

OECD PISA 2015 - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

Matriz de Avaliação de Ciências¹

Resumo do Documento: *PISA 2015 Science Framework (2013)*



Consórcio do PISA 2015



¹ Tradução do Documento: CY6_TST_PISA2015FT_Released_Cognitive_Items Produced by ETS (Core 3 Contractor) realizada por Lenice Medeiros – Daeb/Inep.

Conteúdo

INTRODUÇÃO: POR QUE O LETRAMENTO CIENTÍFICO É IMPORTANTE	3
LETRAMENTO CIENTÍFICO: NA DIREÇÃO DE UMA DEFINIÇÃO	4
As competências necessárias para o Letramento Científico	8
A evolução da definição de Letramento Científico no PISA	10
ORGANIZAÇÃO DO DOMÍNIO	12
Contextos para os itens da avaliação	13
Competências Científicas	14
Conhecimento Científico	17
Exemplos de itens	20
Atitudes	20
REFERÊNCIAS	24

APRESENTAÇÃO

1. Este documento é um resumo preparado pela equipe do PISA no Brasil², a partir da publicação do consórcio organizador do PISA 2015 (PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK, 2013). Ele fornece a descrição e a justificativa para a estrutura que forma a base do instrumento usado para avaliar o letramento científico - o domínio principal do ciclo de 2015. Os documentos que embasaram a avaliação em letramento científico em ciclos anteriores (OECD, 1999, OECD, 2003, OECD, 2006) haviam elaborado a concepção de letramento científico como o construto central para a avaliação em ciências. Tais documentos estabeleceram um consenso amplo entre educadores da área de ciências em torno do conceito de letramento científico. Esse novo documento para a matriz do PISA 2015 refina e amplia o construto estabelecido previamente, particularmente embasado na matriz do PISA 2006, a qual foi utilizada como base para os ciclos de 2006, 2009 e 2012.

INTRODUÇÃO: POR QUE O LETRAMENTO CIENTÍFICO É IMPORTANTE

2. O letramento científico é importante tanto no nível nacional quanto internacional, já que a humanidade enfrenta grandes desafios no fornecimento suficiente de água e alimentos, controle de doenças, geração de energia e adaptação às alterações climáticas (UNEP, 2012). Muitas dessas questões surgem, entretanto, no nível local, onde indivíduos podem ser confrontados com decisões sobre práticas que afetam a sua própria saúde e seu alimento, o uso adequado de materiais e de novas tecnologias e as decisões sobre o uso de energia. Lidar com todos esses desafios exigirá uma importante contribuição da ciência e tecnologia. No entanto, como afirma a Comissão Europeia, as soluções para os dilemas políticos e éticos que envolvem ciência e tecnologia "não podem ser objeto de debate informado a menos que os jovens possuam certo conhecimento científico" (Comissão Europeia, 1995, p.28). No entanto, "isso não significa transformar todos em peritos científicos, mas permitir que cumpram um papel esclarecido para fazer escolhas que afetam seu ambiente e que compreendam em termos gerais as implicações sociais dos debates entre especialistas" (ibid. p.28). Dado que o conhecimento da ciência e da tecnologia de base científica contribui de forma significativa para a vida pessoal, social e profissional dos indivíduos, sua compreensão é fundamental para a "preparação para a vida" de uma pessoa jovem.

3. Tornar-se letrado cientificamente envolve a ideia de que os propósitos da educação na ciência devem ser amplos e aplicados. Assim, dentro desse quadro, o conceito de letramento científico se refere a ambos: *o conhecimento de ciências e da tecnologia baseada nas ciências*. É importante notar, entretanto, que a ciência e a tecnologia diferem em seus propósitos, processos e produtos. A tecnologia busca soluções ótimas para um problema humano e pode haver mais de uma solução ótima. Em contraste, a ciência busca a resposta para uma questão específica sobre o mundo natural. Entretanto, os dois são intimamente relacionados. Por exemplo, novos conhecimentos científicos possibilitam novas tecnologias, tal como os avanços na ciência dos materiais que levou ao desenvolvimento do transistor, em 1948. Da mesma forma, novas tecnologias podem levar a novos conhecimentos científicos, como, por exemplo, a transformação

² O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) é a entidade responsável pela condução do PISA no Brasil.

do nosso conhecimento sobre o universo a partir do desenvolvimento de melhores telescópios. Como indivíduos, nós tomamos decisões e fazemos escolhas que influenciam as direções das novas tecnologias, como, por exemplo, dirigir carros menores e mais eficientes. Os indivíduos letrados cientificamente devem, portanto, fazer suas escolhas com mais e melhor informação. Eles devem também ser capazes de reconhecer que enquanto ciência e tecnologia são, muitas vezes, fontes de soluções, paradoxalmente, também podem ser vistas fontes de risco, gerando novos problemas que, por sua vez, podem exigir ciência e tecnologia para resolver. Portanto, os indivíduos precisam ser capazes de considerar as implicações da aplicação do conhecimento científico e os problemas que pode representar para si ou para a sociedade em geral.

4. O letramento científico 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. Assim, indivíduos que são cientificamente letrados têm o conhecimento das principais concepções e ideias que formam a base do pensamento científico e tecnológico; de como tal conhecimento foi obtido e do grau em que tal conhecimento é justificado por evidência ou explicações teóricas.

5. Sem dúvida, muitos dos desafios do século 21 exigirão soluções inovadoras que têm uma base no pensamento e na descoberta científica. As sociedades exigirão, portanto, um quadro de cientistas bem-educados para realizar a pesquisa e a inovação científica e tecnológica essenciais para atender os desafios econômicos, sociais e ambientais que o mundo irá enfrentar. Para colaborar com a sociedade, esses cientistas também precisarão tanto ter o conhecimento sobre ciência quanto ser cientificamente letrados, com uma profunda compreensão da natureza da ciência, suas limitações e as consequências da sua aplicação.

6. Por todas essas razões, o letramento científico é visto como uma competência chave (Rychen & Salganik, 2003) e definida em termos de capacidades de usar o conhecimento e a informação de forma interativa, ou seja, “um entendimento de como o conhecimento de ciência muda a forma como interagimos com o mundo e como ele pode ser usado para atingir objetivos mais amplos” (p.10). Como tal, representa o principal objetivo para a educação científica de *todos* os estudantes. Portanto, a visão do letramento científico que constitui a base para a avaliação internacional de 2015 para jovens de 15 anos é uma resposta para a pergunta: *O que é importante para os jovens saberem, valorizarem e serem capazes de fazer em situações que envolvem ciência e tecnologia?*

7. Essa matriz oferece uma justificativa e a descrição elaborada do que se entende pelo termo *letramento científico*. É essa construção que constitui a base das avaliações de ciências do PISA. Nesse documento, a construção do letramento científico é definida em termos de um conjunto de competências que se espera de um indivíduo cientificamente letrado. Tais competências formam a base do construto a ser testado (William, 2010).

LETRAMENTO CIENTÍFICO: NA DIREÇÃO DE UMA DEFINIÇÃO

8. O pensamento atual sobre os resultados pretendidos com a educação científica está enraizado fortemente na crença de que uma compreensão da ciência é tão importante que deveria ser uma característica da educação de todos os jovens (American Association for the Advancement of Science, 1989; Confederacion de Sociedades Científicas de España, 2011; Fensham, 1985; Millar & Osborne, 1998; National Research Council, 2012 Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005; Taiwan Ministry of

Education, 1999). De fato, em muitos países, a ciência é um elemento obrigatório do currículo escolar desde o jardim de infância até a conclusão do ensino obrigatório.

