

PISA 2006

ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO

Conhecimentos e habilidades
em Ciências, Leitura e Matemática



Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

PISA 2006

ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO

Conhecimentos e habilidades
em Ciências, Leitura e Matemática



ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICOS

 **Moderna**

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICOS

A OCDE é um fórum único no qual os governos de 30 democracias trabalham em conjunto para enfrentar os desafios econômicos, sociais e ambientais da globalização. A OCDE coloca-se também na linha de frente dos esforços para compreender novos desenvolvimentos e preocupações – como governança corporativa, economia da informação e os desafios de uma população que está envelhecendo –, e para ajudar os governos a dar resposta a eles. A organização oferece condições para que os governos possam comparar experiências de políticas, buscar respostas para problemas comuns, identificar boas práticas, e trabalhar para coordenar políticas domésticas e internacionais.

Os países-membros da OCDE são: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça e Turquia. A Comissão das Comunidades Europeias participa do trabalho da OCDE.

A OECD Publishing promove ampla divulgação dos resultados das coletas de dados e das pesquisas da Organização sobre questões econômicas, sociais e ambientais, assim como de convenções, diretrizes e padrões estabelecidos por seus membros.

Originalmente publicado pela OCDE, em inglês, sob o título:
Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006
© 2006, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
Para a edição em língua portuguesa:
© 2007, Editora Moderna Ltda., Brasil
Publicado mediante acordo entre a OECD Paris e
Editora Moderna Ltda. que é responsável pela qualidade da tradução para o Português
e por sua coerência com o texto original.

Moderna

COORDENAÇÃO EDITORIAL EM LÍNGUA PORTUGUESA: Sérgio Couto
TRADUÇÃO E PRODUÇÃO GRÁFICA: B & C Revisão de Textos S/C Ltda.
REVISÃO: B & C Revisão de Textos S/C Ltda. e Littera.Com – Liege Maria de Souza Marucci
COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL: Wilson Aparecido Troque
IMPRESSÃO E ACABAMENTO:

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0__11) 6090-1500
Fax (0__11) 6090-1501
www.moderna.com.br
2007

Impresso no Brasil



Prefácio

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) da OCDE, criado em 1997, representa o compromisso dos governos dos países-membros da OCDE de monitorar os resultados dos sistemas educacionais em termos de realizações dos estudantes em uma estrutura internacional comum. Acima de tudo, o PISA é um esforço de cooperação entre os cientistas dos países participantes para um trabalho articulado por seus governos, segundo interesses políticos em comum. Os países participantes são responsáveis pelo projeto em nível político. Os especialistas dos países participantes também atuam em grupos de trabalho incumbidos de associar os objetivos das políticas do PISA com os melhores recursos materiais e técnicos disponíveis no campo da avaliação comparativa internacional. Por meio da participação desses grupos de especialistas, os países garantem que os instrumentos de avaliação do PISA sejam válidos internacionalmente, levem em consideração os contextos cultural e curricular dos membros da OCDE, forneçam uma base de mensuração consistente, e enfatizem a autenticidade e a validade da educação.

O PISA 2006 dá continuidade à estratégia de dados adotada em 1997 pelos países da OCDE. As áreas avaliadas continuam as mesmas dos trabalhos de 2000 e de 2003. Entretanto, a *alfabetização em ciências* constitui agora a área principal, e a avaliação foi realizada segundo estrutura revisada. A estrutura de *alfabetização em leitura* é análoga à utilizada nas avaliações de 2000 e de 2003, e a de *alfabetização em matemática* é análoga à utilizada na avaliação de 2003, e são apresentadas respectivamente em *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment* (OECD, 1999) e em *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OECD, 2003a).

Do mesmo modo, esta nova publicação apresenta diretrizes básicas da avaliação do PISA 2006, descritas em termos do conteúdo que os estudantes devem adquirir, dos processos que devem ser realizados e dos contextos nos quais o conhecimento e as habilidades são aplicados. Além disso, ilustra as áreas de avaliação com diversas tarefas de amostragem desenvolvidas por painéis de especialistas sob a direção de Raymond Adams, Ross Turner, Barry McCrae e Juliette Mendelovits, do Conselho Australiano para Pesquisas Educacionais (ACER). O grupo de especialistas em ciências foi presidido por Rodger Bybee, do Estudo de Currículos de Ciências Biológicas dos Estados Unidos. O painel do grupo de especialistas em matemática foi presidido por Irwin Kirsh, do Serviço de Aplicação de Testes Educacionais dos Estados Unidos, até outubro de 2005. Após essa data, John de Jong, do Serviço de Aplicação de Testes Lingüísticos da Holanda, assumiu a presidência. Os membros dos grupos de especialistas estão relacionados no final desta publicação. A estrutura também foi revisada por painéis de especialistas de cada um dos países participantes.

Esta publicação foi elaborada pela Secretaria Geral da OCDE, principalmente por John Cresswell e Sophie Vayssettes. O relatório é publicado sob a responsabilidade do Secretário-Geral da OCDE.



Sumário

Prefácio	3
Introdução	7
Visão geral	7
Aspectos básicos do PISA 2006	9
O que faz do PISA um programa único	11
Uma visão geral sobre o que é avaliado em cada área	12
Avaliação e relatório do PISA 2006.....	14
Questionários de contexto e sua utilização.....	15
Desenvolvimento colaborativo do PISA e suas estruturas de avaliação	16
CAPÍTULO 1	
Alfabetização em Ciências.....	19
Introdução	20
Definição da área	21
▪ Alfabetização em ciências	23
Organização da área.....	25
Situações e contexto	26
Competências científicas	29
▪ Identificação de questões científicas	30
▪ Explicação científica de fenômenos	30
▪ Utilização de evidências científicas.....	30
Conhecimento científico	31
▪ Conhecimento de ciência	31
▪ Conhecimentos sobre ciências.....	33
Atitudes em relação a ciência	34
Avaliando alfabetização em ciências	36
▪ Característica do teste	36
▪ Estrutura de avaliação de ciências.....	40
▪ Escalas de relatos	41
Resumo	43
CAPÍTULO 2	
Alfabetização em Leitura.....	45
Definição da área	46
Formato de texto	46
▪ Textos contínuos	47
▪ Textos não-contínuos	47
Características dos itens	48
▪ Cinco processos (aspectos).....	49
▪ Tipos de itens	53
▪ Atribuição de notas.....	54
Situações	54



Relatando resultados	56
▪ Classificando as tarefas de alfabetização em leitura	56
▪ Relatando resultados	56
▪ Construindo um mapa de itens.....	57
▪ Níveis de proficiência em alfabetização em leitura	60
Exemplos de leitura	64
Resumo	69
CAPÍTULO 3	
<i>Alfabetização em Matemática</i>	71
Definição da área	72
Bases teóricas para a estrutura de matemática do PISA	73
Organização da área.....	79
Situações e contexto	80
Conteúdo matemático – as quatro categorias.....	82
▪ Espaço e forma.....	83
▪ Mudanças e relações.....	86
▪ Quantidade	89
▪ Indeterminação	92
Processos matemáticos	95
▪ Matemização	95
▪ Competências	96
Agrupamentos de competências	98
▪ O agrupamento <i>reprodução</i>	98
▪ O agrupamento <i>conexões</i>	101
▪ O agrupamento <i>reflexão</i>	103
▪ Classificação dos itens por agrupamento de competências	106
Avaliando a alfabetização em matemática.....	107
▪ Características da tarefa	107
▪ Estrutura da avaliação	112
▪ Relatando a proficiência em matemática.....	112
▪ Auxílios e ferramentas	113
Resumo	114
<i>Referências</i>	115
<i>Anexo A</i>	119
<i>Anexo B</i>	185



Introdução

VISÃO GERAL

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) da OCDE é um esforço colaborativo realizado por todos os membros da OCDE e por diversos países parceiros, para avaliar até que ponto jovens de 15 anos de idade estão preparados para enfrentar os desafios que encontrarão em sua vida no futuro. Essa idade foi escolhida por ser aquela na qual, na maioria dos países da OCDE, os estudantes aproximam-se da conclusão da escolarização compulsória. Assim sendo, uma avaliação nesse momento permitirá a observação de alguma medida do conhecimento, das habilidades e das atitudes acumulados ao longo de aproximadamente dez anos de educação. A avaliação do PISA adota uma abordagem abrangente para avaliar conhecimentos, habilidades e atitudes que refletem as modificações atuais dos currículos, passando das abordagens baseadas na escola para a aplicação do conhecimento em tarefas e desafios cotidianos. As habilidades adquiridas refletem a capacidade dos estudantes em continuar aprendendo ao longo da vida, aplicando o que aprenderam na escola em ambientes não-escolares, avaliando suas opções e tomando decisões. Com a orientação conjunta dos governos participantes, a avaliação reúne os interesses de políticas dos países, por meio da aplicação de *expertise* científica nos níveis nacional e internacional.

O PISA combina a avaliação de áreas cognitivas específicas, tais como ciências, matemática e leitura, com informações sobre o *background* familiar dos estudantes, suas abordagens ao aprendizado, suas percepções dos ambientes de aprendizagem e sua familiaridade com computadores. No PISA 2006, uma avaliação inovadora da atitude dos estudantes em relação à ciência recebe alta prioridade – questões sobre atitudes foram contextualizadas na parte cognitiva do teste. Aproximar elementos atitudinais a questões cognitivas permitiu que as questões fossem dirigidas a áreas específicas, com foco no interesse em ciências e no apoio dos estudantes para investigações científicas. Os resultados apresentados pelos estudantes são, em seguida, associados a esses fatores de *background*.

O PISA utiliza: *i*) mecanismos consistentes que garantem a qualidade de traduções, amostragens e aplicação de testes; *ii*) medidas para alcançar amplitude cultural e lingüística nos materiais de avaliação, principalmente por meio da participação dos países nos processos de desenvolvimento e de revisão da produção dos itens; e *iii*) tecnologia e metodologia de ponta para manipulação de dados. A associação dessas medidas produz instrumentos de alta qualidade e resultados com níveis superiores de validade e de confiabilidade para aprimorar a compreensão dos sistemas educacionais, assim como do conhecimento das habilidades e das atitudes dos estudantes.

O PISA baseia-se em um modelo dinâmico de aprendizagem vitalícia, por meio do qual são continuamente adquiridos ao longo da vida novos conhecimentos e habilidades necessários para a satisfatória adaptação a um mundo em transformação. O PISA focaliza aspectos que serão importantes para a vida futura dos estudantes de 15 anos de idade, e busca avaliar o que conseguem fazer com aquilo que aprenderam. A avaliação é orientada – mas não limitada – pelo denominador comum dos currículos nacionais. Desse modo, embora avalie o conhecimento dos estudantes, o PISA examina também sua capacidade de refletir e de aplicar seus conhecimentos e suas experiências a questões da vida real. Por exemplo, para compreender e avaliar orientações científicas sobre a segurança dos alimentos, um adulto precisaria não apenas conhecer alguns fatos básicos sobre composição de nutrientes, mas também ser capaz de aplicar essa informação. O termo “alfabetização” é utilizado para designar essa concepção mais ampla de conhecimentos e habilidades.



Quadro A ■ O que é o PISA?

Conceitos básicos

- Uma avaliação internacional padronizada, desenvolvida em conjunto pelos países participantes e aplicada a estudantes de 15 anos de idade que frequentam programas educacionais.
- Uma pesquisa implementada em 43 países no primeiro ciclo (32 em 2000 e 11 em 2002), em 41 países no segundo ciclo (2003) e em 56 países no terceiro ciclo (2006).
- Tipicamente, o teste é aplicado a de 4.500 a 10.000 estudantes em cada país.

Conteúdo

- O PISA 2006 cobre as áreas de *alfabetização em leitura*, *matemática* e *ciências*, não tanto ao que se refere a domínio do currículo escolar, a de conhecimentos e habilidades importantes para a vida adulta.
- Enfatiza o domínio de processos, a compreensão de contextos e a capacidade de atuar em diversas situações dentro de cada área.

Métodos

- Testes utilizando apenas papel e lápis, com tempo total de duas horas de avaliação para cada estudante.
- Os testes incluem itens de múltipla escolha e questões que exigem dos estudantes a construção das próprias respostas. Esses itens são organizados em grupos baseados em um texto extraído de uma situação da vida real.
- O teste tem a duração total de cerca de 390 minutos, submetendo diferentes estudantes a diferentes combinações de itens de teste.
- Os estudantes respondem a um questionário sobre seu histórico de vida, com solicitação de informações sobre eles e sobre suas famílias. Dispõem de 30 minutos para respondê-lo. Os diretores recebem um questionário sobre suas escolas, que deve ser respondido em 20 minutos.

Ciclo de avaliação

- A avaliação é realizada a cada três anos, e o plano estratégico em vigor estende-se até 2015.
- Cada um desses ciclos analisa em profundidade uma área principal, à qual são devotados dois terços do tempo de teste; as outras áreas fornecem um perfil resumido de habilidades. As áreas principais são *alfabetização em leitura*, em 2000, *alfabetização em matemática*, em 2003, e *alfabetização em ciências*, em 2006.

Resultados

- Um perfil básico de conhecimentos e habilidades de estudantes de 15 anos de idade.
- Indicadores contextuais relatando resultados sobre características dos estudantes e das escolas, com ênfase, em 2006, nas atitudes dos estudantes em relação a ciência.
- Indicadores de tendências, que mostram de que forma os resultados serão modificados ao longo do tempo.
- Uma base valiosa de conhecimentos para análises e pesquisas sobre políticas.



O PISA é elaborado para coletar informações em ciclos de três anos, e apresenta dados sobre *alfabetização em leitura, em matemática e em ciências* de estudantes, escolas e países. Fornece percepções dos fatores que influenciam o desenvolvimento de habilidades e atitudes em casa e na escola, e analisa de que forma esses fatores interagem e quais são suas implicações para o desenvolvimento de políticas.

Esta publicação apresenta a base conceitual subjacente às avaliações do PISA 2006, inclusive a estrutura reformulada e ampliada para *alfabetização em ciências*, que incorpora o componente inovador de avaliação das atitudes dos estudantes em relação à ciência e as estruturas para as avaliações de leitura e matemática. Em cada área, a estrutura define os conteúdos que os estudantes devem adquirir, os processos que devem ser realizados e os contextos em que o conhecimento e as habilidades são aplicados. Por fim, ilustra a área e seus aspectos com tarefas de amostra.

ASPECTOS BÁSICOS DO PISA 2006

O PISA 2006 é o terceiro ciclo de uma estratégia de coleta de dados definida em 1997 pelos países participantes. As publicações *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment* (OECD, 1999) e *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OECD, 2003a) apresentaram a estrutura conceitual subjacente aos dois primeiros ciclos do PISA. Os resultados desses ciclos foram apresentados nas publicações *Knowledge and Skills for Life – First Results from PISA 2000* (OECD, 2001) e *Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003* (OECD, 2004), e também estão disponíveis no site do PISA: www.pisa.oecd.org. Os resultados permitem aos formuladores de políticas comparar o desempenho de seus sistemas educacionais com os de outros países. De forma semelhante aos ciclos anteriores, a avaliação 2006 cobre as áreas de *alfabetização em leitura, matemática e ciências*, com foco principal em alfabetização em ciências. Os estudantes também respondem a um questionário sobre seu histórico de vida, e informações adicionais de apoio são reunidas a partir de dados fornecidos por autoridades escolares. Fazem parte da avaliação do PISA 2006 56 países e regiões, incluindo os 30 países pertencentes à OCDE. Juntos, compreendem cerca de 90% da economia mundial.

Uma vez que o objetivo do PISA é avaliar a produção cumulativa de sistemas educacionais de estudantes em uma idade em que a escolarização compulsória ainda é amplamente universal, o teste focaliza estudantes de 15 anos de idade matriculados em programas educacionais baseados na escola e no trabalho. Tipicamente, entre cinco mil e dez mil estudantes de pelo menos 150 escolas serão testados em cada país, fornecendo uma base de amostragem consistente a partir da qual são distribuídos os resultados, de acordo com uma gama de características dos estudantes.

O objetivo primário da avaliação do PISA é determinar em que medida os jovens adquiriram conhecimento e habilidades mais abrangentes em *alfabetização em leitura, matemática e ciências* necessários em sua vida adulta. A avaliação de competências transcurriculares continua parte integrante no PISA 2006. Os principais motivos para essa abordagem mais abrangente são:

- Embora a aquisição de conhecimento específico seja importante para a aprendizagem na escola, a aplicação desse conhecimento na vida adulta depende crucialmente da aquisição de conceitos e habilidades mais abrangentes. Em ciências, considerando-se as questões em debate na comunidade adulta, conhecimentos específicos, como nomes de plantas e animais, têm menos valor do que a compreensão de tópicos mais abrangentes, como consumo de energia, biodiversidade e saúde do ser humano. Em leitura, desenvolver interpretações de material escrito e refletir sobre o con-

teúdo e a qualidade de textos são habilidades essenciais. Em matemática, quando se considera o desenvolvimento de habilidades na vida cotidiana, a capacidade de raciocinar quantitativamente e de representar relações ou dependências é mais adequada do que a capacidade de responder a questões conhecidas contidas no livro didático.

- Em um contexto internacional, o foco no conteúdo curricular restringiria a atenção aos elementos do currículo comuns a todos os países, ou à maioria deles. Isso limitaria a análise de muitos compromissos e resultados, tornando a avaliação demasiadamente restrita para ter algum valor para governos que desejam aprender sobre os pontos fortes e as inovações dos sistemas educacionais de outros países.
- É essencial que os estudantes desenvolvam determinadas habilidades gerais, abrangentes, que incluem comunicação, adaptabilidade, flexibilidade, resolução de problemas e utilização de tecnologias de informação. Essas habilidades são desenvolvidas nos currículos, e uma avaliação exige um foco transcurricular mais amplo.

O PISA não é uma avaliação transnacional única das habilidades em leitura, matemática e ciências dos estudantes de 15 anos de idade. É um programa contínuo que, ao longo prazo, levará ao desenvolvimento de um conjunto de informações para monitorar tendências no conhecimento e nas habilidades de estudantes em diversos países, assim como dos diferentes subgrupos demográficos de cada país. Em cada momento, uma área será testada em profundidade, tomando cerca de dois terços do tempo total da avaliação. Em 2000, a área principal foi *alfabetização em leitura*; em 2003, *alfabetização em matemática*; e em 2006, *alfabetização em ciências*. Esse esquema fornecerá uma análise abrangente das realizações educacionais em cada área a cada nove anos, e uma análise de tendências a cada três anos.

Assim como nos ciclos anteriores do PISA, o tempo total gasto por estudante nos testes do PISA 2006 é de duas horas, mas as informações são obtidas por meio da avaliação de itens que equivalem a cerca de 390 minutos de aplicação de testes. O conjunto total de questões compõe um pacote com 13 apostilas de testes. Cada apostila é entregue a um número suficiente de estudantes para que sejam feitas estimativas adequadas dos níveis de realização educacional em todos os itens, em todos os países e em todos os subgrupos dentro de um país (tais como homens e mulheres, e estudantes de diferentes contextos sociais e econômicos). Os estudantes também gastam 30 minutos respondendo a questões incluídas no questionário de contexto.

A avaliação do PISA fornece três tipos de resultados principais:

- Indicadores básicos, apresentando um perfil geral do conhecimento e das habilidades dos estudantes.
- Indicadores contextuais, que mostram como essas habilidades estão relacionadas a variáveis demográficas, sociais, econômicas e educacionais importantes.
- Indicadores de tendências, que emergem da natureza contínua da coleta de dados e que mostram mudanças nos níveis e na distribuição de resultados, assim como na relação entre as variáveis de histórico de vida e de resultados, no nível do estudante e no nível da escola.

Embora os indicadores sejam um meio adequado para chamar atenção para temas importantes, em geral não são suficientes para fornecer respostas a questões políticas. Portanto, o PISA também desenvolveu um plano de análise orientado para políticas que ultrapassará o relato de indicadores.



O QUE FAZ DO PISA UM PROGRAMA ÚNICO

O PISA não é a primeira pesquisa internacional comparativa de realizações educacionais de estudantes. Outras pesquisas foram realizadas ao longo dos últimos 40 anos, desenvolvidas inicialmente pela Associação Internacional para Avaliação de Realizações Educacionais (IEA) e pela Avaliação Internacional do Progresso Educacional do Serviço de Aplicação de Testes Educacionais (IAEP).

Mais importante, essas pesquisas concentraram-se em resultados diretamente associados ao currículo e, portanto, apenas às partes do currículo essencialmente comuns entre os países participantes. Normalmente, os aspectos de currículo exclusivos de determinado país ou de um pequeno número de países não foram considerados nas avaliações.

O PISA adota uma abordagem diferente em relação a diversos aspectos:

- Sua *origem*: uma iniciativa adotada por governos, cujos interesses com relação a políticas são tratados nos resultados.
- Sua *regularidade*: o compromisso de cobrir áreas múltiplas de avaliação, com atualizações a cada três anos, permite que os países monitorem, com regularidade e previsibilidade, seus progressos no atendimento aos objetivos básicos de aprendizagem.
- O *grupo etário* escolhido: a avaliação de jovens que estão concluindo a escolarização compulsória fornece um indicador útil do desempenho dos sistemas educacionais. Embora grande parte da população jovem nos países da OCDE continue sua educação inicial além dos 15 anos de idade, nessa faixa etária, de maneira geral, os estudantes estão terminando o período inicial da escolarização básica em que todos seguem um amplo currículo comum. Nessa faixa etária, é útil determinar em que medida adquiriram conhecimentos e habilidades que os ajudarão no futuro, inclusive nos caminhos individuais da aprendizagem futura que possam seguir.
- Os *conhecimentos e as habilidades testados*: basicamente, não são definidos em relação a um denominador comum de currículos escolares nacionais, mas sim a habilidades consideradas essenciais para a vida futura. É essa a característica mais fundamental do PISA. Tradicionalmente, os currículos escolares são construídos em termos de conjuntos de informações e técnicas que os estudantes devem adquirir. Dentro das áreas curriculares, esses currículos dão menor ênfase às habilidades que devem ser desenvolvidas em cada área para futura utilização na vida adulta. A ênfase é ainda menor em relação às competências gerais desenvolvidas ao longo do currículo para solucionar problemas e aplicar idéias e compreensão a situações reais. O PISA não exclui conhecimentos e compreensão baseados em currículos, mas testa esses conhecimentos principalmente no que se refere à aquisição de conceitos e habilidades abrangentes que permitem a aplicação do conhecimento. Além disso, o PISA não é limitado pelo denominador comum do currículo específico das escolas de países participantes.

Essa ênfase sobre aplicação de testes no que se refere ao domínio de conteúdo e de conceitos abrangentes é particularmente significativa à luz da preocupação existente entre as nações em relação ao desenvolvimento de capital humano, que a OCDE define como:

O conhecimento, as habilidades, as competências e outros atributos incorporados pelos indivíduos e relevantes ao bem-estar pessoal, social e econômico.



As estimativas sobre capital humano são calculadas, na melhor das hipóteses, utilizando medidas representativas, como nível de escolaridade concluída. Quando o interesse no capital humano é ampliado para incluir atributos que permitam plena participação social e democrática na vida adulta, e que preparem os indivíduos para que sejam aprendizes ao longo de toda a vida, a inadequação dessas medidas representativas torna-se ainda mais evidente.

Ao avaliar diretamente os conhecimentos e as habilidades ao final da escolarização básica, o PISA examina o grau de capacitação dos jovens para a vida adulta e, em certa medida, a eficácia dos sistemas educacionais. Seu objetivo é avaliar as realizações educacionais em relação aos objetivos subjacentes aos sistemas educacionais (segundo definição da sociedade), e não em relação ao ensino e à aprendizagem de um conjunto de conhecimentos. Essa visão dos resultados educacionais é necessária sempre que as escolas e os sistemas educacionais precisarem ser estimulados a focalizar os desafios da vida moderna.

UMA VISÃO GERAL SOBRE O QUE É AVALIADO EM CADA ÁREA

O Quadro B apresenta definições das três áreas avaliadas no PISA 2006. Elas enfatizam o conhecimento funcional e as habilidades que permitem ao indivíduo participar ativamente na sociedade. Tal participação exige algo mais além de ser capaz de realizar tarefas impostas externamente, por exemplo, por um empregador. Significa também estar preparado para participar de processos de tomada de decisão. Nas tarefas mais complexas do PISA, os estudantes não devem apenas responder a questões que apresentam respostas corretas simples, mas devem também refletir sobre o material e avaliá-lo.

Quadro B ■ Definições das áreas

Alfabetização em ciências: conhecimento científico de um indivíduo e utilização desse conhecimento para: identificar questões científicas; adquirir novos conhecimentos; explicar fenômenos científicos e tirar conclusões baseadas em evidências sobre temas relacionados à ciência; compreender os aspectos característicos da ciência como forma de conhecimento e de investigação humana; ter consciência da forma pela qual ciência e tecnologia configuram nossos ambientes material, intelectual e cultural; favorecer o envolvimento com questões relacionadas à ciência, assim como com idéias científicas, como cidadão reflexivo.

Alfabetização em leitura: capacidade de um indivíduo para: compreender e utilizar textos escritos, e refletir sobre eles, para atingir seus objetivos; desenvolver seus conhecimentos e seu potencial; participar na sociedade.

Alfabetização em matemática: capacidade de um indivíduo para: identificar e compreender o papel da matemática no mundo real; fazer julgamentos fundamentados; utilizar a matemática, envolvendo-se com ela, para atender às suas necessidades de vida como cidadão construtivo, preocupado e reflexivo.

A *alfabetização em ciências* (elaborada no Capítulo 1) é definida como a capacidade de utilizar conhecimentos e processos científicos não só para compreender o mundo natural, mas também para participar das decisões que o afetam. A *alfabetização em ciências* é avaliada em relação a:



- *Conhecimentos ou conceitos científicos*: constituem as conexões que ajudam na compreensão de fenômenos relacionados. No PISA, conceitos já conhecidos, relacionados à física, à química, às ciências biológicas e às ciências da Terra e do espaço, são aplicados ao conteúdo dos itens, e não apenas lembrados.
- *Processos científicos*: estão centralizados na capacidade de adquirir, interpretar e atuar sobre evidências. Três desses processos apresentados no PISA estão relacionados a: *i*) descrever, explicar e prever fenômenos científicos; *ii*) compreender investigações científicas; *iii*) interpretar evidências e conclusões científicas.
- *Situações ou contextos*: estão relacionados à aplicação de conhecimentos científicos e à utilização de processos científicos. A estrutura identifica três áreas principais: ciência na vida e na saúde, ciência na Terra e no meio ambiente e ciência na tecnologia.

A *alfabetização em leitura* (elaborada no Capítulo 2) é definida em relação à capacidade de o estudante compreender e utilizar textos escritos e refletir sobre eles para atingir seus objetivos. Esse aspecto da alfabetização foi estabelecido por pesquisas anteriores, tais como o Estudo Internacional sobre Alfabetização de Adultos (IALS), e foi desenvolvido no PISA por meio da introdução de um elemento ativo: a capacidade não só de compreender um texto, mas também de refletir sobre ele baseando-se em raciocínio e experiências. A *alfabetização em leitura* é avaliada em relação a:

- *Formato de texto*: freqüentemente, as avaliações de leitura dos estudantes focalizam *textos contínuos* ou textos em prosa organizados em sentenças e parágrafos. O PISA introduz *textos não-contínuos*, que apresentam informações em outros formatos, tais como listas, formulários, gráficos ou diagramas. Também faz distinção entre uma variedade de formatos de prosa, tais como narração, exposição e argumentação. Essas distinções estão baseadas no princípio de que os indivíduos encontrarão grande diversidade de material escrito ao longo de sua vida adulta relacionada ao trabalho (requerimentos, formulários, propagandas), e que não basta ser capaz de ler um número limitado de tipos de textos, tipicamente encontrados na escola.
- *Processos de leitura (aspectos)*: os estudantes não são avaliados em relação às habilidades mais básicas de leitura, uma vez que se presume que a maioria dos estudantes de 15 anos de idade já as adquiriu. Mais precisamente, espera-se que demonstrem proficiência para recuperar informações, formar uma compreensão geral ampla do texto, interpretá-lo, refletir sobre seu conteúdo, sua forma e suas características.
- *Situações*: definidas pela utilização para a qual o texto foi construído. Por exemplo, um romance, uma carta pessoal ou uma biografia são escritos para uso pessoal; documentos oficiais ou declarações, para uso público; um manual ou um relatório, para uso ocupacional; e um livro didático ou uma planilha, para uso educacional. Uma vez que alguns grupos podem apresentar melhor desempenho em determinada situação do que em outra, é desejável incluir uma variedade de tipos de leitura nos itens de avaliação.

A *alfabetização em matemática* (elaborada no Capítulo 3) trata da capacidade dos estudantes em analisar, raciocinar e comunicar idéias com eficácia à medida que propõem, formulam e solucionam problemas matemáticos e interpretam soluções em uma diversidade de situações. A *alfabetização em matemática* é avaliada em relação a:

- *Conteúdo matemático*: definido principalmente em termos de quatro categorias (*quantidade, espaço e forma, mudanças e relações, indeterminação*), e apenas de forma secundária em relação a linhas curriculares, tais como números, álgebra e geometria.

- *Processos matemáticos*: definidos por meio de competências matemáticas gerais, que incluem a utilização de habilidades em linguagem matemática, modelagem e resolução de problemas. Entretanto, essas habilidades não estão separadas em itens diferentes de teste, uma vez que se presume que serão necessárias várias competências para desempenhar determinada tarefa matemática. Mais especificamente, as questões são organizadas segundo agrupamento de competências que definem o tipo de habilidade de pensamento necessário.
- *Situações*: definidas em termos da utilização da matemática, com base em seu distanciamento dos estudantes. A estrutura identifica cinco situações: pessoal, educacional, ocupacional, pública e científica.

AVALIAÇÃO E RELATÓRIO DO PISA 2006

Por razões práticas, assim como nas avaliações anteriores do PISA, na avaliação de 2006 se utilizam lápis e papel e é incluída uma variedade de tipos de questões. Algumas delas exigem que os estudantes selecionem ou produzam respostas simples, que podem ser comparadas diretamente a uma única resposta correta, tais como itens com resposta de múltipla escolha ou de construção fechada. Essas questões levam a uma resposta correta ou incorreta, e geralmente avaliam habilidades pouco complexas. Outras são mais construtivistas, exigindo que os estudantes desenvolvam as próprias respostas. Essas questões são elaboradas para medir constructos mais amplos do que aqueles captados por pesquisas mais tradicionais, permitindo ampla variedade de respostas aceitáveis, o que leva a uma atribuição de notas mais complexa, que pode incluir respostas parcialmente corretas.

Nem todos os estudantes respondem a todas as questões da avaliação. As unidades de teste do PISA 2006 são reunidas em 13 agrupamentos, cada um elaborado para 30 minutos de teste. Há sete agrupamentos de ciências, dois de leitura e quatro de matemática. Os agrupamentos estão incluídos em 13 apostilas, de acordo com um esquema de rotatividade de teste. Cada apostila contém quatro agrupamentos, e cada estudante recebe uma dessas apostilas, dispondo de duas horas para resolvê-la. Há no mínimo um agrupamento de ciências em cada apostila.

No PISA, a alfabetização é avaliada por meio de unidades que consistem de um estímulo (por exemplo, texto, tabela, quadro, figura, etc.) seguido de diversas tarefas a ele associadas. Esse é um aspecto importante, que permite questões de maior profundidade do que seria possível se cada questão introduzisse um contexto completamente novo. Possibilita mais tempo para que os estudantes analisem o material, utilizado para avaliação de múltiplos aspectos de seu desempenho.

Os resultados do PISA são relatados por meio de escalas com pontuação média 500 e erro padrão 100 para as três áreas, o que significa que dois terços dos estudantes em todos os países da OCDE têm escores entre 400 e 600 pontos. Esses escores representam graus de proficiência em determinado aspecto da alfabetização. Uma vez que a *alfabetização em leitura* foi a área principal em 2000, as escalas de leitura foram divididas em cinco níveis de conhecimento e de habilidades. A principal vantagem dessa abordagem é o fato de descrever o que os estudantes conseguem fazer quando tarefas são associadas a níveis de dificuldade. Além disso, os resultados também foram apresentados por meio de três subescalas de leitura: *recuperação de informações*, *interpretação de textos*, *reflexão e avaliação*. A escala de proficiência também foi possível para a *alfabetização em matemática* e para a *alfabetização em ciências*, mas sem os níveis, reconhecendo-se, portanto, as limitações de dados para as áreas secundárias. O PISA 2003 desenvolveu essa abordagem ao especificar seis níveis de proficiência para a escala de alfabetização em matemática, seguindo uma abordagem semelhante àquela utilizada para leitura.



Há quatro subescalas para a *alfabetização em matemática: espaço e forma, mudanças e relações, quantidade, indeterminação*. O relatório de *alfabetização em ciências* será elaborado de forma semelhante e também apresentará resultados em áreas diferentes. O PISA 2003 ofereceu a primeira oportunidade de apresentar uma tendência de resultados para *alfabetização em leitura, matemática e ciências*, e os resultados do PISA 2006 fornecerão informações adicionais para essa análise.

QUESTIONÁRIOS DE CONTEXTO E SUA UTILIZAÇÃO

Para reunir informações contextuais, o PISA solicita a estudantes e diretores de escolas que respondam a questionários sobre seu histórico de vida, com cerca de 30 minutos de duração. Esses questionários são essenciais para a análise de resultados no que se refere a uma variedade de características dos estudantes e das escolas. Os questionários utilizados nas avaliações do PISA de 2000 e 2003 estão disponíveis no *site* do PISA: www.pisa.oecd.org.

Os questionários buscam informações sobre:

- Os históricos dos estudantes e de suas famílias, incluindo seu capital econômico, social e cultural.
- Aspectos da vida dos estudantes, tais como suas atitudes em relação à aprendizagem, seus hábitos, e sua vida dentro do ambiente escolar e seu ambiente familiar.
- Aspectos das escolas, tais como a qualidade dos recursos humanos e materiais, controle e recursos financeiros públicos e privados, processos de tomada de decisão e práticas de equipe.
- Contexto de instrução, inclusive estruturas e tipos institucionais, tamanho de turmas e nível de envolvimento dos pais.
- Estratégias de aprendizagem auto-reguladas, preferências motivacionais e orientações por objetivos, mecanismos de cognição auto-relacionados, estratégias de controle de atuação, preferências por tipos de situações de aprendizagem, estilos de aprendizagem e habilidades sociais necessárias para aprendizagem cooperativa ou competitiva.
- Aspectos de aprendizagem e instrução em ciências, inclusive motivação, envolvimento e confiança dos estudantes em relação a ciência, e o impacto de estratégias de aprendizagem sobre a realização relacionada ao ensino e à aprendizagem de ciências.

Dois questionários adicionais são oferecidos como opções internacionais:

- Um questionário sobre familiaridade com computadores, que focaliza: *i*) disponibilidade e utilização de tecnologia de informação e comunicação (TIC), incluindo o local onde a TIC é mais utilizada, assim como o tipo de utilização; *ii*) confiança e atitudes em relação a TIC, inclusive auto-eficácia e atitudes em relação a computadores; e *iii*) pano de fundo de aprendizagem de TIC, focalizando o local onde os estudantes aprenderam a utilizar um computador e a Internet. Em 2003, a OCDE publicou um relatório resultante das análises de dados coletados por meio desse questionário – *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us* (OECD, 2005).
- Um questionário para os pais focalizando inúmeros tópicos, inclusive atividades anteriores dos estudantes relacionadas a ciência; opinião dos pais sobre a escola dos estudantes; opinião dos pais sobre ciência na carreira pretendida dos estudantes e a necessidade de conhecimentos e habilidades científicos no mercado de trabalho; opinião dos pais sobre ciência e meio ambiente; custo de serviços educacionais; e nível educacional e ocupacional dos pais.



As informações contextuais coletadas por meio dos questionários dos estudantes e das escolas, assim como os questionários opcionais de familiaridade com computadores e dos pais, compreendem apenas parte do total de informações disponíveis ao PISA. Indicadores que descrevem a estrutura geral de sistemas educacionais (seus contextos demográficos e econômicos – por exemplo, custos, matrículas, características da escola e dos professores, e alguns processos de sala de aula) e seu efeito sobre os resultados no mercado de trabalho já são desenvolvidos e aplicados pela OCDE de forma rotineira.

DESENVOLVIMENTO COLABORATIVO DO PISA E SUAS ESTRUTURAS DE AVALIAÇÃO

O PISA representa um esforço colaborativo entre os governos pertencentes à OCDE para fornecer um novo tipo de avaliação da realizações educacionais dos estudantes de forma recorrente. As avaliações são desenvolvidas cooperativamente, em acordo com todos os países participantes, e implementadas por organizações nacionais. A cooperação construtiva de estudantes, professores e diretores das escolas participantes foi crucial para o sucesso do PISA durante todas as etapas de desenvolvimento e de implementação.

O Conselho Diretor do PISA (PGB), representando todas as nações no nível sênior de políticas, determina as prioridades de políticas para o PISA, no contexto dos objetivos da OCDE, e administra a adesão a essas prioridades durante a implementação do programa. Essa fase inclui o estabelecimento de prioridades para o desenvolvimento de indicadores, para a determinação dos instrumentos de avaliação e para o relatório de resultados. Especialistas dos países participantes também trabalham em grupos encarregados de associar os objetivos de políticas do PISA à melhor *expertise* técnica internacionalmente disponível para as diferentes áreas de avaliação. Ao participar desses grupos de especialistas, os países garantem que os instrumentos sejam internacionalmente válidos e levam em consideração os contextos cultural e educacional dos países pertencentes à OCDE. Garantem também que o material de avaliação tenha propriedades de mensuração consistentes e que os instrumentos enfatizem autenticidade e validade educacionais.

