos como necessários para a compreensão de fenômenos científicos e na resolução de questões.

Como forma de melhor vivenciar as Práticas Científicas, temos os Conceitos Transversais, que possibilitam orientar as ações, diante da compreensão de um fenômeno, contribuindo na implementação da ação pretendida. Os CT mais identificados nas questões analisadas foram o CT2 - Causa e efeito: mecanismo e previsão; o CT3 - Escala, proporção e quantidade; e o CT5 - Energia e matéria. Todos estes CT estão diretamente ligados à sistemática de investigação, que visa, de uma forma ou outra, compreender ou explicar algo a respeito de um fenômeno qualquer; estão ligados também às três competências que o PISA avalia, a saber: 1 – explicar fenômenos cientificamente, 2 – avaliar e planejar experimentos científicos e 3 – interpretar dados e evidências cientificamente.

Assim, os CT podem contribuir, juntamente com as demais dimensões mencionadas no NRC (2012), com o desenvolvimento do letramento científico dos estudantes, ajudando-os a melhor investigar, modelar e compreender o mundo, auxiliando na compreensão de fenômenos científicos e fornecendo ideias que norteiam sua exploração.

A study of PISA Science questions: analyzing crosscutting concepts

ABSTRACT

The objective of this article is to identify and analyze the Transversal Concepts (CT) contemplated in PISA Science questions, especially those that deal with chemical contents. The questions investigated correspond to the years of application between 2000 and 2015, totalizing 59 questions. The statements of the questions were analyzed as well as the expected answers described on the INEP website. This is a predominantly qualitative study using the methodological assumptions of content analysis. The CT can be considered as unifying concepts that have application in all domains of science, namely: CT1 - patterns; CT2 - cause and effect: mechanism and prediction; CT3 - scale, proportion and quantity; CT4 - system and systems models; CT5 - energy and matter; CT6 - structure and function; CT7 - stability and change. The CT was used, in this study, as a priori categories and the most evidenced in the analyzed questions were CT2; CT3 and CT5, since they are directly linked to the concept of scientific literacy and to the scientific competences assessed by PISA. Through the analysis, we consider that through CT, guiding ideas can be given to the students and contribute to better investigate, model and understand the world, helping to understand scientific phenomena and valuing scientific learning as a process.

KEYWORDS: Crosscutting Concepts. PISA. Scientific Literacy. Science teaching.

NOTAS

1 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).

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Ciencia:** conocimiento para todos. Oxford University Press, Proyecto 2061, cap. 11, version on-line, 1989. Disponível em:
<<http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/chap11.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto, 1994.

GIL PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

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>. 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>. Acesso em: 10 jan. 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **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.

_____. **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.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD).

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>. Acesso em: 17 jan. 2016.

_____. **PISA 2006 estrutura da avaliação:** conhecimentos e habilidades em ciências, leitura e matemática. São Paulo: Moderna, 2007. Disponível em:

<[http://www.oecd-](http://www.oecd-library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1)

[library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1](http://www.oecd-library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1)>. Acesso em: 7 fev. 2016.

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.

Recebido: 03 ago. 2017

Aprovado: 08 dez. 2017

DOI: 10.3895/actio.v2n3.6991

Como citar:

NORA, P. S.; BROIETTI, F. C. D. Um estudo das questões de Ciências do PISA: analisando os conceitos transversais. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 60-78, out./dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Paulo dos Santos Nora

Rua Garcia Rodrigues Paes, 762, Jardim Riviera, CEP 86187-050, Cambé, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