9. Muitos dos documentos e declarações políticas citadas acima enfatizam uma educação para a cidadania. No entanto, internacionalmente, muitos dos currículos escolares de ciências são baseados em uma visão de que o principal objetivo do ensino de ciências deve ser a preparação da próxima geração de cientistas (Millar e Osborne, 1998). Estes dois objetivos nem sempre são compatíveis. As tentativas de resolver a tensão entre as necessidades da maioria dos estudantes que *não se tornarão* cientistas, as necessidades da minoria *que terá* ênfase no ensino da ciência através de investigação (Academia Nacional de Ciências, 1995; National Research Council, 2000) passam por novos modelos de currículo (Millar, 2006) que atendam às necessidades de ambos os grupos. A ênfase dessas matrizes e seus currículos associados não se encontra apenas nos indivíduos que irão produzir conhecimento científico. Ao contrário, é na educação de jovens para se tornarem consumidores críticos de informação científica - uma competência que todos os indivíduos irão necessitar durante suas vidas.

10. O entendimento e envolvimento em uma discussão crítica sobre as questões que envolvem ciência e tecnologia requerem três competências específicas de domínio. A primeira é a capacidade de fornecer explicações para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologias e suas implicações para a sociedade. Tal capacidade requer um conhecimento das principais ideias explicativas da ciência e as questões que emolduram a prática e os objetivos da ciência. A segunda é a competência para usar um conhecimento e compreender a investigação científica para: identificar questões que podem ser respondidas por investigação científica; identificar se os procedimentos adequados foram utilizados e propor maneiras de eventualmente, abordar tais questões. A terceira é a competência para interpretar e avaliar dados e evidências cientificamente e avaliar se as conclusões são justificadas. Assim, o letramento científico no PISA 2015 é definido por três competências para:

- Explicar fenômenos cientificamente;
- Avaliar e planejar experimentos científicos;
- Interpretar dados e evidências cientificamente.

11. Essas competências exigem conhecimento. Explicar os fenômenos científicos e tecnológicos, por exemplo, demanda um conhecimento do conteúdo da ciência – daqui para frente designados **conhecimento de conteúdo**. A segunda e terceira competências, no entanto, exigem mais do que um conhecimento do que sabemos. Em vez disso, elas dependem de uma compreensão de como o conhecimento científico é estabelecido e o grau de confiança com que é realizado. Chamadas específicas, por isso, foram feitas para ensinar sobre o que tem sido chamado de "a natureza da ciência" (Lederman, 2006), "ideias sobre ciência" (Millar & Osborne, 1998) ou "práticas científicas" (National Research Council, 2012). Reconhecer e identificar os traços que caracterizam a pesquisa científica requer um conhecimento dos procedimentos padrões que embasam os diversos métodos e práticas utilizadas para estabelecer o conhecimento científico - aqui denominado **conhecimento procedimental**. Finalmente, as competências exigem **conhecimento epistemológico** - uma compreensão da lógica para as práticas comuns da investigação científica, o status das reivindicações de conhecimento que são gerados e o significado dos termos fundamentais, tais como teoria, hipótese e dados.

12. Tanto o conhecimento procedimental quanto o epistemológico são necessários para identificar questões que são passíveis de investigação científica, para julgar se os procedimentos adequados foram usados para assegurar que as alegações são justificadas e para distinguir questões científicas daquelas de valores ou considerações econômicas. De importância no

desenvolvimento desta definição de letramento científico é que, em suas vidas, os indivíduos terão de adquirir conhecimento, não através de investigações científicas, mas através do uso de recursos como bibliotecas e Internet. Os conhecimentos procedimental e epistemológico são essenciais para julgar se as muitas reivindicações ao conhecimento científico que permeiam a mídia contemporânea foram obtidas usando procedimentos adequados e se são garantidas.

Conhecimento Científico: Terminologia no PISA 2015

Este documento baseia-se na visão de que o conhecimento científico consiste de três elementos distintos, porém relacionados. O primeiro deles, o mais familiar, é o conhecimento de fatos, conceitos, ideias e teorias sobre o mundo natural que a ciência estabeleceu. Por exemplo, como as plantas sintetizam moléculas complexas usando luz e dióxido de carbono ou a natureza da matéria. Este tipo de conhecimento é referido como "**conhecimento do conteúdo**" ou "conhecimento do conteúdo de ciências".

O conhecimento dos procedimentos que os cientistas usam para estabelecer o conhecimento científico é referido como "**conhecimento procedimental**". Este é um conhecimento das práticas e conceitos em que se baseia a investigação empírica, como a repetição de medidas para minimizar erros e reduzir a incerteza, o controle de variáveis e os procedimentos padrões para representar e apresentar dados (Millar, Lubben, Gott, & Duggan, 1995). Mais recentemente, foram mencionados como sendo conjunto de "conceitos de evidência" (Gott, Duggan, & Roberts, 2008).

Além disso, a compreensão da ciência como prática também exige "**conhecimento epistemológico**", que se refere à compreensão do papel das concepções específicas e da definição de características essenciais para o processo de construção do conhecimento na ciência (Duschl, 2007). O conhecimento epistemológico inclui o entendimento da função de perguntas, observações, teorias, hipóteses, modelos e argumentos na ciência e o reconhecimento do papel desempenhado pelas várias formas de investigação científica e pela revisão no estabelecimento do conhecimento considerado confiável.

Uma discussão mais detalhada destas três formas de conhecimento é fornecida na seção *Conhecimento Científico* e nas Figuras 4, 5 e 6.

13. As pessoas precisam das três formas de conhecimento científico para executar as três competências de letramento científico. Portanto, o PISA 2015 irá focar em avaliar em que medida jovens de 15 anos são capazes de exibir essas competências de forma adequada, dentro de uma gama de contextos pessoais, locais, nacionais e globais. Esta perspectiva difere da de muitos programas de ciências da escola, que são, muitas vezes, dominados por conhecimento de conteúdo. Em vez disso, a matriz é baseada em uma visão mais ampla do tipo de conhecimento da ciência exigido por membros participantes da sociedade contemporânea.

14. Além disso, a perspectiva baseada em competências também reconhece que há um elemento afetivo para que o estudante mostre essas competências. Esse elemento é representado por suas atitudes ou disposição para a ciência, o qual irá determinar o seu nível de interesse, sustentar o

envolvimento e motivá-lo a atuar (Schibeci, 1984). Assim, geralmente a pessoa cientificamente letrada demonstra interesse por assuntos científicos, envolvimento com problemas relacionados à ciência, preocupação com questões tecnológicas, recursos e ambiente e reflete sobre a importância da ciência a partir de uma perspectiva pessoal e social. Estes requisitos não significam que essas pessoas são necessariamente favoráveis à própria ciência. Ao contrário, esses indivíduos reconhecem que a ciência, a tecnologia e a investigação neste domínio são um elemento essencial da cultura contemporânea que estrutura muito do nosso pensamento.

15. São tais considerações que levaram à seguinte definição de letramento científico para o PISA 2015:

A definição de Letramento Científico

Letramento Científico é a capacidade de se envolver com as questões relacionadas com a ciência e com a ideia da ciência, como um cidadão reflexivo.

Uma pessoa letrada cientificamente, portanto, está disposta a participar em discurso fundamentado sobre ciência e tecnologia, o que exige as competências para:

1. **Explicar fenômenos cientificamente:** Reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos.
2. **Avaliar e planejar investigações científicas:** 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.

Notas explicativas

16. As seguintes observações são oferecidas para esclarecer o significado e uso dessa definição de letramento científico para efeitos da avaliação do PISA 2015.