Os países participantes implementam o PISA no nível nacional por meio de Gerentes Nacionais de Projeto (NPM), sujeitos a procedimentos aceitos de administração. Gerentes Nacionais de Projetos desempenham um papel vital, garantindo que implementação de alta qualidade. Também verificam e avaliam resultados, análises, relatórios e publicações da pesquisa.

Um consórcio internacional, liderado pelo Conselho Australiano para Pesquisas Educacionais (ACER), é responsável pela elaboração e implementação das pesquisas atuais, dentro da estrutura estabelecida pelo PGB. Outros parceiros nesse consórcio são: o Instituto Nacional para Medições Educacionais (CITO), na Holanda; WESTAT e Serviço de Aplicação de Testes Educacionais (ETS), nos Estados Unidos; e o Instituto Nacional para Pesquisas de Políticas Educacionais (NIER), no Japão.

A Secretaria Geral da OCDE é responsável pelo gerenciamento geral do programa, monitora sua implementação diariamente, atua como secretaria para o PGB, constrói consenso entre os países e atua como interlocutora entre o PGB e o consórcio internacional encarregado da implementação. A Secretaria Geral da OCDE também é responsável pela produção de indicadores e pela análise e preparação dos relatórios e publicações internacionais. Atua em cooperação com o consórcio PISA, em estreito sistema de consultoria com os países membros, tanto no nível de políticas (PGB) como no nível de implementação (Gerentes Nacionais de Projetos).



O desenvolvimento da estrutura do PISA tem sido um esforço contínuo desde a criação do programa, em 1997, e pode ser descrito em uma seqüência:

- Desenvolvimento de uma definição de trabalho para a área de avaliação e descrição das hipóteses subjacentes a essa definição.
- Avaliação da forma de organizar as tarefas elaboradas, com o objetivo de relatá-las aos formuladores de políticas e pesquisadores das realizações educacionais de estudantes naquela área; e identificação de características básicas que podem ser consideradas na elaboração de tarefas de avaliação para utilização internacional.
- Operacionalização das características básicas utilizadas na elaboração do teste, com definições baseadas na literatura existente e na experiência de conduzir outras avaliações em grande escala.
- Validação das variáveis e avaliação da contribuição de cada uma delas para a compreensão da dificuldade das tarefas em todos os países participantes.
- Elaboração de um esquema de interpretação de resultados.

Embora o principal benefício de construir e validar uma estrutura para cada uma das áreas seja o aprimoramento da medição, há outros benefícios potenciais:

- A estrutura fornece uma linguagem comum e um veículo para discutir o objetivo da avaliação e daquilo que deve ser medido. Essa discussão estimula o desenvolvimento de um consenso em torno da estrutura e dos objetivos de mensuração.
- Análise dos tipos de conhecimento e de habilidade associados a bons desempenhos fornece uma base para o estabelecimento de padrões ou níveis de proficiência. Com a evolução da compreensão do que está sendo medido e da capacidade para interpretar escores ao longo de determinada escala, é desenvolvida uma base empírica para comunicar aos diversos representantes um conjunto mais rico de informações.
- Identificação e compreensão de determinadas variáveis subjacentes ao bom desempenho, além da capacidade de avaliar o que está sendo medido e de modificar a avaliação ao longo do tempo.

A compreensão do que deve ser medido e sua ligação com o que pretendemos dizer sobre os estudantes fornece uma conexão importante entre políticas públicas, avaliação e pesquisas que, por sua vez, aumentam a utilidade dos dados coletados.

Alfabetização em Ciências



INTRODUÇÃO

Sendo a principal área de avaliação no PISA 2006, a *alfabetização em ciências* tem importância especial para esta pesquisa. A área vem sendo submetida a um desenvolvimento considerável desde a pesquisa de 2003, com uma interpretação ampliada daquilo que é analisado, uma vez que esta é a primeira avaliação de ciências com tal nível de detalhamento. Esse desenvolvimento envolve não só uma descrição mais minuciosa de *alfabetização em ciências*, mas também uma inovação importante na abordagem à avaliação, muito relevante para as futuras pesquisas do PISA. Pela primeira vez, o principal instrumento de avaliação inclui questões sobre atitudes, ao mesmo tempo que avalia capacidades cognitivas e conhecimentos. Ao analisar em que medida as questões tratadas durante o teste estimulam o interesse dos estudantes, enfatiza-se a avaliação de características atitudinais e motivacionais importantes para o futuro envolvimento dos estudantes com a ciência. Anteriormente, questões sobre esses aspectos limitavam-se a um questionário separado com perguntas mais gerais sobre itens como interesse e motivação.

Uma compreensão de ciência e tecnologia é fundamental na formação de um jovem para a vida nas sociedades modernas. Possibilita ao indivíduo participar plenamente de uma sociedade em que a ciência e a tecnologia desempenham um papel significativo. Essa compreensão também capacita indivíduos a participar adequadamente na determinação de políticas públicas sempre que questões de ciência e tecnologia tenham impacto sobre sua vida. A compreensão de ciência e tecnologia contribui significativamente para a vida pessoal, social, profissional e cultural de todas as pessoas.

Inúmeros problemas, situações e questões encontrados por indivíduos em sua vida cotidiana exigem alguma compreensão de ciência e de tecnologia para que sejam plenamente compreendidos ou resolvidos. Os indivíduos enfrentam questões relacionadas a ciência e tecnologia nos níveis pessoal, comunitário, nacional e até mesmo global. Portanto, líderes nacionais devem ser estimulados a verificar em que nível todos os indivíduos em seus respectivos países estão preparados para lidar com essas questões. Um aspecto crítico é a forma como os jovens reagem a questões científicas após concluírem seus estudos. Uma avaliação aos 15 anos de idade oferece uma indicação precoce sobre como os estudantes poderão reagir, mais tarde, a um conjunto de situações diversas que envolvem ciência e tecnologia.

Portanto, como base para uma avaliação internacional de estudantes de 15 anos de idade, parece razoável perguntar: “O que o cidadão deve saber, valorizar e ser capaz de fazer em situações que envolvem ciência e tecnologia?” A resposta a essa pergunta estabelece as bases para uma avaliação sobre seus conhecimentos, seus valores e suas capacidades relacionados a necessidades futuras. As competências básicas estabelecidas na definição de *alfabetização em ciências* do PISA 2006 são fundamentais para encontrar essa resposta. Essas competências questionam de que maneira os estudantes:

- identificam questões científicas;
- explicam fenômenos cientificamente;
- utilizam evidências científicas.

À medida que os estudantes enfrentam e resolvem questões relacionadas a ciências, essas competências exigem que demonstrem, por um lado, conhecimentos e capacidade cognitiva e, por outro, atitudes, valores e motivação.

A identificação daquilo que o cidadão deve saber, valorizar e ser capaz de fazer em situações que envolvem ciência e tecnologia é aparentemente simples e direta. Entretanto, levanta outras ques-



tões sobre compreensão científica e não implica o domínio de todo o conhecimento científico. Essa estrutura é orientada por referências àquilo de que os cidadãos necessitam. Como cidadãos, qual é o nível de conhecimento mais adequado? Uma resposta a essa pergunta certamente inclui conceitos básicos das disciplinas de ciências, mas esse conhecimento deve ser utilizado em contextos encontrados na vida cotidiana. Além disso, frequentemente os indivíduos defrontam-se com situações que exigem algum conhecimento de ciência como um processo que produz conhecimento e que propõe explicações sobre o mundo natural.¹ E mais, devem ter consciência da relação complementar entre ciência e tecnologia e da forma como tecnologias baseadas na ciência estão envolvidas na natureza da vida moderna e a influenciam.

O que os cidadãos devem valorizar em relação a ciência e tecnologia? A resposta a essa pergunta deve incluir o papel que ciência e tecnologia baseada na ciência desempenham e suas contribuições para a sociedade, assim como sua importância em muitos contextos pessoais, sociais e globais. Do mesmo modo, parece razoável esperar que indivíduos tenham algum interesse em ciência, apoiem o processo de investigação científica e atuem com responsabilidade em relação a recursos naturais e ao meio ambiente.

Que atividades relacionadas à ciência os indivíduos devem ser capazes de desempenhar? Frequentemente, as pessoas devem tirar conclusões adequadas a partir de evidências e informações que lhes são fornecidas; avaliar reivindicações feitas por outras pessoas com base em evidências apresentadas; e fazer distinção entre opiniões pessoais e afirmações baseadas em evidências. Com frequência, as evidências envolvidas são científicas, mas a ciência também tem um papel mais geral a desempenhar, uma vez que está relacionada à racionalidade na análise de idéias e teorias, contrastando-as com as evidências. Obviamente, não é possível negar que ciência inclui criatividade e imaginação – atributos que sempre desempenharam papel fundamental no progresso do ser humano rumo à compreensão do mundo.

Os cidadãos são capazes de fazer distinção entre reivindicações cientificamente consistentes e não-consistentes? Cidadãos comuns geralmente não são chamados a analisar o valor das principais teorias ou de progressos científicos potenciais. Entretanto, tomam decisões baseadas em fatos apresentados em propagandas, em evidências sobre questões judiciais, em informações sobre sua saúde e em questões relacionadas ao meio ambiente e aos recursos naturais locais. Um indivíduo instruído deve ser capaz de fazer distinção entre tipos de questões que podem ser respondidas por cientistas, assim como tipos de problemas com possibilidade de ser solucionados por tecnologias baseadas na ciência, e problemas e questões impossíveis de ser solucionados por esses meios.

DEFINIÇÃO DA ÁREA

O pensamento atual sobre os resultados desejados da educação em ciências enfatiza o conhecimento científico (inclusive conhecimento de abordagens científicas a investigações) e a análise da contribuição da ciência para a sociedade. Esses resultados exigem uma compreensão de conceitos e explicações importantes sobre ciência, assim como dos pontos fortes e das limitações da ciência no mundo real. Implicam uma atitude crítica e uma abordagem reflexiva em relação a ciências (Millar e Osborne, 1998).

Esses objetivos oferecem uma orientação e dão ênfase à educação em ciências para todos (Fensham, 1985). As competências avaliadas no PISA 2006 são abrangentes e incluem aspectos relacionados à utilidade pessoal, à responsabilidade social e ao valor intrínseco e extrínseco do conhecimento científico.



A discussão acima desenvolve um ponto fundamental na avaliação de ciências do PISA 2006: a avaliação deve focalizar competências que esclareçam o que estudantes de 15 anos de idade sabem, valorizam e são capazes de fazer dentro de contextos pessoais, sociais e globais razoáveis e adequados. Essa perspectiva difere daquela fundamentada exclusivamente em programas escolares de ciências e amplamente baseados apenas nas disciplinas de ciências; entretanto inclui problemas situados em contextos educacionais e profissionais e reconhece o lugar essencial do conhecimento, dos métodos, das atitudes e dos valores que definem as disciplinas científicas. A expressão que melhor descreve os objetivos gerais da avaliação de ciências do PISA 2006 é *alfabetização em ciências* (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber e Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1983; Unesco, 1993).

O PISA 2006 tem por objetivo avaliar os aspectos cognitivos e afetivos da *alfabetização em ciências* dos estudantes. Os aspectos cognitivos incluem o conhecimento dos estudantes e sua capacidade para utilizar esse conhecimento de maneira eficaz, à medida que realizam determinados processos característicos de ciências e de investigações científicas de relevância pessoal, social ou global. Ao avaliar competências científicas, o PISA preocupa-se com questões para as quais o conhecimento científico pode dar sua contribuição e que envolverão os estudantes, hoje ou no futuro, com a tomada de decisão. A partir do ponto de vista de suas competências científicas, os estudantes respondem a essas questões de acordo com sua compreensão do conhecimento científico relevante, sua capacidade de acessar e avaliar informações, de interpretar evidências contidas na questão e de identificar aspectos científicos e tecnológicos da questão (Koballa, Kemp e Evans, 1997; Law, 2002). O PISA também avalia aspectos não-cognitivos: de que forma os estudantes expressam suas respostas do ponto de vista afetivo. Aspectos atitudinais de suas respostas envolvem seu interesse, sustentam seu apoio e os motivam a agir (Schibeci, 1984). Em função dessas considerações, a *alfabetização em ciências* foi definida como a área principal do PISA 2006.

Quadro 1.1 ■ Conhecimento científico: terminologia do PISA 2006

A expressão “conhecimento científico” é utilizada ao longo desta estrutura para referir-se tanto a *conhecimento de ciência* como a *conhecimentos sobre ciências*. *Conhecimento de ciência* refere-se ao conhecimento do mundo natural em todos os principais campos da física, da química, das ciências biológicas, da ciência da Terra e do espaço e da tecnologia baseada na ciência. *Conhecimentos sobre ciências* refere-se ao conhecimento dos meios (investigação científica) e dos objetivos (explicações científicas) da ciência.

A expressão *alfabetização em ciências* foi escolhida por ser reconhecida como representante dos objetivos da educação em ciências que deve ser ministrada a todos os estudantes; por implicar abrangência e uma natureza aplicada aos objetivos da educação em ciências; por representar um *continuum* de conhecimento científico e de capacidade cognitiva associados à investigação científica; por incorporar inúmeras dimensões e incluir as relações entre ciência e tecnologia. Em conjunto, as competências científicas situadas no âmago da definição caracterizam o fundamento para a *alfabetização em ciências*, e o objetivo da avaliação de ciências do PISA 2006: avaliar em que grau as competências foram desenvolvidas (Bybee, 1997a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer e Kumano, 2002).



Quadro 1.2 ■ Alfabetização científica, PISA 2006

Para os objetivos do PISA 2006, *alfabetização em ciências*² refere-se a:

- Conhecimentos científicos de um indivíduo e sua utilização para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenômenos científicos e tirar conclusões baseadas em evidências sobre questões relacionadas à ciência.
- Compreensão do indivíduo sobre os aspectos característicos da ciência como forma de conhecimento e investigação do ser humano.
- Conscientização do indivíduo sobre a maneira como a ciência e a tecnologia configuram os ambientes material, intelectual e cultural.
- Desejo do indivíduo de envolver-se, como um cidadão reflexivo, em questões relacionadas à ciência e com as idéias da ciência.

As observações a seguir esclarecem melhor essa definição.

Alfabetização em ciências

A utilização da expressão “alfabetização em ciências” em lugar de “ciência” ressalta a ênfase que a avaliação de ciências do PISA 2006 coloca na aplicação de conhecimentos científicos no contexto de situações reais, em comparação à simples reprodução do conhecimento tradicional de ciências aprendido na escola. A utilização funcional do conhecimento exige a aplicação desses processos característicos da ciência e da investigação científica (competências científicas), e é regulada pelo gosto, pelo interesse, pelos valores e pela atuação do indivíduo em relação a temas científicos. A capacidade de um estudante em aplicar competências científicas envolve conhecimentos de ciências e uma compreensão das características da ciência como forma de adquirir conhecimento (ou seja, conhecimentos sobre ciências).

A definição também reconhece que a disposição para aplicar essas competências depende de uma atitude individual em relação à ciência e ao desejo de envolver-se em questões relacionadas à ciência. É importante observar que aspectos não-cognitivos, como motivação, são considerados competências.

Conhecimento e sua utilização para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenômenos cientificamente e tirar conclusões com base em evidências

Para essa definição de *alfabetização em ciências*, o conhecimento engloba muito mais do que a capacidade de recuperar informações, fatos e nomes. A definição inclui conhecimento de ciência (sobre o mundo natural) e sobre ciências. O primeiro inclui a compreensão de teorias e conceitos científicos fundamentais; o segundo inclui a compreensão da natureza da ciência como atividade humana, assim como os pontos fortes e as limitações do conhecimento científico. As questões a serem identificadas são aquelas que podem ser respondidas por investigação científica, exigindo, novamente, conhecimentos sobre ciências, assim como conhecimento científico dos tópicos específicos envolvidos. Para a definição de *alfabetização em ciências*, é significativo observar que, com frequência, os indivíduos devem adquirir conhecimentos novos, não por meio das próprias investigações científicas, mas de recursos como bibliotecas e Internet. Tirar conclusões com base em evidências significa conhecer, selecionar e avaliar informações e dados, reconhecendo que frequentemente não há informações



suficientes para conclusões definitivas, o que torna necessária a análise cuidadosa e consciente das informações disponíveis.

Aspectos característicos da ciência como forma de conhecimento e de investigação para o ser humano

Conforme mencionado, *alfabetização em ciências* subentende que os estudantes tenham alguma compreensão de como os cientistas obtêm dados e propõem explicações, reconhecem características básicas de investigações científicas e os tipos de respostas racionais que se pode esperar da ciência. Por exemplo, os cientistas utilizam observações e experimentos para reunir dados sobre objetos, organismos e eventos no mundo natural. Os dados são utilizados para propor explicações que se tornam de conhecimento público e que podem ser utilizadas em diversas formas de atividade humana. Algumas características básicas da ciência são: coleta e utilização de dados – a coleta de dados é orientada por idéias e conceitos (algumas vezes colocados como hipóteses) e inclui questões de relevância, contexto e precisão; a natureza experimental de exigências de conhecimento; uma abertura para uma revisão cuidadosa; a utilização de argumentos lógicos; e a obrigação de criar conexões com o conhecimento atual e histórico, assim como de relatar métodos e procedimentos utilizados na obtenção de evidências.

De que forma a ciência e a tecnologia moldam nossos ambientes material, intelectual e cultural

O ponto básico nessa afirmativa é a idéia de que a ciência é um empreendimento do ser humano que influencia as sociedades e os indivíduos. Além disso, o desenvolvimento tecnológico também é um esforço do ser humano (Fleming, 1989). Embora a ciência e a tecnologia apresentem diferenças em relação a aspectos de seus objetivos, processos e produtos, também estão estreitamente relacionadas e, em muitos aspectos, são complementares. Quanto a esse aspecto, a definição de *alfabetização em ciências* proposta neste relatório inclui a natureza da ciência e da tecnologia e suas relações complementares. Como indivíduos, tomamos decisões por meio de políticas públicas que influenciam o rumo da ciência e da tecnologia. Ciência e tecnologia desempenham papéis paradoxais na sociedade: embora proponham respostas a questões e soluções a problemas, também criam novas questões e novos problemas.

Desejo de envolver-se em questões relacionadas à ciência e com as idéias da ciência, como cidadão reflexivo

Os significados contidos na primeira parte dessa afirmativa vão além de fazer anotações e empreender ações de acordo com exigências; implicam o interesse contínuo do indivíduo em questões baseadas em ciência, sua opinião a respeito dessas questões e sua participação nelas no momento e no futuro. A segunda parte da afirmativa cobre diversos aspectos de atitudes e valores que os indivíduos devem ter em relação à ciência. A frase sugere uma pessoa interessada em temas científicos, preocupada com questões baseadas em ciência, tecnologia, recursos e meio ambiente refletindo sobre a importância da ciência sob a perspectiva pessoal e social.

Inevitavelmente, *alfabetização em ciências* baseia-se nas *alfabetizações em leitura e em matemática* (Norris e Phillips, 2003). Por exemplo, o *alfabetização em leitura* é necessária para que o estudante demonstre compreensão da terminologia científica. Do mesmo modo, aspectos da *alfabetização em matemática* são exigidos em contextos de interpretação de dados. A interseção dessas outras alfabetizações com a definição do PISA 2006 e a avaliação da *alfabetização em ciências* é inevitável; entretanto, na essência de cada tarefa de avaliação deve haver aspectos inequivocamente relacionados à *alfabetização em ciências*.



Em comparação com a definição de *alfabetização em ciências* utilizada no PISA 2000 e no PISA 2003, a definição para 2006 foi elaborada e aprimorada. Para as duas avaliações anteriores, quando ciências foi uma área secundária, *alfabetização em ciências* foi definida como:

Alfabetização em ciências é a capacidade de utilizar o conhecimento científico, identificar questões e tirar conclusões com base em evidências, visando compreensão e ajuda na tomada de decisões sobre o mundo natural e as mudanças nele ocorridas por meio da atividade humana (OECD, 1999, 2000, 2003a).

As afirmativas iniciais das definições de 2000, 2003 e 2006 são basicamente as mesmas quanto ao seu enfoque na utilização do conhecimento científico do indivíduo para tirar conclusões. Embora as definições de 2000 e de 2003 incorporem o conhecimento de ciências e a compreensão de ciências nos termos do conhecimento científico, a definição de 2006 destaca e elabora esse aspecto de *alfabetização em ciências*, acrescentando expressões que ressaltam os conhecimentos dos estudantes sobre os aspectos característicos das ciências. As duas definições referem-se à aplicação do conhecimento científico para compreender o mundo natural e, ao final, tomar decisões informadas sobre ele. No PISA 2006, esta parte da definição é aprimorada com o acréscimo do conhecimento da relação entre ciência e tecnologia – um aspecto da *alfabetização em ciências* presumido, mas não elaborado na definição anterior. No mundo de hoje, ciência e tecnologia estão estreitamente associadas, apresentando muitas vezes relações de sinergia.

Em comparação com a definição anterior, a definição do PISA 2006 para *alfabetização em ciências* foi ampliada por meio da inclusão explícita de aspectos atitudinais contidos às respostas dos estudantes a questões de relevância científica e tecnológica. Em resumo, a definição de 2006 está conceitualmente de acordo com a utilizada em 2000 e em 2003, que não incluía apenas respostas atitudinais. Entretanto, o elemento atitudinal é relatado separadamente e, portanto, não causa impacto sobre a comparabilidade do aspecto cognitivo ao longo do tempo. Outras mudanças – como a elaboração dos conhecimentos sobre ciências e tecnologia baseada na ciência – representam maior ênfase em aspectos particulares incorporados ou presumidos na definição anterior.

ORGANIZAÇÃO DA ÁREA

A definição de *alfabetização em ciências* proposta nesta estrutura oferece um *continuum* da *alfabetização em ciências*, de menos desenvolvido a mais desenvolvido – ou seja, os indivíduos são considerados mais ou menos cientificamente letrados; não são considerados cientificamente letrados ou iletrados (Bybee, 1997a e 1997b). Portanto, por exemplo, o estudante que demonstra *alfabetização em ciências* menos desenvolvido pode ser capaz de relembrar algum conhecimento factual científico simples e utilizar conhecimento científico comum para tirar conclusões ou avaliá-las. Um estudante que demonstra *alfabetização em ciências* mais desenvolvida demonstrará capacidade de criar modelos conceituais e utilizá-los para fazer previsões e dar explicações, analisar investigações científicas, relatar dados como evidências, avaliar explicações alternativas para o mesmo fenômeno e comunicar conclusões com precisão.

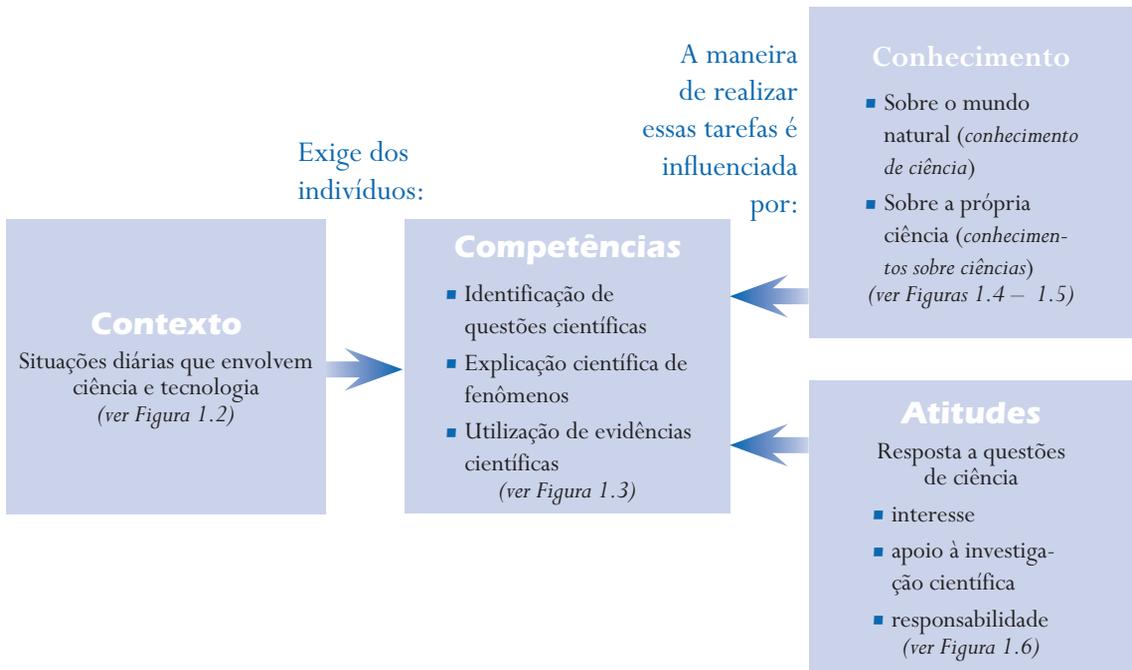
Para propósitos de avaliação, a definição de *alfabetização em ciências* do PISA 2006 é composta por quatro aspectos inter-relacionados:

- **Contexto:** reconhecer situações reais que envolvem ciência e tecnologia.
- **Conhecimento:** compreender o mundo natural com base no conhecimento científico, que inclui conhecimento do mundo natural e conhecimentos sobre ciências.



- **Competências:** demonstrar competências que incluem identificar questões científicas, explicar fenômenos cientificamente e tirar conclusões baseadas em evidências.
- **Atitudes:** indicar algum interesse em ciências, apoio a investigações científicas e motivação para atuar de forma responsável em relação, por exemplo, a recursos naturais e ao meio ambiente.

Figura 1.1 ■ Estrutura da avaliação de ciência, PISA 2006



As seções a seguir reafirmam e elaboram os aspectos inter-relacionados da *alfabetização em ciências*. Ao destacar esses aspectos, a estrutura de alfabetização em ciências do PISA 2006 assegura que a avaliação enfoque principalmente os resultados da educação em ciências como um todo. Diversos questionamentos baseados na perspectiva do PISA 2006 para *alfabetização em ciências* estão por trás da organização desta seção da estrutura:

- Que *contextos* seriam adequados para avaliar estudantes de 15 anos de idade?
- Que *competências* podemos esperar que estudantes de 15 anos demonstrem?
- Que nível de *conhecimento* podemos esperar que estudantes de 15 anos demonstrem?
- Que tipo de *atitudes* podemos esperar que estudantes de 15 anos demonstrem?

SITUAÇÕES E CONTEXTO

Um aspecto importante da *alfabetização em ciências* é o envolvimento com a ciência em diversas situações. Ao lidar com questões científicas, a opção de métodos e representações muitas vezes depende da situação em que a questão é apresentada.

A situação faz parte do mundo do estudante em que a tarefa está situada. Itens de avaliação são estruturados em situações da vida em geral e não se limitam à vida escolar. Na avaliação de ciências



do PISA 2006, os itens focalizam situações relacionadas ao indivíduo, à família e a grupos de colegas (*peçoal*), à comunidade (*social*) e à vida em todo o mundo (*global*). Outro tipo de situação, adequada a alguns tópicos, é a situação *histórica*, em que é avaliada a compreensão sobre os progressos do conhecimento científico.

O contexto de um item consiste em sua ambientação específica em determinada situação. Inclui todos os elementos detalhados utilizados para formular a questão.

O PISA 2006 avalia conhecimentos científicos relevantes para o currículo de educação em ciências nos países participantes, sem restringir-se aos aspectos comuns desses currículos nacionais. Para tanto, a avaliação solicita evidências da utilização satisfatória de competências científicas em situações importantes que refletem o mundo e que estão de acordo com o foco do PISA para a *alfabetização em ciências*. Isso, por sua vez, envolve a aplicação de conhecimentos selecionados sobre o mundo natural e sobre a própria ciência, assim como a avaliação das atitudes dos estudantes em relação a temas científicos.

A Figura 1.2 relaciona as aplicações da ciência a situações *peçoais, sociais e globais*, utilizadas basicamente como contexto para exercícios de avaliação. Entretanto, outras situações – por exemplo, *tecnológicas* ou *históricas* – e outras áreas de aplicação também são utilizadas. As aplicações foram extraídas de uma ampla variedade de situações reais, geralmente consistentes com as áreas de aplicação de *alfabetização em ciências* nas estruturas do PISA de 2000 e de 2003. As áreas de aplicação são: “saúde”, “recursos naturais”, “meio ambiente”, “riscos” e “fronteira entre ciência e tecnologia”. São as áreas em que a *alfabetização em ciências* tem valor especial para melhorar e sustentar qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades e para desenvolver políticas públicas.

Figura 1.2 ■ Contextos para avaliação de ciências, PISA 2006

	Pessoal (Pessoal, familiar e grupos de colegas)	Social (Comunidade)	Global (Vida no mundo todo)
Saúde	Manutenção da saúde, acidentes, nutrição	Controle de doenças, transmissão social, opções de alimentação, saúde comunitária	Epidemias, disseminação de doenças infecciosas
Recursos naturais	Consumo pessoal de materiais e energia	Manutenção de populações humanas, qualidade de vida, segurança, produção e distribuição de alimentos, fornecimento de energia	Sistemas naturais renováveis e não-renováveis, crescimento populacional, uso sustentável de espécies
Meio ambiente	Comportamento ambientalmente correto, utilização e deposição de materiais	Distribuição populacional, deposição de resíduos, impacto ambiental, clima local	Biodiversidade, sustentabilidade ecológica, controle de poluição, produção e perda de solo
Riscos	Naturais e induzidos pelo homem, decisões sobre habitação	Mudanças rápidas (terremotos, condições climáticas adversas), mudanças lentas e progressivas (erosão costeira, sedimentação), avaliação de riscos	Mudanças climáticas, impacto de guerras modernas
Fronteira entre ciência e tecnologia	Interesse em explicações científicas de fenômenos naturais; hobbies, esporte e lazer, música e tecnologia pessoal baseados em ciências	Novos materiais, dispositivos e processos, modificações genéticas, tecnologia de armamentos, transportes	Extinção de espécies, exploração do espaço, origem e estrutura do universo



A avaliação de ciências do PISA não é uma avaliação de contextos. Avalia competências, conhecimentos e atitudes à medida que são apresentados ou relatados em contextos. Ao selecionar os contextos, é importante ter em mente que o objetivo da avaliação é verificar competências, compreensão e atitudes científicas que os estudantes adquiriram até o final da escolarização compulsória.

Os contextos utilizados para os itens de avaliação são escolhidos levando em consideração sua relevância para a vida e para os interesses dos estudantes. Os itens de ciências são desenvolvidos tendo em mente diferenças linguísticas e culturais entre os países participantes.

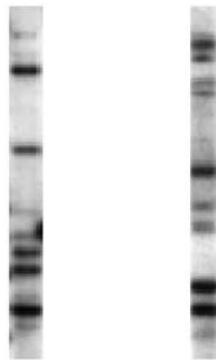
O Exemplo de ciências 1 faz parte de uma unidade denominada CAPTURANDO O ASSASSINO. O material de estímulo é um artigo de jornal que estabelece o contexto para a unidade. A área de aplicação é “Fronteira entre ciência e tecnologia”, dentro de uma ambientação social.

Exemplo de ciências 1: CAPTURANDO O ASSASSINO

DNA PARA ENCONTRAR ASSASSINO

Smithville, ontem: Um homem morreu hoje em Smithville, em consequência de ferimentos causados por múltiplas facadas. A polícia afirma que havia sinais de luta e que parte do sangue encontrado no local do crime não combinava com o sangue da vítima. Acreditam que esse sangue seja do assassino.

Para ajudar a encontrar o assassino, cientistas da polícia prepararam um perfil de DNA a partir da amostra de sangue. Ao ser comparada aos perfis de DNA de criminosos condenados, mantidos em um banco de dados informatizado, essa amostra não apresentou nenhuma semelhança.



Pessoa A **Pessoa B**

Foto de perfis típicos de DNA de dois indivíduos. As barras são fragmentos diferentes do DNA de cada um. Cada pessoa tem um padrão de barras diferente. Como impressões digitais, esses padrões podem identificar uma pessoa.

Os policiais prenderam um homem da região que havia sido visto discutindo com a vítima no mesmo dia. Requisitaram permissão para coletar uma amostra do DNA do suspeito.

O Sargento Brown, da polícia de Smithville, afirmou: “Precisamos apenas de uma raspagem inofensiva da parte interior da bochecha. A partir desse material, os cientistas podem extrair o DNA e criar um perfil de DNA, tal como os apresentados na figura.”

Com exceção de gêmeos idênticos, a chance de que duas pessoas tenham o mesmo perfil de DNA é de uma em 100 milhões.

Questão 1: CAPTURANDO O ASSASSINO

Esse artigo de jornal refere-se à substância DNA. O que é DNA?

- A. Uma substância contida nas membranas da célula que impede o vazamento do conteúdo da célula.
- B. Uma molécula que contém instruções para construir nossos corpos.
- C. Uma proteína encontrada no sangue que ajuda a levar oxigênio para os tecidos.
- D. Um hormônio contido no sangue que ajuda a regular os níveis de glicose nas células do corpo.



Questão 2: CAPTURANDO O ASSASSINO

Qual das questões apresentadas a seguir *não pode* ser respondida com evidências científicas?

- A. Qual foi a causa médica ou fisiológica da morte da vítima?
- B. Em quem a vítima estava pensando quando morreu?
- C. Fazer raspagem da parte interna das bochechas é um procedimento seguro para coletar amostras de DNA?
- D. Gêmeos idênticos têm exatamente o mesmo perfil de DNA?

COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS

A avaliação de ciências do PISA 2006 prioriza as competências demonstradas na Figura 1.3, ou seja, a capacidade de: identificar questões científicas; descrever, explicar ou prever fenômenos com base em conhecimentos científicos; interpretar evidências e conclusões; e utilizar evidências científicas para tomar decisões e comunicá-las. Essas competências envolvem conhecimento científico – conhecimento de ciência e conhecimentos sobre ciências, como forma de conhecimento e abordagem a investigações.

Alguns processos cognitivos têm significado e relevâncias especiais para a *alfabetização em ciências*. Os processos cognitivos aplicados nas competências científicas incluem: raciocínio indutivo/dedutivo; raciocínio crítico e integrado; representações de transformações (por exemplo, transformação de dados em tabelas, de tabelas em gráficos); construção e comunicação de argumentos e explicações com base em dados; raciocínio em termos de modelos; e utilização de matemática.

A justificativa para ênfase em competências científicas apresentadas na Figura 1.3 do PISA 2006 baseia-se na importância dessas competências para a investigação científica, que estão fundamentadas em lógica, em raciocínio e em análise crítica. Uma elaboração das competências científicas é apresentada a seguir.

Figura 1.3 ■ Competências científicas, PISA 2006

Identificação de questões científicas

- Reconhecer questões que podem ser investigadas cientificamente.
- Identificar palavras-chave para busca de informações científicas.
- Reconhecer características básicas de uma investigação científica.

Explicação científica de fenômenos

- Aplicar conhecimento de ciência em uma determinada situação.
- Descrever ou interpretar cientificamente os fenômenos e prever mudanças.
- Identificar descrições, explicações e previsões adequadas.

Utilização de evidências científicas

- Interpretar evidências científicas, tirar conclusões e comunicá-las.
- Identificar hipóteses, evidências e raciocínios que levam às conclusões.
- Refletir sobre implicações sociais de desenvolvimentos científicos e tecnológicos.



Identificação de questões científicas

É importante saber fazer distinção entre questões científicas e o conteúdo de outros tipos de questões. Também é importante que questões científicas levem a respostas baseadas em evidências científicas. A competência *identificação de questões científicas* inclui o reconhecimento de questões que podem ser investigadas cientificamente em determinada situação, bem como a identificação de palavras-chave para buscar informações científicas sobre determinado tema. Também inclui o reconhecimento de aspectos básicos de uma investigação científica – por exemplo, o que deve ser comparado, que variáveis devem ser modificadas ou controladas, quais as informações adicionais necessárias, ou que ações devem ser empreendidas para coletar dados relevantes.

Identificação de questões científicas exige que os estudantes possuam conhecimentos sobre ciências, mas que também possam basear-se, em diversos graus, em seu conhecimento de ciência. A Questão 2 de CAPTURANDO O ASSASSINO (Exemplo de ciências 1) exige que os estudantes identifiquem uma questão que não pode ser investigada cientificamente. O item avalia principalmente o conhecimento dos estudantes sobre os tipos de questões que podem ser investigadas cientificamente (Conhecimentos sobre ciências, categoria “Investigação científica”), porém presume um conhecimento de ciência (categoria “Sistemas vivos”) que se espera que estudantes de 15 anos de idade já tenham adquirido.

Explicação científica de fenômenos

Os estudantes demonstram a competência *explicação científica de fenômenos* quando aplicam conhecimento adequado de ciência em determinada situação. A competência inclui descrever ou interpretar fenômenos e prever mudanças, e pode envolver reconhecimento ou identificação de descrições, explicações e previsões adequadas. A Questão 1 de CAPTURANDO O ASSASSINO (Exemplo de ciências 1) exige e que os estudantes se baseiem em seu conhecimento de ciência (categoria: “Sistemas vivos”) para reconhecer a descrição adequada de DNA.