- a) O termo "letramento científico" ao invés de "ciência" ressalta a importância que a avaliação de ciências do PISA dá para a aplicação do conhecimento científico no contexto de situações de vida.
- b) Para efeitos da avaliação do PISA, deve-se notar que essas competências somente serão testadas usando o conhecimento que se pode esperar de estudantes de 15 anos de idade em relação aos conceitos e às ideias da ciência (**conhecimento do conteúdo**), os procedimentos e as estratégias utilizadas em todas as formas de investigação científica (**conhecimento procedimental**), e a maneira pela qual as ideias são justificadas e asseguradas na ciência (**conhecimento epistemológico**).
- c) Finalmente, ao longo deste documento, o termo "mundo natural" é utilizado para se referir a fenômenos associados a qualquer objeto ou fenômeno que ocorre na vida ou o mundo material.

As competências necessárias para o Letramento Científico

Competência 1: Explicar Fenômenos Cientificamente

17. A realização cultural da ciência tem sido a de desenvolver um conjunto de teorias explicativas que transformaram a nossa compreensão do mundo natural, como a ideia de que o dia e a noite são causados pelo movimento giratório da Terra, ou a ideia de que doenças podem ser causadas por microrganismos invisíveis. Além disso, esse conhecimento nos permitiu desenvolver tecnologias que sustentam a vida humana, permitindo, por exemplo, a prevenção de doenças e a rápida comunicação humana em todo o mundo. A competência para explicar fenômenos científicos e tecnológicos é, portanto, dependente de um conhecimento dessas importantes ideias explicativas da ciência.

18. Explicar fenômenos científicos, no entanto, requer mais do que a capacidade de recordar e usar teorias, ideias explicativas, informações e fatos (**conhecimento do conteúdo**). Oferecer explicação científica também exige uma compreensão de como esse conhecimento foi derivado e do nível de confiança que se pode assegurar acerca de quaisquer afirmações científicas. Para esta competência, o indivíduo necessita ter um conhecimento das formas e procedimentos padrões utilizados na investigação científica para obter tal conhecimento (**conhecimento procedimental**) e uma compreensão de seu papel e função para justificar o conhecimento produzido pela ciência (**conhecimento epistemológico**).

Competência 2: Avaliar e Planejar Investigações Científicas

19. Letramento Científico implica que os alunos devem ter alguma compreensão do objetivo da investigação científica de gerar conhecimento confiável sobre o mundo natural (Ziman, 1979). Os dados coletados e obtidos por observação e experimentação, seja em laboratório ou no campo, propicia o desenvolvimento de modelos e hipóteses explicativas que permitem que se façam previsões que podem então ser testadas experimentalmente. Novas ideias, no entanto, comumente são construídas a partir de conhecimento prévio. Os próprios cientistas raramente trabalham isolados e são membros de grupos de pesquisa ou equipes que se dedicam a extensa colaboração com colegas, tanto nacional como internacionalmente. Novas alegações de conhecimento são sempre percebidas como provisórias e podem não ter justificativa quando submetidos a revisão por pares críticos - mecanismo que a comunidade científica tem estabelecido para assegurar a objetividade do conhecimento científico (Longino, 1990). Com isso, os cientistas têm um compromisso de publicar ou relatar suas descobertas e os métodos utilizados na obtenção de evidência. Fazer isso permite estudos empíricos, pelo menos em princípio, para serem replicados e os resultados confirmados ou contestados. Medidas, no entanto, nunca podem ser absolutamente precisas. Pelo contrário, todas elas contêm um grau de erro. Grande parte do trabalho do cientista experimental é, portanto, dedicado à resolução de incerteza, repetindo as medições, coletando amostras maiores, construindo instrumentos que são mais precisos e usando técnicas estatísticas que avaliam o grau de confiança em qualquer resultado.

20. Além disso, a ciência tem também procedimentos estabelecidos, tais como o uso de controles, base do argumento lógico para estabelecer causa e efeito. O uso de controles permite ao cientista reivindicar que qualquer mudança na percepção de um resultado pode ser atribuída a uma mudança de uma característica específica. A não utilização de tais técnicas leva a resultados onde os efeitos são confundidos e podem não ser confiáveis. Da mesma forma, estudos duplo-

cegos permitem aos cientistas afirmarem que os resultados não foram influenciados nem pelos sujeitos do experimento nem pelo experimentador em si. Outros cientistas, como taxonomistas e ecologistas estão envolvidos no processo de identificação de padrões e interações no mundo natural em busca de explicações. Em outros casos, como a evolução, as placas tectônicas ou as alterações climáticas, a ciência se baseia em argumentos que são uma inferência da melhor explicação, analisando diversas hipóteses e eliminando aqueles que não se ajustam às evidências.

21. Essa competência se baseia no **conhecimento do conteúdo**, no conhecimento dos procedimentos comuns usados na ciência (**conhecimento procedimental**) e na função destes procedimentos para justificar quaisquer reivindicações desenvolvidas pela ciência (**conhecimento epistemológico**). Os conhecimentos procedimental e epistemológico servem duas funções. Em primeiro lugar, tais conhecimentos são exigidos para avaliar as investigações científicas decidir se foram seguidos os procedimentos adequados e se as conclusões são justificadas. Em segundo lugar, as pessoas que têm esse conhecimento devem ser capazes de propor, pelo menos em termos gerais, como uma questão científica pode ser investigada de forma adequada.

Competência 3: Interpretar Dados e Evidências Cientificamente

22. Interpretação de dados é uma atividade tão central para todos os cientistas que alguma compreensão rudimentar do processo é essencial para o letramento científico. A interpretação de dados começa com a procura de padrões, construção de tabelas simples e visualizações gráficas, como gráficos de pizza, gráficos de barras, gráficos de dispersão ou diagramas de Venn. Em um nível mais elevado exige a utilização de conjuntos de dados mais complexos e o uso das ferramentas analíticas oferecidas por planilhas e pacotes estatísticos. Seria um erro, no entanto, conceber essa competência meramente como uma habilidade. Um corpo substancial de conhecimentos é necessário para reconhecer o que constitui uma prova de confiança e validade e de como apresentar os dados de forma adequada. Os cientistas fazem escolhas sobre como representar os dados em gráficos, tabelas ou, cada vez mais, em simulações complexas ou visualizações 3D. Quaisquer relações ou padrões devem, então, ser lidos através de um conhecimento dos padrões normais. Também deve ser considerado se a incerteza é minimizada por meio de técnicas estatísticas padronizadas. Tudo isso se baseia em um corpo de **conhecimento procedimental**. Espera-se que o indivíduo cientificamente letrado também entenda que a incerteza é uma característica inerente a todas as medições e que um dos critérios de confiabilidade de um resultado é expresso em função da probabilidade de que ele possa ter ocorrido por acaso.

23. Não é suficiente, contudo, entender os procedimentos que foram aplicados para se obter qualquer conjunto de dados. O indivíduo letrado cientificamente precisa ser capaz de julgar se eles são apropriados e se as alegações que se seguirem são justificadas (**conhecimento epistemológico**). Por exemplo, muitos conjuntos de dados podem ser interpretados de várias formas. Argumentação e crítica são, portanto, essenciais para determinar qual é a conclusão mais adequada. Quer se tratem de novas teorias, novas formas de coleta de dados ou novas interpretações de dados antigos, a argumentação é o meio que os cientistas e tecnólogos usam para defender novas ideias. O desacordo entre os cientistas é normal, não extraordinário. A escolha da melhor interpretação requer conhecimento da ciência (**conhecimento do conteúdo**) e crítica. Por meio deste processo a ciência conseguiu chegar a um consenso sobre as ideias explicativas-chave e conceitos (Longino, 1990). De fato, é uma disposição crítica e cética em relação a toda evidência empírica que muitos veem como a marca do cientista profissional. O

indivíduo cientificamente letrado deve entender a função e a finalidade do argumento e da crítica e porque são essenciais para a construção do conhecimento na ciência. Além disso, eles devem ter a competência tanto para a construção de reivindicações que sejam justificadas por dados e identificar eventuais falhas nos argumentos dos outros.