Utilização de evidências científicas

A competência *utilização de evidências científicas* exige que os estudantes tenham compreensão de constatações científicas como evidências para reivindicações ou conclusões. A resposta exigida pode envolver conhecimentos sobre ciências, conhecimento de ciência ou ambos. A questão sobre MALÁRIA (Exemplo de ciências 2) exige que os estudantes tirem conclusões baseadas na evidência apresentada sobre o ciclo de vida de um mosquito. O item avalia principalmente a capacidade dos estudantes de interpretar uma representação (um modelo) padrão de um ciclo de vida – trata-se de um conhecimento sobre ciência (categoria: “Explicações científicas” – ver Figura 1.5).

A *utilização de evidências científicas* inclui acessar informações científicas e produzir argumentos e conclusões baseados em evidências científicas (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon e Monk, 2001). A competência também envolve: selecionar uma entre várias conclusões alternativas relacionadas às evidências; justificar a favor ou contra determinada conclusão em termos do processo que levou a tal conclusão a partir dos dados fornecidos; e identificar as hipóteses elaboradas para chegar à conclusão. Outro aspecto dessa competência é a reflexão sobre as implicações sociais de desenvolvimentos científicos ou tecnológicos.

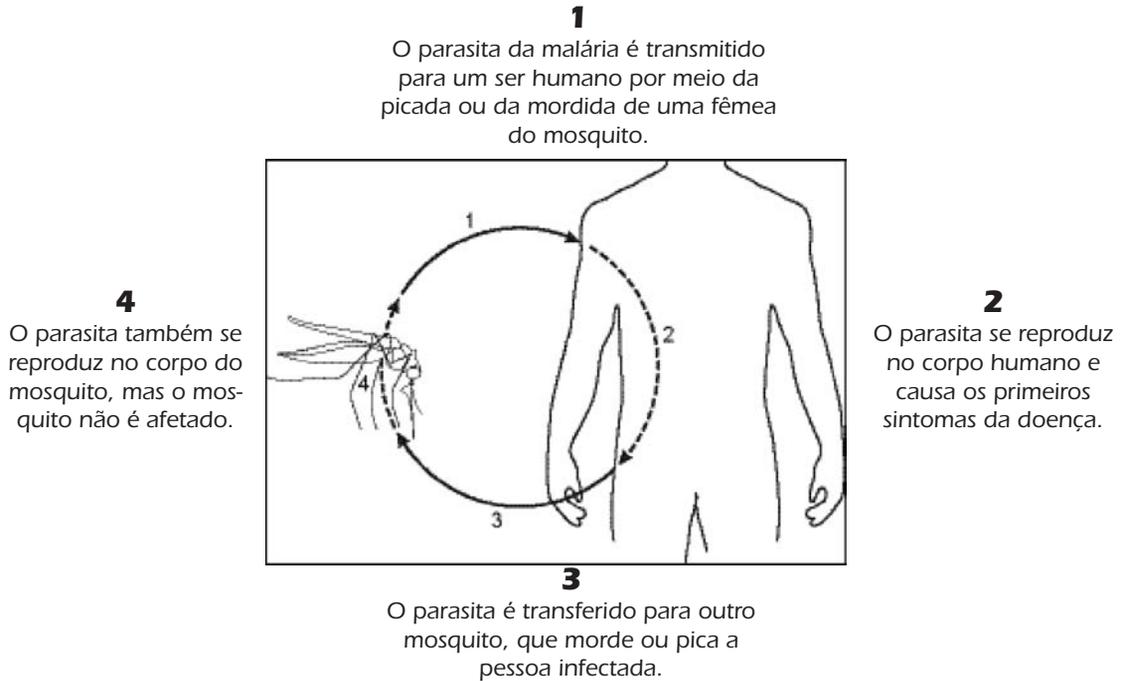
Pode-se solicitar aos estudantes que expressem suas evidências e decisões usando as próprias palavras, diagramas ou outras representações adequadas para um público específico. Em resumo, os estudantes devem ser capazes de demonstrar conexões claras e lógicas entre as evidências e as conclusões ou decisões.



Exemplo de ciências 2: MALÁRIA

A malária causa mais de um milhão de mortes por ano. Atualmente, a luta contra a malária enfrenta um momento de crise. Os mosquitos passam o parasita da malária de pessoa a pessoa. O mosquito vetor da malária tornou-se resistente a muitos pesticidas. Além disso, os medicamentos contra o parasita da malária vêm-se tornando cada vez menos eficazes.

Ciclo de vida do parasita da malária



Questão 1: MALÁRIA

A seguir são apresentados três métodos para evitar a disseminação da malária.

Quais estágios (1, 2, 3 e 4) do ciclo de vida de um parasita da malária são *diretamente* afetados por determinado método? Marque o(s) estágio(s) relevante(s) para cada método (mais de um estágio pode ser afetado por um único método).

Método para evitar a disseminação da malária	Estágios do ciclo de vida do parasita afetados			
Dormir sob um mosquiteiro.	1	2	3	4
Tomar medicamentos contra a malária.	1	2	3	4
Utilizar pesticidas contra mosquitos.	1	2	3	4

CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Como mencionado anteriormente, conhecimento científico refere-se tanto ao *conhecimento de ciência* (conhecimento sobre o mundo natural) quanto aos *conhecimentos sobre ciências*.

Conhecimento de ciência

Uma vez que a avaliação do PISA 2006 inclui apenas uma amostra do conhecimento de ciência demonstrado pelos estudantes, é importante que critérios claros sejam utilizados para orientar a

seleção de conhecimentos a ser avaliados. Além disso, o objetivo do PISA é descrever em que medida os estudantes conseguem aplicar seu conhecimento em contextos relevantes para sua vida. Do mesmo modo, o conhecimento avaliado será selecionado a partir das principais áreas de física, química, biologia, ciência da Terra e do espaço e tecnologia,³ de acordo com os seguintes critérios:

- Relevância para situações da vida real: o conhecimento científico tem utilidades diversas na vida dos indivíduos.
- O conhecimento selecionado representa conceitos científicos importantes e, desse modo, tem utilidade permanente.
- O conhecimento selecionado é adequado ao nível de desenvolvimento de estudantes de 15 anos de idade.

Figura 1.4 ■ **Categorias de conhecimento de ciência, PISA 2006**

Sistemas físicos

- Estrutura da matéria (por ex., modelo de partículas, ligações)
- Propriedades da matéria (por ex., mudanças de estado, condutividade térmica e elétrica)
- Mudanças químicas da matéria (por ex., reações, transferência de energia, ácidos/bases)
- Movimento e forças (por ex., velocidade, fricção)
- Energia e suas transformações (por ex., conservação, dissipação, reações químicas)
- Interações de energia e matéria (por ex., ondas de luz e rádio, ondas sonoras e sísmicas)

Sistemas vivos

- Células (por ex., estruturas e função, DNA, plantas e animais)
- Ser humano (por ex., saúde, nutrição subsistemas – ou seja, digestão, respiração, circulação, excreção e suas relações –, doenças, reprodução)
- Populações (por ex., espécies, evolução, biodiversidade, variação genética)
- Ecossistemas (por ex., cadeias alimentares, fluxo de matéria e energia)
- Biosfera (por ex., serviços de ecossistemas, sustentabilidade)

Terra e sistemas espaciais

- Estruturas de sistemas da Terra (por ex., litosfera, atmosfera, hidrosfera)
- Energia nos sistemas da Terra (por ex., fontes, clima global)
- Mudanças nos sistemas da Terra (por ex., placas tectônicas, ciclos geoquímicos, forças construtivas e destrutivas)
- História da Terra (por ex., fósseis, origem e evolução)
- A Terra no espaço (por ex., gravidade, sistema solar)

Sistemas de tecnologia

- Papel da tecnologia baseada na ciência (por ex., solucionar problemas, ajudar no atendimento de necessidades e desejos humanos, planejar e conduzir investigações)
- Relações entre ciência e tecnologia (por ex., tecnologias contribuem para o avanço científico)
- Conceitos (por ex., otimização, negociações, custos, riscos, benefícios)
- Princípios importantes (por ex., critérios, restrições, inovação, invenção, resolução de problemas)



A Figura 1.4 apresenta as categorias de *conhecimento de ciência*, assim como exemplos de conteúdos selecionados por meio da aplicação desses critérios. Esse conhecimento é necessário para a compreensão do mundo natural e para que experiências nos contextos *pessoal, social e global* façam sentido. Por esses motivos, a estrutura utiliza o termo “sistemas” no lugar de “ciências” para descrever as áreas principais. A intenção é transmitir a idéia de que os cidadãos devem compreender conceitos extraídos de ciências físicas e biológicas, de ciências da Terra e do espaço e de tecnologia, em diversos contextos distintos.

Os exemplos apresentados na Figura 1.4 incluem os significados das categorias; não houve intenção de apresentar de forma abrangente todo o conhecimento que pode estar relacionado a cada uma das categorias de conhecimento de ciência. A Questão 1 de CAPTURANDO O ASSASSINO (Exemplo de ciências 1) avalia o *conhecimento de ciência* demonstrado pelos estudantes na categoria “Sistemas vivos”.

Conhecimentos sobre ciências

A Figura 1.5 apresenta as categorias e os exemplos de conteúdo de *conhecimentos sobre ciências*. A primeira categoria – “Investigação científica” – focaliza a investigação como processo central da ciência e os diversos componentes desse processo. A segunda categoria, estreitamente relacionada à investigação é “Explicação científica”. Explicações científicas resultam de investigações científicas. Pode-se considerar a investigação como o veículo da ciência – a forma de os cientistas obterem dados – e a explicação como o objetivo da ciência – de que forma os cientistas utilizam os dados. Os exemplos apresentados na Figura 1.5 incluem os significados gerais das categorias; não houve intenção de apresentar de forma abrangente todo o conhecimento que pode estar relacionada a cada categoria.

Figura 1.5 ■ Categorias de *conhecimentos sobre ciência*, PISA 2006

Investigação científica

- Origem (por ex., curiosidade, questões científicas)
- Objetivo (por ex., produzir evidências que ajudem a resolver questões científicas; investigações de orientação sobre idéias/modelos/teorias atuais)
- Experimentos (por ex., questões distintas sugerem investigações científicas e projetos distintos)
- Tipo de dados (por ex., quantitativo, por medições; qualitativo, por observações)
- Medições (por ex., indeterminação inerente, replicabilidade, variação, precisão/exatidão em equipamentos e procedimentos)
- Características de resultados (por ex., empírico, por tentativa, testável, falsificável, autocorretivo)

Explicação científica

- Tipos (por ex., hipótese, teoria, modelo, lei)
- Formação (por ex., representação de dados, papel do conhecimento existente e de novas evidências, criatividade e imaginação, lógica)
- Regras (por ex., deve ser logicamente consistente; baseado em evidências, conhecimentos históricos e atuais)
- Resultados (por ex., produzir novos conhecimentos, novos métodos, novas tecnologias; levar a novas questões e investigações)



O Exemplo de ciências 3 faz parte de uma unidade denominada ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS, com área de aplicação designada como *histórica e de saúde*. As duas questões avaliam os conhecimentos dos estudantes sobre ciências, na categoria “Investigação científica”. A Questão 1 exige que os estudantes identifiquem os possíveis objetivos do estudo (competência “Identificação de questões científicas”). A classificação da competência da Questão 2 também é “Identificação de questões científicas” (e não “Utilização de evidências científicas”), uma vez que a hipótese mais óbvia – que os três grupos de estudantes não demonstram diferenças significativas de qualquer forma relevante – está relacionada à elaboração do estudo.

Exemplo de ciências 3: ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS

Em 1930, foi realizado um estudo em larga escala nas escolas em determinada região da Escócia. Durante quatro meses, alguns estudantes receberam leite gratuitamente. Os diretores de cada escola escolheram os estudantes que receberiam o leite. Eis o que aconteceu:

- 5 mil alunos receberam determinada quantidade de leite não-pasteurizado todos os dias letivos
- Outros 5 mil alunos receberam a mesma quantidade de leite pasteurizado
- 10 mil alunos não receberam leite

Os 20 mil alunos foram pesados e medidos no início e no final do estudo.

Questão 1: ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS

As questões a seguir poderiam ser questões de pesquisa para o estudo?

Marque “Sim” ou “Não” para cada questão.

Esta poderia ser uma questão do estudo?	Sim ou Não?
O que deve ser feito para pasteurizar o leite?	Sim / Não
De que forma beber maior quantidade de leite pode afetar os alunos?	Sim / Não
Quais os efeitos da pasteurização do leite sobre o crescimento dos alunos?	Sim / Não
De que forma viver em diferentes regiões da Escócia pode afetar a saúde dos alunos?	Sim / Não

Questão 2: ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS

Em média, as crianças que receberam leite durante o estudo ganharam mais altura e peso em comparação com as crianças que não receberam leite.

Portanto, uma possível conclusão do estudo é que os alunos que tomam muito leite crescem mais rapidamente do que aqueles que não tomam muito leite.

Para que essa conclusão seja confiável, indique uma hipótese necessária sobre esses dois grupos de alunos do estudo.

ATITUDES EM RELAÇÃO A CIÊNCIA

A atitude das pessoas tem papel significativo em relação a seu interesse, sua atenção e sua resposta à ciência e à tecnologia, em termos gerais, e às questões que as afetam, em particular. Um objetivo da



educação em ciências é que os estudantes desenvolvam atitudes que os tornem propensos a acompanhar questões científicas e, subseqüentemente, a adquirir e aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos em benefício próprio, da sociedade e do mundo.

A avaliação de ciências do PISA 2006 apresenta uma abordagem inovadora para avaliar as atitudes dos estudantes. No questionário do estudante, há perguntas sobre o que pensam da ciência e, no decorrer da parte de avaliação de ciências, há perguntas sobre suas atitudes em relação às questões de ciências às quais estão respondendo.

A atenção da pesquisa a atitudes relacionadas com a ciência está baseada na crença de que a *alfabetização em ciências* de um indivíduo inclui atitudes, crenças, orientações motivacionais, sentido de auto-eficácia, valores e ações. A inclusão de atitudes e de áreas específicas selecionadas para o PISA 2006 foi elaborada com base na estrutura de Klopfer (1976) para a área de afetividade na educação em ciências, assim como em revisões de pesquisas atitudinais (por exemplo, Gardner, 1975, 1984; Gauld e Hukins, 1980; Blosser, 1984; Laforgia, 1988; Schibeci, 1984).

A avaliação de ciências no PISA 2006 analisa as atitudes dos estudantes em três áreas: *interesse em ciência*, *apoio à investigação científica* e *responsabilidade em relação a recursos e ao meio ambiente* (ver Figura 1.6). Essas áreas foram selecionadas por oferecerem um quadro internacional sobre a disposição geral dos estudantes em relação à ciência; suas atitudes e seus valores científicos específicos; e sua responsabilidade quanto a questões selecionadas relacionadas à ciência, que apresentam desdobramentos nacionais e internacionais. Não se trata de uma avaliação das atitudes dos estudantes em relação a programas escolares ou a professores de ciências. Os resultados podem fornecer informações sobre um problema novo: a queda no número de matrículas de jovens nos cursos de ciências.

Interesse em ciência foi selecionado por suas relações com realizações educacionais, seleção de cursos, opções de carreira e aprendizagem ao longo da vida. A relação entre interesse (individual) em ciência e realizações educacionais vem sendo objeto de pesquisa há mais de 40 anos, e ainda há debates sobre essa relação causal (ver, por exemplo, Baumert e Köller, 1998; Osborne, Simon & Collins, 2003). A avaliação de ciências do PISA 2006 analisa o interesse dos estudantes pela ciência por meio do conhecimento sobre seu envolvimento em questões sociais relacionadas à ciência, seu desejo de adquirir conhecimento e habilidades científicas e sua opinião sobre carreiras relacionadas a ciências.

Apoio à investigação científica é considerado por muitos o objetivo fundamental da educação em ciências e, como tal, assegura a avaliação. Trata-se de um constructo semelhante à “adoção de atitudes científicas”, conforme identificado por Klopfer (1971). O gosto pela investigação científica e o apoio a esse trabalho implicam a valorização, por parte dos estudantes, dos métodos científicos utilizados para reunir evidências, pensar de forma criativa e racional, produzir respostas críticas e comunicar conclusões, à medida que enfrentam situações reais relacionadas à ciência. Os aspectos dessa área no PISA 2006 incluem a utilização de evidências (conhecimento) para tomar decisões e o gosto pela lógica e pela racionalidade na formulação de conclusões.

Responsabilidade em relação a recursos e ao meio ambiente é uma preocupação internacional, cuja relevância também é econômica. As atitudes em relação a essa área foram objeto de extensas pesquisas desde a década de 1970 (ver, por exemplo, Bogner e Wiseman, 1999; Eagles e Demare, 1999; Weaver, 2002; Rickinson, 2001). Em dezembro de 2002, as Nações Unidas aprovaram a Resolução 57/254, declarando o período de dez anos, iniciado em 1º de janeiro de 2005, a Década das Nações Unidas



para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (Unesco, 2003). O Esquema de Implementação Internacional (Unesco, setembro de 2005) identifica o meio ambiente como uma das três esferas de sustentabilidade – juntamente com a sociedade (e a cultura) e a economia – que devem ser incluídas em todos os programas de educação para o desenvolvimento sustentável.

O PISA 2006 reúne dados sobre atitudes, inserindo itens no questionário do estudante e nos itens contextualizados do teste – ou seja, questões sobre atitudes em relação ao tema propostas imediatamente após as questões de teste relacionadas a esse tema (ver Quadro 1.2). O questionário do estudante coleta, de forma não contextualizada, informações sobre as atitudes dos estudantes nas três áreas: *interesse em ciência, apoio à investigação científica e responsabilidade em relação a recursos e ao meio ambiente*. Dados adicionais relacionados ao envolvimento dos estudantes com a ciência (por exemplo, auto-eficácia, satisfação em relação à ciência e frequência de envolvimento em atividades científicas fora do ambiente escolar), assim como a opinião dos estudantes sobre o valor da ciência na própria vida (por exemplo, educação adicional e opções de carreira) e para a sociedade (por exemplo, benefícios sociais e econômicos) também foram coletados por meio do questionário do estudante.

Itens contextualizados são utilizados para analisar o interesse em aprender sobre ciência e o apoio do estudante à investigação científica. Itens contextualizados agregam valor à avaliação, uma vez que fornecem dados sobre atitudes diferentes dos estudantes ao serem avaliados dentro ou fora de contextos; sobre a variação de suas atitudes em função do contexto; e sobre se sua atitude tem relação com o desempenho no nível da unidade. Um aspecto do *interesse em ciência* por parte dos estudantes – ou seja, seu interesse em aprender sobre ciências – e do *apoio à investigação científica* demonstrado foi avaliado no teste por meio de itens que abordam temas pessoais, sociais e globais.

Os resultados do PISA 2006 fornecerão informações importantes para os formuladores de políticas educacionais nos países participantes. A riqueza combinada dos dados obtidos por meio do questionário do estudante e dos itens atitudinais incorporados deve gerar novos conhecimentos sobre a predisposição dos estudantes quanto a comportamentos relacionados ao alfabetização em ciências. No entanto, a literatura contém relatórios conflitantes sobre a correlação entre atitudes e desempenho em ciências. Assim, permanece a dúvida sobre como serão relatados e associados ao desempenho do estudante os dados sobre atitudes – em relação a *interesse em ciência, apoio à investigação científica e responsabilidade em relação a recursos e ao meio ambiente* – coletados por meio de testes e do questionário do estudante. Outros dados obtidos a partir do questionário do estudante, tais como envolvimento com a ciência e comportamentos relacionados à ciência, também serão relatados e vinculados ao desempenho dos estudantes.

AVALIANDO ALFABETIZAÇÃO EM CIÊNCIAS

Característica do teste

De acordo com a definição de *alfabetização em ciências* do PISA, as questões do teste (itens) exigem a utilização das competências científicas (ver Figura 1.3) em determinado contexto (ver Figura 1.2). Essa utilização envolve a aplicação de conhecimento científico (ver Figuras 1.4 e 1.5) e reflete aspectos sobre atitudes dos estudantes em relação a temas científicos (ver Figura 1.6).

A Figura 1.7 é uma variação da Figura 1.1, que apresenta os componentes básicos da estrutura do PISA na avaliação de alfabetização em ciências de 2006, de modo que possa ser utilizada para relacionar a estrutura do PISA com a estrutura e o conteúdo das unidades de avaliação. A Figura 1.7 pode



Figura 1.6 ■ Áreas para avaliação de atitudes, PISA 2006

Interesse em ciências

- Indicar curiosidade em ciências e em questões e empreendimentos relacionados a ciências
- Demonstrar desejo de obter habilidades e conhecimento científicos adicionais, utilizando uma variedade de recursos e métodos
- Demonstrar desejo de procurar informações e ter interesse contínuo em ciências, inclusive considerando carreiras relacionadas a ciências

Apoio à investigação científica

- Reconhecer a importância de considerar perspectivas e argumentos científicos distintos
- Apoiar a utilização de informações factuais e explicações racionais
- Expressar a necessidade de processos lógicos e cuidadosos para tirar conclusões

Responsabilidade com relação a recursos e meio ambiente

- Demonstrar senso de responsabilidade pessoal na manutenção de um ambiente sustentável
- Demonstrar consciência de conseqüências ambientais de ações individuais
- Demonstrar desejo de atuar na preservação de recursos naturais

ser utilizada tanto sintética — como instrumento para planejar exercícios de avaliação — quanto analiticamente — como instrumento para estudar os resultados dos exercícios de avaliação padronizados. Como ponto de partida para a elaboração das unidades de avaliação, poderíamos considerar os contextos que serviriam como material de estímulo, as competências necessárias para responder a questões ou temas, ou o conhecimento e as atitudes essenciais ao exercício.

Cada unidade de teste compreende materiais específicos de estímulo, como um texto curto ou um texto acompanhado por tabela, quadro, gráfico ou diagrama, mais os itens que compõem um conjunto de questões de vários tipos, com escores independentes, conforme ilustrado pelos três exemplos já discutidos (CAPTURANDO O ASSASSINO, MALÁRIA e ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS), assim como os exemplos adicionais incluídos no Anexo A.

O PISA utilizou esta estrutura de unidade para facilitar o emprego de contextos mais próximos da realidade e que reflitam a complexidade de situações reais, ao mesmo tempo que utiliza o período de aplicação do teste de maneira mais eficiente. Ao utilizar situações que possibilitam a formulação de diversas questões, em vez de formular perguntas separadas sobre um grande número de situações diferentes, o PISA reduz o tempo total necessário para que o estudante se sinta familiarizado com o material referente a cada questão. Entretanto, é preciso levar em consideração a necessidade de individualização dos escores dentro de uma mesma unidade. Também é necessário reconhecer que, uma vez que essa abordagem reduz o número de contextos de avaliação distintos, é importante garantir uma variação adequada de contextos, de modo a reduzir os preconceitos possivelmente causados pela escolha de contextos.

As unidades de teste do PISA 2006 incorporam até quatro itens cognitivos que avaliam as competências científicas dos estudantes. Cada item envolve a utilização predominante de uma das competências científicas, e exige principalmente conhecimento de ciência ou conhecimentos sobre ciências. Na maioria dos casos, mais de uma competência e mais de uma categoria de conhecimento foram avaliadas (por itens diferentes) dentro de uma unidade.

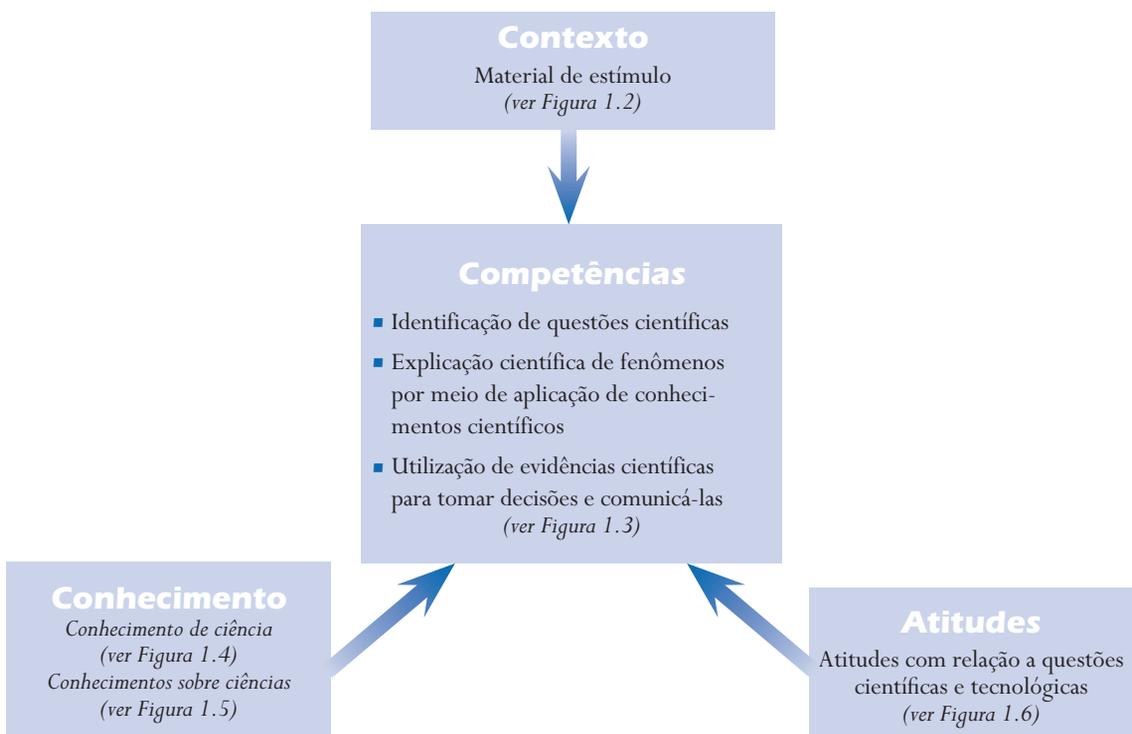


Quatro tipos de itens foram utilizados para avaliar as competências e o conhecimento científico identificados na estrutura. Cerca de 33% dos itens tinham respostas de múltipla escolha (simples), que exigiam a seleção de uma única resposta entre quatro opções. Outros 33% exigiam respostas de construção curta, como a questão 1 de MALÁRIA (Exemplo de ciências 2) ou respostas de múltipla escolha complexa. A Questão 1 de ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS (Exemplo de ciências 3), que exigia que os estudantes respondessem a uma série de questões relacionadas com opções “Sim/Não”, é um exemplo típico de item de múltipla escolha complexa. E cerca de 33% eram itens com resposta de construção aberta, como a Questão 2 de ESTUDO SOBRE LEITE DISTRIBUÍDO NAS ESCOLAS (Exemplo de ciências 3), que exigia uma resposta por escrito relativamente extensa.

Itens com respostas de múltipla escolha ou de construção curta podem ser utilizados para legitimar a avaliação da maioria dos processos cognitivos envolvidos nas três competências científicas; e itens com respostas de construção aberta fornecem a oportunidade de avaliar a capacidade de comunicação.

Embora a maioria dos itens tenha pontuação dicotômica (ou seja, com crédito ou sem crédito), alguns itens com respostas de múltipla escolha complexa e de construção aberta envolvem a atribuição de créditos parciais, que os estudantes recebem quando respondem corretamente a uma parte da questão, mas não à questão toda. Para cada item de crédito parcial, é fornecida orientação detalhada para a codificação que associa “Crédito total”, “Crédito parcial” e “Nenhum crédito”. As categorias “Crédito total”, “Crédito parcial” e “Nenhum crédito” dividem as respostas dos estudantes em três grupos, conforme a capacidade que demonstram ao responder à questão. Uma resposta que recebe “Crédito total”, ainda que não esteja necessariamente correta em termos científicos, exige que o estudante demonstre nível de compreensão do tópico adequado a um estudante de 15 anos de idade cientificamente letrado. Respostas menos sofisticadas ou corretas podem candidatar-se a “Crédito parcial”, e itens com res-

Figura 1.7 ■ Um instrumento para construir e analisar unidades e itens de avaliação





postas totalmente incorretas, irrelevantes ou sem resposta recebem a designação “Nenhum crédito”. A Questão 1 de MALÁRIA (Exemplo de ciências 2) é um item de crédito parcial, e seu esquema de pontuação (orientação de codificação) é apresentado no Exemplo de ciência 4.

Exemplo de ciências 4: MALÁRIA (Pontuação da Questão 1)

Crédito total

Código 2: As três respostas corretas: [1 e 3]; [2]; e [1, 3 e 4] nessa ordem

Crédito parcial

Código 1: Duas das três respostas corretas

OU

Uma (ou mais) resposta correta, **porém nenhuma errada**, em cada linha

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

A maioria das novas unidades incluídas no teste de ciências do PISA 2006 também contém um item que avalia o *interesse* dos estudantes *em aprender sobre ciências* ou um item que avalia o *apoio à pesquisa científica*, ou os dois tipos de item. A Questão 3 da unidade CAPTURANDO O ASSASSINO, incluída a seguir como Exemplo de ciências 5, é um exemplo desse tipo de item, que exige que os estudantes indiquem seu nível de interesse em três tarefas para avaliar se querem aprender mais sobre a aplicação da ciência para solucionar um crime. Uma resposta de formato unipolar (“Muito interesse”, “Interesse médio”, “Pouco interesse”, “Nenhum interesse”) em lugar da resposta bipolar convencional (“Concordo totalmente”, “Concordo”, “Discordo”, “Discordo totalmente”) é utilizada neste exemplo para reduzir a influência que a conveniência social exerce sobre as respostas.

Exemplo de ciências 5: CAPTURANDO O ASSASSINO (Item atitudinal)

Questão 3: CAPTURANDO O ASSASSINO

Qual é seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber mais sobre o uso de DNA na resolução de crimes.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender mais sobre o funcionamento dos perfis de DNA.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Compreender melhor de que forma crimes podem ser solucionados utilizando a ciência.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄



Na forma real do teste aplicado aos estudantes, os itens atitudinais são apresentados em formato diferente, em um quadro sombreado, para lembrar que, em cada declaração, devem marcar a opção que indica a própria opinião sobre ela. Além disso, as orientações gerais encontradas no início de cada apostila apresentam a seguinte instrução:

Algumas das questões estão relacionadas à sua atitude ou à sua opinião com relação a determinados temas. Essas questões são apresentadas de forma diferente das demais – aparecem dentro de um quadro sombreado. **NÃO HÁ RESPOSTA CORRETA** para essas questões e elas não valem pontos em seu teste, mas é importante que você responda com sinceridade.

A necessidade de demonstrar determinado nível de *alfabetização em leitura* para compreender e responder por escrito às questões sobre *alfabetização em ciências* desperta a preocupação sobre o nível de *alfabetização em leitura* necessário. O material de estímulo e as questões utilizam linguagem clara, simples e sucinta, transmitindo, ao mesmo tempo, o significado adequado. O número de conceitos introduzidos por parágrafo foi limitado, e questões que predominantemente avaliam *alfabetização em leitura* ou *alfabetização em matemática* foram evitadas.

Estrutura de avaliação de ciências

É importante que o teste apresente equilíbrio adequado entre os itens que avaliam os diversos componentes da estrutura de *alfabetização em ciências*. A Figura 1.8 apresenta o equilíbrio desejado entre os itens em relação a conhecimento de ciência *versus* conhecimentos sobre ciências.

Esse equilíbrio é expresso em termos de porcentagem da pontuação total atribuída a cada categoria. A Figura 1.8 também apresenta a distribuição desejada da pontuação entre as diversas categorias de conhecimento de ciência e conhecimentos sobre ciências.

Figura 1.8 ■ Distribuição desejada de pontuação por conhecimento

<i>Conhecimentos de ciências</i>	<i>Porcentagem de pontos</i>
Sistemas físicos	15-20
Sistemas vivos	20-25
Terra e sistemas espaciais	10-25
Sistemas tecnológicos	5-10
Subtotal	60-65
<i>Conhecimentos sobre ciências</i>	
Investigação científica	15-20
Explicação científica	15-20
Subtotal	35-40
Total	100

O equilíbrio desejado entre competências científicas é apresentado na Figura 1.9.



Figura 1.9 ■ Distribuição desejada de pontuação por competências científicas

<i>Competências científicas</i>	<i>Porcentagem de pontos</i>
Identificação de questões científicas	25-30
Explicação científica de fenômenos	35-40
Utilização de evidências científicas	35-40
<i>Total</i>	<i>100</i>

Os contextos de itens estendem-se pelos ambientes pessoal, social e global, aproximadamente na razão de 1:2:1. Uma ampla seleção de áreas de aplicação foi utilizada para as unidades, na tentativa de atender, da melhor forma possível, às diversas restrições impostas pelos dois parágrafos anteriores.

Cerca de 60% das unidades contêm um ou dois itens atitudinais que avaliam o *interesse* dos estudantes *em aprender sobre ciência* ou seu *apoio à investigação científica*. Responder a esses itens ocupa cerca de 11% do tempo total do teste. Para facilitar a comparabilidade de desempenho ao longo do tempo, itens de conexão extraídos das duas avaliações anteriores de ciência, realizadas pelo PISA, não contêm itens atitudinais.

Escalas de relatos

Para atender aos objetivos do PISA, é essencial o desenvolvimento de escalas de realizações educacionais dos estudantes. O processo de construção de uma escala deve ser permanente. As descrições iniciais, baseadas em resultados de testes de campo e nas pesquisas do PISA de 2000 e de 2003 – e em informações extraídas da experiência anterior de avaliação de realizações em ciências e de constatações de pesquisas sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo em ciências – provavelmente serão modificadas, à medida que os dados forem acumulados nesta pesquisa e em pesquisas futuras.

A construção de escalas é facilitada pela inclusão de itens que apresentam ampla variedade de níveis de dificuldade. Os fatores que determinam a dificuldade de itens que avaliam realizações em ciência incluem:

- Complexidade geral do contexto.
- Nível de familiaridade com idéias, terminologia e processos científicos envolvidos.
- Dimensão da seqüência lógica necessária para responder à questão – ou seja, número de etapas necessárias para chegar a uma resposta adequada, e nível de dependência de cada etapa em relação à etapa anterior.
- Grau em que idéias ou conceitos científicos abstratos são exigidos para formular uma resposta.
- Nível de raciocínio, percepção e generalização envolvidos na formulação de julgamentos, conclusões e explicações.

Para o PISA 2000, no qual ciências constituiu uma área de avaliação secundária e, portanto, teve um tempo de teste limitado, as realizações dos estudantes em ciências foram relatadas em uma escala de proficiência com média 500 e desvio padrão 100. Embora nenhum nível de proficiência fosse identificado, foi possível descrever quais processos (ou seja, competências científicas) os estudantes conseguem desempenhar em três pontos dessa escala (OECD, 2001):



- Em direção à parte superior da escala de *alfabetização em ciências* (cerca de 690 pontos), os estudantes geralmente são capazes de criar ou utilizar modelos conceituais para fazer previsões ou dar explicações; analisar investigações científicas para compreender, por exemplo, a elaboração de um experimento, ou para identificar uma idéia que está sendo testada; comparar dados para avaliar pontos de vista alternativos ou perspectivas diferentes; e comunicar descrições e/ou argumentos científicos em detalhe e com precisão.
- Em cerca de 550 pontos, os estudantes são tipicamente capazes de utilizar conhecimento científico para fazer previsões ou fornecer explicações; reconhecer questões que podem ser respondidas por investigações científicas e/ou identificar detalhes envolvidos em uma investigação científica; e selecionar informações relevantes a partir de dados concorrentes ou de cadeias de raciocínio, para tirar conclusões ou avaliá-las.
- Em direção à parte inferior da escala (cerca de 400 pontos), os estudantes são capazes de lembrar conhecimentos científicos factuais simples (por exemplo, nomes, fatos, terminologia, regras simples); e de utilizar conhecimento científico comum para tirar conclusões ou avaliá-las.

Para o PISA 2003, o relatório dos resultados de ciências seguiu um formato semelhante ao da avaliação de 2000 (OECD, 2004). Entretanto, para a avaliação do PISA 2006, no qual o alfabetização em ciências é a principal área a ser avaliada, o aumento do tempo disponível para aplicação do teste deve permitir a construção de escalas separadas, baseadas ou nas competências científicas ou nos dois componentes do conhecimento.

A proficiência em ciências no PISA 2000 e no PISA 2003 foi descrita em uma escala, em termos de competências científicas, como mostra a Figura 1.3. Ao examinar as descrições, podemos extrair o esquema de cada escala de competência do PISA 2006. Por exemplo, a escala esquematizada apresentada na Figura 1.10 pode ser extraída da competência “Utilização de evidências científicas”.

Figura 1.10 ■ Exemplo de escala de relato baseada em competência

Alta		<p>É capaz de comparar dados para avaliar pontos de vista alternativas ou perspectivas distintas; é capaz de comunicar argumentos científicos e/ou descrições em detalhe e com precisão.</p>
		<p>É capaz de selecionar informações relevantes a partir de dados concorrentes ou de cadeias de raciocínio para tirar conclusões ou avaliá-las.</p>
Baixa		<p>É capaz de utilizar conhecimento científico comum para tirar conclusões ou avaliá-las.</p>

Alternativamente, deve ser possível relatar escalas separadas para os dois componentes de conhecimento: conhecimento de ciência e conhecimentos sobre ciências. Desse modo, as competências seriam essenciais para descrever os níveis de proficiência para essas duas escalas de conhecimento. As decisões sobre as escalas reais a serem relatadas e sobre o número de níveis de proficiência a serem identificados serão tomadas após a análise dos dados da avaliação PISA 2006.

Deve ser possível também elaborar escalas confiáveis para *interesse em ciência e apoio à investigação científica* utilizando os dados obtidos nos itens atitudinais incluídos e no questionário do estudante. Uma escala para *responsabilidade em relação a recursos e ao meio ambiente* será construída a partir de dados obtidos no questionário do estudante.