A evolução da definição de Letramento Científico no PISA

24. Nos ciclos PISA de 2000 e de 2003, letramento científico foi definido como:

"Letramento Científico é 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." (OECD, 2000, 2003).

25. Em 2000 e 2003, a definição incorporou o conhecimento *de* ciência e entendimentos *sobre* a ciência dentro do termo "Conhecimento Científico". A definição 2006 separou e cunhou o elaborou o termo "conhecimento científico" a partir de seu desdobramento em dois componentes: "conhecimento de ciência" e "conhecimento sobre ciência" (OECD, 2006). Ambas as definições, no entanto, se referem à aplicação do conhecimento científico para a compreensão e a tomada de decisões sobre o mundo natural. No PISA 2006, a definição foi reforçada com a adição de conhecimento da relação entre ciência e tecnologia - um aspecto que foi assumido, mas não elaborado na definição de 2003.

26. A definição de letramento científico no PISA 2015 é uma evolução dessas ideias. A principal diferença é que a noção de "conhecimento *sobre* a ciência" foi especificada de forma mais clara e dividida em dois componentes - **conhecimento procedimental** e **conhecimento epistemológico**.

27. Em 2006, a matriz do PISA também foi ampliada para incluir aspectos atitudinais de respostas dos alunos para as questões científicas e tecnológicas no âmbito da construção do letramento científico. Em 2006, as atitudes foram medidas de duas formas – por meio do questionário do estudante e por meio de itens incorporados no teste de estudante. Foram encontradas discrepâncias entre os resultados das perguntas incorporadas e as do questionário em relação ao "interesse pela ciência" para todos os alunos e também diferenças de gênero nessas questões (OECD, 2009; veja também: Drechsel, Carstensen & Prenzel, 2011). Mais importante ainda, os itens incorporados estenderam o tamanho do teste. Assim, os aspectos atitudinais na matriz de 2015 serão medidos por meio do questionário do estudante e não haverá itens atitudinais incorporados. Quanto aos construtos dentro deste domínio, o primeiro ("Interesse na ciência") e terceiro ("Consciência ambiental") continuam os mesmos de 2006. O segundo "Apoio à investigação científica", no entanto, foi alterado para uma medida de "Valorização de abordagens científicas para investigação" - o que é, essencialmente, uma mudança de terminologia para melhor refletir o que é medido.

28. Finalmente, os contextos de avaliação do PISA 2015 foram alterados de "pessoal, social e global" na avaliação de 2006 para "pessoal, local/nacional e global" para tornar os títulos mais coerentes.

29. Em resumo, a definição de 2015 se baseia e se desenvolve a partir da definição de 2006. Outras mudanças, como por exemplo, a elaboração dos conceitos de conhecimento

procedimental e epistemológico representa uma especificação mais detalhada dos aspectos particulares que foram incorporados ou assumidos nas definições anteriores.

ORGANIZAÇÃO DO DOMÍNIO

30. Para fins de avaliação, a definição de letramento científico no PISA 2015 pode ser caracterizada como constituída por quatro aspectos inter-relacionados (ver Figura 1).

Contextos	Questões pessoais, locais, nacionais e globais, atuais e históricas, que exigem alguma compreensão da ciência e da tecnologia.
Conhecimento	Compreensão dos principais fatos, conceitos e teorias explicativas que formam a base do conhecimento científico. Esse conhecimento inclui tanto o conhecimento do mundo natural e artefatos tecnológicos (conhecimento de conteúdo), o conhecimento de como tais ideias são produzidas (conhecimento procedimental) e a compreensão da lógica subjacente a esses procedimentos e a justificativa para a sua utilização (conhecimento epistemológico).
Competências	A capacidade de explicar fenômenos cientificamente, avaliar e planejar investigação científica e interpretar dados e evidências cientificamente.
Atitudes	Um conjunto de atitudes em relação à ciência indicado por um interesse em ciência e tecnologia; valorização das abordagens científicas na pesquisa, quando necessário, e percepção e conscientização sobre as questões ambientais.

31. Cada um destes aspectos será discutido mais profundamente abaixo.

Figura 1 – Matriz da avaliação de Letramento Científico para o PISA 2015



Contextos para os itens da avaliação

32. O PISA 2015 irá avaliar importante conhecimento científico utilizando contextos que levantam questões e escolhas relevantes para o currículo de educação em ciências dos países participantes. Tais contextos não serão, no entanto, limitados aos aspectos comuns dos currículos nacionais dos participantes. Em vez disso, a avaliação vai exigir evidências da utilização bem sucedida das três competências requeridas para o letramento científico em situações importantes que refletem contextos pessoais, locais, nacionais e globais.

33. Os itens da avaliação não serão limitados aos contextos de ciências da escola. Na avaliação em letramento científico do PISA 2015, o foco dos itens será em situações relacionadas com o indivíduo, família e grupos de amigos (**pessoais**), para a comunidade (**local e nacional**) e para a vida em todo o mundo (**global**). Tópicos baseados na tecnologia podem ser utilizados como um contexto comum. Além disso, apropriados para alguns tópicos, os contextos históricos podem ser utilizados para avaliar a compreensão dos estudantes em relação a processos e práticas que estão envolvidas no avanço do conhecimento científico.

34. A Figura 2 ilustra as aplicações da ciência e da tecnologia, dentro de configurações pessoais, locais, nacionais e globais que são comumente utilizados como contextos dos itens da avaliação. As aplicações serão elaboradas a partir de uma grande variedade de situações da vida e serão consistentes com as áreas de aplicação para o letramento científico em matrizes anteriores do PISA. Os contextos também serão escolhidos em função da sua relevância para os interesses e para a vida dos estudantes. As áreas de aplicação são: saúde e doença, recursos naturais, qualidade ambiental, ameaças e fronteiras entre ciência e tecnologia. Eles são as áreas em que o letramento científico tem valor especial para os indivíduos e comunidades, no reforço e manutenção da qualidade de vida e no desenvolvimento de políticas públicas.

Figura 2. Contextos para o Letramento Científico no PISA 2015

	Pessoal	Local/Nacional	Global
Saúde e Doença	Manutenção da saúde, acidentes, nutrição.	Controle de doenças, transmissão, escolhas alimentares e saúde da comunidade.	Epidemias, propagação de doenças infecciosas.
Recursos Naturais	Consumo individual de material e energia.	Manutenção das populações humanas, qualidade de vida, segurança, produção e distribuição de alimentos, suprimento de energia.	Sistemas naturais renováveis e não renováveis, crescimento populacional, uso sustentável de espécies.
Qualidade ambiental	Ações ambientalmente amigáveis, uso e descarte de materiais e dispositivos.	Distribuição da população, descarte de lixo e impacto ambiental.	Biodiversidade, sustentabilidade ecológica, controle da poluição, produção e perda de solo/biomassa.
Riscos	Avaliação de riscos e escolha de estilo de vida.	Mudanças rápidas [ex.: terremotos, clima severo], mudanças lentas e progressivas [ex.: erosão de encostas, sedimentação], avaliação de riscos.	Mudanças climáticas, impactos da comunicação moderna.
Fronteira entre Ciência e Tecnologia	Aspectos científicos de passatempos, tecnologia pessoal, música e atividades esportivas.	Novos materiais, dispositivos e processos, modificações genéticas, tecnologias da saúde e dos transportes.	Extinção de espécies, exploração do espaço, origem e estrutura do universo.

35. A avaliação de ciências do PISA, no entanto, não é uma avaliação de contextos. Em vez disso, avalia competências e conhecimentos em contextos específicos. A seleção destes contextos, no entanto, será feita com base no conhecimento e compreensão condizentes com a faixa etária dos estudantes, ou seja, 15 anos de idade.

36. A sensibilidade para as diferenças linguísticas e culturais será uma prioridade na seleção e desenvolvimento dos itens, não só por causa da validade da avaliação, mas também a respeitar estas diferenças nos países participantes. No desenvolvimento de qualquer teste internacional, não é possível, no entanto, incluir as diferenças de conhecimento tradicional e local sobre fenômenos naturais que existem entre os países participantes. Isto não é para negar, no entanto, a contribuição que esse conhecimento pode fazer e tem feito para suas respectivas culturas.

Competências Científicas

37. A Figura 3a-c fornece uma descrição elaborada dos tipos de desempenho esperados nas três competências requeridas para o letramento científico. O conjunto de competências científicas na Figura 3a-c reflete uma visão de que a ciência é mais vista como um conjunto de práticas sociais e epistemológicas que são comuns em todas as ciências (National Research Council, 2012). Por isso, todas essas competências são enquadradas como ações. Elas são escritas desta forma para transmitir a ideia sobre o que a pessoa cientificamente letrada compreende e é capaz de fazer. A

fluência nessas práticas é, em parte, o que distingue o cientista especialista do iniciante. Embora não seja razoável esperar que um estudante de 15 anos de idade tenha a experiência de um cientista, espera-se que um estudante cientificamente letrado possa apreciar o seu papel e importância e se aproximar da prática descrita.

Figure 3a. Competências Científicas no PISA 2015

Explicar fenômenos cientificamente
Reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos, demonstrando capacidade de: <ul style="list-style-type: none">• Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado;• Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações;• Fazer e justificar previsões apropriadas;• Oferecer hipóteses explicativas;• Explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade.

38. A demonstração da competência *Explicar Fenômenos Cientificamente* requer do estudante relembrar conhecimento de conteúdo apropriado a uma determinada situação e usá-lo para interpretar e dar uma explicação para o fenômeno de interesse. Tal conhecimento pode também ser utilizado para gerar tentativas de hipóteses explicativas em contextos onde faltam conhecimentos ou dados. Espera-se de uma pessoa cientificamente letrada a capacidade de planejar modelos científicos para explicar os fenômenos do cotidiano, como, por exemplo, por que antibióticos não matam vírus, como funciona um forno micro-ondas ou por que gases são compressíveis, mas líquidos não são, e usá-los para fazer previsões. Esta competência inclui a capacidade de descrever ou interpretar os fenômenos e prever possíveis mudanças. Além disso, ela pode envolver reconhecimento ou identificação de descrições, explicações e previsões adequadas.

Figure 3b. Competências Científicas no PISA 2015

Avaliar e planejar experimentos científicos
Descrever e avaliar investigações científicas e propor meios para responder cientificamente a questões, demonstrando capacidade de: <ul style="list-style-type: none">• Identificar a questão explorada em um dado estudo científico;• Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente;• Propor formas de explorar uma dada questão cientificamente;• Avaliar formas de explorar uma dada questão cientificamente;• Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações.

39. A competência *Avaliar e Planejar Experimentos Científicos* é necessária para avaliar relatos de descobertas e investigações científicas de forma crítica. 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. Esta competência requer um conhecimento das principais características de uma investigação científica, por exemplo, que as coisas devem ser medidas, quais variáveis devem ser alteradas ou controladas ou que medidas devem ser tomadas para que dados exatos e precisos possam ser coletados. Ela exige uma capacidade de avaliar a qualidade dos dados, que por sua vez depende do reconhecimento de que os dados nem sempre são completamente precisos. Também exige a competência de

identificar se uma investigação é conduzida por uma premissa teórica ou, em alternativa, se procura determinar padrões identificáveis.

40. Uma pessoa cientificamente letrada também deve ser capaz de reconhecer a importância de pesquisas prévias para julgar o valor de uma determinada investigação científica. Tal conhecimento é necessário para situar o trabalho e julgar a importância de quaisquer resultados possíveis. Por exemplo, que a busca por uma vacina contra a malária tem sido um programa de investigação científica em curso há várias décadas. Assim, dado o número de pessoas que são mortas por infecções de malária, quaisquer conclusões que sugerem que uma vacina seria viável são de importância substancial. Além disso, os alunos precisam entender a importância de desenvolver uma disposição cética a todos os relatos da mídia em ciência, reconhecendo que toda a pesquisa baseia-se em trabalhos anteriores, que os resultados de qualquer um dos estudos estão sempre sujeitos a incertezas e que o estudo pode ser tendencioso, dependendo das fontes de financiamento. Esta competência exige que os estudantes possuam conhecimento procedimental e epistemológico, mas que sejam também capazes de mobilizar, em diferentes graus, seu conhecimento do conteúdo de ciências.

Figure 3c. Competências Científicas no PISA 2015

Interpretar dados e evidências cientificamente
Analisar e avaliar dados, suposições e argumentos em representações variadas e tecer conclusões científicas apropriadas ao contexto, demonstrando capacidade de: <ul style="list-style-type: none">• Transformar dados de uma representação para outra;• Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas;• Identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências;• Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações;• Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas).

41. Uma pessoa cientificamente letrada deve ser capaz de interpretar e dar sentido a formas básicas de dados e provas científicas que são usados para fazer reivindicações e tirar conclusões. A exibição de tal competência pode exigir as três formas de conhecimento de ciências.

42. Aqueles que possuem essa competência devem ser capazes de interpretar o significado das evidências científicas e suas implicações para um público específico com suas próprias palavras, usar diagramas ou outras representações, conforme apropriado. Esta competência requer a utilização de ferramentas matemáticas para analisar e resumir os dados e a capacidade de utilizar métodos normalizados para transformar os dados para diferentes representações.

43. Esta competência inclui também acesso à informação científica e elaboração e avaliação de argumentos e conclusões baseadas em evidências científicas (Kuhn, 2010; Osborne, 2010). Também pode envolver a avaliação de conclusões alternativas usando evidências, apresentando razões a favor ou contra uma determinada conclusão, utilizando o conhecimento procedimental ou epistemológico e identificar as suposições feitas para chegar a uma conclusão. Em suma, o indivíduo cientificamente letrado deve ser capaz de identificar as conexões lógicas ou defeituosas entre as evidências e as conclusões.

Conhecimento Científico

44. As três competências requeridas para o letramento científico exigem três formas de conhecimento que são discutidas abaixo.

Conhecimento de Conteúdo

45. Apenas uma amostra do domínio do conteúdo de ciências pode ser avaliada na avaliação de letramento científico do PISA 2015. Por isso, é importante que critérios claros sejam usados para orientar a seleção de conhecimento que é avaliado. Trata-se de conhecimentos selecionados a partir dos principais campos da física, química, biologia, ciências da terra e do espaço, de tal forma que o conhecimento:

- seja relevante para situações da vida real;
- represente um conceito científico importante ou uma teoria explicativa importante que tenha utilidade duradoura;
- seja apropriado para o nível de desenvolvimento de estudantes de 15 anos de idade.

46. Por isso, será assumido que os estudantes têm algum conhecimento e compreensão das principais ideias explicativas e teorias da ciência, tais como a história e a escala do Universo, o modelo de partícula de matéria e a teoria da evolução pela seleção natural. Esses exemplos de ideias explicativas principais são fornecidos para fins ilustrativos e não houve nenhuma tentativa de listar exaustivamente todas as ideias e teorias que possam ser vistas como fundamentais para um indivíduo cientificamente letrado.