Os escores dos itens sobre atitudes não serão incluídos em um índice (ou pontuação total) de *alfabetização em ciências*, mas formarão um componente de um perfil de *alfabetização em ciências* do estudante.

**RESUMO**

No PISA 2006, a *alfabetização em ciências* foi a área principal da avaliação pela primeira vez. A definição de *alfabetização em ciências* foi elaborada e ampliada a partir daquela utilizada nas avaliações do PISA de 2000 e de 2003. Uma inovação importante foi a inclusão de respostas dos estudantes a questões atitudinais relacionadas a temas científicos – não só no questionário, mas também em questões adicionais sobre atitudes em relação a temas científicos, justapostos a questões do testes relacionadas aos mesmos temas. Além disso, há maior ênfase na compreensão dos estudantes sobre a natureza e a metodologia da própria ciência (seus conhecimentos sobre ciências) e no papel da tecnologia baseada na ciência.

A definição de *alfabetização em ciências* do PISA 2006 originou-se da consideração sobre o que estudantes de 15 anos de idade devem saber, valorizar e conseguir de fazer como preparação para a vida em uma sociedade moderna. As competências características da área de ciências e da investigação científica são fundamentais para a definição e a avaliação da *alfabetização em ciências*. A capacidade dos estudantes de desempenhar essas competências depende de seu conhecimento científico – tanto o conhecimento do mundo natural quanto os conhecimentos sobre ciências – e suas atitudes em relação a temas relacionados a ciência.

Esta estrutura descreve e ilustra as competências científicas, o conhecimento e as atitudes avaliadas no PISA 2006 (ver Figura 1.11), assim como os contextos para os itens de teste. Os itens de teste foram agrupados em unidades, cada qual iniciando com material de estímulo que estabelece o contexto. Foi utilizada uma combinação de tipos de itens, e alguns deles permitem pontuação parcial. Os itens atitudinais foram incluídos em mais de 50% das unidades e ocuparam cerca de 11% do tempo de teste.

Figura 1.11 ■ Principais componentes da avaliação de alfabetização em ciências, PISA 2006

Competências	Conhecimento	Atitudes
Identificação de questões científicas	Conhecimento de ciências: Sistemas físicos Sistemas vivos Terra e sistemas espaciais	Interesse em ciências ¹ Apoio à investigação científica Responsabilidade em relação a recursos e meio ambiente ²
Explicação de fenômenos científicos		
Utilização de evidências científicas	Conhecimentos sobre ciências: Investigação científica Explicações científicas	

1. Os itens incluídos avaliam “Interesse em aprender sobre ciências”.
2. Não avaliado com os itens incluídos.

A razão entre itens que avaliam o conhecimento de ciência dos estudantes e os itens que avaliam seus conhecimentos sobre ciências foi de 3:2, e cada uma das três competências científicas foi avaliada em pelo menos 25% dos itens, o que deve permitir a construção de escalas separadas, com níveis de proficiência descritos para cada competência ou para os dois tipos de conhecimento. Também é possível construir escalas para as atitudes avaliadas.

Outros exemplos que ilustram a estrutura de avaliação de ciências do PISA estão incluídos no Anexo A.



Notas

1. *Ao longo desta estrutura, “mundo natural” abrange as mudanças ocorridas por meio das atividades humanas, inclusive o “mundo material”, elaborado e formatado por tecnologias.*
2. *O conceito científico de “alfabetização” do PISA pode ser comparado à definição de “competência” de DeSeCo (OECD, 2003b), uma vez que ambos envolvem atitudes e valores, assim como conhecimento e habilidades.*
3. *Não se presume que os estudantes tenham conhecimento sobre projeto ou funcionamento interno de artefatos tecnológicos (por exemplo, aviões, máquinas, computadores).*

Alfabetização em Leitura



DEFINIÇÃO DA ÁREA

As definições de leitura e de *alfabetização em leitura* mudaram ao longo do tempo, paralelamente a mudanças ocorridas na sociedade, na economia e na cultura. O conceito de aprendizagem – especialmente o conceito de aprendizagem ao longo da vida – ampliou a percepção de *alfabetização em leitura* e as demandas a respeito. A alfabetização não é mais tida como uma capacidade que só se adquire na infância, durante os primeiros anos de escolarização. Pelo contrário, é considerada um conjunto abrangente de conhecimentos, habilidades e estratégias que os indivíduos constroem ao longo de toda a vida, em diversas situações e por meio da interação com seus pares e com as comunidades mais amplas de que participam.

Por meio de um processo de construção de consenso, envolvendo especialistas em leitura selecionados pelos países participantes e pelos grupos consultores do PISA, a seguinte definição de *alfabetização em leitura* foi adotada para a pesquisa:

Alfabetização em leitura é a capacidade de compreender textos escritos, utilizá-los e refletir sobre eles de forma a atingir objetivos próprios, desenvolver os próprios conhecimentos e o próprio potencial e participar ativamente da sociedade.

Essa definição vai além da noção de *alfabetização em leitura* como decodificação e compreensão literal: implica que a *alfabetização em leitura* envolve compreensão e utilização de informações escritas para uma variedade de objetivos, bem como a reflexão sobre elas. Desse modo, leva em conta o papel ativo e interativo do leitor ao extrair significados de textos escritos. A definição reconhece também toda a gama de situações em que a *alfabetização em leitura* desempenha um papel importante para jovens adultos, de situações particulares a situações públicas, da escola ao trabalho, da cidadania ativa à aprendizagem ao longo de toda a vida. Compreende também a idéia de que a alfabetização viabiliza a realização das aspirações do indivíduo – desde aspirações definidas, tais como obter uma qualificação educacional ou um emprego, até objetivos menos imediatos, que enriquecem e ampliam sua vida pessoal. A alfabetização também oferece ao leitor um conjunto de ferramentas lingüísticas cada vez mais importantes para atender às demandas das sociedades modernas, com suas instituições formais, burocracias e complexos sistemas legais.

Os leitores reagem a determinado texto de maneiras diversas, à medida que buscam utilizar e compreender o que lêem. Esse processo dinâmico envolve muitos fatores, alguns dos quais podem ser manipulados em avaliações em grande escala, tais como o PISA. Esses fatores incluem situações de leitura, estrutura do próprio texto e características das questões formuladas sobre o texto (rubrica de teste). Todos esses fatores são entendidos como componentes importantes do processo de leitura e foram considerados no momento da criação dos itens utilizados na avaliação.

Para utilizar formato de texto, as características dos itens e as situações na formulação das tarefas de avaliação e, posteriormente, na interpretação dos resultados, deve-se especificar a faixa de variação de cada um desses fatores. Essa especificação permitiu a categorização das tarefas de maneira que o peso de cada componente fosse considerado na reunião final sobre a pesquisa.

FORMATO DE TEXTO

Uma distinção fundamental entre os textos, contida no núcleo da avaliação PISA, é sua classificação em contínuos e não-contínuos.



- *Textos contínuos* são compostos, tipicamente, por sentenças que, por sua vez, são organizadas em parágrafos que podem estar encaixados em estruturas mais amplas, tais como seções, capítulos e livros. A classificação inicial de textos contínuos é feita segundo a finalidade retórica, ou seja, por tipo de texto.
- *Textos não-contínuos* (ou documentos, como são conhecidos em algumas abordagens) podem ser classificados de duas maneiras. A primeira é a abordagem de estrutura formal utilizada no trabalho de Kirsch e Mosenthal (1989-1991). Seu trabalho classifica textos não-contínuos segundo a maneira pela qual são reunidas listas subjacentes. Essa abordagem é útil para a compreensão das semelhanças e diferenças entre tipos de textos não-contínuos. O outro método de classificação baseia-se em descrições cotidianas dos formatos desses textos. Essa segunda abordagem é a utilizada na classificação de textos não-contínuos do PISA.

Textos contínuos

Os tipos de textos são maneiras padronizadas de organizar textos contínuos por conteúdo e objetivo do autor.

- *Narração* é o texto em que as informações referem-se a propriedades de objetos no tempo. Tipicamente, textos narrativos oferecem respostas a questões do tipo “quando?” ou “em que seqüência?”.
- *Exposição* é o tipo de texto em que as informações são apresentadas como conceitos compostos ou elaborações mentais, ou como elementos nos quais conceitos e elaborações mentais podem ser analisados. O texto oferece uma explicação sobre como os elementos componentes estão inter-relacionados em um todo significativo e freqüentemente responde a questões do tipo “como?”.
- *Descrição* é o texto em que as informações referem-se a propriedades de objetos no espaço. Tipicamente, textos descritivos oferecem respostas a questões do tipo “o quê?”.
- *Argumentação* é o texto que apresenta proposições sobre relações entre conceitos ou outras. Textos argumentativos freqüentemente respondem a questões do tipo “por quê?”. Outra subclassificação importante dos textos argumentativos é a de textos persuasivos.
- *Instrução* (algumas vezes denominada injunção) é o texto que oferece orientação sobre o que fazer e inclui procedimentos, regras, regulamentos e estatutos que especificam determinados comportamentos.
- *Documentos ou registros* são textos elaborados para padronizar e conservar informações. Podem ser caracterizados por aspectos textuais e de formatação altamente formalizados.
- *Hipertexto* é um conjunto de fragmentos de textos conectados entre si, de forma que as unidades podem ser lidas em seqüências diferentes, permitindo aos leitores seguir diversos caminhos até as informações.

Textos não-contínuos

Textos não-contínuos são organizados de maneira diferente dos textos contínuos e, portanto, exigem diferentes de abordagens de leitura. Classificar textos não-contínuos por formato, como mostrado a seguir, oferece um meio conhecido para a discussão de textos não-contínuos que podem ser incluídos na avaliação.

- *Quadros e gráficos* são representações icônicas de dados. São utilizados com objetivo de argumentação científica e também em periódicos e jornais para apresentar informações públicas numéricas e tabulares em formato visual.



- *Tabelas* são matrizes com linhas e colunas. Tipicamente, todas as entradas de cada coluna e de cada linha compartilham propriedades e, portanto, os cabeçalhos das colunas e das linhas fazem parte da estrutura de informações do texto. Alguns tipos comuns de tabela são esquemas, planilhas, formulários de pedidos e índices.
- *Diagramas* geralmente acompanham descrições técnicas (por exemplo, demonstrando as partes de um equipamento doméstico), textos expositivos e textos instrutivos (por exemplo, ilustrações sobre como montar um equipamento doméstico). Geralmente, é útil fazer distinção entre diagramas de procedimento (como fazer) e diagramas de processo (como funciona).
- *Mapas* são textos não-contínuos que indicam as relações geográficas entre lugares. Há diversos tipos de mapa. Mapas rodoviários assinalam distâncias e rotas entre lugares identificados. Mapas temáticos indicam as relações entre localidades e aspectos sociais ou físicos.
- *Formulários* são textos estruturados e formatados que exigem do leitor respostas a questões específicas de maneira específica. Os formulários são utilizados por muitas organizações para coletar dados. Geralmente contêm formatos de respostas estruturados ou pré-codificados. Alguns exemplos típicos são formulários de impostos, de imigração, de vistos, requerimentos, questionários estatísticos, etc.
- *Planilhas de informação* podem ser encontradas em diversas formas, uma vez que oferecem informações, ao invés de solicitá-las. Resumem informações de maneira estruturada e em um formato que permite que o leitor localize informações específicas de maneira fácil e rápida. As planilhas podem conter diversas formas de textos, assim como listas, tabelas, figuras e gráficos sofisticados baseados em textos (cabeçalhos, fontes, tabulação, margens, etc.), para resumir e destacar informações. Tabelas de horários, listas de preços, catálogos e programas são exemplos deste tipo de texto não-contínuo.
- *Comunicações e peças de publicidade* são documentos destinados a convidar o leitor a fazer algo – por exemplo, adquirir bens ou serviços, comparecer a reuniões ou encontros, eleger alguém para um cargo público, etc. O objetivo desses documentos é persuadir o leitor. Eles oferecem algo e solicitam atenção e ação. Propaganda, convites, convocações, avisos e notificações são exemplos desse formato de documento.
- *Comprovantes* testemunham que seu proprietário tem direito a certos serviços. A informação que contêm deve ser suficiente para mostrar se o comprovante é válido ou não. Exemplos típicos são passagens, faturas, etc.
- *Certificados* são reconhecimentos por escrito da validade de um acordo ou de um contrato. São formalizados no conteúdo, não no formato. Requerem a assinatura de uma ou mais pessoas autorizadas e competentes para dar testemunho sobre a verdade do que está afirmado. Alguns documentos com essas propriedades são: garantias, certificados escolares, diplomas, contratos, etc.

A distribuição e a variedade de textos que os estudantes devem ler no PISA são características importantes da avaliação. A Figura 2.1 mostra a distribuição de tarefas para textos contínuos e não-contínuos no PISA 2000 (leitura como área principal) e nas avaliações do PISA em 2003 e em 2006 (leitura como área secundária). Nota-se facilmente que em 2000, 2003 e 2006 os textos contínuos representam quase dois terços das tarefas ou dos itens contidos na avaliação. Dentro dessa categoria, nos três ciclos, a maior porcentagem corresponde a textos expositivos.

CARACTERÍSTICAS DOS ITENS

Três conjuntos de variáveis são utilizados para descrever as características dos itens: processos (aspectos), que estabelecem a tarefa para o estudante; tipos de item, que estabelecem a forma pela qual os



Figura 2.1 ■ Distribuição de tarefas de alfabetização em leitura por formato e tipo de texto

Formato e tipo de texto	Leitura como área principal (PISA 2000)		Leitura como área secundária (PISA 2003 e 2006)	
	Porcentagem de tarefas por formato e tipo de texto (%)		Porcentagem de tarefas por formato e tipo de texto, com base no teste completo (%)	
Contínuo				
Narrativo	21	17	14	11
Expositivo	36	67	24	43
Descritivo	14	17	9	11
Argumentativo e persuasivo	20	-	13	-
Injuntivo	10	-	7	-
Total¹	100	100	68	64
Não-contínuo				
Quadros e gráficos	37	20	12	7
Tabelas	29	40	9	14
Diagramas	12	-	4	-
Mapas	10	10	3	4
Formulários	10	30	3	11
Propagandas	2	-	1	-
Total¹	100	100	34	37

1. Devido a arredondamentos, os dados nem sempre correspondem aos totais indicados.

estudantes são solicitados a demonstrar sua proficiência na tarefa; e regras de atribuição de notas, que especificam de que maneira as respostas dos estudantes devem ser avaliadas. Cada uma dessas variáveis será discutida separadamente, embora a primeira exija atenção consideravelmente maior.

Cinco processos (aspectos)

Em um esforço para simular situações autênticas de leitura, a avaliação de leitura do PISA mede os cinco processos a seguir associados à compreensão integral de um texto, seja ele contínuo ou não-contínuo. Espera-se que os estudantes demonstrem proficiência em todos esses aspectos:

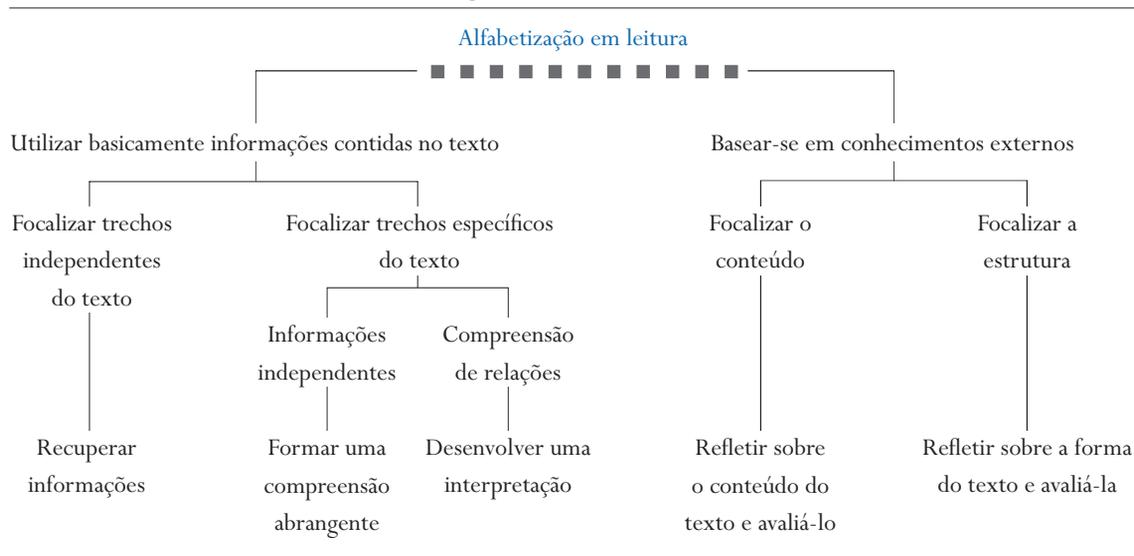
- *Recuperar informações*
- *Construir uma compreensão geral ampla*
- *Desenvolver uma interpretação*
- *Refletir sobre o conteúdo de um texto e avaliá-lo*
- *Refletir sobre a forma de um texto e avaliá-la*

A compreensão completa de textos envolve todos esses processos. Espera-se que todos os leitores, independentemente de sua proficiência geral, sejam capazes de demonstrar algum nível de competência em cada um deles (Langer, 1995). Embora haja uma inter-relação entre os cinco aspectos – todos eles podem exigir muitas das mesmas habilidades subjacentes –, o sucesso em um deles não garante necessariamente o sucesso em qualquer outro. Há quem acredite que esses aspectos estejam no repertório do leitor em cada nível de desenvolvimento, em vez de constituir uma hierarquia seqüencial ou um conjunto de habilidades.



A Figura 2.2 identifica as principais características que distinguem os cinco processos de leitura medidos no PISA. Embora essa figura necessariamente simplifique demais os processos, oferece um esquema útil para organizar e lembrar as relações entre eles. Como ilustra a figura, os cinco processos podem ser percebidos em termos de quatro características. A primeira refere-se à expectativa de que o leitor utilize informações primariamente extraídas do texto ou que recorra também a conhecimentos externos. Uma segunda característica envolve a expectativa de que o leitor se concentre em partes independentes do texto ou em relações contidas nas informações oferecidas pelo texto. Algumas vezes espera-se que o leitor recupere partes de informações independentes, enquanto em outros momentos pede-se que demonstre sua compreensão das relações entre partes do texto. Focalizar o texto como um todo ou relações entre suas partes é a terceira característica distintiva. A quarta característica refere-se à abordagem adotada pelo leitor, que deve lidar com o conteúdo ou a substância do texto, e não com sua forma ou sua estrutura. Os cinco processos de leitura são representados na última linha da Figura 2.2, nas extremidades das várias ramificações. Partindo do topo da figura e acompanhando cada ramificação, é possível identificar quais características estão associadas a cada processo.

Figura 2.2 ■ Características que distinguem os cinco processos (aspectos) de alfabetização em leitura



Na discussão a seguir, é feita uma tentativa de definir cada processo operacionalmente e de associá-lo a tipos específicos de itens. Embora cada processo seja discutido em termos de um texto único, cada um deles pode ser aplicado a múltiplos textos, quando apresentados em conjunto, como uma unidade do teste. A descrição de cada processo tem duas partes. A primeira oferece uma visão geral, e a segunda descreve os modos particulares pelos quais o aspecto pode ser avaliado.

Recuperação de informações

Leitores frequentemente têm necessidade de certas informações na vida cotidiana, como um número de telefone ou o horário de partida de um ônibus ou de um trem. Podem querer descobrir determinado fato que sustente ou refute uma reivindicação feita por alguém. Em situações como essas, os leitores estão interessados em recuperar informações isoladas. Para tanto, precisam investigar, procurar, localizar e selecionar a informação relevante. Na maior parte das vezes, o processamento envolvido ocorre no nível de frases, embora em alguns casos a informação esteja contida em uma ou mais frases ou em parágrafos diferentes.



Em tarefas de avaliação que exigem recuperação de informações, os estudantes precisam comparar as informações fornecidas na questão com aquelas formuladas com as mesmas palavras ou com sinônimos no texto, e utilizar essa comparação para encontrar a nova informação solicitada. Nessas tarefas, a *recuperação de informações* baseia-se no próprio texto e na informação explícita incluída nele. Essas tarefas de recuperação exigem que o estudante encontre informações baseadas em solicitações ou aspectos especificados em questões. O estudante deve detectar ou identificar um ou mais elementos essenciais de uma questão: personagens, lugar/tempo, contexto, etc., e, a seguir, procurar um conteúdo que se ajuste a eles, e que pode ser literal ou sinônimo.

Tarefas de recuperação também envolvem graus de ambigüidade. Por exemplo, pode-se solicitar aos estudantes que selecionem uma informação explícita, como a indicação de tempo ou lugar em um texto ou em uma tabela. Uma versão mais difícil desse mesmo tipo de tarefa envolve a localização de informações semelhantes. Algumas vezes, isso implica habilidades de categorização, ou exige a discriminação entre duas informações similares. Os diferentes níveis de proficiência associados a esse processo de compreensão podem ser medidos variando-se sistematicamente os elementos que contribuem para a dificuldade da tarefa.

Construção de uma compreensão geral ampla

Para *construir uma compreensão geral ampla* do que foi lido, o leitor precisa considerar o texto como um todo ou de uma perspectiva ampla. Há várias tarefas de avaliação que pedem aos leitores que construam uma compreensão geral ampla. Os estudantes podem demonstrar uma compreensão inicial identificando o tópico ou a mensagem principal, o objetivo geral ou a utilização geral do texto. Por exemplo, tarefas pedindo ao leitor que selecione ou crie um título ou uma tese para o texto, que explique a ordem de instruções simples, ou que identifique as dimensões principais de um gráfico ou de uma tabela. Outros exemplos são tarefas que solicitam ao estudante que descreva o personagem, o contexto ou o ambiente principais de uma história, que identifique um tema ou uma mensagem de um texto literário, ou que explique o objetivo ou a utilização de um mapa ou de uma figura.

Nesse processo, algumas tarefas podem solicitar ao estudante que estabeleça a relação entre parte de um texto e a pergunta. Por exemplo, isso pode ocorrer quando se coloca explicitamente no texto um tema ou uma idéia principal. Outras tarefas podem solicitar que o estudante se concentre em mais de uma referência específica do texto – por exemplo, quando o leitor precisa deduzir o tema a partir da repetição de uma categoria particular de informações. Selecionar a idéia principal implica estabelecer uma hierarquia entre idéias, escolhendo a idéia mais geral e predominante. Essa tarefa indica se o estudante consegue fazer distinção entre idéias centrais e detalhes secundários, ou reconhecer o resumo do tema principal em uma frase ou em um título.

Desenvolvimento de uma interpretação

O desenvolvimento de uma interpretação exige que os leitores ampliem suas impressões iniciais de forma a desenvolver uma compreensão mais específica ou mais completa sobre o que leram. As tarefas dessa categoria exigem compreensão lógica: os leitores precisam processar a organização da informação no texto. Para fazê-lo, devem demonstrar sua compreensão sobre coesão, ainda que não consigam explicitar o que vem a ser coesão. Em alguns casos, desenvolver uma interpretação pode demandar que o leitor processe uma seqüência de apenas duas frases com base em coesão local, o que talvez seja até facilitado pela presença de marcadores de coesão, como o uso de “em primeiro



lugar” e “em segundo lugar” para indicar uma seqüência. Em casos mais difíceis (por exemplo, para indicar relações de causa e efeito), talvez não haja nenhum marcador explícito.

Exemplos de tarefas que podem ser utilizadas para avaliar esse aspecto são: comparar e contrastar informações, fazer inferências e identificar e listar evidências de apoio. Tarefas que implicam “comparar e contrastar” pedem que o estudante extraia duas ou mais informações contidas no texto. Para processar informações explícitas ou implícitas de uma ou mais fontes em tarefas desse tipo, o leitor freqüentemente precisa inferir uma relação ou uma categoria sugerida. Esse processo de compreensão também é avaliado em tarefas que demandam que o estudante faça inferências sobre a intenção do autor e identifique evidências utilizadas para inferir essa intenção.

Reflexão sobre o conteúdo de um texto e sua avaliação

A *reflexão sobre o conteúdo de um texto e sua avaliação* demandam que o leitor relacione a informação encontrada em um texto a conhecimentos provenientes de outras fontes. Os leitores devem também avaliar as afirmações do texto em comparação com o próprio conhecimento do mundo. Freqüentemente, os leitores devem articular e defender os próprios pontos de vista. Para fazê-lo, devem ser capazes de desenvolver a compreensão daquilo que o texto diz e do que pretende dizer. A seguir, devem testar essa representação mental comparando-a com aquilo que sabem e em que acreditam, com base em informações anteriores ou encontradas em outros textos. Os leitores devem recorrer a evidências de apoio contidas no texto e compará-las a outras fontes de informação, utilizando conhecimento geral e específico, assim como capacidade de raciocínio abstrato.

Tarefas de avaliação representativas dessa categoria de processamento são: oferecer evidências ou argumentos externos ao texto; avaliar a relevância de certas informações ou evidências; fazer comparações com regras morais ou estéticas (padrões). Pode-se solicitar que o estudante ofereça ou identifique informações alternativas que fortaleceriam o argumento de um autor, ou que avalie se a evidência ou a informação contida no texto é suficiente.

O conhecimento externo com o qual a informação do texto deve ser relacionada pode ter origem no conhecimento do estudante, em outros textos fornecidos na avaliação, ou em idéias explicitamente fornecidas na pergunta.

Reflexão sobre a forma de um texto e sua avaliação

Tarefas dessa categoria exigem que os leitores se distanciem, considerem o texto objetivamente e avaliem sua qualidade e sua adequação. O conhecimento de elementos tais como estrutura de texto, gênero e registro desempenha papel importante nessas tarefas. Esses processos, que constituem a base da habilidade de um autor, são centrais para a compreensão de padrões inerentes a tarefas desse tipo. Avaliar o sucesso de um autor ao retratar certas características ou ao persuadir um leitor não depende apenas de conhecimento substantivo, mas também da capacidade de detectar nuances de linguagem – por exemplo, entender quando a escolha de um adjetivo pode colorir a interpretação.

Alguns exemplos de tarefas de avaliação características de *reflexão sobre a forma de um texto e sua avaliação* incluem a identificação da utilidade de determinado texto para um objetivo especificado e a avaliação do uso que o autor faz de certas características do texto para atingir determinada meta. Pode-se também solicitar que o estudante identifique ou comente o uso que o autor faz do estilo, quais são seus objetivos e suas atitudes.



Distribuição de tarefas

A Figura 2.3 mostra a distribuição de tarefas de alfabetização em leitura em cada uma das três subescalas geradas a partir dos cinco processos (aspectos) de leitura definidos acima. A categoria de tarefas, que responde por aproximadamente 50% do teste, é representada pelas duas ramificações da Figura 2.2, que solicitam aos estudantes a focalização das relações internas do texto. Essas tarefas exigem que os estudantes construam uma compreensão ampla ou que desenvolvam uma interpretação. Para fins de relatório, as tarefas foram agrupadas em um único aspecto denominado *interpretação de textos*. Nas avaliações de 2000, 2003 e 2006 do PISA, a segunda maior categoria é composta por 29% das tarefas que demandam que os estudantes demonstrem sua capacidade de recuperar informações isoladas. Cada um desses processos – construir uma compreensão ampla, recuperar informações e desenvolver uma interpretação – focaliza em que medida o leitor consegue compreender e utilizar as informações primariamente contidas no texto. As tarefas restantes – aproximadamente 20% – solicitam que o estudante reflita ou sobre o conteúdo, sobre informações contidas no texto, ou sobre a estrutura e a forma do próprio texto.

Figura 2.3 ■ Distribuição de tarefas de alfabetização em leitura, por processo de leitura (aspecto)

Processo de leitura (aspecto)	Porcentagem de tarefas	
	Leitura como área principal (PISA 2000)	Leitura como área secundária (PISA 2003 e 2006)
Recuperação de informações	29	29
Interpretação de textos	49	50
Reflexão e avaliação	22	21
Total¹	100	100

1. Devido a arredondamentos, nem sempre os dados correspondem aos totais indicados.

Tipos de itens

Há diversos tipos de tarefas de leitura no PISA, incluindo múltipla escolha e diversas tarefas construídas, que exigem do estudante respostas escritas, e não a simples seleção a partir de determinado número de respostas fornecidas. Os tipos diferentes de tarefas também exigem diferentes tipos de atribuição de notas. A Figura 2.4 indica que, nas avaliações de 2000, 2003 e 2006, cerca de 43% das tarefas de alfabetização em leitura apresentavam itens com respostas de construção aberta que exigiam julgamento por parte da pessoa encarregada de atribuir notas. As tarefas restantes consistem de itens com respostas de construção fechada, que exigem pouco julgamento por parte dos encarregados de atribuição de notas, assim como os itens de múltipla escolha simples – para os quais os estudantes escolhem uma resposta entre várias alternativas – e os itens de múltipla escolha complexa – para os quais os estudantes escolhem mais de uma resposta.

Essa tabela também revela que, embora itens de múltipla escolha e de construção aberta sejam representados em todos os processos, não são distribuídos uniformemente.

Maior porcentagem de itens de múltipla escolha está associada a processos que lidam com interpretação de relações internas de um texto, o que é mostrado na segunda linha da Figura 2.4. Entretanto, embora tarefas de reflexão e avaliação respondam por cerca de 20% das avaliações PISA de 2000,



Figura 2.4 ■ Distribuição de tarefas de alfabetização em leitura, por processo de leitura (aspecto) e tipo de item

Processo (aspecto)	Tipos de item								Total ²	
	Porcentagem de itens de múltipla escolha		Porcentagem de itens de múltipla escolha complexa		Porcentagem de itens com respostas de construção fechada		Porcentagem de itens com respostas de construção aberta ¹			
Recuperação de informações	8	-	2	4	6	14	13	11	29	29
Interpretação de textos	32	29	2	4	2	7	13	11	49	50
Reflexão e avaliação	2	-	2	-	-	-	18	21	22	21
Total²	42	29	6	7	9	21	44	43	100	100

1. Esta categoria inclui itens de respostas curtas.

2. Devido a arredondamentos, nem sempre os dados correspondem aos totais indicados.

2003 e 2006, apenas 2% eram de múltipla escolha em 2000. Das tarefas de reflexão e avaliação, cerca de 20% são itens com respostas de construção aberta, que exigem julgamento por parte dos encarregados de atribuição de notas.

Atribuição de notas

Atribuir notas é uma tarefa relativamente simples no caso de itens de múltipla escolha com escores dicotômicos: existe apenas uma alternativa correta. Modelos de crédito parcial permitem uma pontuação mais complexa dos itens. Nesse caso, como algumas respostas “erradas” estão mais próximas das corretas do que outras, os estudantes que apresentam uma resposta “quase correta” recebem crédito parcial. Há modelos psicométricos estabelecidos para essa pontuação policotômica, e em certos aspectos são preferíveis à pontuação dicotômica, porque aproveitam melhor a informação contida nas respostas. No entanto, a interpretação da pontuação policotômica é mais complexa, uma vez que cada tarefa ocupa várias posições na escala de dificuldades: uma para a resposta de crédito total e outras para cada uma das respostas de crédito parcial. A atribuição de crédito parcial é utilizada para alguns itens com resposta aberta mais complexos contidos na avaliação PISA.

SITUAÇÕES

A maneira pela qual *situação* foi definida foi emprestada do trabalho do Conselho da Europa sobre idiomas. Foram identificadas quatro variáveis situacionais: *leitura para uso privado*, *leitura para uso público*, *leitura para o trabalho* e *leitura para a educação*. Embora a intenção da avaliação de *alfabetização em leitura* do PISA fosse medir os tipos de leituras que ocorrem tanto dentro quanto fora da sala de aula, a forma de definir a situação não podia ser baseada simplesmente no local onde ocorre a atividade de leitura. Por exemplo, livros didáticos são lidos tanto na escola como em casa, e o processo e o objetivo da leitura desses textos diferem pouco entre esses dois contextos. Além disso, a leitura envolve também o uso pretendido pelo leitor, os diferentes tipos de conteúdo e o fato de que outras pessoas – por exemplo, professores e empregadores – às vezes decidem o que deve ser lido, e com que finalidade.

Assim, para fins de avaliação, *situação* pode ser entendida como uma categorização geral de textos com base no uso pretendido pelo autor, na relação com outras pessoas implícita ou explicitamente



associadas com o texto, e no conteúdo geral. Os textos de amostra foram extraídos de diversas situações para maximizar a diversidade de conteúdo incluído na pesquisa sobre alfabetização em leitura. Dedicou-se muita atenção também à origem dos textos selecionados para inclusão nesta pesquisa. A meta era obter um equilíbrio entre a definição ampla de *alfabetização em leitura* utilizada no PISA e a diversidade lingüística e cultural dos países participantes. Essa diversidade contribuiu para garantir que nenhum grupo estivesse em vantagem ou em desvantagem em decorrência do conteúdo da avaliação.

As quatro variáveis de situação extraídas do trabalho do Conselho da Europa podem ser descritas da seguinte maneira:

- *Leitura para uso privado (pessoal)*: Esse tipo de leitura está associado à satisfação dos interesses pessoais de um indivíduo, sejam eles práticos ou intelectuais. Inclui também a leitura para manter ou desenvolver relações interpessoais. Tipicamente, os conteúdos incluem cartas pessoais, ficção, biografias e textos informativos lidos por curiosidade como parte de atividades recreativas ou de lazer.
- *Leitura para uso público*: Esse tipo de leitura está associado à participação em atividades da sociedade mais ampla. Inclui o uso de documentos oficiais bem como informações sobre eventos públicos. Em geral, essas tarefas estão associadas a um contato mais ou menos anônimo com outras pessoas.
- *Leitura para o trabalho (ocupacional)*: Embora nem todos os jovens de 15 anos de idade de fato precisem da leitura no trabalho, é importante avaliar sua prontidão para o ingresso no mundo do trabalho, uma vez que, na maioria dos países, mais de 50% deles integrarão a força de trabalho dentro de um ou dois anos. As tarefas prototípicas desse tipo são freqüentemente referidas como “ler para fazer” (Sticht, 1975; Stiggins, 1982), no sentido de que são ligadas à realização de alguma tarefa imediata.
- *Leitura para a educação*: Esse tipo de leitura normalmente está envolvido à aquisição de informações como parte de uma tarefa de aprendizagem mais ampla. Os materiais, com freqüência, não são escolhidos pelo leitor, e sim indicados por um professor. O conteúdo, em geral, é definido especificamente com o objetivo de instrução. As tarefas prototípicas desse tipo são freqüentemente identificadas como “ler para aprender” (Sticht, 1975; Stiggins, 1982).

A Figura 2.5 mostra a distribuição de tarefas de alfabetização em leitura na avaliação ao longo das quatro situações para dois cenários: quando a leitura foi a área principal (PISA 2000) e quando foi uma área secundária (PISA 2003 e 2006).

Figura 2.5 ■ Distribuição de tarefas de alfabetização em leitura, por situação

- Leitura como área principal (PISA 2000)
- Leitura como área secundária (PISA 2003 e 2006)

Situação	Porcentagem de tarefas	
Pessoal	20	21
Pública	38	25
Ocupacional	14	25
Educacional	28	29
Total	100	100



RELATANDO RESULTADOS

Classificando as tarefas de alfabetização em leitura

As tarefas de alfabetização em leitura são construídas e administradas visando amostras nacionais representativas de jovens de 15 anos de idade nos países participantes, de forma a garantir a avaliação mais abrangente possível de *alfabetização em leitura*, tal como definido neste relatório. No entanto, não seria possível esperar que algum estudante individualmente respondesse a todo o conjunto de tarefas. Dessa forma, a avaliação é elaborada para administrar a cada estudante participante da pesquisa um subconjunto do total de tarefas, garantindo, ao mesmo tempo, que cada uma delas seja administrada a amostras representativas dos estudantes em nível nacional. Assim sendo, resumir o desempenho dos estudantes nesse conjunto completo de tarefas representa um desafio.

É possível imaginar essas tarefas de alfabetização em leitura dispostas em um *continuum* de dificuldades para o estudante e o nível de habilidades necessário para responder corretamente a cada item. O procedimento utilizado no PISA para apreender isso é a Teoria de Resposta a Itens (*Item Response Theory – IRT*). A IRT é um modelo matemático utilizado para estimar a probabilidade de determinada pessoa desempenhar corretamente dada tarefa incluída em um conjunto específico de tarefas. Essa probabilidade é modelada ao longo de um *continuum* que resume tanto a proficiência em termos de capacidade quanto a complexidade de um item em termos de dificuldade. Esse *continuum* de dificuldade e de proficiência é identificado como uma “escala”.

Relatando resultados

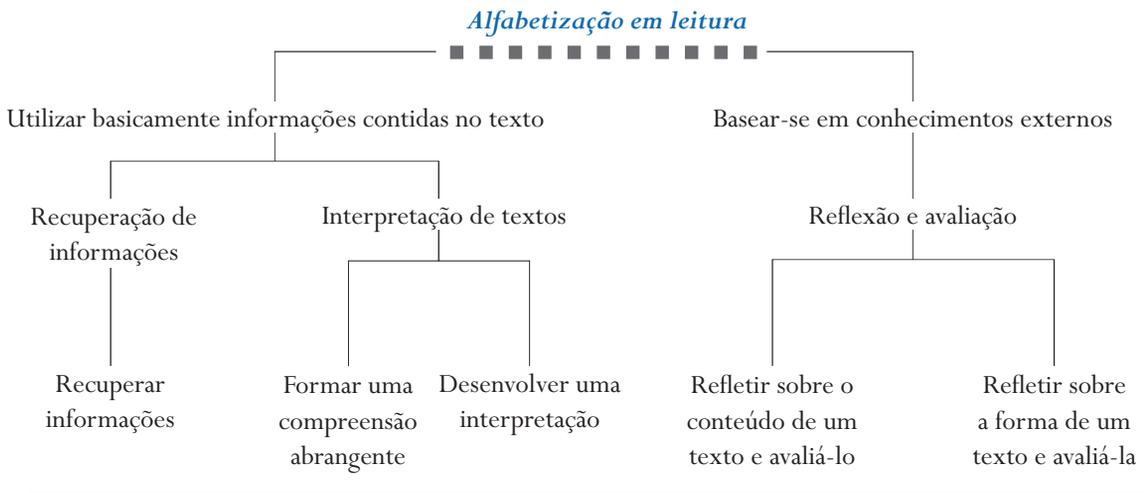
O PISA 2006 seguirá o esquema de relatório utilizado nas avaliações de 2000 e 2003, que reportam resultados em uma escala de proficiência baseada em teoria e que pode ser interpretada em termos de políticas. Os resultados da avaliação de alfabetização em leitura foram resumidos inicialmente em uma única escala combinada de alfabetização em leitura, com média de 500 e desvio padrão de 100. Além da escala combinada, o desempenho dos estudantes é representado também em cinco subescalas – três subescalas de processo (aspectos) – *recuperação de informações*, *interpretação de textos* e *reflexão e avaliação* (OECD, 2001) – e duas subescalas de formatos – *textos contínuos* e *textos não-contínuos* (OECD, 2002). Essas cinco subescalas possibilitam a comparação de escores médios e distribuições entre subgrupos e países segundo vários componentes do constructo de alfabetização em leitura. Embora haja uma correlação alta entre essas cinco subescalas, a apresentação dos resultados em cada subescala permite a identificação de interações interessantes entre os países participantes. Sempre que tais interações ocorrem, podem ser analisadas e associadas ao currículo e à metodologia de ensino utilizada. Em alguns países, a pergunta importante pode ser como ensinar melhor o currículo atual. Em outros, não apenas como ensinar, mas também o que ensinar.

Subescalas de processo (aspecto) de leitura

A Figura 2.6 resume as tarefas de alfabetização em leitura em relação a três processos. Para objetivos de relatório, há dois motivos para reduzir o número de processos de cinco para três. O primeiro é pragmático. Em 2003 e 2006, leitura, como área secundária, ficou restrita a cerca de 30 itens, em lugar dos 141 utilizados em 2000, quando constituiu a área principal. Assim sendo, a quantidade de informações é insuficiente para relatar tendências a respeito das cinco subescalas de processo. O segundo motivo é conceitual. As três subescalas de processo baseiam-se no conjunto de cinco processos apresentado na Figura 2.2. *Construção de uma compreensão geral ampla* e *desenvolvimento de interpretação* foram agrupados em uma subescala de *interpretação de texto*, uma vez que nos dois casos a informação contida no texto é processada pelo leitor: no caso de *construção de uma compreensão ampla*, o texto inteiro; e no caso



Figura 2.6 ■ Relações entre a estrutura de alfabetização em leitura e subescalas de processo (aspecto)



de *desenvolvimento de interpretação*, uma parte do texto em relação a outra. *Reflexão sobre o conteúdo de um texto e sua avaliação* e *reflexão sobre a forma de um texto e sua avaliação* foram reunidos em uma única subescala de *reflexão e avaliação*, uma vez que se considerou que, na prática, era relativamente arbitrária a distinção entre refletir sobre conteúdo e avaliá-lo e refletir sobre a forma e avaliá-la.

Subescalas de formato de texto

O PISA 2003 e o PISA 2006 também oferecem a possibilidade de fornecer resultados baseados em subescalas de formato de texto, conforme relatado em *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries* (OECD, 2002). A Figura 2.7 resume os diversos formatos de textos e as tarefas associadas, juntamente com as duas subescalas de formato de texto. Organizar os dados dessa forma oferece a oportunidade de examinar em que medida os países diferem em relação à capacidade para lidar com textos apresentados em formatos diferentes. Ao relatar resultados da avaliação de 2000, dois terços das tarefas foram utilizados para criar a subescala de texto contínuo, ao passo que as tarefas restantes foram utilizadas para criar a subescala de textos não-contínuos. No PISA 2003 e no PISA 2006, a distribuição de tarefas entre os dois formatos é semelhante.

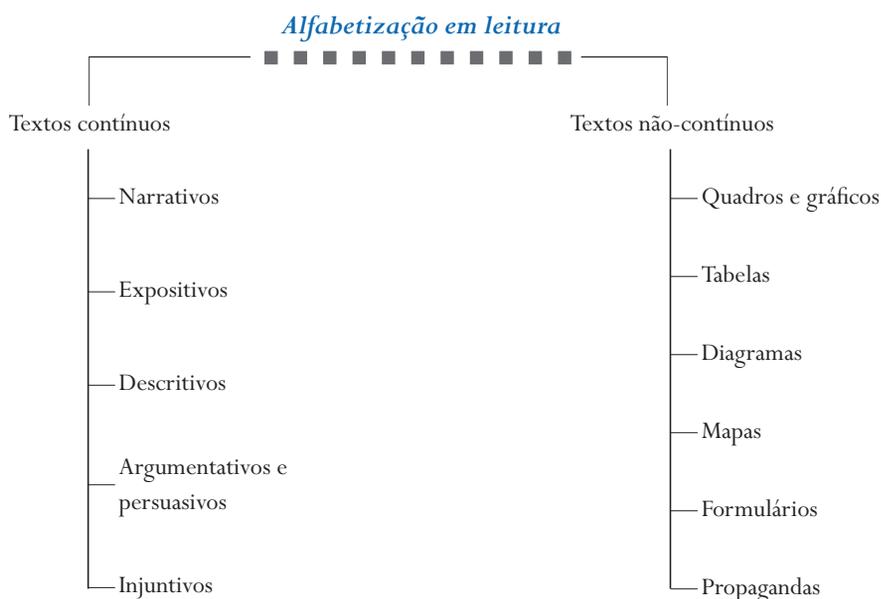
Os escores da escala combinada e de cada uma das cinco subescalas representam graus variados de proficiência. Um escore baixo indica que o estudante tem conhecimentos e habilidades muito limitados, ao passo que um escore alto indica que o estudante tem conhecimentos e habilidades bastante avançados. A utilização da IRT possibilita não apenas resumir resultados de várias subpopulações de estudantes, como também determinar a dificuldade relativa das tarefas de alfabetização em leitura incluídas na pesquisa. Em outras palavras, assim como os indivíduos recebem um valor específico em uma escala de acordo com seu desempenho nas tarefas de avaliação, cada tarefa recebe um valor específico em uma escala de acordo com sua dificuldade, que é determinada pelo desempenho dos estudantes nos vários países que participaram da avaliação.

Construindo um mapa de itens

O conjunto completo de tarefas de alfabetização em leitura utilizado no PISA varia muito em termos de formato de texto, situação e exigências da tarefa e, portanto, também de dificuldade. Essa variação



Figura 2.7 ■ Relação entre a estrutura de alfabetização em leitura e subescalas de formato de texto



é representada por meio de um mapa de itens, que oferece uma representação visual das habilidades de alfabetização em leitura demonstradas pelos estudantes ao longo das escalas. O mapa deve conter uma breve descrição de um número selecionado das tarefas de avaliação aplicadas, juntamente com seus valores na escala. Essas descrições levam em conta as habilidades específicas que o item deve avaliar, e, no caso de tarefas abertas, os critérios utilizados para julgar a resposta correta. Uma análise das descrições oferece algumas percepções sobre a diversidade de processos exigidos dos estudantes e da proficiência que devem demonstrar em vários pontos ao longo das escalas de alfabetização em leitura.

A Figura 2.8 mostra um exemplo de mapa de itens extraído do PISA 2000. Uma explicação sobre a maneira de interpretá-lo pode ser útil. O escore atribuído a cada item baseia-se na teoria de que um indivíduo situado em determinado ponto da escala é igualmente proficiente em todas as tarefas desse mesmo ponto. Para os objetivos do PISA, decidiu-se que “proficiência” significa que os estudantes situados em determinado ponto da escala de alfabetização em leitura teriam 62% de probabilidade de responder corretamente os itens referentes a esse ponto. Por exemplo, na figura 2.8, um item está situado em 421 na escala combinada. Isso significa que estudantes com escores de 421 na escala combinada de alfabetização em leitura terão uma probabilidade de 62% de responder corretamente os itens que têm escore de 421 na escala. Isso não significa que estudantes com escores inferiores a 421 sempre responderão incorretamente, mas sim que esses estudantes terão uma probabilidade inferior a 62% de responder corretamente um item desse nível de dificuldade. Entretanto, estudantes com escores acima de 421 terão uma probabilidade maior do que 62% de responder corretamente. Deve-se notar que o item aparecerá em uma subescala de processo e em uma subescala de formato, bem como na escala combinada de alfabetização em leitura. Nesse exemplo, o item de escore 421 na escala combinada exige que os estudantes identifiquem o objetivo comum entre dois textos curtos por meio da comparação das idéias principais de cada um deles. É um item de interpretação e, portanto, aparece na escala de interpretação de textos e na escala de textos contínuos.



Figura 2.8 ■ Exemplo de mapa de itens do PISA 2000

	Tipos de processo (Aspecto)			Formato do texto	
	Recuperação de informações	Interpretação	Reflexão e avaliação	Contínuo	Não-contínuo
Mapa de itens composto					
822	FORMULAR HIPÓTESES sobre um fenômeno inesperado utilizando conhecimentos externos e todas as informações relevantes contidas em uma TABELA COMPLEXA sobre um tópico relativamente desconhecido (2 pontos).		○		○
727	ANALISAR diversos casos descritos e COMBINÁ-LOS em categorias, resultando em DIAGRAMA EM ÁRVORE no qual algumas informações relevantes encontram-se em notas de rodapé (2 pontos).	○			○
705	FORMULAR HIPÓTESES sobre um fenômeno inesperado utilizando conhecimentos externos e algumas informações relevantes contidas em uma TABELA COMPLEXA sobre um tópico relativamente desconhecido (1 ponto).		○		○
652	AVALIAR o final de uma NARRATIVA LONGA em relação às características implícitas do tema ou do tom (2 pontos).		○	○	
645	RELACIONAR NUANCES DE LINGUAGEM ao tema principal em uma NARRATIVA LONGA na presença de idéias conflitantes (2 pontos).		○	○	
631	LOCALIZAR informações em um DIAGRAMA EM ÁRVORE utilizando informações situadas em uma nota de rodapé (2 pontos).	○			○
603	ELABORAR o significado de uma sentença relacionando-a a um contexto mais amplo em uma NARRATIVA LONGA .		○	○	
600	FORMULAR HIPÓTESES sobre uma determinação do autor, relacionando evidências apresentadas em um gráfico ao tema principal, inferido a partir de APRESENTAÇÕES GRÁFICAS MÚLTIPLAS .		○		○
581	COMPARAR E AVALIAR o estilo de duas CARTAS abertas.		○	○	
567	AVALIAR o final de uma NARRATIVA LONGA em relação à trama.		○	○	
542	INFERIR UMA RELAÇÃO ANALÓGICA entre dois fenômenos discutidos em uma CARTA aberta.		○	○	
540	IDENTIFICAR a data de início implícita em um GRÁFICO .	○			
539	ELABORAR O SIGNIFICADO de pequenas citações a partir de uma NARRATIVA LONGA em relação ao ambiente ou à situação imediata (1 ponto).		○	○	
537	CONECTAR evidências extraídas de uma NARRATIVA LONGA a conceitos pessoais, para justificar pontos de vista opostos (2 pontos).		○	○	
529	EXPLICAR a motivação de um personagem por meio da conexão de eventos em uma NARRATIVA LONGA .		○	○	
508	INFERIR A RELAÇÃO entre DUAS APRESENTAÇÕES GRÁFICAS com convenções distintas.		○		
486	AVALIAR a adequação de um DIAGRAMA EM ÁRVORE para objetivos determinados.		○		○
485	LOCALIZAR informações numéricas em um DIAGRAMA EM ÁRVORE .	○			○
480	CONECTAR evidências extraídas de uma NARRATIVA LONGA a conceitos pessoais, para justificar um único ponto de vista (1 ponto).		○	○	
478	LOCALIZAR E ASSOCIAR informações contidas em um GRÁFICO LINEAR e a introdução dessas informações para inferir um valor ausente.	○			○
477	COMPREENDER a estrutura de um DIAGRAMA EM ÁRVORE .		○		○
473	COMBINAR categorias apresentadas em um DIAGRAMA EM ÁRVORE para descrever casos quando algumas informações relevantes estiverem em notas de rodapé.		○		○
447	INTERPRETAR informações em um único parágrafo para compreender a ambientação de uma NARRATIVA .		○	○	
445	Fazer distinção entre variáveis e CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS de um DIAGRAMA EM ÁRVORE .		○		
421	IDENTIFICAR o objetivo comum de DOIS TEXTOS CURTOS .		○	○	
405	LOCALIZAR uma informação explícita em um TEXTO que contém organizadores consistentes.	○		○	
397	Inferir a IDÉIA PRINCIPAL de um GRÁFICO DE BARRAS simples a partir de seu título.		○		○
392	LOCALIZAR uma informação literal em um TEXTO que possui estrutura clara.	○		○	
367	LOCALIZAR informações explícitas em um trecho curto e específico de uma NARRATIVA .	○		○	
363	LOCALIZAR uma informação explicitamente determinada em um TEXTO com cabeçalhos.	○		○	
356	RECONHECER O TEMA de um artigo que contém subtítulo claro e considerável redundância.		○	○	



Níveis de proficiência em alfabetização em leitura

Assim como os estudantes de cada país fazem parte da amostra da população nacional de estudantes de 15 anos de idade, cada tarefa de alfabetização em leitura representa uma classe de tarefas da área de alfabetização em leitura. Portanto, representa proficiência em um tipo de texto e um tipo de processamento que estudantes de 15 anos de idade já deveriam ter adquirido. Uma pergunta óbvia é: o que diferencia as tarefas do nível mais baixo da escala das tarefas dos níveis médio e alto? E mais: as tarefas situadas aproximadamente no mesmo nível da escala compartilham algumas características que as situam em um nível semelhante de dificuldade? Até mesmo uma revisão superficial do mapa de itens revela que as tarefas do nível inferior de cada escala diferem das tarefas do nível superior. Uma análise mais cuidadosa da diversidade de tarefas ao longo de cada escala oferece algumas indicações sobre um conjunto ordenado de habilidades e estratégias de processamento de informação. Membros do grupo de especialistas em leitura examinaram cada tarefa para identificar um conjunto de variáveis que, aparentemente, poderiam influenciar seu nível de dificuldade. Constataram que, em parte, a dificuldade é determinada pela extensão, pela estrutura e pela complexidade do próprio texto. No entanto, notaram também que, na maioria das unidades de leitura (uma unidade é definida como um texto e um conjunto de questões), as questões variam ao longo da escala de alfabetização em leitura. Isso significa que, embora a estrutura de um texto contribua para a dificuldade de um item, aquilo que o leitor precisa fazer com o texto, definido pela questão ou instrução, interage com o texto e afeta a dificuldade geral.

Os membros do grupo de especialistas em leitura e os encarregados do desenvolvimento de testes identificaram diversas variáveis que podem influenciar a dificuldade de qualquer tarefa de alfabetização em leitura. O tipo de processo envolvido em recuperação de informações, desenvolvimento de interpretação ou reflexão sobre o que foi lido é um dos fatores relevantes. Os processos variam em complexidade e sofisticação – de conexões simples entre itens de informação a categorização de idéias, de acordo com determinados critérios, e avaliação crítica ou formulação de hipóteses sobre uma parte do texto. Além do tipo de processo a ser utilizado, a dificuldade de tarefas de recuperação de informações está associada ao número de informações a serem incluídas na resposta, ao número de critérios aos quais a informação obtida deve satisfazer, e ao fato de a informação recuperada precisar ou não ser seqüenciada de determinada maneira. No caso de tarefas de interpretação e de reflexão, um fator importante que afeta a dificuldade é a quantidade de texto que deve ser assimilada. Em itens que demandam reflexão por parte do leitor, a dificuldade é condicionada também pela familiaridade ou especificidade do conhecimento que deve ser trazido de fora do texto. Em todos os processos de leitura, a dificuldade da tarefa depende de quão proeminente é a informação necessária, de quantas informações concorrentes são apresentadas, e do fato de as idéias ou as informações necessárias para a realização da tarefa estarem ou não expressas de maneira clara.

No PISA 2000, para tentar registrar essa progressão de complexidade e dificuldade, a escala combinada de alfabetização em leitura e cada uma das subescalas foram divididas em cinco níveis:

Nível	Pontuação na escala PISA
1	De 335 a 407
2	De 408 a 480
3	De 481 a 552
4	De 553 a 625
5	Acima de 625



Figura 2.9 ■ Mapa de níveis de alfabetização em leitura

	Recuperação de informações	Interpretação de textos	Reflexão e avaliação
Nível 5	Localizar e possivelmente seqüenciar ou combinar itens múltiplos de informação profundamente embutidos no texto, alguns dos quais podem estar fora do corpo central do mesmo. Inferir quais informações do texto são relevantes para a tarefa. Lidar com informações concorrentes altamente plausíveis e/ou extensas.	Elaborar o significado de nuances de linguagem ou demonstrar compreensão plena e detalhada de um texto.	Avaliar criticamente ou formular hipóteses a partir de conhecimentos especializados. Lidar com conceitos que se contrapõem a expectativas, e extrair uma compreensão profunda de textos longos ou complexos.
	<p>Textos contínuos: Analisar textos cuja estrutura de discurso não esteja marcada de maneira óbvia ou clara, para discernir a relação de trechos específicos do texto com seu tema ou intenção implícitos.</p> <p>Textos não-contínuos: Identificar padrões entre as muitas informações apresentadas em um quadro, que podem ser longas e detalhadas, referindo-se, às vezes, a informações externas ao quadro. O leitor pode precisar perceber de maneira independente que uma compreensão completa da seção de texto exige a referência a uma parte separada do mesmo documento, como uma nota de rodapé.</p>		
Nível 4	Localizar e possivelmente seqüenciar ou combinar itens múltiplos de informação embutidos no texto, cada um dos quais pode envolver vários critérios, em um texto cujos contexto e forma são desconhecidos. Inferir quais informações do texto são relevantes para a tarefa.	Utilizar inferências com alto nível de elaboração, baseadas no texto, para entender e aplicar categorias em um contexto pouco conhecido, e para conceber o sentido de um trecho do texto levando em conta o texto como um todo. Lidar com ambigüidades, com idéias que se contrapõem a expectativas, e com idéias fraseadas na forma negativa.	Utilizar conhecimentos formais ou públicos para formular as hipóteses sobre o texto ou para avaliá-lo criticamente. Demonstrar compreensão precisa de textos longos ou complexos.
	<p>Textos contínuos: Seguir conexões lingüísticas ou temáticas por diversos parágrafos, muitas vezes na ausência de marcadores evidentes de discurso, para localizar, interpretar ou avaliar informações embutidas no texto, ou para inferir significado psicológico ou metafísico.</p> <p>Textos não-contínuos: Examinar atentamente um texto longo e detalhado para encontrar informações relevantes, muitas vezes com pouco ou nenhum auxílio de organizadores, tais como identificações ou formatação especial, para localizar diversos itens de informação a serem comparados ou combinados.</p>		
Nível 3	Localizar e, em alguns casos, reconhecer a relação entre itens de informação, sendo que cada um deles pode envolver vários critérios. Lidar com informações concorrentes bem evidenciadas.	Integrar diversas partes de um texto para identificar uma idéia central, compreender uma relação ou elaborar o significado de uma palavra ou de uma frase. Comparar, contrastar ou categorizar, levando em conta diversos critérios. Lidar com informações concorrentes.	Fazer conexões ou comparações, dar explicações ou avaliar uma característica do texto. Demonstrar compreensão detalhada do texto em relação a conhecimentos cotidianos com os quais tem familiaridade, e valer-se de conhecimentos menos comuns.
	<p>Textos contínuos: Utilizar convenções de organização de texto, sempre que necessário, e seguir conexões lógicas, implícitas ou explícitas, tais como relações de causa e efeito, através de sentenças ou parágrafos, para localizar, interpretar ou avaliar informações.</p> <p>Textos não-contínuos: Considerar um quadro em comparação a outro, separar documentos ou quadros, possivelmente em formatos diferentes, ou combinar diversos itens de informações espaciais, verbais e numéricas em um gráfico ou mapa, para tirar conclusões sobre as informações representadas.</p>		
Nível 2	Localizar um ou mais itens de informação, sendo que cada um deles pode envolver vários critérios. Lidar com informações concorrentes.	Identificar a idéia central de um texto, entender relações, formar ou aplicar categorias simples, ou elaborar significados em um trecho limitado do texto, quando a informação não está evidente e quando há necessidade de inferências menos complexas.	Fazer comparações ou conexões entre o texto e conhecimentos externos, ou explicar uma característica do texto valendo-se de experiência e atitudes pessoais.
	<p>Textos contínuos: Seguir conexões lógicas e lingüísticas dentro de um parágrafo, para localizar ou interpretar informações; ou sintetizar informações entre textos ou trechos de um texto, para inferir o objetivo do autor.</p> <p>Textos não-contínuos: Demonstrar domínio da estrutura subjacente a um quadro visual, tal como um diagrama simples em árvore ou uma tabela, ou combinar dois itens de informação extraídos de um gráfico ou de uma tabela.</p>		
Nível 1	Localizar um ou mais itens de informação independentes formulados de maneira explícita, levando em conta um único critério, com pouca ou nenhuma informação concorrente no texto.	Reconhecer o tema central ou a intenção do autor em um texto sobre um tópico conhecido, quando a informação exigida está evidente no texto.	Fazer uma conexão simples entre informações contidas no texto e conhecimentos cotidianos comuns.
	<p>Textos contínuos: Utilizar redundância, títulos de parágrafos ou convenções gráficas para formar uma impressão da idéia central do texto, ou para localizar informações formuladas explicitamente em um trecho curto do texto.</p> <p>Textos não-contínuos: Focalizar itens de informação discretos, geralmente dentro de um único quadro, como um mapa simples, um gráfico linear ou um gráfico de barras, que apresente apenas pequena quantidade de informações de maneira direta, e no qual a maior parte do texto verbal está limitada a um pequeno número de palavras ou frases.</p>		



Comitês de especialistas avaliaram que as tarefas de cada nível de *alfabetização em leitura* compartilhavam muitas das mesmas características e dos mesmos requisitos, e diferiam sistematicamente de tarefas em níveis superiores e inferiores. Como consequência, esses níveis aparentemente constituem uma forma útil de explorar a progressão das exigências de alfabetização em leitura de cada escala. Essa progressão é resumida na Figura 2.9. Esse processo foi realizado para *alfabetização em matemática* no PISA 2003, e será utilizado na avaliação de *alfabetização em ciência*, em 2006.

Interpretação dos níveis de alfabetização em leitura

Cada nível representa não só um conjunto de tarefas, assim como de conhecimentos e habilidades associados a elas, mas também um conjunto de proficiências demonstradas pelos estudantes. Como mencionado anteriormente, os níveis de alfabetização em leitura foram estabelecidos inicialmente pelos membros do grupo de especialistas em leitura, para representar um conjunto de tarefas com características comuns. Esses níveis também compartilham propriedades estatísticas. Espera-se que o estudante médio em cada nível desempenhe satisfatoriamente a tarefa média daquele nível em 62% das vezes. Além disso, a amplitude de cada nível é determinada, em parte, pela expectativa de que um estudante situado na extremidade inferior de um nível tenha escore de 50% em qualquer teste hipotético composto por itens selecionados aleatoriamente nesse nível.

Uma vez que cada escala de alfabetização em leitura representa uma progressão de conhecimentos e habilidades, os estudantes situados em um nível determinado demonstram não só os conhecimentos e habilidades associados a esse nível, mas também as proficiências associadas a níveis inferiores. Dessa forma, os conhecimentos e as habilidades supostos em cada nível baseiam-se em proficiências do nível imediatamente inferior e as incorporam. Isso significa que um estudante situado no Nível 3 de uma escala de alfabetização em leitura é proficiente não só nas tarefas do Nível 3, mas também nas dos Níveis 1 e 2. Significa também que se espera que os estudantes situados nos Níveis 1 e 2 tenham menos de 50% de acertos em itens do Nível 3. Em outras palavras, espera-se que tenham escore inferior a 50% em um teste composto por itens do Nível 3.

A Figura 2.10 mostra a probabilidade de que indivíduos com desempenho em pontos selecionados ao longo da escala combinada de alfabetização em leitura realizem corretamente tarefas de vários

Figura 2.10 ■ Probabilidade de responder corretamente a tarefas selecionadas, com diferentes graus de dificuldade, para estudantes com diferentes níveis de proficiência

Estudantes com diferentes níveis de proficiência	Tarefas selecionadas com diferentes graus de dificuldade:			
	Item de Nível 1, 367 pontos	Item de Nível 3, 508 pontos	Item de Nível 4, 567 pontos	Item de Nível 5, 652 pontos
Abaixo do Nível 1 (Proficiência de 298 pontos)	43	14	8	3
Nível 1 (Proficiência de 371 pontos)	63	27	16	7
Nível 2 (Proficiência de 444 pontos)	79	45	30	14
Nível 3 (Proficiência de 517 pontos)	89	64	48	27
Nível 4 (Proficiência de 589 pontos)	95	80	68	45
Nível 5 (Proficiência de 662 pontos)	98	90	82	65



graus de dificuldade: uma tarefa de Nível 1, uma tarefa de Nível 3 e uma terceira tarefa que recebe escore de dois pontos – um no Nível 4 e um no Nível 5. Verifica-se facilmente que um estudante avaliado abaixo do Nível 1, com escore de 298, tem uma probabilidade de apenas 43% de responder corretamente a tarefa de Nível 1 que esteja em 367 na escala de alfabetização em leitura. Esse mesmo indivíduo tem uma probabilidade de apenas 14% de responder o item de Nível 3, e praticamente nenhuma probabilidade de responder corretamente o item de Nível 5. Para um indivíduo situado na faixa intermediária do Nível 1 (com proficiência de 371), a probabilidade de responder o item situado em 367 é de 63%, mas de pouco mais de 25% de responder corretamente a tarefa situada em 508, e de apenas 7% de responder corretamente a tarefa de Nível 5. Entretanto, espera-se que o indivíduo situado no Nível 3 realize corretamente tarefas de 367 pontos na escala de alfabetização em leitura em 89% das vezes, e tarefas de 508 pontos, na faixa intermediária do Nível 3, em 64% das vezes. No entanto, esses indivíduos teriam uma probabilidade de apenas pouco mais de 25% (27%) de responder corretamente itens na faixa intermediária do Nível 5. Por fim, espera-se que um estudante situado no Nível 5 realize corretamente quase todas as tarefas na maioria das vezes. Como mostra a Figura 2.10, um estudante que tem escore de 662 na escala combinada de alfabetização em leitura tem uma probabilidade de 98% de realizar corretamente uma tarefa de 367 pontos, de 90% de responder corretamente um item de Nível 3 (308) e de 65% de realizar corretamente a tarefa selecionada na faixa intermediária do Nível 5 (652).

A Figura 2.10 introduz ainda questões relacionadas aos níveis designados como mais altos e mais baixos. Embora não haja limite na parte superior da escala de alfabetização em leitura, é possível afirmar com alguma segurança que os estudantes com proficiência muito alta são capazes de realizar tarefas caracterizadas pelo nível mais alto de proficiência. No caso de estudantes situados na extremidade inferior da escala de alfabetização em leitura há mais de um aspecto a ser analisado. Uma vez que o Nível 1 começa em 335, estima-se que determinada porcentagem de estudantes de cada país esteja abaixo desse ponto da escala. Embora não haja tarefas de alfabetização em leitura com valor inferior a 335 na escala, não é correto afirmar que esses estudantes não têm nenhuma habilidade de leitura ou são completamente iletrados. No entanto, com base em seu desempenho no conjunto de tarefas utilizado nesta avaliação, espera-se que tenham escores inferiores a 50% em um conjunto de tarefas selecionadas no Nível 1. Portanto, estão classificados abaixo do Nível 1.

Uma vez que relativamente poucos jovens adultos de nossas sociedades são totalmente desprovidos de habilidades de alfabetização, a estrutura PISA não requer uma medida de leitura em sentido técnico para estudantes de 15 anos de idade. Isto é, o PISA não mede até que ponto estudantes de 15 anos de idade são leitores fluentes ou quão competentes são em tarefas de reconhecimento de palavras ou de ortografia. No entanto, reflete o ponto de vista contemporâneo de que, ao concluir a educação compulsória, os estudantes devem ser capazes de elaborar e ampliar o significado daquilo que leram em uma diversidade de textos contínuos e não-contínuos, normalmente associados a uma diversidade de situações dentro e fora da escola, e de refletir sobre esse significado. Embora não possamos afirmar quais conhecimentos e habilidades podem ter os estudantes que apresentam desempenho inferior ao Nível 1 no que se refere a *alfabetização em leitura*, seu nível de proficiência indica que é improvável que sejam capazes de utilizar a leitura como ferramenta independente que os ajude a adquirir conhecimentos e habilidades em outras áreas.



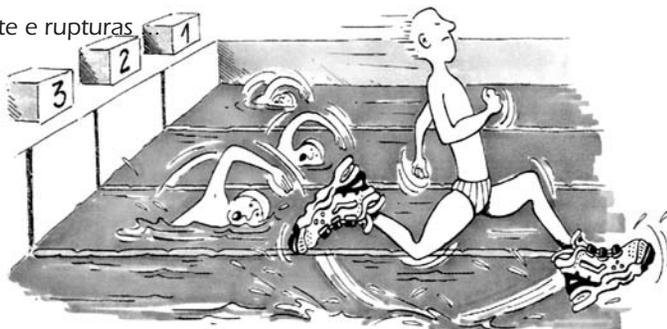
EXEMPLOS DE LEITURA

Exemplo de Leitura 1: TÊNIS DE CORRIDA

Sinta-se bem com seu tênis de corrida

Durante 14 anos, o Centro de Medicina Esportiva de Lyon (França) estudou as lesões de jovens jogadores e de profissionais do esporte. O estudo estabeleceu que o melhor tratamento é a prevenção... e calçados de boa qualidade.

Batidas, quedas, desgaste e rupturas



Oitenta por cento dos esportistas entre 8 e 12 anos de idade já têm lesões no calcanhar. A cartilagem do tornozelo de um jogador de futebol não responde bem a choques, e 25% dos profissionais descobriram por si mesmos que este é um ponto especialmente frágil. A cartilagem da delicada articulação do joelho também pode ser lesada de maneira irreparável e, caso não sejam tomados os devidos cuidados desde a infância (10 a 12 anos de idade), uma osteoartrite pode ocorrer prematuramente. O quadril também não escapa de lesões e, principalmente quando estão cansados, os atletas correm o risco de fraturas em consequência de quedas ou colisões.

De acordo com o estudo, jogadores de futebol que praticam o esporte por mais de dez anos apresentam crescimento ósseo tanto na tíbia quanto nos calcaneares. Isso é conhecido como

“pé de jogador de futebol”, uma deformidade causada por calçados cujos solados e cujas partes que protegem o tornozelo são muito flexíveis.

Proteger, apoiar, estabilizar, absorver

Quando o calçado é muito rígido, restringe os movimentos. Quando é muito flexível, aumenta os riscos de lesões e entorses. Um calçado de boa qualidade para a prática de esportes deve satisfazer quatro critérios.

Em primeiro lugar, deve **fornecer proteção externa**: resistir a batidas de bola ou de outro jogador, moldar-se às irregularidades do solo e manter o pé aquecido e seco, mesmo no frio e na chuva.

Deve **apoiar o pé**, principalmente a articulação do tornozelo, para evitar entorses, inchaço

e outros problemas que podem até mesmo afetar o joelho.

Deve também dar ao jogador boa **estabilidade**, de modo que não escorregue em um piso molhado ou deslize sobre uma superfície muito seca.

Finalmente, deve **absorver choques**, principalmente aqueles sofridos por jogadores de voleibol ou de basquetebol, que saltam constantemente.

Pés secos

Para evitar condições menos importantes, porém dolorosas, como bolhas ou mesmo rachaduras ou pé de atleta (infecções por fungos), o calçado deve permitir a evaporação da transpiração e deve evitar a entrada da umidade externa. O material ideal para isso é o couro, que pode ser impermeável, para evitar que o pé fique molhado logo à primeira chuva.

Fonte: *Revue ID* (16) 1-15 de junho, 1997.

TÊNIS DE CORRIDA é um trecho em prosa expositiva extraído de uma revista franco-belga produzida para estudantes adolescentes. Está classificado como pertencente à situação educacional. Uma das razões para ter sido selecionado como instrumento de avaliação de leitura do PISA 2000 é seu tema, considerado de grande interesse para a população de 15 anos de idade avaliada pelo PISA. O artigo inclui uma atraente ilustração semelhante às de histórias em quadrinhos e é subdividido em subtítulos cativantes.



Dentro da categoria de formato de textos contínuos, é um exemplo de texto expositivo que fornece um modelo de elaboração mental, estabelecendo uma série de critérios para o julgamento da qualidade de calçados de corrida no que se refere a sua adequação para jovens atletas.

As quatro tarefas desta unidade cobrem os três aspectos – recuperação de informações, interpretação de textos e reflexão –, porém todas são relativamente fáceis dentro do Nível 1. Uma das tarefas é reproduzida a seguir.

Questão 1: TÊNIS DE CORRIDA

De acordo com o artigo, por que sapatos para a prática de esportes não devem ser muito rígidos?

Pontos: 1 (392)

Respostas que fazem referência a restrições de movimento.

Quanto ao aspecto, esta tarefa é classificada como recuperação de informações. Requer que o leitor localize um trecho de informação explicitamente expresso que satisfaça um critério único.

Um fator que contribui para a dificuldade de uma tarefa é a medida em que as palavras da questão podem ser associadas com as palavras do texto. Neste exemplo, o leitor pode combinar diretamente a palavra “rígido”, que aparece na questão e na parte relevante do texto, facilitando a identificação da informação.

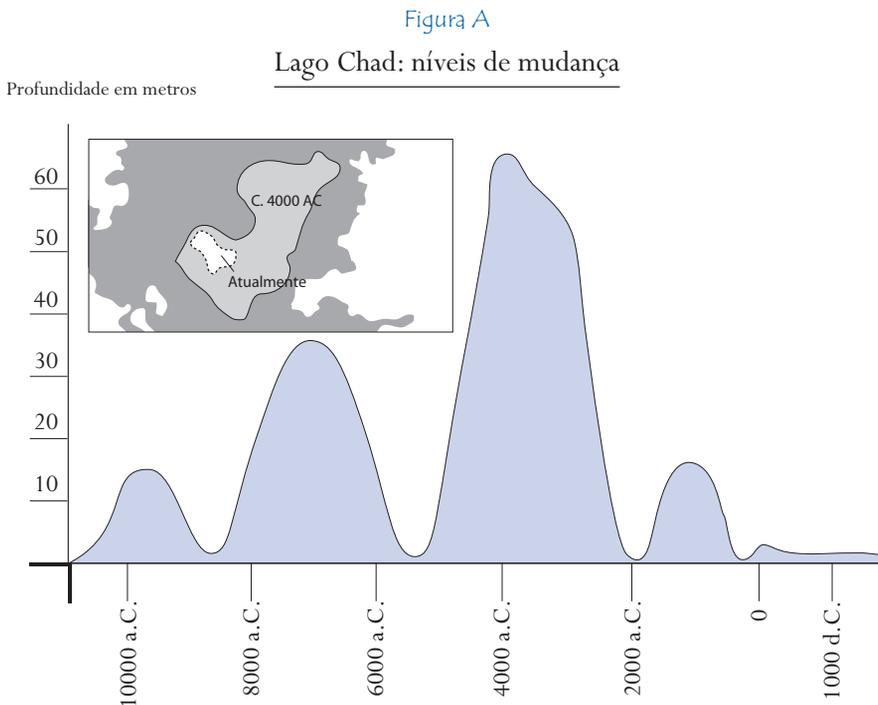
Outro fator que contribui para a dificuldade de uma tarefa diz respeito à localização e à evidência de informações no texto: por exemplo, informações situadas no início de um texto são tipicamente mais fáceis de identificar. Embora a informação solicitada para esta tarefa situe-se na metade do texto, é bastante evidente, por estar perto do início de uma das três seções marcadas por subtítulos.

Outra razão para que esta tarefa seja relativamente fácil é o fato de que se pode obter crédito total citando diretamente do texto: “restringe os movimentos”. Entretanto, muitos estudantes utilizaram as próprias palavras, tais como “Impedem que você corra livremente.” ou “Assim você pode se movimentar à vontade.”