47. A Figura 4 mostra as categorias de conhecimento de conteúdo e exemplos selecionados através da aplicação destes critérios. Tal conhecimento é necessário para a compreensão do mundo natural e para dar sentido a experiências em contextos pessoais, locais, nacionais e globais. A estrutura usa o termo "sistemas" em vez de "ciências" nos descritores do conhecimento de conteúdo. A intenção é transmitir a ideia de que os cidadãos têm de compreender os conceitos das ciências físicas e da vida, da terra e do espaço, e sua aplicação em contextos em que os elementos do conhecimento são interdependentes ou interdisciplinares. Assuntos vistos como subsistemas numa escala podem ser considerados como sistemas inteiros numa escala menor. Por exemplo, o sistema circulatório pode ser visto como uma entidade em si ou como um subsistema do corpo humano; uma molécula pode ser estudada como uma configuração estável de átomos, mas também como um subsistema de uma célula ou de um gás. Assim, a aplicação de conhecimentos científicos e a implantação de competências científicas requerem a consideração de qual sistema e quais limites se aplicam em qualquer contexto particular.

Figura 4. Conhecimento de Conteúdo de Ciências no PISA 2015

Conhecimentos dos sistemas físicos
<ul style="list-style-type: none">• 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).
Conhecimentos dos sistemas vivos
<ul style="list-style-type: none">• Células (estrutura e função, DNA)• Conceito de organismo (unicelular, 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)
Conhecimentos do sistema Terra e Espaço
<ul style="list-style-type: none">• 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 (fósseis, origem e evolução)• Terra no espaço (gravidade, sistema solar e galáxias)• História e escala do Universo (ano luz, teoria do Big Bang)

Conhecimento Procedimental

48. Um objetivo fundamental da ciência é gerar explicações sobre o mundo material. Tentativas de explicações são primeiramente desenvolvidas e, em seguida, testadas através de pesquisa empírica. A investigação empírica é dependente de certos conceitos bem estabelecidos, como a noção de variáveis dependentes e independentes, o controle de variáveis, tipos de medição, as formas de erro, métodos para a redução do erro, os padrões comuns observados em dados e métodos de apresentação de dados. É este conhecimento dos conceitos e procedimentos que são essenciais para a investigação científica que sustenta a coleta, análise e interpretação de dados científicos. Tais ideias formam um corpo de conhecimento procedimental, que também tem sido chamado de "conceitos de evidências" (Gott, Duggan, & Roberts, 2008; Millar, Lubben, Gott, & Duggan, 1995). Pode-se pensar o conhecimento procedimental como o conhecimento dos procedimentos padrões que os cientistas usam para obter dados confiáveis e válidos. Tal conhecimento é necessário tanto para realizar investigação científica e se envolver em revisão crítica da evidência, como pode também ser usado para apoiar reivindicações específicas. Espera-se, por exemplo, que o estudante saberá que o conhecimento científico tem diferentes graus de segurança associados que possa explicar por que, por exemplo, há uma diferença entre a confiança associada com as medições da velocidade da luz (que tem sido medida muitas vezes com instrumentos cada vez mais precisos) e medidas de populações de peixes no Atlântico Norte ou de leões da montanha na Califórnia. Os exemplos listados na Figura 5 transmitem as características gerais do conhecimento procedimental que podem ser testadas.

Figura 5. Conhecimento Procedimental no PISA 2015

Conhecimento Procedimental
<ul style="list-style-type: none">• Conceitos de variáveis dependentes e independentes;• Conceitos de medidas: qualitativas e quantitativas, escalas, variáveis contínuas e discretas;• Formas de avaliar e minimizar incertezas: repetições, medidas médias;• Mecanismos de geração de replicabilidade;• Ferramentas de representação de dados: gráficos, tabelas, mapas, histogramas;• Controle de variáveis: desenho experimental, randomização;• Natureza de desenhos específicos: observação, busca de padrões, experimentação.

Conhecimento epistemológico

49. Conhecimento epistemológico é um conhecimento de construtos e características definidoras essenciais para o processo de construção do conhecimento em ciência e do *seu papel na justificativa* do conhecimento produzido pela ciência, por exemplo, uma hipótese, uma teoria ou uma observação e sua contribuição para a forma como nós sabemos o que sabemos (Duschl, 2007). Aqueles que têm esse conhecimento podem explicar, com exemplos, a distinção entre uma teoria científica e uma hipótese ou um fato científico e uma observação. Eles sabem que a construção de modelos, sejam eles diretamente representativos, abstratos ou matemáticos, é uma característica fundamental da ciência e que tais modelos são semelhantes aos mapas em vez de imagens precisas do mundo material. Eles teriam, por exemplo, que reconhecer que qualquer modelo de partículas da matéria é uma representação idealizada da matéria e serem capazes de explicar a forma como o modelo de Bohr é um modelo limitado do que sabemos sobre o átomo e suas partes constituintes. Eles reconheceriam que a concepção de "teoria" usada na ciência não é o mesmo que a noção de uma "teoria" na linguagem cotidiana, onde é usado como sinônimo de um "palpite" ou um "chute". Considerando que é necessário conhecimento procedimental para explicar o que se entende por estratégia de controle de variáveis, ser capaz de explicar por que o uso de estratégia de controle de variáveis ou a replicação de medidas são fundamentais para a implantação do conhecimento na ciência é conhecimento epistemológico.

50. Indivíduos letrados cientificamente também devem entender que os cientistas utilizam os dados para avançar nas reivindicações ao conhecimento e que o argumento é uma característica comum da ciência. Em particular, eles vão saber que alguns argumentos da ciência são hipotético-dedutivos (por exemplo, o argumento de Copérnico para o sistema heliocêntrico), alguns são indutivos (conservação de energia) e alguns são inferências para a melhor explicação (teoria da Evolução de Darwin ou argumento de Wegener para continentes em movimento). Também entendem o papel e a importância da revisão pelos pares como o mecanismo que a comunidade científica tem estabelecido para testar as afirmações de novos conhecimentos. Como tal, o conhecimento epistemológico fornece uma base racional para os processos e práticas aos quais os cientistas se dedicam; um conhecimento das estruturas e características definidoras que orientam a investigação científica e a base para a crença nas reivindicações que a ciência faz a respeito do mundo natural.

51. A Figura 6 representa o que são consideradas as principais características do conhecimento epistemológico necessário ao letramento científico.

Figura 6. Conhecimento Epistemológico no PISA 2015

Conhecimento Epistemológico:
<p>Os construtos e recursos das ciências:</p> <ul style="list-style-type: none">• Natureza das observações científicas, fatos, hipóteses, modelos e teorias;• Propósitos e objetivos das observações científicas: produção de explicações do mundo natural, produção de soluções para as necessidades humanas (tecnologia);• Valores da ciência: compromisso, objetividade, eliminação de viés;• Natureza do raciocínio científico: dedução, indução, inferência, analogias e uso de modelos.
<p>O papel dos construtos e recursos para justificar a produção do conhecimento científico:</p> <ul style="list-style-type: none">• Como afirmações científicas são apoiadas por dados e raciocínio na ciência;• Função das diferentes formas de investigação para produção de conhecimentos;• Como as medidas de erro afetam o grau de confiabilidade do conhecimento científico;• Uso e limites de uso dos modelos físicos, sistêmicos e abstratos;• Papel dos pares no estabelecimento de confiabilidade nas comunidades científicas;• Papel do conhecimento científico e de outras formas de conhecimento na identificação de questões sociais e tecnológicas.