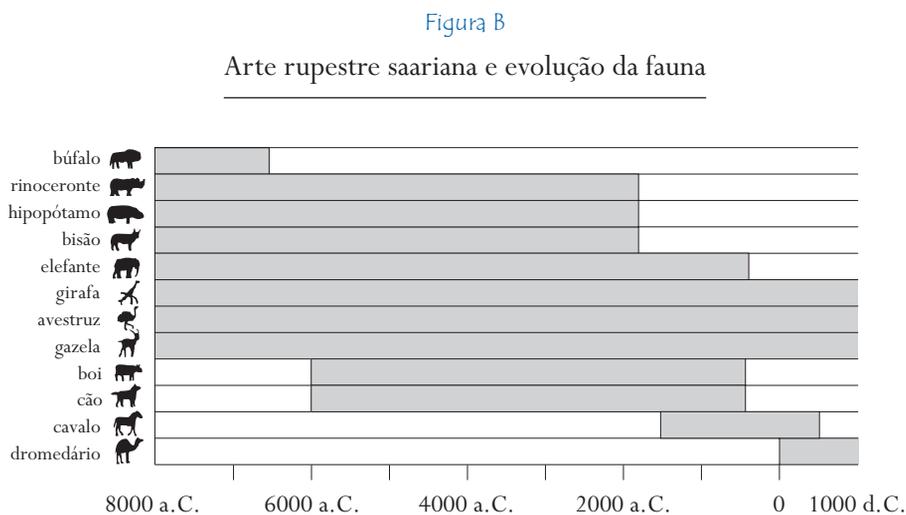
Um erro comum consistiu em uma resposta como: “Porque você precisa de apoio para seu pé.” – o oposto da resposta solicitada, embora essa idéia também esteja localizada no texto. Os estudantes que deram esse tipo de resposta talvez não tenham notado a forma negativa na questão (“... não ser muito rígido”), ou talvez tenham feito a própria associação entre as idéias de “rigidez” e “apoio”, o que os induz a uma seção do texto que não era relevante para esta tarefa. Além disso, há poucas informações concorrentes para confundir o leitor.

**Exemplo de Leitura 2: LAGO CHAD**

A Figura A mostra os níveis de mudança do Lago Chad, na África ao norte do Saara. O Chad desapareceu completamente em cerca de 20.000 a.C., durante a última Era do Gelo. Em aproximadamente 11.000 a.C., reapareceu. Atualmente seu nível é aproximadamente o mesmo que apresentava em 1.000 d.C.



A Figura B mostra arte rupestre realizada no Saara (desenhos ou pinturas antigos encontrados nas paredes das cavernas) e os padrões de mudança na vida selvagem.



Fonte: Copyright Bartholomew Ltd., 1988. Extraído de *The Times Atlas of Archaeology* e reproduzido mediante permissão de Harper Collins Publishers.



A unidade LAGO CHAD apresenta dois gráficos extraídos de um atlas arqueológico. A Figura A em LAGO CHAD é um gráfico linear, e a Figura B é um histograma horizontal. Um terceiro tipo de texto não-contínuo está representado nesta unidade por um pequeno mapa do lago embutido na Figura A. Duas passagens curtas em prosa também fazem parte do estímulo. No entanto, uma vez que as tarefas relacionadas a esse estímulo estão intimamente relacionadas aos componentes não-contínuos, são classificadas como não-contínuas na dimensão formato de texto.

Ao justapor essas informações, o autor convida o leitor a inferir uma conexão entre a mudança dos níveis de água do Lago Chad ao longo do tempo e os períodos em que certas espécies da vida selvagem habitaram suas cercanias.

Esse é um tipo de texto que pode normalmente ser encontrado pelos estudantes em um ambiente educacional. Entretanto, uma vez que o atlas é publicado para o leitor comum, o texto é classificado como público na dimensão de situação da estrutura de leitura. O conjunto completo de cinco tarefas que acompanha esse estímulo cobre os três aspectos. Uma tarefa, ilustrando o aspecto de interpretação, é reproduzida a seguir.

Questão 1: LAGO CHAD

Para esta questão, você deve reunir informações da Figura A e da Figura B.

O desaparecimento de rinocerontes, hipopótamos e bisões da arte rupestre no Saara ocorreu:

- A. no início da Era do Gelo mais recente.
- B. no meio do período em que o Lago Chad estava no seu nível mais elevado.
- C. após o nível do Lago Chad ter diminuído durante mais de mil anos.
- D. no início de um período de seca ininterrupto.

Pontuação: 1 (508)

A resposta correta é a opção C.

Esta tarefa de interpretação exige que os estudantes reúnam várias partes de textos não-contínuos para compreender a relação entre eles. Devem comparar as informações contidas em dois gráficos.

A exigência de relacionar informações a partir de duas fontes contribui para o grau moderado de dificuldade da tarefa. Uma nova característica foi acrescentada, com a utilização de dois tipos diferentes de gráficos (um gráfico linear e um histograma), e é preciso que o leitor tenha interpretado a estrutura de ambos os gráficos para traduzir a informação relevante de uma forma para a outra.

Entre os estudantes que não selecionaram a resposta correta, a maior proporção escolheu a distrator D: “no início de um período de seca ininterrupto”. Se o texto não for levado em consideração, essa parece a mais plausível das respostas erradas, e sua popularidade indica que esses estudantes devem ter-se baseado em conhecimento familiar externo ao texto, e não nas informações apresentadas.



Exemplo de Leitura 3: GRAFITE

Estou furiosa, porque o muro da escola está sendo limpo e pintado pela quarta vez para se livrar do grafite. A criatividade é admirável, porém as pessoas devem encontrar maneiras de se expressar que não imponham custos extras à sociedade.

Por que estragar a reputação dos jovens pintando grafites em locais proibidos? Artistas profissionais não penduram seus quadros nas ruas, penduram? Em vez disso, eles arranjam recursos e ficam famosos fazendo exposições dentro da lei.

Na minha opinião, prédios, cercas e bancos de parques já são obras de arte. É realmente patético estragar essa arquitetura com grafite, e o que é pior, o método destrói a camada de ozônio. Realmente não consigo entender por que esses artistas criminosos acham ruim que suas “obras de arte” sejam simplesmente removidas tantas e tantas vezes.

Helga

Fonte: Mari Hamkala

Gosto não se discute. A sociedade está cheia de anúncios e publicidade. Logos de empresas, nomes de lojas. Grandes cartazes invadem as ruas. Isso é aceitável? Na maior parte das vezes, sim. O grafite é aceitável? Alguns dizem que sim, outros, que não.

Quem paga o preço do grafite? No final das contas, quem paga o preço da publicidade? Correto: o consumidor.

As pessoas que afixam cartazes pedem sua permissão? Não. Então os grafiteiros deveriam pedir? Não é tudo uma questão de comunicação – o próprio nome, os nomes das gangues e grandes obras de arte nas ruas?

Pense nas roupas listadas e quadriculadas que apareceram nas lojas poucos anos atrás. E nas roupas de esquí. Os padrões e as cores foram roubados diretamente dos muros de concreto enfeitados com flores. É curioso que esses padrões e cores sejam aceitos e admirados, mas que grafites no mesmo estilo sejam considerados horríveis.

Os tempos estão difíceis para a arte.

Sophia

O estímulo para esta unidade consiste em duas cartas divulgadas pela Internet, originadas na Finlândia. As quatro tarefas que acompanham o estímulo simulam atividades de alfabetização típicas, uma vez que, como leitores, sempre sintetizamos, comparamos e contrastamos idéias de duas ou mais fontes diferentes.

Por terem sido publicadas na Internet, as cartas sobre GRAFITE são classificadas como públicas quanto à situação. Na classificação mais abrangente de textos contínuos, são classificadas como argumentação, uma vez que expõem proposições e tentam persuadir o leitor com relação a determinado ponto de vista.

Assim como no texto TÊNIS DE CORRIDA, o tema de GRAFITE deveria ser interessante para estudantes de 15 anos de idade: o debate implícito entre os escritores sobre a classificação dos grafiteiros como artistas ou vândalos representaria uma questão concreta na mente dos participantes do teste.

Uma das tarefas, representando o aspecto reflexão e avaliação, é reproduzida a seguir.

Questão 1: GRAFITE

Podemos falar sobre *o que* uma carta diz (seu conteúdo).

Podemos falar sobre *como* a carta é escrita (seu estilo).

Independentemente de com qual das cartas você concorda, em sua opinião, qual é a melhor delas? Explique sua resposta referindo-se ao modo *como* uma ou ambas as cartas foram escritas.

Pontuação: 1 (581)

Espera-se que os estudantes expliquem sua opinião referindo-se ao estilo ou à forma de uma ou de ambas as cartas. As referências a critérios como estilo de escrita, estrutura de argumentação, irrefutabilidade de argumentos, tom, registro utilizado e estratégias de persuasão recebem crédito total, porém expressões como “melhores argumentos” precisam ser justificadas.



A tarefa exige que, ao comparar as duas cartas, os estudantes utilizem conhecimentos formais para avaliar a habilidade de argumentação do escritor. Dentro da classificação de cinco aspectos, essa tarefa é qualificada como reflexão e avaliação sobre a forma de um texto, pois para respondê-la os leitores precisam utilizar a própria compreensão daquilo que constitui um bom texto.

Muitos tipos de respostas podem receber crédito total, inclusive aquelas que analisam o tom ou as estratégias de argumentação de um ou de ambos os escritores, ou a estrutura do trabalho. Algumas respostas típicas que receberam crédito total foram: “A carta de Helga foi eficaz devido à maneira direta de se referir aos artistas do grafite” ou “Em minha opinião, a segunda carta é melhor porque tem questões que nos envolvem, que nos fazem sentir que estamos em uma discussão, e não em uma aula”.

As respostas que não receberam créditos eram geralmente vagas ou ofereciam uma opinião geral, sem fundamentação com referência ao texto, ou relacionadas ao conteúdo, e não ao estilo (por exemplo “Sofia, porque grafite é uma forma de arte”).

RESUMO

Para o PISA, a noção de alfabetização em leitura ultrapassa a simples medição da capacidade de um estudante para decodificar e compreender informações literais. Para o PISA, alfabetização em leitura envolve também a compreensão e a utilização de textos escritos, assim como a reflexão sobre eles. Também leva em consideração a importância da alfabetização em leitura para a realização de objetivos, e a participação como cidadão ativo na sociedade.

Há um reconhecimento de que os estudantes envolvem-se de formas diferentes com a leitura. O PISA faz distinção entre textos contínuos – cujos artigos um estudante pode encontrar em uma revista, em um jornal ou em um romance – e textos não-contínuos – como quadros, tabelas, mapas e diagramas. Uma variedade de tipos de itens é apresentada aos estudantes, incluindo itens de múltipla escolha e de respostas com construção aberta e fechada.

No PISA, a alfabetização em leitura é registrada em três subescalas – recuperação de informações, interpretação de textos e reflexão sobre um texto e sua avaliação. Na seqüência da avaliação do PISA 2000, foram desenvolvidos cinco níveis de proficiência para indicar a capacidade dos estudantes na avaliação de leitura. Os estudantes situados nos níveis mais altos são capazes de realizar tarefas de maior complexidade, tais como localizar informações complexas a partir de um texto desconhecido que contenha informações concorrentes; nos níveis mais baixos de proficiência, os estudantes são capazes apenas de localizar informações mais evidentes e que tenham menor número de informações concorrentes. Nos níveis mais altos, espera-se que os estudantes reflitam sobre os objetivos de um autor de determinado texto, ao passo que estudantes dos níveis mais baixos devem fazer conexões simples entre informações contidas no texto e sua vida cotidiana.

Leitura foi a área principal no primeiro ciclo de avaliações do PISA e será novamente em 2009, quando a estrutura da avaliação passará por uma revisão para analisar os desenvolvimentos que possam ter ocorrido ao longo desse período.

Alfabetização em Matemática



DEFINIÇÃO DA ÁREA

A área de *alfabetização em matemática* do PISA ocupa-se com a capacidade dos estudantes em analisar, raciocinar e comunicar idéias de maneira eficaz, formular, resolver e interpretar problemas matemáticos em diversas situações. A pesquisa do PISA focaliza problemas do mundo real, indo além dos problemas e situações encontrados tipicamente em salas de aula. Na vida real – fazendo compras, viajando, cozinhando, lidando com suas finanças pessoais, julgando questões políticas, etc. –, os cidadãos enfrentam cotidianamente situações nas quais o uso de raciocínio espacial ou quantitativo, ou outras competências matemáticas, ajudariam a esclarecer, formular ou resolver um problema. Esses usos da matemática baseiam-se em competências aprendidas e praticadas por meio dos problemas típicos que aparecem nos livros didáticos e nas salas de aula. Entretanto, os problemas cotidianos exigem a capacidade de aplicar aquelas competências em contextos menos estruturados, em que as orientações não são tão claras e os estudantes precisam tomar decisões a respeito de qual conhecimento pode ser relevante e como pode ser aplicado de forma útil.

A *alfabetização em matemática* do PISA procura determinar em que medida estudantes de 15 anos de idade podem ser considerados cidadãos informados, reflexivos e consumidores inteligentes. Cada vez mais, cidadãos de todos os países são confrontados com milhares de tarefas que envolvem conceitos matemáticos quantitativos, espaciais, probabilísticos, etc. Veículos de mídia, por exemplo – jornais, revistas, televisão e Internet – estão repletos de informações na forma de tabelas, quadros e gráficos sobre assuntos como previsão do tempo, economia, medicina e esportes, para citar apenas alguns. Os cidadãos são bombardeados com informações como aquecimento global e efeito estufa, crescimento populacional, vazamentos de petróleo nos mares ou desaparecimento das áreas verdes. Por último, mas não menos importante, os cidadãos são confrontados com a necessidade de ler formulários para interpretar tabelas de horários de ônibus e trens, fazer transações monetárias corretamente, determinar as melhores ofertas do mercado, etc. A *alfabetização em matemática* do PISA focaliza a capacidade de estudantes de 15 anos – idade em que muitos estudantes estão completando seus estudos formais compulsórios de matemática – usarem seu conhecimento e seu entendimento da matemática para compreender essas questões e desempenharem as tarefas decorrentes.

O PISA define:

Alfabetização em matemática é a capacidade de o indivíduo identificar e entender o papel que a matemática desempenha no mundo, fazer julgamentos bem fundamentados e utilizar a matemática e envolver-se com ela de forma que atenda às necessidades de sua vida como cidadão construtivo, consciente e reflexivo.

Algumas explicações talvez ajudem a esclarecer essa definição de área:

- A expressão “alfabetização em matemática” enfatiza o conhecimento matemático colocado em prática em incontáveis situações diferentes, de formas variadas, reflexivas e com base em percepções. Evidentemente, para que tal utilização seja possível e viável, muitas habilidades e muitos conhecimentos matemáticos fundamentais são necessários. No sentido lingüístico, *alfabetização* pressupõe um rico vocabulário e um conhecimento substantivo de regras gramaticais, fonéticas, ortográficas, etc., mas não pode ser reduzido a essas condições. Para comunicar-se, os humanos combinam esses elementos de formas criativas, como resposta a cada situação encontrada no mundo real. Da mesma forma, a *alfabetização em matemática* não pode ser reduzida ao conhecimento da terminologia



matemática, de fatos e procedimentos, assim como às habilidades para realizar certas operações e desempenhar certos métodos que, certamente, são pressupostos. A *alfabetização em matemática* envolve a combinação criativa desses elementos em resposta a exigências impostas por situações externas.

- O termo “mundo” designa o cenário natural, social e cultural em que o indivíduo vive. Como disse Freudenthal (1983): “Nossos conceitos, nossas estruturas e nossas idéias em relação à matemática foram inventados como instrumentos para organizar os fenômenos dos mundos físico, social e mental” (p. ix).
- A expressão “utilizar e envolver-se” significa o uso da matemática e a solução de problemas matemáticos, implicando ainda um envolvimento pessoal mais amplo por meio de comunicação, do estabelecimento de relações, de avaliação e mesmo apreciando e gostando da matemática. Portanto, a definição de *alfabetização em matemática* engloba tanto a utilização funcional da matemática no sentido estrito, quanto uma prontidão para estudos mais aprofundados e os elementos estéticos e recreacionais da matemática.
- A expressão “sua vida” inclui a vida privada do indivíduo, sua vida ocupacional e social com colegas e parentes, assim como sua vida como cidadão de uma comunidade.

A noção de *alfabetização em matemática* implica uma capacidade crucial: a habilidade de propor, formular, resolver e interpretar problemas utilizando a matemática em uma variedade de contextos e situações. Os contextos vão desde aqueles puramente matemáticos àqueles em que, de início, nenhuma estrutura matemática está presente ou aparente – aquele que propõe ou resolve o problema deve conseguir introduzir a estrutura matemática. É igualmente importante enfatizar que a definição não concerne apenas a um conhecimento mínimo de matemática, mas refere-se também ao fazer e usar a matemática em situações que vão do cotidiano ao incomum, do simples ao complexo.

Atitudes e emoções relacionadas à matemática – tais como autoconfiança, curiosidade, sentimentos de interesse e relevância e o desejo de fazer ou entender coisas – não são componentes da definição de *alfabetização em matemática*, mas sem dúvida são contribuições importantes. Em princípio, é possível ter *alfabetização em matemática* sem tais atitudes e emoções. Na prática, entretanto, não é provável que tal alfabetização seja exercida e colocada em prática por alguém que não tenha algum grau de autoconfiança, curiosidade, sentimentos de interesse e relevância e o desejo de fazer ou compreender coisas que contenham componentes matemáticos. A importância dessas atitudes e emoções relacionadas à *alfabetização em matemática* é reconhecida. Não fazem parte da pesquisa sobre *alfabetização em matemática*, mas serão tratadas em outros componentes do PISA.

BASES TEÓRICAS PARA A ESTRUTURA DE MATEMÁTICA DO PISA

A definição de *alfabetização em matemática* do PISA é consistente com a teoria ampla e integrante sobre a estrutura e a utilização da linguagem tal como exposta em recentes estudos socioculturais sobre alfabetização. No *Preamble to a Literacy Program* (Preâmbulo para um Programa de Alfabetização) (1998), de James Gee, o termo “alfabetização” refere-se à utilização da linguagem pelos indivíduos. A capacidade de ler, escrever, ouvir e falar uma linguagem é a ferramenta mais importante na mediação da atividade social humana. Na verdade, cada linguagem humana e sua utilização têm uma elaboração intrincada, ligada de formas complexas a uma variedade de funções. Para que uma pessoa seja letrada em uma linguagem, deve conhecer muitos dos recursos contidos na linguagem e ser capaz de utilizá-



los para muitas funções sociais diferentes. Analogamente, para que a matemática seja considerada uma linguagem, é preciso que os estudantes aprendam as qualidades contidas no discurso matemático – termos, fatos, sinais e símbolos, procedimentos e habilidades para realizar certas operações em subáreas especificamente matemáticas, e a estrutura dessas idéias em cada subárea –; e que também aprendam a utilizar essas idéias para resolver problemas não-rotineiros em uma variedade de situações definidas em termos de funções sociais. Note-se que conhecer os recursos contidos na matemática inclui conhecer os termos, os procedimentos e os conceitos básicos comumente ensinados na escola, e também de que maneira esses aspectos são estruturados e utilizados. Lamentavelmente, pode-se saber bastante sobre os elementos contidos na Matemática sem conhecer sua estrutura ou sem saber como utilizar suas qualidades para resolver problemas. Essas noções estruturadas academicamente, que envolvem a interação entre os elementos contidos e as funções que fundamentam a estrutura da matemática do PISA, podem ser ilustradas pelo exemplo a seguir.

Exemplo de matemática 1: BATIMENTOS CARDÍACOS

Por motivos de saúde, as pessoas devem limitar seus esforços ao praticar esportes, por exemplo, para não exceder uma determinada frequência de batimentos cardíacos.

Por muitos anos, a relação entre a frequência máxima de batimentos cardíacos e a idade da pessoa foi descrita pela seguinte fórmula:

Frequência máxima de batimentos cardíacos recomendada = $200 - \text{idade}$.

Pesquisas recentes mostraram que essa fórmula deve ser ligeiramente modificada. A nova fórmula seria:

Frequência máxima de batimentos cardíacos recomendada = $208 - (0,7 \times \text{idade})$.

Nesta unidade, a questão gira em torno da diferença entre as duas fórmulas e de como afetam o cálculo da frequência máxima de batimentos cardíacos admissível.

Esse problema pode ser solucionado por meio da estratégia geral utilizada pelos matemáticos, à qual a estrutura matemática se refere como “matematização”. A matematização pode ser caracterizada por cinco aspectos:

- *Na primeira etapa, o processo de matematização, ou de matematizar, começa com um problema situado na realidade*

No exemplo, está claro que, neste caso, a realidade é saúde e condicionamento físico: “Uma regra geral importante ao fazer exercícios físicos é ter muito cuidado para não fazer esforço demais, uma vez que o excesso pode causar problemas cardíacos.” A questão nos alerta para este problema por meio do texto, que relaciona saúde a batimentos cardíacos e faz referência a uma “frequência máxima de batimentos cardíacos recomendada”.

- *Na segunda etapa, o estudante tenta identificar a matemática relevante e reorganizar o problema de acordo com os conceitos matemáticos identificados*

É evidente que o estudante depara-se com duas fórmulas verbais que precisam ser entendidas, e é solicitado a compará-las e desvendar o que realmente significam em termos matemáticos. As fórmulas estabelecem uma relação entre a frequência máxima de batimentos cardíacos recomendada e a idade da pessoa.

- *A terceira etapa envolve a abstração gradual da realidade*

Há diferentes formas de transformar o problema real em um problema estritamente matemático, ou de abstrair a realidade. Uma delas é transformar as fórmulas verbais em expressões algébricas

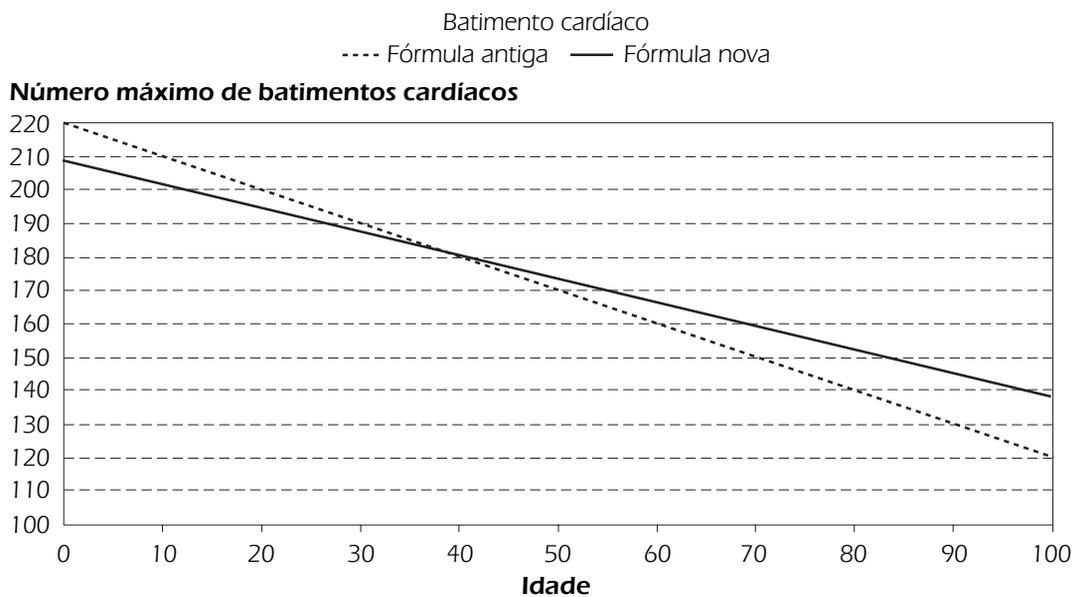


mais formais, como $y = 220 - x$ ou $y = 208 - 0,7x$. O estudante deve lembrar que y expressa o número máximo de batimentos cardíacos por minuto, e que x representa a idade, em anos. Outra abordagem estritamente matemática seria extrair os gráficos diretamente a partir das fórmulas verbais. Esses gráficos são linhas retas, uma vez que as fórmulas são de primeiro grau. Os gráficos têm inclinações diferentes e, portanto, interceptam-se.

Essas três etapas levam de um problema do mundo real a um problema matemático.

■ *A quarta etapa é a resolução do problema matemático*

O problema matemático que se apresenta é a comparação de duas fórmulas ou gráficos, e a afirmação de algo a respeito das diferenças para pessoas de uma certa idade. Uma boa forma de começar é constatar em que momento as duas fórmulas apresentam resultados iguais ou em que ponto os dois gráficos se cruzam. O estudante pode chegar a essa constatação resolvendo a equação: $220 - x = 208 - 0,7x$, cuja resposta é $x = 40$, e o valor correspondente de y é 180. Portanto, a intersecção dos dois gráficos ocorre no ponto (40, 180).



■ *O quinto passo é questionar qual é o significado da solução estritamente matemática em termos de mundo real*

Perceber o significado não é muito difícil quando o estudante identifica x como a idade da pessoa e y como o número máximo de batimentos cardíacos. Se o indivíduo tiver 40 anos de idade, as duas fórmulas darão o mesmo resultado: número máximo de batimentos cardíacos de 180. A regra “antiga” permite batimentos cardíacos mais altos para pessoas mais jovens: no caso extremo, se a idade for zero, o número máximo de batimentos cardíacos é de 220 pela fórmula antiga, e apenas 208 pela nova fórmula. No entanto, para pessoas mais velhas – neste caso, acima de 40 anos de idade –, as percepções mais recentes permitem batimentos cardíacos máximos mais altos; por exemplo: se a idade for 100 anos, o estudante percebe que a fórmula antiga estabelece número máximo de batimentos cardíacos de 120, e a fórmula nova, número máximo de batimentos cardíacos de 138. É claro que o estudante deve perceber uma série de outras evidências: falta às fórmulas precisão matemática, que passam uma sensação de serem apenas aparentemente científicas. Na verdade, as fórmulas oferecem apenas uma regra empírica que deve ser utilizada com cautela. Outro ponto a considerar é que, para as idades nos limites extremos, os resultados devem ser recebidos com cautela ainda maior.



Esse exemplo demonstra que, mesmo em se tratando de itens relativamente simples, no sentido de poderem ser utilizados mesmo com as restrições de um amplo estudo internacional, que podem ser resolvidos muito rapidamente, ainda é possível identificar o ciclo completo da matematização e de resolução de problemas.

Esses processos demonstram de que maneira, em sentido amplo, os matemáticos freqüentemente fazem matemática, como as pessoas utilizam a matemática em uma variedade de ocupações atuais e potenciais, e como cidadãos informados e reflexivos deveriam usar a matemática para um envolvimento total e competente com o mundo real. Na verdade, aprender matemática deve ser um objetivo educacional primordial para todos os estudantes.

Hoje, e em um futuro previsível, todos os países precisam de cidadãos letrados em matemática para lidar com uma sociedade muito complexa e em rápida transformação. O acesso à informação tem crescido exponencialmente, e os cidadãos precisam ser capazes de decidir o que fazer com essa informação. Os debates sociais envolvem quantidade cada vez maior de informações para justificar suas reivindicações. Um exemplo da necessidade de *alfabetização em matemática* é a freqüente demanda por indivíduos que julguem e estabeleçam a precisão de conclusões e propostas de pesquisas e estudos. Ser capaz de avaliar a consistência das reivindicações apoiadas por tais argumentos é, e será cada vez mais, um aspecto crítico para um cidadão responsável. As etapas do processo de matematização discutidas nesta estrutura são elementos fundamentais para a utilização da matemática em situações tão complexas. O fracasso na utilização de noções matemáticas pode resultar em decisões pessoais confusas, suscetibilidade crescente às pseudociências e decisões mal-informadas na vida pública e profissional.

Um cidadão alfabetizado em matemática percebe quão rápido as mudanças estão ocorrendo e a necessidade de estar aberto a uma aprendizagem permanente. A adaptação a essas mudanças de forma criativa, flexível e prática é condição necessária para a cidadania. As habilidades aprendidas na escola provavelmente não serão suficientes para atender às necessidades dos cidadãos na maior parte de sua vida adulta.

As exigências do exercício competente e reflexivo da cidadania também afetam a força de trabalho. Espera-se cada vez menos que os trabalhadores se submetam a rotinas físicas repetitivas. Em vez disso, são ativamente engajados no monitoramento da produção de diversas máquinas de alta tecnologia, lidando com um fluxo torrencial de informações, e envolvidos com a resolução de problemas em equipe. A tendência é que um número cada vez maior de ocupações demande a capacidade de compreender, comunicar, utilizar e explicar conceitos e procedimentos baseados no pensamento matemático. As etapas do processo de matematização são os tijolos para a construção deste tipo de pensamento matemático.

Finalmente, cidadãos alfabetizados em matemática também desenvolvem gosto pela matemática como disciplina dinâmica, mutante e relevante, que pode freqüentemente servir a seus objetivos.

O problema operacional encarado pelo PISA é descobrir como avaliar se estudantes de 15 anos de idade são alfabetizados em matemática em termos de sua capacidade de matematizar. Lamentavelmente, sendo esta uma pesquisa com prazo limitado, a tarefa é difícil, uma vez que, para a maioria das situações reais mais complexas, o processo completo de traduzir a realidade em matemática e vice-versa freqüentemente envolve colaboração e acesso aos recursos apropriados, o que consome um tempo considerável.

Para ilustrar a matematização em um exercício mais extenso de resolução de problemas, vamos considerar o exemplo “FÉRIAS” um dos itens da pesquisa de resolução de problemas do PISA 2003.



O problema propõe aos estudantes duas questões. Trata-se do planejamento de uma rota e de locais para pernoite em uma viagem de férias. Apresentam-se aos estudantes um mapa simplificado e um quadro (representação múltipla) mostrando as distâncias entre as cidades constantes no mapa.

Exemplo de matemática 2: FÉRIAS

Este problema apresenta o planejamento da melhor rota para uma viagem de férias.

As Figuras A e B mostram um mapa da área e as distâncias entre as cidades

Figura A. Mapa rodoviário entre cidades

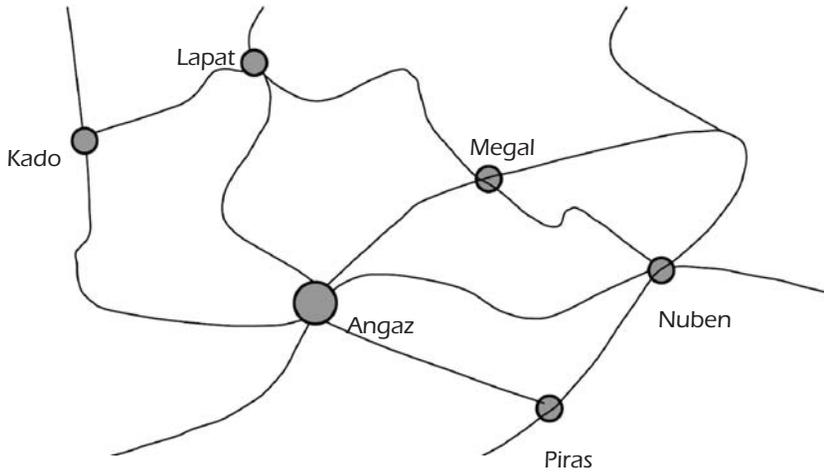


Figura B. Menor distância rodoviária entre cidades, em quilômetros

Angaz						
Kado	550					
Lapat	500	300				
Mergal	300	850	550			
Nuben	500		1300	450		
Piras	300	850	800	600	250	
	Angaz	Kado	Lapat	Mergal	Nuben	Piras

Questão 1: FÉRIAS

Calcular a menor distância por rodovia entre Nuben e Kado

Distância:.....quilômetros.

Questão 2: FÉRIAS

Zoe mora em Angaz. Quer visitar Kado e Lapat. Pode viajar apenas até 300 quilômetros por dia, mas pode interromper a viagem acampando à noite em qualquer local entre as cidades.



Zoe ficará duas noites em cada cidade para que possa ter um dia inteiro para visitar cada cidade.

Mostre o itinerário de Zoe, completando a tabela a seguir para indicar onde ela passa cada noite.

Dia	Permanência à noite
1	Camping entre Angaz e Kado
2	
3	
4	
5	
6	
7	Angaz

Pode-se notar que não há nenhuma ligação óbvia com uma disciplina curricular, embora haja uma clara ligação com uma matemática descontínua. Também não existe uma estratégia descrita previamente para solucionar o problema. Frequentemente, quando os problemas são propostos aos estudantes, eles sabem exatamente que estratégia utilizar. Mas para solucionar problemas do mundo real não há nenhuma estratégia conhecida disponível.

Além do mais, os cinco aspectos da matematização estão claramente visíveis: o problema situa-se na realidade; pode ser organizado de acordo com conceitos matemáticos (tabelas de distância ou matrizes) e mapas (como modelos da realidade). Os estudantes devem excluir informações redundantes e focalizar a informação relevante, especialmente os aspectos matemáticos da informação. Após solucionar o problema em termos matemáticos, o estudante deve refletir sobre a solução em termos da situação real.

Embora a solução do problema demande relativamente pouca leitura, ele é razoavelmente complexo, uma vez que os estudantes precisam ler e interpretar informações a partir do mapa e do quadro de distâncias. Em alguns casos, para que encontrem as distâncias, os estudantes devem fazer a leitura a partir da célula inferior do quadro, e não da esquerda para baixo. Por exemplo: para determinar a distância de Nuben a Piras, a busca deve ser feita de Piras a Nuben. (*Problem Solving for Tomorrow's World – First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003* [OECD, 2004]).

A segunda questão coloca uma série de restrições que devem ser observadas simultaneamente – o máximo de 300 quilômetros percorridos em um dia determinado; início e término da viagem em Angaz, cidade natal de Zoe, visitando Kado e Lapat, e passando duas noites em cada uma dessas cidades, para que atinja os objetivos de sua viagem de férias .

Deve-se notar que, na pesquisa de resolução de problemas do PISA da qual foi extraído esse item, foi permitido aos estudantes um tempo consideravelmente maior para descobrir as respostas do que o tempo médio permitido para os itens de matemática, tipicamente mais curto.

O ideal, para julgar se estudantes de 15 anos de idade conseguem utilizar seus conhecimentos matemáticos acumulados para solucionar problemas matemáticos que encontram na vida real, seria preciso coletar informações sobre sua capacidade de matematizar situações complexas como essa. Evidentemente, isso é pouco prático. Ao invés disso, o PISA escolheu itens para avaliar partes diferentes desse processo. A próxima seção descreve a estratégia escolhida para criar um grupo de itens de teste de maneira equilibrada, de tal forma que uma seleção deles cobrisse os cinco aspectos da

matematização. O objetivo é utilizar as respostas a tais itens para hierarquizar os estudantes em uma escala de proficiência na construção da *alfabetização em matemática* do PISA.

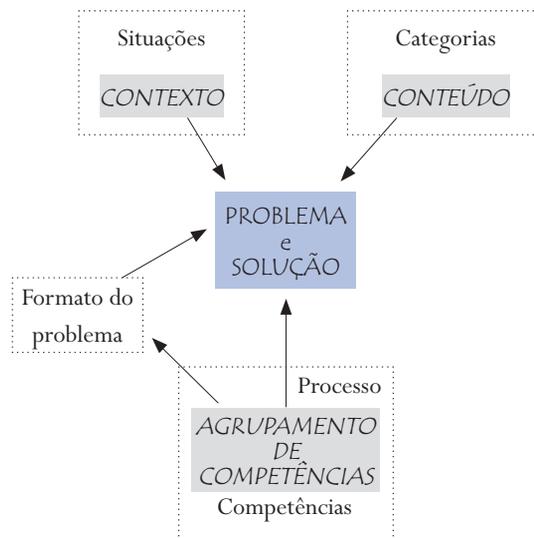
ORGANIZAÇÃO DA ÁREA

A estrutura de matemática do PISA oferece os princípios e a descrição da avaliação de em que medida estudantes de 15 anos de idade conseguem manipular a matemática de maneira fundamentada quando enfrentam problemas da vida real ou, em termos mais gerais, uma avaliação do nível de alfabetização em matemática desses estudantes. Para descrever mais claramente a área avaliada, três componentes devem ser destacados:

- As *situações ou contextos* nos quais os problemas se situam.
- O *conteúdo matemático* a ser utilizado para solucionar os problemas, organizado de acordo com determinadas idéias predominantes.
- As *competências* que devem ser ativadas para a conexão da matemática com o mundo real, no qual os problemas se originam, para então solucionar os problemas.

Esses componentes estão representados na Figura 3.1. A explicação de cada um será feita mais adiante.

Figura 3.1. ■ Componentes da área de matemática



O nível de *alfabetização em matemática* de uma pessoa é observado na forma como utiliza habilidades e conhecimentos matemáticos para solucionar problemas. Os problemas – e suas soluções – podem ocorrer em uma variedade de situações ou contextos que um indivíduo experimenta. Os problemas do PISA são extraídos do mundo real de duas maneiras. Primeiramente, existem problemas em situações amplas, relevantes para a vida dos estudantes. As situações fazem parte do mundo real e são indicadas por um grande quadrado no lado esquerdo superior da Figura. A seguir, naquela situação, os problemas têm um contexto mais específico, representado pelo retângulo cinza dentro do quadrado de situações.

Nos exemplos *BATIMENTOS CARDÍACOS* e *FÉRIAS*, a situação ocorre no mundo real pessoal, e os contextos são aspectos relativos ao esporte e à saúde do cidadão ativo e a como planejar uma viagem de férias.



O componente seguinte do mundo real que deve ser considerado quando se pensa em *alfabetização em matemática* é o conteúdo matemático do qual a pessoa pode lançar mão para resolver um problema. O conteúdo matemático pode ser ilustrado por quatro categorias envolvidas nos tipos de problemas que surgem na interação com fenômenos cotidianos, e que se baseiam em uma concepção das formas como os conteúdos matemáticos se apresentam às pessoas. Para os objetivos da avaliação do PISA, essas categorias são: *espaço e forma, mudanças e relações, quantidade, indeterminação*. Isto é diferente de uma abordagem de conteúdo que seria familiar na perspectiva do ensino de matemática e dos conteúdos curriculares normalmente ensinados nas escolas. Entretanto, em conjunto, as quatro categorias incluem, de forma geral, o grupo de tópicos matemáticos que se espera que sejam aprendidos pelos estudantes. Esses tópicos estão representados no quadrado grande na parte superior, à direita, no diagrama na Figura 3.1. Desses tópicos é extraído o conteúdo utilizado para a resolução de um problema, que está representado no quadrado menor dentro do quadrado das categorias.