Exemplos de itens

53-73. No documento original, a partir da seção 53 são apresentados três exemplos de unidades de itens de ciências aplicadas nos ciclos de 2006 e 2015. Considerando a disponibilidade dos documentos com itens liberados de Ciências, aplicados em edições anteriores (http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens_liberados_Ciencias.pdf) e inéditos (http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens_liberados_Ciencias_2015.pdf), as seções 53 a 73 foram omitidas deste documento.

Atitudes

Por que as atitudes são importantes

74. As atitudes das pessoas em relação à ciência desempenham um papel significativo no seu interesse, atenção e respostas à ciência e tecnologia e a outras questões que lhes interessam, em particular. Um dos objetivos do ensino de ciências é desenvolver atitudes que levam os estudantes a se envolverem com questões científicas. Essas atitudes também apoiam a posterior aquisição e aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos para o benefício pessoal, local, nacional e global, e liderança para o desenvolvimento da eficácia pessoal (Bandura, 1997).

75. As atitudes fazem parte da construção dos conhecimentos científicos. Desse modo, o letramento científico de uma pessoa inclui certas atitudes, crenças, orientações motivacionais, autoeficácia e valores. A construção de atitudes usada no PISA baseia-se nas estruturas de Klopfer (1976) para o domínio afetivo na educação científica e em revisões de trabalhos sobre atitudes (Gardner, 1975; Osborne, Simon, e Collins, 2003; Schibeci, 1984). A principal distinção feita nestas revisões é entre atitudes em relação à ciência e atitudes científicas. Enquanto a primeira é medida pelo nível de interesse exibido em questões e atividades científicas, o último é uma medida da disposição para valorizar as evidências empíricas como a base pra a crença.

Definindo atitudes em relação à Ciência no PISA 2015

76. A avaliação PISA 2015 irá avaliar as atitudes dos estudantes em relação à ciência em três áreas: o interesse pela ciência e tecnologia, a consciência ambiental e a valorização de abordagens científicas na pesquisa (veja a Figura 22), que são consideradas fundamentais para a construção de letramento científico. Estas três áreas foram selecionadas porque uma atitude positiva em relação à ciência, a preocupação com o meio ambiente e com a forma ambientalmente sustentável de vida e a disposição de valorizar a abordagem científica na pesquisa são características de um indivíduo cientificamente letrado. Assim, os graus em que os estudantes, individualmente, são ou não interessados em ciência e reconhecem seu valor e suas implicações, são considerados importantes medidas do resultado da escolaridade obrigatória. Além disso, em 2006, em 52 dos países participantes (incluindo todos os países da OCDE), os estudantes com um interesse maior geral em ciências tiveram melhor desempenho na avaliação na área (OECD, 2007, P143).

77. O *interesse em ciência e tecnologia* foi escolhido por causa de suas relações estabelecidas com a realização pessoal, seleção de curso, escolha de carreira e da aprendizagem ao longo da vida. Por exemplo, há um considerável corpo de literatura que mostra que o interesse pela ciência é estabelecido por volta dos 14 anos de idade para a maioria dos estudantes (Ormerod & Duckworth, 1975; Tai, Qi Liu, Maltese & Fan, 2006). Além disso, os alunos com tal interesse são mais propensos a seguir carreiras científicas. Políticas públicas em muitos países da OCDE têm se interessado no número de estudantes, particularmente do sexo feminino, que escolhe o estudo da ciência para medir atitudes em relação à ciência, um aspecto importante da avaliação do PISA. Esses resultados podem fornecer informações sobre um crescente desinteresse percebido no estudo de ciências entre os jovens (BOE et al, 2011). Esta medida, quando correlacionada com a grande massa de outras informações recolhidas pelo PISA nos questionários dos estudantes, professores e escolas, pode fornecer ideias sobre as causas de um eventual declínio no interesse.

78. A valorização das abordagens científicas na pesquisa foi escolhida porque as abordagens científicas têm sido muito bem sucedidas na geração de novos conhecimentos - não só dentro da própria ciência, mas também nas ciências sociais e até finanças e esportes. Além disso, o valor central da investigação científica e do Iluminismo é a crença na evidência empírica como a base da crença racional. Reconhecer o valor da abordagem científica para a investigação é, portanto, amplamente considerado como um dos objetivos fundamentais da educação científica que justifica a avaliação. A valorização da e o apoio à investigação científica implicam que os alunos possam identificar e também valorizar formas científicas de coletar evidências, pensar criativamente, raciocinar, responder criticamente e comunicar conclusões, na medida em que enfrentam situações de vida relacionadas com a ciência e tecnologia. Os estudantes devem compreender a função da investigação nas abordagens científicas e por que foi mais bem sucedida do que outros métodos, na maioria dos casos. Valorizar abordagens científicas na pesquisa, no entanto, não significa que o indivíduo tem que ser favorável a todos os aspectos da ciência ou mesmo usar seus métodos. Assim, o construto é uma medida de atitudes dos alunos em relação ao uso de um método científico para investigar o fenômeno social e as ideias derivadas de tais métodos.

79. A *consciência ambiental* é uma preocupação internacional, sendo de relevância econômica. As atitudes nesta área têm sido objeto de extensa pesquisa desde os anos 1970 (ver, por exemplo, Bogner e Wiseman, 1999; Eagles & Demare, 1999; Rickinson, 2001; Weaver, 2002). Em dezembro de 2002, as Nações Unidas aprovou a resolução 57/254 declarando o período de dez anos, com início em 1º de Janeiro de 2005, como a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (UNESCO, 2003). O Plano Internacional de implantação (UNESCO, setembro de

2005) identifica o ambiente como uma das três esferas de sustentabilidade (juntamente com a sociedade (incluindo a cultura) e economia), que deve ser incluído em todos os programas de educação para o desenvolvimento sustentável.

80. Dada a importância das questões ambientais para a continuidade da vida na Terra e para a sobrevivência da humanidade, a juventude de hoje precisa entender os princípios básicos da ecologia e a necessidade de organizar suas vidas em conformidade. Isso significa que o desenvolvimento de uma consciência ambiental e uma disposição responsável com o meio ambiente são elementos importantes da educação contemporânea em ciências.

81. No PISA 2015, essas atitudes específicas em relação à ciência serão medidas pelo questionário do estudante. Para cada uma dessas atitudes, a Figura 22 fornece os detalhes dos sub-constructos específicos que se pretende medir em 2015.

Figure 22. Áreas para a avaliação de atitudes e interesse em Ciência no PISA 2015

Interesse em Ciências
<p>Esta é uma atitude indicada por:</p> <ul style="list-style-type: none">• Curiosidade em ciências e assuntos relacionados com as ciências e seus empenhos;• Desejo de adquirir conhecimentos e habilidades adicionais em ciências, utilizando recursos e métodos variados;• Interesse crescente em ciências, incluindo a consideração de seguir uma carreira científica.
<p>Esta dimensão de interesse em ciências será medida através dos seguintes construtos:</p> <p>Interesse em aprender ciências: uma medida de quanto de interesse os estudantes têm em aprender sobre física, biologia humana, geologia e os processos e produtos da investigação científica.</p> <p>Satisfação com ciências: uma medida de quanto os alunos gostam de aprender sobre ciências, tanto dentro como fora da escola.</p> <p>Futuro orientado para atividades em ciências: uma medida do nível de desejo dos estudantes em seguir carreira científica ou estudo de ciências depois da escola.</p> <p>Motivação instrumental para aprender: uma medida de quanto da motivação dos estudantes para aprender a ciência é extrinsecamente motivada pelas oportunidades que as ciências oferecem para o emprego.</p> <p>Valor geral das ciências: uma medida da quantidade de prestígio que o estudante dá a uma gama de diferentes carreiras, incluindo as científicas.</p> <p>Auto-eficácia em ciências: uma medida de quão capaz o estudante percebe-se em relação a ciências.</p> <p>O prestígio ocupacional de carreiras específicas: uma medida do valor que o estudante dá para a ciência para si mesmo.</p> <p>Uso da Tecnologia: uma escala que mede como os adolescentes utilizam as novas tecnologias.</p> <p>Experiências em ciências fora da escola: uma medida das atividades extracurriculares de ciências com as quais os estudantes se envolvem.</p> <p>Aspirações de carreira: uma ampla medida da disposição que os estudantes têm para as carreiras científicas.</p> <p>Preparação da escola para a carreira em ciências: uma medida de quão bem o estudante se sente em relação à educação científica formal fornecida por sua escola, ou seja, dos conhecimentos e habilidades necessárias para uma carreira científica.</p> <p>Informação que o estudante tem sobre as carreiras em ciências: uma medida de quão bem informado o estudante se sente sobre as possíveis carreiras científicas.</p>