As setas que vão do contexto e do conteúdo para o problema indicam de que maneira o mundo real (incluindo a matemática) formula um problema.

No exemplo BATIMENTOS CARDÍACOS, a decisão envolve relações matemáticas e a comparação entre duas relações. Portanto, o problema pertence à categoria *mudanças e relações*. O exemplo FÉRIAS requer algum cálculo básico, mas a segunda questão requer algum raciocínio analítico. A categoria mais apropriada é *quantidade*.

Os processos matemáticos que os estudantes aplicam quando tentam resolver problemas são identificados como competências matemáticas. Três grupos de competências contêm os diferentes processos cognitivos necessários para resolver vários tipos de problemas. Esses grupos refletem a forma como os processos matemáticos são tipicamente utilizados para resolver problemas que surgem na interação dos estudantes com seu próprio mundo, e serão descritos em detalhe em uma seção posterior.

Portanto, o processo que compõe essa estrutura é esquematizado primeiramente pelo quadrado grande, representando as competências matemáticas gerais, e por um quadrado menor, que representa os três grupos de competências. As competências particulares necessárias para resolver um problema têm a ver com a natureza do problema, e as competências utilizadas estarão refletidas na solução encontrada. Essa interação é representada pela seta que vai dos agrupamentos de competências ao problema e sua solução.

A última seta vai dos agrupamentos de competências para o formato do problema. As competências utilizadas para solucionar um problema estão relacionadas à forma do problema e às suas demandas específicas.

É preciso enfatizar que os três componentes descritos acima têm naturezas distintas. De fato, as competências são a essência da *alfabetização em matemática*. Os estudantes somente estarão em condição de resolver determinados problemas quando certas competências estiverem disponíveis. Avaliar a *alfabetização em matemática* inclui avaliar em que medida os estudantes possuem competências matemáticas que possam aplicar produtivamente em situações problemáticas.

Nas próximas seções, esses três componentes serão descritos mais detalhadamente.

SITUAÇÕES E CONTEXTO

Um aspecto importante da *alfabetização em matemática* é o envolvimento com a matemática: utilizar e fazer matemática em uma variedade de situações. Já se reconheceu que, ao lidar com questões que



se prestam ao tratamento matemático, a escolha de métodos e representações matemáticas depende freqüentemente da situação em que os problemas se apresentam.

A situação é a parte do mundo do estudante na qual as tarefas são apresentadas. Encontra-se a uma certa distância dos estudantes. Para o PISA, a situação mais próxima é a vida pessoal do estudante; em seguida vêm sua vida escolar, sua vida no trabalho e no lazer, seguida pela comunidade local e a sociedade na vida diária. Mais distante estão as situações científicas. Quatro tipos de situações são definidos e utilizados para a solução de problemas: *pessoais, educacionais/ocupacionais, públicas, científicas*.

O contexto de um item é sua configuração específica dentro de uma situação. Inclui todos os elementos detalhados para formular o problema.

Considere o seguinte exemplo:

Exemplo de matemática 3 : CONTA DE POUPANÇA

1 000 zeds são depositados em um banco, em uma conta de poupança. Há duas opções: pode-se conseguir uma remuneração anual de 4% OU pode-se receber imediatamente do banco um bônus de 10 zeds, e 3% de remuneração anual.

Questão 1: Conta de Poupança

Qual a melhor opção após um ano? E após dois anos?

A situação desse item é financeira e bancária, situação da comunidade local e da sociedade que o PISA classificaria como pública. O contexto desse item é relativo a dinheiro (*zeds*) e a taxas de juros para uma conta bancária.

Note-se que esse é um tipo de problema que poderia fazer parte de uma experiência ou prática real do participante em alguma configuração do mundo real. Oferece um contexto autêntico para o uso da matemática, uma vez que a aplicação da matemática nesse contexto seria genuinamente dirigida à resolução do problema. Isso pode ser contrastado com problemas vistos freqüentemente em textos escolares de matemática, nos quais o principal objetivo é praticar os procedimentos matemáticos envolvidos, e não propriamente utilizar a matemática para resolver um problema real. Essa autenticidade no uso da matemática é um aspecto importante da elaboração e da análise de itens para o PISA, fortemente relacionado à definição de *alfabetização em matemática*.

Note-se que essa utilização do termo “autêntico” não pretende indicar que itens matemáticos são necessariamente, em qualquer sentido, genuínos e reais. O PISA de matemática usa o termo “autêntico” para indicar que a utilização da matemática é genuinamente dirigida para a resolução de problemas surgidos, em vez de ser meramente um veículo para praticar matemática.

É preciso notar também que alguns elementos do problema – a moeda – são fictícios. Esse elemento fictício é introduzido para assegurar que estudantes de certos países não tenham vantagens injustas.

A situação e o contexto de um problema também podem ser considerados em termos da distância entre o problema e o procedimento matemático envolvido. Se uma tarefa refere-se apenas a objetos, estruturas ou símbolos matemáticos, e não faz referência a assuntos estranhos ao mundo matemático, o contexto da tarefa é considerado intramatemático, e a tarefa será classificada como pertencente a uma situação do tipo científico. Uma quantidade limitada de tais tarefas é incluída no PISA, em que a proximidade do vínculo entre o problema e a matemática subjacente torna-se explícita no contexto do problema.



Mais tipicamente, problemas encontrados na experiência cotidiana do estudante não são formulados explicitamente em termos matemáticos. Referem-se a objetos do mundo real. Os contextos da tarefa são extramatemáticos, e o estudante deve traduzi-los em uma forma matemática. De maneira geral, o PISA enfatiza tarefas que podem ser encontradas em alguma situação do mundo real e que possuem um contexto autêntico para a utilização de matemática que influencie a solução e sua interpretação. Note-se que isso não impede a inclusão de tarefas cujo contexto seja hipotético, desde que tal contexto possua alguns elementos reais, não esteja excessivamente distante de uma situação do mundo real, e desde que a resolução do problema admita utilização autêntica da matemática. O Exemplo 4 mostra um problema com contexto hipotético, extramatemático.

Exemplo de matemática 4: SISTEMA MONETÁRIO

Questão 1: Sistema monetário

Seria possível estabelecer um sistema monetário baseado apenas nos valores nominais 3 e 5? Mais especificamente, que valores poderiam ser alcançados nessas bases? Seria tal sistema desejável?

Esse problema deriva sua qualidade não primariamente de sua proximidade com o mundo real, mas do fato de que é matematicamente interessante e exige competências relacionadas à *alfabetização em matemática*. A utilização da matemática para explicar cenários hipotéticos e explorar possíveis sistemas ou situações, ainda que seja improvável que ocorram na realidade, é uma de suas características mais poderosas.

Esse problema seria classificado como pertencente às situações do tipo científico.

Em resumo, o PISA dá mais valor a tarefas que podem ser encontradas em uma variedade de situações do mundo real, e que estão em um contexto em que a utilização da matemática para resolver o problema seja autêntico. Problemas com contextos extramatemáticos que influenciam a solução e a interpretação são preferidos como veículo para avaliar a *alfabetização em matemática*, uma vez que tais problemas têm maior probabilidade de ser encontrados na vida cotidiana.

CONTEÚDO MATEMÁTICO – AS QUATRO CATEGORIAS

Atualmente, muitos vêem a matemática como a ciência dos padrões em sentido geral. Portanto, a estrutura escolheu categorias que refletem: padrões em *espaço e forma*; padrões em *mudanças e relações*; padrões em *quantidade* formam conceitos centrais essenciais para qualquer descrição de matemática, e são a essência de qualquer currículo, em todos os níveis. No entanto, ser letrado em matemática significa mais do que isso. Lidar com indeterminação sob uma perspectiva matemática e científica é essencial. Por essa razão, elementos da teoria das probabilidades e estatística levam à quarta categoria: *indeterminação*.

Portanto, a lista de categorias a seguir é utilizada no PISA 2006 para atender às exigências do desenvolvimento histórico, cobrindo a área e a reflexão das principais linhas de currículo escolar:

- *espaço e forma*;
- *mudanças e relações*;
- *quantidade*;
- *indeterminação*.



Com essas quatro idéias, o conteúdo matemático é organizado em um número suficiente de áreas para garantir a distribuição de itens por todo o currículo, mas, ao mesmo tempo, um número de áreas suficientemente pequeno para evitar uma fragmentação excessiva que prejudicaria a atenção a problemas baseados em situações reais.

A concepção básica de uma categoria é a reunião de um grupo de fenômenos e conceitos que façam sentido e possam ser encontrados em muitas situações diferentes. Por sua natureza, cada categoria pode ser percebida como um tipo de noção geral que lida com a dimensão de alguns conteúdos generalizados. Disso decorre que as categorias não podem ser claramente delineadas quando comparadas entre si, o que também se aplica às linhas de conteúdo da matemática tradicional. Em vez disso, cada uma delas representa certa perspectiva, ou certo ponto de vista, que pode ser considerado como possuindo um núcleo, um centro de gravidade e fronteiras indefinidas que permitem a interseção com outras categorias. Em princípio, qualquer categoria tem uma interseção com qualquer outra. As quatro categorias são descritas na seção seguinte.

Espaço e forma

Padrões são encontrados em toda parte: na palavra falada, na música, no vídeo, no trânsito, nas construções de edifícios e nas artes. Formas podem ser consideradas como padrões: casas, prédios de escritórios, pontes, estrelas-do-mar, flocos de neve, plantas de cidades, trevos, cristais e sombras. Padrões geométricos podem servir como modelos relativamente simples de muitos tipos de fenômenos, e seu estudo é possível e desejável em todos os níveis (Grümbaum, 1985).

Também é importante ter alguma compreensão das propriedades dos objetos e de suas posições relativas. Os estudantes devem estar conscientes de como e por que vêem as coisas, e precisam aprender a navegar através do espaço e de construções e formas. Isso significa compreender a relação entre formas e imagens ou representações visuais, tais como uma cidade real e as fotografias e os mapas daquela mesma cidade. Isso também inclui compreender como objetos tridimensionais podem ser representados em duas dimensões, como sombras são formadas e como devem ser interpretadas, o que é perspectiva e como ela funciona.

Formas têm uma forte ligação com a geometria tradicional, mas vão além dela em conteúdo, significado e método. Interagir com formas reais envolve compreender o mundo visual, suas descrições e as codificações e decodificações de informações visuais. Significa também interpretar informações visuais. Para compreender o conceito de formas, os estudantes devem ser capazes de descobrir de que maneiras os objetos se assemelham e de que maneiras diferem, analisar os diferentes componentes do objeto, e reconhecer formas em dimensões e representações diferentes.

É importante notar que as formas são mais do que entidades estáticas. Uma forma pode ser transformada como uma entidade, e formas podem ser modificadas. Algumas vezes essas mudanças são visualizadas de forma muito elegante, por meio da tecnologia dos computadores. Os estudantes devem ser capazes de ver os padrões e as regularidades quando as formas se transformam. Um exemplo é apresentado na Figura 3.2, na próxima seção.

O estudo da forma e das construções requer a busca por semelhanças e diferenças ao analisar os componentes da forma e o reconhecimento de formas em diferentes representações e dimensões. O estudo das formas é estreitamente ligado ao conceito de compreensão de espaço (Freudenthal, 1973).

Exemplos que requerem esse tipo de pensamento são abundantes: identificar e relacionar uma fotografia de uma cidade a um mapa dessa cidade e indicar de onde a foto foi tirada; ser capaz de desenhar um mapa; compreender por que um edifício próximo parece maior do que um edifício mais distante; compreender por que os trilhos de uma estrada de ferro parecem encontrar-se no horizonte – tudo isso é relevante para estudantes dentro dessa categoria.

Uma vez que vivem em um espaço tridimensional, os estudantes devem estar familiarizados com a visão de objetos a partir de três aspectos ortogonais – por exemplo, de frente, de lado e de cima. Devem ter consciência do poder e das limitações das diferentes representações de formas tridimensionais, tal como indica o exemplo apresentado na Figura 3.3 a seguir. Não precisam entender apenas a posição relativa dos objetos, mas também como podem navegar no espaço e através de construções e formas. Um exemplo é ler e interpretar um mapa e criar instruções de como ir do ponto A ao ponto B utilizando coordenadas, linguagem comum ou um desenho.

A compreensão conceitual de formas também inclui a capacidade de fazer um modelo bidimensional a partir de um objeto tridimensional, e vice-versa, mesmo que o objeto tridimensional seja apresentado em duas dimensões. Um exemplo disso é dado na Figura 3.4.

Os aspectos básicos de *espaço e forma* são:

- Reconhecer formas e padrões.
- Descrever, codificar e decodificar informações visuais.
- Compreender as mudanças dinâmicas das formas.
- Similaridades e diferenças.
- Posições relativas.
- Representações em 2D e 3D e as relações entre elas.
- Navegação através do espaço.

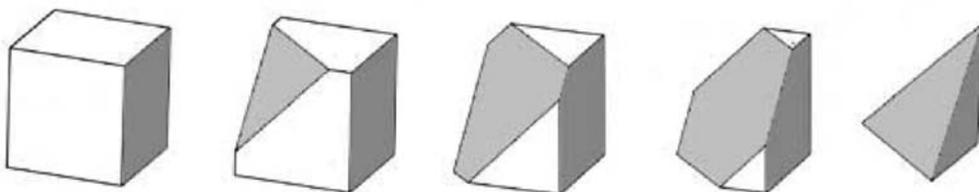
Exemplos de espaço e forma

A Figura 3.2 mostra um exemplo simples da necessidade de flexibilidade para ver formas em transformação. É baseada em um cubo que está sendo seccionado – ou seja, cortes planos são feitos no cubo. Uma variedade de questões pode ser formulada:

Figura 3.2 ■ Um cubo seccionado em diversos planos

Que formas podem ser produzidas por secções planas em um cubo?

Quantos vértices, faces ou arestas serão produzidos quando um cubo é seccionado dessa forma?





Seguem-se três exemplos da necessidade de familiaridade com representações de formas tridimensionais. No primeiro exemplo, a vista de lado e de frente de um objeto construído com cubos é apresentada na Figura 3.3. A pergunta é:

Figura 3.3 ■ Vista lateral e frontal de um objeto criado a partir de cubos

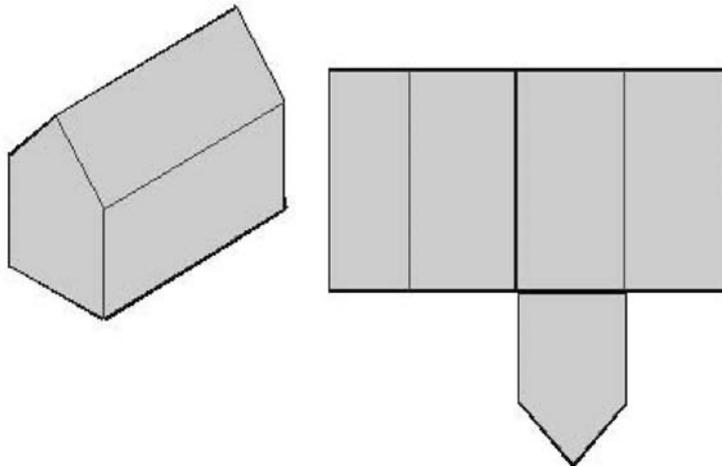
Quantos cubos foram utilizados para criar este objeto?



Pode causar surpresa – tanto a estudantes como a professores – que o número máximo de cubos é 20 e o mínimo é 6 (de Lange, 1995).

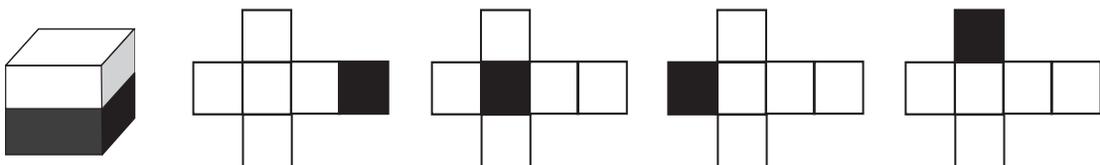
O próximo exemplo mostra uma representação bidimensional de um celeiro em um desdobraimento incompleto.

Figura 3.4 ■ Representação bidimensional de um celeiro tridimensional e seu desdobraimento (incompleto)



Um exemplo final semelhante ao anterior é apresentado na Figura 3.5 (adaptado a partir de HersHKovitz *et al.*, 1996).

Figura 3.5 ■ Cubo com base preta





A metade inferior do cubo foi pintada de preto. Em cada um dos quatro desenhos, a parte de baixo já é preta. Os estudantes podem ser solicitados a completar cada desenho sombreando os quadrados corretos.

Mudanças e relações

Todo fenômeno natural é uma manifestação de mudança e o mundo à nossa volta apresenta uma multiplicidade de relações, temporárias e permanentes entre fenômenos. A mudança dos organismos com o crescimento, o ciclo das estações, a subida e a descida das marés, ciclos de desemprego, mudanças climáticas e índices no mercado de ações são exemplos disso. Alguns desses processos de mudança envolvem funções matemáticas diretas e podem ser descritos ou modelados por elas: lineares, exponenciais, periódicas ou logísticas, sejam elas descontínuas ou contínuas. No entanto, muitas relações caem em categorias distintas, e uma análise de dados é freqüentemente essencial para determinar o tipo de relação que se apresenta. Relações matemáticas muitas vezes tomam a forma de equações ou desigualdades; no entanto, relações de natureza mais geral – por exemplo, equivalência, divisibilidade, inclusão, para mencionar apenas algumas – também podem ocorrer.

Para a sensibilização aos padrões de mudança, Stewart (1990) recomenda:

- Representação de mudanças de forma ampla.
- Compreensão dos tipos fundamentais de mudança.
- Reconhecimento de tipos particulares de mudança, quando ocorrerem.
- Aplicação dessas técnicas ao mundo exterior.
- Controle de um universo mutante da forma mais vantajosa.

Mudanças e relações podem ser representadas de várias maneiras, inclusive numericamente – por exemplo, em uma tabela – por símbolos, gráficos, algébrica e geometricamente. A correspondência entre essas representações tem importância fundamental, assim como o reconhecimento da compreensão das relações fundamentais e dos tipos de mudança. Os estudantes devem conhecer os conceitos de crescimento linear (processo aditivo), crescimento exponencial (processo de multiplicação) e crescimento periódico, assim como crescimento logístico – que, ao menos informalmente, constitui um caso especial de crescimento exponencial.

Os estudantes devem considerar também as relações entre esses modelos – as diferenças básicas entre processos lineares e exponenciais, o fato de que o crescimento percentual é idêntico ao crescimento exponencial, de que maneira e por que ocorre o crescimento logístico, seja em situações contínuas ou descontínuas.

Mudanças ocorrem em um sistema de objetos ou fenômenos inter-relacionados em que os elementos se influenciam mutuamente. Nos exemplos mencionados no resumo, todos os fenômenos mudam com o tempo. Mas há muitos exemplos na vida real em que objetos relacionam-se de múltiplas maneiras. Por exemplo:

Se o comprimento da corda de um violão é dividido ao meio, o som resultante será uma oitava mais agudo do que o som original. O som, portanto, depende do comprimento da corda.

Quando depositamos dinheiro em uma conta bancária, sabemos que o saldo dependerá do montante, da freqüência, do número de depósitos e saques e das taxas de juros.



Relações levam à dependência. A dependência diz respeito ao fato de que propriedades e mudanças de certos objetos matemáticos podem depender das propriedades e mudanças de outros objetos matemáticos ou influenciá-los. As relações matemáticas frequentemente assumem a forma de equações ou desigualdades, mas relações de natureza mais genérica também podem surgir.

Mudanças e relações envolvem pensamento funcional. O pensamento funcional – ou seja, pensar em termos de relações e sobre relações – é um dos objetivos disciplinares mais fundamentais no ensino de matemática (MAA, 1923). Na faixa dos 15 anos de idade, esse objetivo inclui levar os estudantes a ter uma noção de razão de mudança, gradientes, inclinação (embora não necessariamente formalizados) e dependência mútua das variáveis. Eles deveriam ser capazes de fazer julgamentos sobre a rapidez da ocorrência dos processos, também em termos relativos.

Essa categoria está intimamente relacionada a aspectos de outras categorias. O estudo de padrões em números pode conduzir a relações intrigantes: o estudo dos números de Fibonacci e da Razão de Ouro são exemplos disso. A Razão de Ouro é um conceito que desempenha um papel também na geometria. Muitos outros exemplos de *mudanças e relações* podem ser encontrados em *espaço e forma*: o aumento de uma área em relação ao aumento do perímetro ou do diâmetro. A geometria euclidiana também se presta ao estudo das relações. Um exemplo bem conhecido é a relação entre os três lados de um triângulo. Se o comprimento de dois lados é conhecido, o terceiro não está determinado, mas o intervalo em que ele se situa é conhecido: as extremidades do intervalo são o valor absoluto da diferença dos dois outros lados e sua soma, respectivamente. Existem muitas outras relações semelhantes para os vários elementos de um triângulo.

A *indeterminação* presta-se a vários problemas que podem ser encarados sob a perspectiva de *mudanças e relações*. Se dois dados não viciados forem jogados e um deles der quatro, qual é a chance de que a soma dos dois exceda sete? A resposta – 50% – está na dependência da probabilidade em questão no conjunto de resultados favoráveis. A probabilidade requerida é a proporção de todos os resultados semelhantes comparada com todos os resultados possíveis, o que é uma dependência funcional.

Exemplos de mudanças e relações

Exemplo de matemática 5: EXCURSÃO ESCOLAR

Uma turma de alunos quer alugar um ônibus para uma excursão, e três empresas são consultadas sobre preços.

A empresa A cobra uma taxa fixa de 375 zeds e mais 0,50 zed por quilômetro rodado.

A empresa B cobra uma taxa fixa de 250 zeds e mais 0,75 zed por quilômetro rodado.

A empresa C cobra uma taxa fixa de 350 zeds para até 200 quilômetros rodados e mais 1,02 zeds por quilômetro além de 200 quilômetros rodados.

Questão 1: EXCURSÃO ESCOLAR

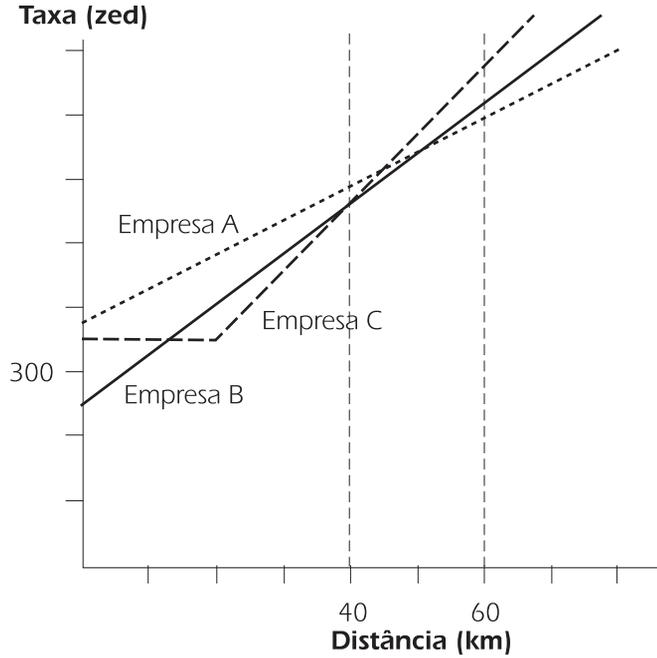
Qual empresa deve ser escolhida, se a excursão envolve uma distância total de algo entre 400 e 600 quilômetros?

Deixando de lado os elementos fictícios do contexto, esse problema poderia realmente ocorrer. Sua solução requer a formulação e a ativação de várias relações funcionais, equações e inequações. Isso pode ser resolvido com gráficos ou por álgebra, ou por uma combinação de ambos. O fato de que a

distância total da viagem da excursão não é conhecida com precisão também introduz conexões com a categoria *indeterminação*, que será discutida em uma seção posterior.

Uma representação gráfica do problema é apresentada abaixo.

Figura 3.6 ■ Custo de excursão de três empresas de ônibus



A seguir, outro exemplo de *mudanças e relações*.

Exemplo de matemática 6: CRESCIMENTO DE CÉLULAS

Médicos monitoram o crescimento de células. Estão particularmente interessados no dia em que a contagem de células atingirá 60 mil, porque então deverão iniciar o experimento. A tabela de resultados é:

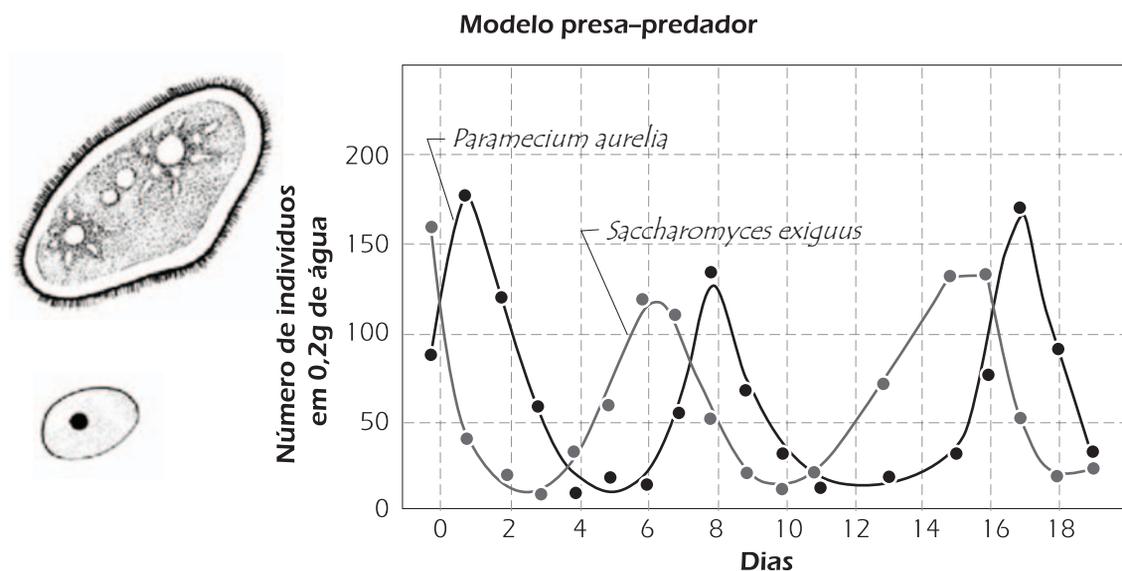
Tempo (dias)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Células	597	893	1 339	1 995	2 976	2 976	14 719	21 956	32 763

Questão 1: CRESCIMENTO DE CÉLULAS

Quando o número de células atingirá 60 mil?

Exemplo de matemática 7: PRESA-PREDADOR

O gráfico a seguir mostra o crescimento de dois organismos vivos: o *Paramecium* e o *Saccharomyces*:



Questão 1: Presa-predador

Um dos dois animais (predador) come o outro (presa). Olhando o gráfico você consegue determinar qual é a presa e qual é o predador?

Uma das propriedades do fenômeno presa/predador expressa-se da seguinte maneira: a taxa de crescimento do predador é proporcional ao número de presas disponíveis. Essa propriedade está refletida no gráfico acima?

Quantidade

Aspectos importantes de *quantidade* incluem uma compreensão do tamanho relativo, o reconhecimento de padrões numéricos e a utilização de números para representar quantidades e atributos quantificáveis de objetos do mundo real (contagem e medidas). Além do mais, *quantidade* diz respeito ao processamento e à compreensão de números representados para nós de várias maneiras.

Um aspecto importante ao lidar com *quantidade* é o raciocínio quantitativo. Componentes essenciais do raciocínio quantitativo são sentido numérico, representação de números de várias maneiras, compreensão do sentido da operação, sensibilidade para a magnitude dos números, cálculos matemáticos complexos e capacidade mental para aritmética e estimativas.

Uma grandeza medida coloca em evidência a grande utilidade dos números na vida cotidiana: comprimento, área, volume, altura, velocidade, massa, pressão do ar, valor monetário são quantificações que usam medidas.

O raciocínio quantitativo é um aspecto importante ao lidar com quantidades e inclui:

- senso numérico;
- compreensão do significado das operações;
- sensibilidade para a magnitude dos números;



- cálculos complexos;
- aritmética mental;
- estimativas.

O “significado das operações” inclui a capacidade de realizar operações que envolvam comparações, razões e porcentagens. O sentido numérico encaminha questões quanto a tamanho relativo, representações numéricas diferentes, formas de equivalência numérica e compreensão do uso dessas questões para descrever atributos do mundo.

Quantidade também envolve sensibilidade para quantidades e estimativas. A capacidade de testar resultados numéricos quanto à razoabilidade dos resultados demanda amplo conhecimento de quantidades (medidas) no mundo real. A velocidade média de um carro é 5, 50 ou 500 Km/h? A população mundial é de 6 milhões, 600 milhões, 6 bilhões ou 60 bilhões? Qual é a altura de uma torre? Qual é a largura de um rio? A capacidade de fazer rapidamente aproximações da ordem de magnitudes tem importância particular, especialmente quando considerada à luz da crescente utilização de ferramentas eletrônicas de cálculo. É preciso ser capaz de perceber que 33×613 é algo em torno de 20.000. Para atingir essa habilidade, não é necessário um treinamento extensivo em execução mental de algoritmos tradicionais apresentados por escrito, mas sim uma aplicação inteligente e flexível da compreensão de colocação de vírgulas e aritmética de um dígito (Fey, 1990).

Usando o sentido numérico de forma apropriada, os estudantes podem resolver problemas que requerem raciocínio direto, inverso e proporcional conjunto. São capazes de estimar taxas de mudança e de fornecer uma base lógica para a escolha de dados e o nível de precisão necessário para as operações e os modelos que utilizam. Podem examinar algoritmos alternativos, mostrando por que funcionam ou em que casos falham. Podem desenvolver modelos envolvendo operações, e relações entre operações, para problemas que envolvem dados do mundo real e relações numéricas que demandam operações e comparações (Dossey, 1997).

Na categoria *quantidade*, há lugar para o raciocínio quantitativo “complexo”, como a utilizada por Gauss, que será discutida no próximo exemplo. A criatividade casada com compreensão conceitual devem ser valorizadas no nível escolar de estudantes de 15 anos de idade.

Exemplos de quantidade

Exemplo de matemática 8: GAUSS

O professor de Karl Friedrich Gauss (1777-1855) pediu aos alunos que somassem todos os números de 1 a 100. Presumivelmente, seu objetivo era manter os estudantes ocupados por algum tempo. Mas Gauss tinha um raciocínio quantitativo excelente, e percebeu um atalho para chegar à solução. Seu raciocínio foi o seguinte: escreva a soma duas vezes, a primeira em ordem ascendente e a segunda em ordem descendente, assim:

$$1 + 2 + 3 + \dots + 98 + 99 + 100$$

$$100 + 99 + 98 + \dots + 3 + 2 + 1$$

Agora some todas as parcelas, coluna por coluna, e teremos:

$$101 + 101 + \dots + 101 + 101$$

Como chegamos a exatamente 100 vezes o número 101 nessa soma, seu valor é: $100 \times 101 = 10.100$.

Visto que essa multiplicação é igual a duas vezes a soma original, dividindo por 2 chega-se à resposta: 5.050.

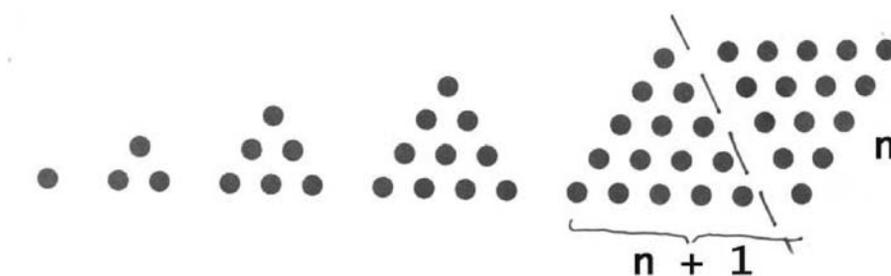
Números triangulares

Esse exemplo de pensamento quantitativo envolvendo padrões de números pode ser levado um pouco mais adiante para demonstrar sua ligação com as representações geométricas desse padrão, mostrando a fórmula que nos dá a situação geral do problema de Gauss:

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = n(n + 1)/2$$

Essa fórmula também capta um padrão geométrico bastante conhecido: números na forma $n(n+1)/2$ são chamados números triangulares, uma vez que são exatamente os números obtidos ao se colocar bolas em triângulos equiláteros. Os cinco primeiros números triangulares – 1, 3, 6, 10 e 15 – são mostrados na Figura 3.7.

Figura 3.7 ■ Os cinco primeiros números triangulares



Raciocínio proporcional

Será interessante ver como os estudantes em diferentes países resolvem problemas que propiciam o uso de uma variedade de estratégias. Diferenças podem ser esperadas especialmente na área do raciocínio proporcional. Em certos países, é provável que seja utilizada uma estratégia por item, ao passo que em outros, mais estratégias serão utilizadas. Aparecerão também raciocínios semelhantes para resolver problemas que não parecem semelhantes, o que se alinha a resultados de pesquisas recentes com dados do TIMSS (Mitchell, J. *et al.*, 2000). Os três itens que se seguem ilustram essa questão sobre estratégias diferentes e a relação entre elas.

1. Hoje à noite você vai dar uma festa. Você quer comprar 100 latas de refrigerante. Quantos pacotes de seis latas você vai comprar?
2. Um *paraglider* com razão de flutuação de 1 para 22 sai de uma encosta a 120 metros. A mulher que pilota pretende chegar a um ponto a 1.400 metros de distância. Ela atingirá seu alvo? (em condições sem vento).
3. Uma escola quer alugar minivans (lotação de oito passageiros) para ir a um acampamento escolar e precisa levar 98 estudantes. De quantas minivans a escola precisa?

O primeiro problema pode ser visto como um problema de divisão ($100/6=$) que deixa os estudantes com uma questão de interpretação do contexto (o que fazer com as sobras?). O segundo problema pode ser resolvido pelo raciocínio proporcional (para cada metro de altura, posso voar uma distância de 22 metros, portanto, saltando de 120 metros...). O terceiro problema será solucionado por muitos como um problema de divisão. No entanto, os três problemas podem ser resolvidos usando o método da tabela de proporções:



Garrafas:	1	10	5	15	2	17
	6	60	30	90	12	102
Vão:	1	100	20	120		
	22	2200	440	2640		
Minivans:	1	10	2	13		
	8	80	16	104		

Ver esta semelhança é uma habilidade que pertence à *alfabetização em matemática*: estudantes alfabetizados em matemática não precisam procurar a ferramenta ou o algoritmo disponível, mas têm à disposição todo um arsenal de estratégias para escolher.

Exemplo de matemática 9: PORCENTAGENS

Carlos foi a uma loja comprar um casaco que custaria 50 zeds, mas que estava em oferta com 20% de desconto. Na Zedlândia existe um imposto de 5% sobre as vendas. O funcionário do caixa primeiro acrescentou os 5% de imposto ao preço do casaco, e então fez o desconto de 20%. Carlos reclamou: queria que o funcionário deduzisse os 20% de desconto antes e calculasse os 5% de imposto depois.

Questão 1: PORCENTAGENS

Faz alguma diferença?

Problemas que envolvem esse tipo de pensamento quantitativo e a necessidade de fazer cálculos de cabeça são encontrados frequentemente ao fazer compras. A capacidade de manipular esses problemas de maneira eficaz é fundamental para a *alfabetização em matemática*.

Indeterminação

Ciência e tecnologia raramente lidam com determinações. De fato, o conhecimento científico raramente é absoluto, talvez nunca – e algumas vezes chega a estar errado. Portanto, sempre resta alguma indeterminação mesmo nas previsões mais científicas. A indeterminação também está presente na vida cotidiana: em resultados das eleições, pontes que desmoronam, crise no mercado financeiro, previsões do tempo não confiáveis, previsões malfeitas de crescimento populacional ou modelos econômicos que não se alinham.

Como uma categoria, *indeterminação* sugere dois tópicos relacionados: dados e acaso. Esses fenômenos são, respectivamente, o objeto de estudo matemático da estatística e da probabilidade. Recomendações relativamente recentes a respeito de currículos escolares são unânimes em sugerir que estatística e probabilidade devem ocupar um lugar muito mais importante do que ocuparam no passado (Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools; LOGSE, 1990; MSEB, 1990; NTCM, 1989; NTCM, 2000). Conceitos e atividades matemáticos específicos importantes para essa área são: coleta de dados, análise e apresentação/visualização de dados, probabilística e inferência.

As recomendações quanto ao papel de dados, estatísticas e probabilidades no currículo escolar enfatizam a análise de dados. Como resultado, fica fácil encarar estatística e probabilística como uma coleção de habilidades específicas. David S. Moore salientou do que realmente trata a categoria “*indeterminação*”.



A definição do PISA seguirá suas idéias, apresentadas em *On the Shoulders of Giants* (Steen, 1990) e por F. James Rutherford na edição de *Why Numbers Count* (Steen, 1997).

A estatística acrescenta à educação em matemática algo que é único e importante: raciocinar a partir de dados empíricos indeterminados. Esse tipo de pensamento estatístico deve fazer parte do equipamento mental de todo cidadão inteligente. Os elementos nucleares são:

- a onipresença da variação em processos;
- a necessidade de dados sobre os processos;
- o planejamento da produção de dados considerando a variação;
- a quantificação da variação;
- a explicação da variação.