A valorização das abordagens científicas na pesquisa

Esta é uma atitude indicada por:

- Um compromisso de que a evidência é a base da crença para as explicações sobre o mundo material;
- Um compromisso com o enfoque na pesquisa científica, quando for o caso;
- Uma valorização da crítica como um meio de estabelecer a validade de qualquer ideia.

Consciência Ambiental

Esta é uma atitude indicada por:

- Uma preocupação com o meio ambiente e a vida sustentável;
- Uma disposição de assumir e promover comportamentos ambientalmente sustentáveis.

Estes elementos de conscientização ambiental serão medidos utilizando os seguintes construtos:

- Sensibilização para as questões ambientais: uma medida de como os estudantes são informados sobre as questões ambientais atuais.
- Percepção das questões ambientais: uma medida de quanto os estudantes se preocupam com questões ambientais.
- Otimismo ambiental: uma medida de crença dos estudantes sobre a contribuição de suas ações ou de outros para a manutenção e melhoria do ambiente.

82. Mais detalhes sobre estes construtos podem ser encontrados nas matrizes dos Questionários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

83. Esse documento busca fornecer informações sobre a forma como o Domínio Ciências será avaliado no ciclo de 2015 do PISA. Essas informações, em conjunto com os documentos que trazem exemplos de itens, propiciam uma ideia clara de como o construto Letramento Científico será avaliado.

REFERÊNCIAS

- American Association for the Advancement of Science (1989). *Science for all Americans: a Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, D.C.: AAAS.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, teaching and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. London: Longman.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H.Freeman and Company.
- Biggs, J. and K. Collis (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. New York, Academic Press.
- Bloom, B. S. (Ed.). (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals Handbook 1, Cognitive domain*. London: Longmans.
- Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., & Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: young people and achievement-related choices in late-modern societies. *Studies in Science Education*, 47(1), 37 - 72.
- Bogner, F. and M. Wiseman (1999), "Toward Measuring Adolescent Environmental Perception", *European Psychologist* 4 (3).
- Brookhart, S.M., & Nitko, A.J. (2011) *Strategies For Constructing Assessments of Higher Order Thinking Skills*. In G. Schraw & D.R. Robinson (Eds) *Assessment of Higher Order Thinking Skills* (pp.327-359).North Carolina: IAP.
- Confederacion de Sociedades Cientificas de España (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Madrid: Author.
- Davis, S.L., & Buckendahl, C.W. (2011) *Incorporating Cognitive Demand in Credentialing Examinations*. In G. Schraw & D.R. Robinson (Eds) *Assessment of Higher Order Thinking Skills* (pp.327-359).North Carolina: IAP.
- Drechsel, B., Carstensen, C., & Prenzel, M. (2011). The role of content and context in PISA interest scales – A study of the embedded interest items in the PISA 2006 Science assessment. *International Journal of Science Education*, Volume 33, Number 1, 73-95
- Duschl, R. (2007). *Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic and Social Learning Goals*. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Eagles, P.F.J. and R. Demare (1999), "Factors Influencing Children's Environmental Attitudes", *The Journal of Environmental Education*, 30 (4)
- European Commission. (1995). *White paper on education and training: Teaching and learning—Towards the learning society (White paper)*. Luxembourg: Office for Official Publications in European Countries.
- Fensham, P. (1985). *Science for all: A reflective essay*. *Journal of Curriculum Studies*, 17(4), 415-435.
- Ford, M. J., & Wargo, B. M. (2012). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. *Science Education*, 96(3), 369-391.
- Gardner, P. L. (1975). *Attitudes to Science*. *Studies in Science Education*, 2, 1-41.
- Gott, R., Duggan, S., & Roberts, R. (2008). *Concepts of evidence*. University of Durham. Downloaded from <http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm>, Sept 23, 2012.
- Kane, M. (2006). *Validation*. In R.L. Brennan (Ed.), *Educational measurement* (4th ed., pp. 17-64). Westport, CT: American Council on Education, Praeger Publishers

- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings & G. F. Madaus (Eds.), *Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. London: McGraw-Hill Book Company.
- Klopfer, L. E. (1976). A structure for the affective domain in relation to science education. *Science Education*, 60(3), 299-312.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. [10.1002/sce.20395]. *Science Education*, 94(5), 810-824.
- Lederman, N. G. (2006). Nature of Science: Past, Present and Future. In S. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Longino, H. E. (1990). *Science as Social Knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Marzano, R. J. and J. S. Kendall (2007). *The new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks, CA, Corwin Press.
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College London.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1995). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207-248.
- Mislevy, Robert J. and Geneva D. Haertel (2006) Implications of Evidence-Centered Design for Educational Testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 25 (4), 6–20.
- National Academy of Science. (1995). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC.: Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education.
- OECD (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. Paris, OECD (Organisation for economic co-operation and development).
- OECD. (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*. Paris: OECD.
- OECD. (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD.
- OECD. (2006). *The PISA 2006 Assessment Framework for Science, Reading and Mathematics*. Paris: OECD.
- OECD. (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis*. Paris: OECD.
- OECD (2009). *PISA 2006 Technical Report*. Paris: OECD
- OECD. (2011). *What kinds of careers do boys and girls expect for themselves? PISA in focus*. Paris: OECD.
- Ormerod, M. B., & Duckworth, D. (1975). *Pupils' Attitudes to Science*. Slough: NFER.
- Osborne, J. F. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328, 463-466.

- Osborne, J. F., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Osborne, J. F., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Rickinson, M. (2001), Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence, *Environmental Education Research* 7_(3).
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (Eds.). (2003). *Definition and Selection of Key competencies: Executive Summary*. Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to Science: an update. *Studies in Science Education*, 11, 26-59.54
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*
- Tai, R. H., Qi Liu, C., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning Early for Careers in Science. *Science*, 312, 1143-1145.
- Taiwan Ministry of Education. (1999). *Curriculum outlines for "Nature Science and Living Technology"*. Taipei, Taiwan: Ministry of Education.
- UNEP. (2012). *21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues*. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya.
- UNESCO (2003), "UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015)", *UNESCO International Science, Technology and Environmental Education Newsletter*, Vol. XXVIII, no. 1–2, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2005) *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*, UNESCO, Paris.
- Weaver, A. (2002), "Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison", *International Journal of Sociology*, 32 (1)
- Webb, N. L. (1997). *Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education*. Washington, DC, Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph.
- William, D. (2010). What Counts as Evidence of Educational Achievement? The Role of Constructs in the Pursuit of Equity in Assessment. *Review of Research in Education*, 34, 254-284.
- Ziman, J. (1979). *Reliable Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.