Dados não são meramente números, mas números contextualizados. Dados são conseguidos por medição e representados por um número. Pensar sobre medição conduz a uma percepção madura de por que alguns números são informativos e outros são irrelevantes ou sem sentido.

A elaboração de pesquisas por amostragem é um tópico nuclear em estatística. A análise de dados enfatiza a compreensão dos dados específicos disponíveis, presumindo que representem uma população maior. O conceito de amostras aleatórias simples é essencial para que estudantes de 15 anos de idade possam compreender as questões relativas a indeterminação.

Os fenômenos têm resultados individuais indeterminados e freqüentemente o padrão de resultados repetidos é aleatório. De maneira geral, o conceito de probabilidade neste estudo do PISA está baseado em situações referentes a elementos aleatórios, tais como moedas, cubos numerados e roletas, ou em situações do mundo real não muito complexas, que possam ser analisadas intuitivamente ou que se prestem a ser modeladas com esses instrumentos.

A indeterminação também surge de fontes como a variação natural da altura dos alunos, quantidade de leitura, rendimentos de um grupo de pessoas, etc. Um passo muito importante, mesmo para estudantes de 15 anos de idade, é perceber o estudo de dados e o acaso como um todo coerente. Um desses princípios é a progressão de idéias a partir de uma simples análise de dados até a produção de dados, a probabilística e a inferência.

Os conceitos e atividades especificamente matemáticos nesta área são:

- produção de dados;
- análise de dados e apresentação/visualização de dados;
- probabilística;
- inferência.

Exemplos de Indeterminação

Os exemplos a seguir ilustram a categoria da *indeterminação*.

Exemplo de matemática 10: MÉDIA DE IDADE

Questão 1: MÉDIA DE IDADE

Se 40% da população de um país têm pelo menos 60 anos de idade, é possível que a média de idade seja 30 anos?



Exemplo de matemática 11: AUMENTO DA RENDA?

Questão 1: AUMENTO DE RENDA?

A renda dos cidadãos de Zedlândia aumentou ou diminuiu nas últimas décadas? A receita média em dinheiro por família diminuiu: em 1970 era de 34.200 zeds; em 1980, era de 30.500 zeds; e em 1990, 31.200 zeds. Mas a receita por pessoa aumentou: em 1970, era de 13.500 zeds; em 1980, de 13.850 zeds; e em 1990, de 15.777 zeds. Uma família consiste de todas as pessoas morando juntas no mesmo endereço. Explique como é possível que a renda familiar diminua enquanto a renda por pessoa aumenta em Zedlândia.

Exemplo de matemática 12: AUMENTO DA CRIMINALIDADE

O gráfico a seguir foi extraído da revista semanal de Zedlândia, a *News Magazine*.

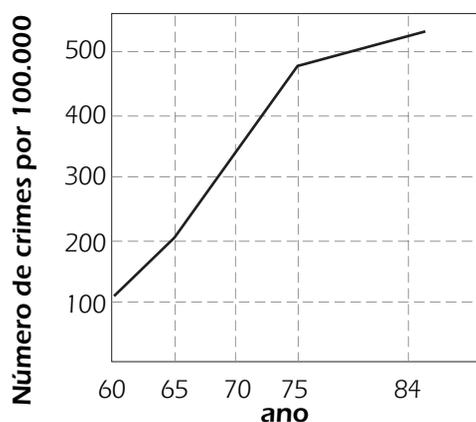


O gráfico mostra o número de crimes registrados por 100.000 habitantes, começando com intervalos de cinco anos e passando para intervalos de um ano.

Questão 1: AUMENTO DA CRIMINALIDADE

Quantos crimes por 100.000 foram registrados em 1960?

Fabricantes de sistemas de alarme utilizaram os mesmos dados para produzir o gráfico a seguir:



**Os crimes triplicaram
DETENHA
o aumento do
número de crimes**

• COMPRE SISTEMAS DE ALARME •

Questão 2: AUMENTO DA CRIMINALIDADE

Como os desenhistas fizeram esse gráfico e por quê?

A polícia não ficou muito feliz com o gráfico feito pelos fabricantes de sistemas de alarme, porque queria mostrar que teve sucesso no combate ao crime.

Faça um gráfico que a polícia possa utilizar para demonstrar que o crime diminuiu recentemente.

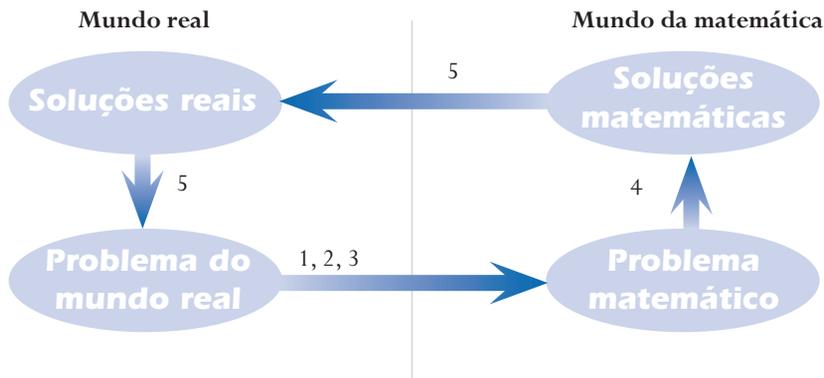
PROCESSOS MATEMÁTICOS

Matematização

O PISA examina a capacidade dos estudantes de analisar, argumentar e comunicar idéias matemáticas de maneira eficaz quando colocam, formulam, resolvem e interpretam problemas matemáticos em uma variedade de situações. Tal resolução de problemas requer que os estudantes utilizem as habilidades e competências que adquiriram na escola e nas experiências de vida. No PISA, um processo fundamental que os estudantes utilizam para resolver problemas na vida real é denominado matemáticação.

A discussão anterior sobre as bases teóricas da estrutura de matemática do PISA destacou uma descrição da matemáticação em cinco etapas. Essas etapas são apresentadas na Figura 3.8 e listadas a seguir:

Figura 3.8 ■ O ciclo de matemáticação



- Começar com um problema situado na realidade.
- Organizar o problema de acordo com conceitos matemáticos e identificando a matemática relevante.
- Extrair gradualmente a realidade por meio de processos tais como fazer suposições, generalizações e formalizações, que promovem as características matemáticas da situação e transformam um problema do mundo real em um problema matemático que representa fielmente a situação.
- Resolver o problema matemático.
- Dar sentido à solução matemática em termos da situação real, incluindo a identificação das limitações da solução.

A matemáticação envolve inicialmente a tradução do problema da realidade para a matemática. Esse processo inclui atividades como:



- Identificar a matemática relevante que diz respeito a um problema situado na realidade.
- Representar o problema de forma diferente, organizando-o de acordo com conceitos matemáticos e fazendo as pressuposições apropriadas.
- Compreender a relação entre a linguagem do problema e a linguagem simbólica e formal necessária para compreendê-lo matematicamente.
- Encontrar regularidades, relações e padrões.
- Reconhecer aspectos isomórficos com problemas conhecidos.
- Traduzir o problema para a matemática, ou seja, para um modelo matemático (de Lange, 1987).

Assim que um estudante tenha traduzido o problema para a forma matemática, todo o processo continua dentro da matemática. Estudantes fazem perguntas como: “Há...?” “Se há, quantos?” “Como eu encontro...?”, utilizando as habilidades e os conceitos matemáticos conhecidos. Tentam montar seus modelos para as situações problemáticas, ajustá-los, estabelecer regularidades, identificar conexões e criar um bom argumento matemático. Essa parte do processo de matematização é genericamente chamada de “parte dedutiva do ciclo de modelagem” (Blum, 1996; Schupp, 1988). Entretanto, processos que não são estritamente dedutivos podem ter um papel neste estágio. Essa parte do processo de matematização inclui:

- utilizar e alternar diferentes representações;
- utilizar operações e linguagem simbólicas, formais e técnicas;
- refinar e ajustar os modelos matemáticos, combinando-os e integrando-os;
- argumentar;
- fazer generalizações.

A última etapa para solucionar um problema envolve a reflexão sobre a totalidade do processo de matematização e seus resultados. Aqui os estudantes devem interpretar os resultados com uma atitude crítica e validar todo o processo. Essa reflexão ocorre em todos os estágios do processo, mas é especialmente importante no estágio final. Os aspectos desta reflexão e validação são:

- compreender a extensão e os limites dos conceitos matemáticos;
- refletir sobre os argumentos matemáticos e explicar e justificar os resultados;
- comunicar o processo e as soluções;
- criticar o modelo e seus limites.

Esse estágio é indicado em dois lugares na Figura 3.8, pelo marcados “5”, em que o processo de matematização passa da solução matemática para a solução real e no qual é relacionado novamente ao problema original do mundo real.

Competências

A seção anterior focalizou os principais conceitos e processos envolvidos na matematização. Para que um indivíduo se envolva satisfatoriamente com a matematização em diversas situações, em contextos extra e intramatemáticos e com as categorias, deve possuir certo número de competências matemáticas que, reunidas, podem ser vistas como constituintes de uma competência matemática abrangente. Cada uma dessas competências pode ser alcançada em diferentes níveis de domínio.



Partes diferentes da matematização baseiam-se de formas distintas nessas competências, tanto quanto às especificidades dos envolvidos como aos níveis de domínio necessário. Para identificar e examinar essas competências, o PISA decidiu utilizar oito competências matemáticas características que, em sua forma atual, se baseiam no trabalho de Niss (1999) e seus colegas dinamarqueses. Formulações semelhantes podem ser encontradas no trabalho de muitos outros (como indicado em Neubrand *et al.*, 2001). No entanto, alguns dos termos utilizados são aplicados de formas diversas por diversos autores.

- **Pensamento e raciocínio:** Envolve formular questões próprias da matemática (“Há...?”, “Se há, quantos?”, “Como eu encontro...?”); conhecer os tipos de resposta que a matemática oferece para tais questões; fazer distinção entre diferentes tipos de afirmações (definições, teoremas, conjecturas, hipóteses, exemplos, asserções condicionais); e compreender e manipular as extensões e os limites de determinados conceitos matemáticos.
- **Argumentação:** Envolve conhecer o que são provas matemáticas e em que diferem de outros tipos de raciocínio matemático; seguir e avaliar cadeias de argumentos matemáticos de diferentes tipos; possuir sensibilidade para a heurística (“O que pode e o que não pode acontecer, e por quê?”); e criar e expressar argumentos matemáticos.
- **Comunicação:** Envolve saber expressar-se de diversas maneiras sobre assuntos com conteúdo matemático, tanto oralmente como por escrito, e entender declarações escritas ou faladas de outras pessoas sobre esses assuntos.
- **Modelagem:** Envolve estruturar o campo ou situação a ser modelada; traduzir a realidade em estruturas matemáticas; interpretar modelos matemáticos em termos de realidade; trabalhar com um modelo matemático; validar o modelo; refletir, analisar e saber criticar um modelo e seus resultados; falar e escrever sobre o modelo e seus resultados (incluindo a limitação dos resultados); e monitorar e controlar o processo de modelagem.
- **Formulação e solução de problemas:** Envolve propor, formular e definir diferentes tipos de problemas matemáticos (por exemplo “puros”, “aplicados”, “abertos” e “fechados”), e solucionar diferentes tipos de problemas matemáticos de várias maneiras.
- **Representação:** Envolve decodificar e codificar, traduzir, interpretar e fazer distinção entre diferentes formas de representação de objetos e situações matemáticas; inter-relacionar as várias representações; e escolher e variar entre as diferentes formas de representação de acordo com a situação e o objetivo.
- **Utilização de linguagem e operações simbólicas, formais e técnicas:** Envolve decodificar e interpretar linguagem simbólica e formal e compreender sua relação com a linguagem natural; traduzir da linguagem natural para a linguagem simbólica/formal; manipular declarações e expressões que contenham símbolos e fórmulas; e utilizar variáveis, resolver equações e fazer cálculos.
- **Utilização de auxílios e ferramentas:** Envolve conhecer e ser capaz de utilizar vários auxílios e ferramentas (incluindo ferramentas da tecnologia da informação) que possam ajudar na atividade matemática, e conhecer as limitações de tais auxílios e ferramentas.

O PISA não testa as competências acima individualmente. Há uma sobreposição considerável entre elas e, ao usar a matemática, é normalmente necessário recorrer simultaneamente a muitas dessas competências, de forma que qualquer esforço para avaliar competências específicas tende a resultar em tarefas artificiais e em desnecessária compartimentação da área de alfabetização em matemática. As competências particulares que os estudantes são capazes de exibir variam consideravelmente entre os indivíduos.



Em parte, isso se deve ao fato de que todo aprendizado ocorre pela experiência, “a construção do conhecimento individual ocorrendo através do processo de interação, negociação e colaboração” (de Corte, Greer e Verschaffel, 1996). O PISA presume que grande parte da matemática que os estudantes aprendem é ensinada na escola. A compreensão de uma área é adquirida gradualmente. Maneiras mais formais e abstratas de representação e raciocínio emergem com o tempo, como consequência do engajamento em atividades elaboradas para auxiliar o desenvolvimento de idéias informais. A *alfabetização em matemática* também é adquirida por meio de experiência, que envolve interações em situações ou contextos sociais diversos.

Para descrever e relatar produtivamente as capacidades dos estudantes, assim como seus pontos fortes e fracos sob uma perspectiva internacional, alguma estrutura é necessária. Uma maneira de oferecer isso de forma abrangente e administrável é descrever agrupamentos de competências com base nos tipos de demandas cognitivas necessárias para solucionar diferentes problemas matemáticos.

AGRUPAMENTOS DE COMPETÊNCIAS

O PISA optou por descrever as atividades cognitivas englobadas por essas competências de acordo com três agrupamentos de competência: o agrupamento *de reprodução*, o agrupamento de *conexões* e o agrupamento de *reflexões*. Nas próximas seções serão descritos esses três agrupamentos e as maneiras como as competências individuais expressas em cada agrupamento são discutidas.

O agrupamento *reprodução*

As competências nesse agrupamento envolvem essencialmente a reprodução do conhecimento aplicado. Incluem as mais comumente utilizadas em avaliações e testes padronizados aplicados em sala de aula. Essas competências constituem o conhecimento de fatos e representações comuns de problemas, reconhecimento de equivalências, memorização de objetos e propriedades matemáticas conhecidos, desempenho de procedimentos rotineiros, aplicação de algoritmos e habilidades técnicas padrão, manipulação de expressões contendo símbolos e fórmulas padronizadas e realização de cálculos.

- *Pensamento e raciocínio*: Envolve formular questões básicas (“Quantos...?”, “Quanto é...?”) e compreender os tipos de resposta correspondentes (“tantos...”, “Tanto...”); fazer distinção entre definições e asserções; compreender e manipular conceitos matemáticos nos tipos de contexto em que foram introduzidos pela primeira vez ou em que foram utilizados subsequentemente.
- *Argumentação*: Envolve seguir e justificar processos quantitativos padronizados, como processos de cálculo, afirmações e resultados.
- *Comunicação*: Envolve compreender e expressar-se oralmente e por escrito sobre assuntos matemáticos simples, como reproduzir os nomes e as propriedades básicas de objetos conhecidos, citar cálculos e seus resultados, usualmente de um mesmo modo.
- *Modelagem*: Envolve reconhecer, memorizar, ativar e explorar modelos conhecidos bem estruturados; interpretar reversamente tais modelos (e seus resultados) e a realidade; e fazer comunicações elementares sobre o resultado de modelos.
- *Formulação e resolução de problemas*: Envolve propor e formular problemas, reconhecendo e reproduzindo problemas-padrão praticados anteriormente, puros e aplicados, em formas fechadas; e resolver tais problemas invocando e utilizando abordagens e procedimentos padronizados, tipicamente de uma única forma.

- **Representação:** Envolve decodificar, codificar e interpretar representações padronizadas conhecidas, já praticadas, de objetos matemáticos conhecidos. Passar de uma representação a outra apenas quando a mudança em questão faz parte das representações implicadas.
- **Utilização de linguagem e operações simbólicas, formais e técnicas:** Envolve decodificar e interpretar a linguagem simbólica e formal básica rotineira praticada em contextos e situações bem conhecidos; e manipular declarações e expressões simples contendo símbolos e fórmulas, inclusive utilizando variáveis, resolvendo equações e realizando cálculos com procedimentos rotineiros.
- **Utilização de auxílio e ferramentas:** Envolve conhecer e ser capaz de utilizar auxílio e ferramentas em contextos, situações e formas semelhantes àquelas em que sua utilização foi introduzida e praticada. Itens de avaliação medindo o agrupamento de competências de *reprodução* podem ser descritos com os instrumentos de descrição a seguir: reprodução de material praticado e realização de operações rotineiras.

Exemplos de itens de agrupamento de reprodução

Exemplo de matemática 13

Resolva a equação $7x-3 = 13x+15$

Exemplo de matemática 14

Qual é a média de 7, 12, 8, 14, 15, 9?

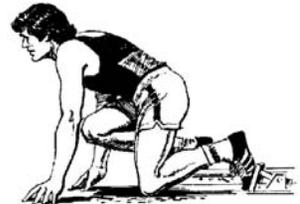
Exemplo de matemática 15

1.000 zeds são depositados em uma conta de poupança em um banco, com taxa de juros de 4%. Quantos zeds estarão na conta depois de um ano?

Exemplo de matemática 16

Em uma prova de velocidade, o “tempo de reação” é o intervalo de tempo entre o tiro de largada e o momento em que o atleta deixa o bloco de largada. O “tempo final” inclui o tempo de reação e o tempo de corrida.

A Tabela a seguir apresenta o tempo de reação e o tempo final de oito corredores em uma corrida de velocidade de 100 metros.



Raia	Tempo de reação (seg.)	Tempo Final (seg.)
1	0,147	10,09
2	0,136	9,99
3	0,197	9,87
4	0,180	Não terminou a corrida
5	0,210	10,17
6	0,216	10,04
7	0,174	10,08
8	0,193	10,13

**Questão 1:**

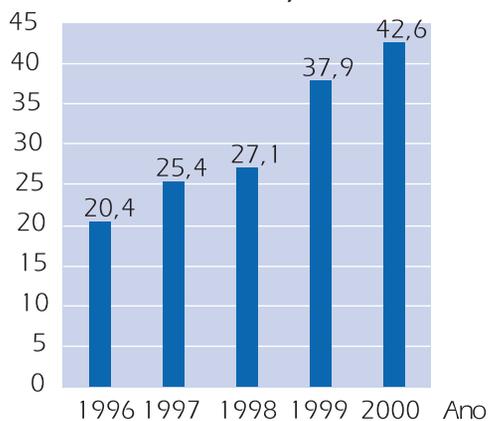
Identifique os medalhistas de Ouro, Prata e Bronze nesta corrida. Preencha na tabela abaixo o número da raia do medalhista, seu tempo de reação e seu tempo final.

Medalha	Raia	Tempo de reação (seg.)	Tempo final (seg.)
OURO			
PRATA			
BRONZE			

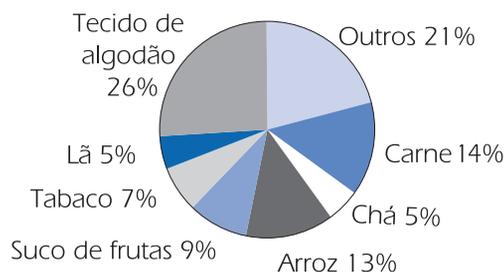
Exemplo de matemática 17

Os gráficos apresentam informações sobre exportações da Zedlândia, país cuja moeda nacional é o zed.

Total de exportações anuais de Zedlândia, em milhões de zeds, 1996-2000



Distribuição de exportações de Zedlândia em 2000

**Questão 1:**

Qual foi o valor do suco de frutas exportado pela Zedlândia em 2000?

- A. 1,8 milhões de zeds.
- B. 2,3 milhões de zeds.
- C. 2,4 milhões de zeds.
- D. 3,4 milhões de zeds.
- E. 3,8 milhões de zeds.

Para esclarecer os limites dos itens do agrupamento de *reprodução*, o problema CONTA DE POU-PANÇA descrito no Exemplo 3 forneceu um exemplo que não pertence ao agrupamento de *reprodução*. Esse problema leva a maioria dos estudantes além da simples aplicação de um procedimento de rotina e requer a aplicação de uma cadeia de raciocínios e de uma seqüência de etapas de cálculo não características das competências do agrupamento de *reprodução*.



O agrupamento *conexões*

As competências do agrupamento *conexões* desenvolvem-se com base no agrupamento de competências *reprodução*, levando a solução de problemas a situações não rotineiras, mas que ainda envolvem configurações conhecidas ou parcialmente conhecidas. Essas competências são:

- **Pensamento e raciocínio:** Envolve formular questões (“Como eu encontro...?”, “Que procedimento matemático está envolvido...?”) e compreender os tipos de respostas correspondentes (por meio de tabelas, gráficos, álgebra, figuras, etc.); fazer distinção entre definições e asserções e entre diferentes tipos de asserções; e compreender e manipular conceitos matemáticos em contextos ligeiramente diferentes daqueles em que foram introduzidos originalmente ou em que foram praticados subseqüentemente.
- **Argumentação:** Envolve elaborar raciocínio matemático simples, sem distinção entre provas e formas mais amplas de argumentação e raciocínio; seguir e avaliar cadeias de argumentos matemáticos de tipos diferentes; e possuir sensibilidade heurística (p.ex., “Isso pode ou não acontecer?”, “É o caso?”, “Por quê?”, “O que eu sei e o que eu quero obter?”).
- **Comunicação:** Envolve compreender e expressar-se oralmente e por escrito sobre assuntos matemáticos, desde a reprodução de nomes e propriedades básicas de objetos conhecidos e explicação de cálculos e seus resultados (usualmente em mais de uma maneira), até explicar assuntos que envolvem relações. Envolve também compreender declarações verbais ou escritas por outras pessoas sobre o assunto.
- **Modelagem:** Envolve estruturar o campo ou a situação a ser modelada; traduzir a realidade em estruturas matemáticas em contextos não muito complexos, porém distintos dos contextos conhecidos pelos estudantes. Envolve também fazer interpretação da correspondência entre os modelos (e seus resultados) e a realidade bem como incluir aspectos da comunicação sobre os resultados dos modelos.
- **Formulação e resolução de problemas:** Envolve propor e formular problemas, além da reprodução de problemas-padrão praticados anteriormente, puros e aplicados, em formas fechadas; e resolver tais problemas invocando e utilizando abordagens e procedimentos padronizados bem como processos de resolução de problemas mais independentes em que sejam feitas conexões entre várias áreas e modos de representação e de comunicação matemática diferentes (esquemas, tabelas, palavras, imagens).
- **Representação:** Envolve decodificar, codificar e interpretar representações de objetos matemáticos menos conhecidos; escolher e variar entre diferentes formas de representação de situações e objetos matemáticos; e traduzir e fazer distinção entre diferentes formas de representação.
- **Utilização de linguagem e operações simbólicas, formais e técnicas:** Envolve decodificar e interpretar linguagens simbólica e formal básicas em contextos e situações menos conhecidos e manipular declarações e expressões que contenham símbolos e fórmulas com a utilização de variáveis; resolver equações e realizar cálculos com procedimentos conhecidos.
- **Utilização de auxílios e ferramentas:** Envolve conhecer e utilizar auxílios e ferramentas conhecidos, em contextos, situações e formas diferentes daquelas em que foram apresentados e praticados. Itens associados a esse agrupamento normalmente demandam alguma evidência de integração e conexão do material das várias categorias, ou de diferentes linhas de currículo de matemática, ou a ligação de diferentes representações de um problema.



Itens de avaliação para medir o agrupamento de competências *conexões* podem ser descritos por meio das categorias básicas: integradores, conectores e material aplicado de pequena extensão.

Exemplos de itens do agrupamento *conexões*

Um primeiro exemplo de um item do agrupamento *conexões* foi dado no problema *Conta de poupança*, descrito no Exemplo 3. A seguir, outros exemplos do agrupamento *conexões*.

Exemplo de matemática 18: DISTÂNCIA

Maria mora a dois quilômetros da escola e Martim, a cinco quilômetros.

Questão 1: DISTÂNCIA

Qual a distância entre as casas de Maria e de Martim?

Quando esse problema foi apresentado a professores pela primeira vez, muitos deles o rejeitaram, porque seria muito fácil – era possível perceber logo que a resposta era “três”. Outro grupo de professores argumentou que esse não seria um bom item, porque não havia apenas **uma** resposta – ou seja, que havia **mais de uma** resposta numérica correta. Uma terceira reação foi a de que não era um bom item, porque haveria muitas respostas possíveis, uma vez que faltavam informações complementares, e o máximo que se poderia concluir é que a distância entre as duas casas era de três a sete quilômetros, o que não é desejável para um item. Um pequeno grupo achou que era um problema excelente, porque exige que se compreenda a questão, porque solicita a resolução de um problema da vida real, porque o estudante não conhece nenhuma estratégia e porque é uma bela matemática, embora não se tenha nenhuma pista de como os estudantes solucionariam o problema. É essa última interpretação que associa o problema ao agrupamento de competências *conexões*.

Exemplo de matemática 19: ALUGUEL DE ESCRITÓRIO

Os dois anúncios a seguir foram publicados em um jornal diário em um país onde a moeda é o *zed*.

EDIFÍCIO A
Espaço disponível para escritório
58-95 metros quadrados
475 zeds por mês
100-120 metros quadrados
800 zeds por mês

EDIFÍCIO B
Espaço disponível para escritório
35-260 metros quadrados
90 zeds por metro quadrado
por ano

Questão 1: ALUGUEL DE ESCRITÓRIO

Se uma empresa está interessada em alugar um escritório de 110 metros quadrados por um ano nesse país, em qual dos edifícios – A ou B – a empresa deve alugar um escritório para conseguir o menor preço? Mostre seus cálculos [© IEA/TIMSS].

Exemplo de matemática 20: A PIZZA

Uma pizzaria oferece duas pizzas redondas com mesma espessura em tamanhos diferentes. A menor tem 30cm de diâmetro e custa 30 zeds. A maior tem 40cm de diâmetro e custa 40 zeds [© PRIM, Stockholm Institute of Education].



Questão 1: A PIZZA

Qual pizza é mais vantajosa na relação tamanho/preço? Demonstre seu raciocínio.

Em ambos os problemas, os estudantes devem traduzir uma situação da vida real para a linguagem matemática; devem desenvolver um modelo matemático que lhes permita uma comparação adequada; devem verificar se a solução se enquadra no contexto da pergunta inicial; e devem comunicar o resultado. Todas essas são atividades associadas ao agrupamento *conexões*.

O agrupamento *reflexão*

Nesse agrupamento, as competências incluem um elemento de reflexão por parte do estudante sobre os processos necessários ou utilizados para solucionar um problema. Estão relacionadas à capacidade dos estudantes de planejar estratégias para a resolução dos problemas e de implementá-las em configurações de problemas que contêm mais elementos e que podem ser mais “originais” (ou menos conhecidas) do que aquelas do agrupamento *conexões*. Além das competências descritas para o agrupamento *conexões*, o agrupamento *reflexão* inclui as seguintes competências:

- **Pensamento e raciocínio:** Envolve formular questões (“Como eu encontro...?”, “Qual a matemática envolvida...?”, “Quais são os aspectos essenciais do problema ou da situação...?” e compreender os tipos de resposta correspondentes (fornecidas por tabelas, gráficos, álgebra, figuras, especificação de pontos básicos, etc.); fazer distinção entre definições, teoremas, conjecturas, hipóteses e asserções sobre casos especiais, e refletir sobre essas distinções ou articulá-las ativamente; compreender e manipular conceitos matemáticos em contextos que novos ou complexos; e compreender e manipular a extensão e os limites de determinados conceitos matemáticos e generalizar resultados.
- **Argumentação:** Envolve raciocínio matemático simples, inclui fazer distinção entre produzir provas e formas mais amplas de argumentação e raciocínio; acompanhar, avaliar e construir cadeias de argumentos matemáticos de diferentes tipos; e utilizar a heurística (p.ex., “O que pode acontecer?”, “É o caso?”, “Por quê?”, “O que eu sei e o que quero obter?”, “Quais são as propriedades essenciais?”, “Como os objetos se relacionam?”).
- **Comunicação:** Envolve entender e expressar-se oralmente e por escrito sobre assuntos matemáticos a partir da reprodução de nomes e propriedades básicas de objetos conhecidos; explicar os cálculos e seus resultados (usualmente de mais de uma maneira); e explicar assuntos que incluem relacionamentos complexos, inclusive relações lógicas. Envolve também compreender declarações verbais e por escrito de outras pessoas sobre tais assuntos.
- **Modelagem:** Envolve fazer a estruturação do campo ou situação a ser modelada; traduzir a realidade para estruturas matemáticas em contextos que podem ser complexos ou muito diferentes daquele ao qual os estudantes estão acostumados; interpretar a correspondência entre os modelos e a realidade, inclusive aspectos da comunicação sobre os resultados do modelo; reunir informações e dados, monitorar o processo de modelagem e validar o modelo resultante. Inclui também refletir por meio de análise, oferecer crítica e engajar-se em comunicações mais complexa sobre modelos e modelagem.
- **Formulação e resolução de problemas:** Envolve propor e formular problemas, além de reproduzir problemas padronizados, puros e aplicados, já praticados de forma fechada; resolver esses problemas invocando e utilizando abordagens e procedimentos padronizados, mas utilizando também processos de resolução de problemas mais originais em que sejam feitas conexões entre diferentes



áreas e modos de representação e comunicação matemáticas (esquemas, tabelas, gráficos, palavras, imagens). Envolve também refletir sobre estratégias e soluções.

- **Representação:** Envolve decodificar, codificar e interpretar representações de objetos matemáticos, conhecidos e menos conhecidos; escolher e variar entre diferentes formas de representação de objetos e situações matemáticas; e traduzir e fazer distinção entre diferentes formas de representação. Além disso, envolve combinar representações de maneira criativa e criar outras representações não padronizadas.
- **Utilização de linguagem e operações simbólicas, formais e técnicas:** Envolve decodificar e interpretar linguagens simbólica e formal, praticadas em contextos e situações desconhecidos, e manipular declarações e expressões contendo símbolos e fórmulas e utilizando variáveis; resolver equações e realizar cálculos. Envolve também a capacidade de lidar com declarações e expressões complexas e com linguagem simbólica ou formal pouco conhecidas e compreender a correspondência entre traduzir tais linguagens e a linguagem natural.
- **Utilização de auxílios e ferramentas:** Envolve conhecer e utilizar auxílios e ferramentas, conhecidos ou não, em contextos, situações e formas diferentes daquelas em que foram apresentados e praticados. Envolve também conhecer a limitação dos auxílios e das ferramentas.

Os itens de avaliação que medem o agrupamento de competências *reflexão* podem ser descritos pelas seguintes categorias: raciocínio avançado, argumentação, abstração, generalização e modelagem aplicados a novos contextos.

Exemplos de itens do agrupamento *reflexão*

Exemplo de matemática 21: ALTURA DOS ESTUDANTES

Certo dia, em uma aula de matemática, a altura dos estudantes foi medida. A média de altura dos meninos era 160 cm, e a altura média das meninas era 150cm. Alena era a mais alta – media 180m. Zdenek era o mais baixo – sua altura era 130cm.

Dois estudantes faltaram naquele dia, mas vieram à aula no dia seguinte. Foram medidos e as médias foram recalculadas. Surpreendentemente, a média de altura das meninas e a média de altura dos meninos não mudaram.

Questão 1: ALTURA DOS ESTUDANTES

Qual das seguintes conclusões pode ser tirada desta informação?

Marque "Sim" ou "Não" para cada conclusão.

Conclusão	Pode-se chegar a essa conclusão?
Os dois estudantes são meninas.	Sim/Não
Um dos estudantes é menino e o outro é menina.	Sim/Não
Os dois estudantes têm a mesma altura.	Sim/Não
A altura média de todos os estudantes não mudou.	Sim/Não
Zdenek continua sendo o mais baixo.	Sim/Não

O problema é bastante complicado por vários motivos. Requer leitura cuidadosa, uma vez que uma leitura superficial pode conduzir a uma interpretação equivocada. Além do mais, também é difícil encontrar a informação matemática crucial.

A situação varia dentro da classe e ao longo do tempo. A entidade **classe** é utilizada enquanto discutimos a média de altura de meninos e meninas independentemente, mas depois é declarado que Alena é a mais alta (menina ou estudante) e Zdenek é o mais baixo (menino ou estudante). Se os estudantes não lerem cuidadosamente, deixarão passar a informação de que Alena é uma menina e de que Zdenek é um menino.

Uma dificuldade óbvia é o fato de que os estudantes precisam combinar informações da primeira parte do estímulo (sobre as diferenças de altura) com a segunda parte, na qual é apresentada a informação sobre os dois estudantes ausentes. Aqui se percebe a variação com o tempo: dois estudantes não presentes na situação original, mas que devem ser considerados no momento seguinte, e assim a entidade “classe” mudou. Entretanto, o estudante que está resolvendo o problema não sabe se os estudantes ausentes são meninos, meninas, ou um menino e uma menina. Além disso, não há apenas UM problema a resolver, mas CINCO.

Além do mais, para poder responder corretamente, os estudantes precisam compreender matematicamente o conceito estatístico envolvido. O problema envolve a capacidade de formular questões (“Como eu sei...?”, “Como eu encontro...?”, “Quais são as possibilidades...?”, e “O que acontece se eu...?”) e a capacidade de compreender e manipular o conceito de uma média em textos complexos, embora o contexto seja conhecido.

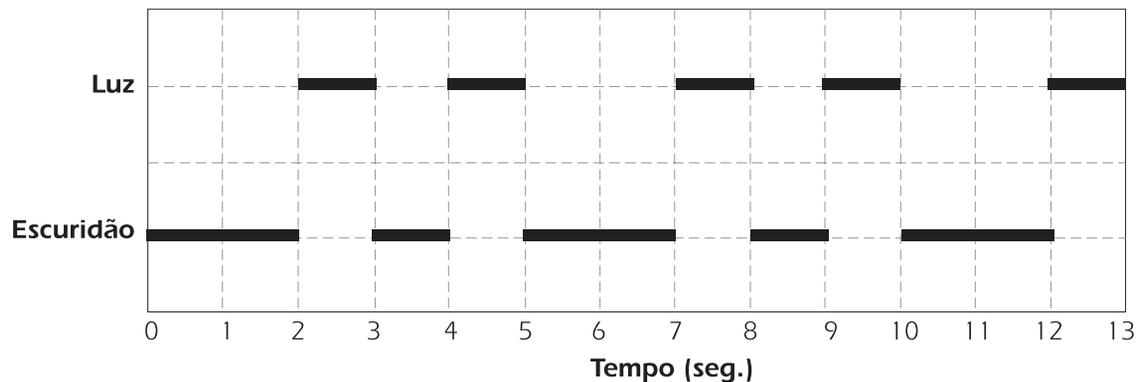
Essa descrição deve deixar bem claro que este item não só constitui um desafio não apenas para os estudantes (como demonstrado pelos resultados do PISA), mas também pertence claramente ao agrupamento *reflexão*.

Exemplo de matemática 22: FAROL DE NAVEGAÇÃO

Faróis são torres com uma luz no topo. Ajudam a orientação noturna dos navios no mar quando navegam perto da costa.

A luz do farol emite *flashes* em um padrão regular fixo. Cada farol tem o próprio padrão.

No diagrama abaixo, pode-se ver o padrão de um certo farol. A luz brilha alternando com períodos de escuro.

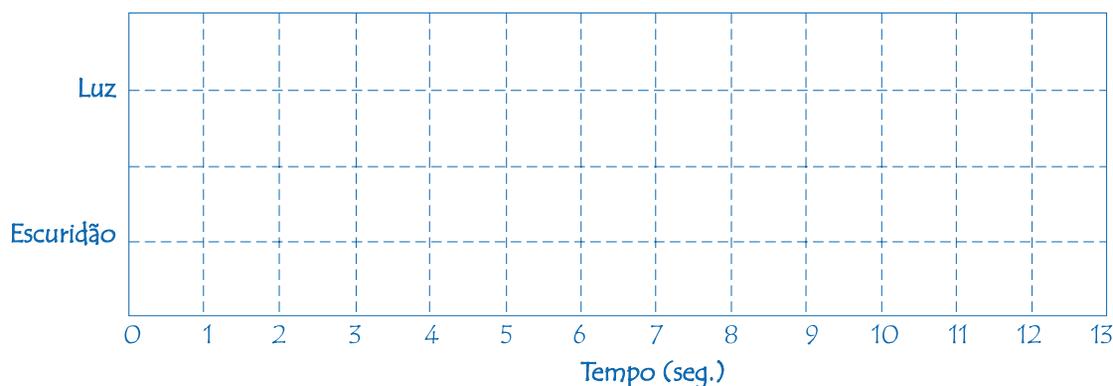


É um padrão regular. Depois de algum tempo, o padrão se repete. O tempo de duração de um ciclo completo de um padrão, antes de se repetir, é chamado período. Quando o período de um padrão é identificado, fica fácil estender o diagrama para os próximos segundos, minutos ou mesmo horas.



Questão 1: FAROL DE NAVEGAÇÃO

No diagrama abaixo, faça um gráfico com o possível padrão dos *flashes* de um farol de navegação que emite sinais luminosos durante 30 segundos a cada minuto. O período desse padrão deve ser igual a 6 segundos.



Nesse exemplo, os estudantes precisam primeiro compreender a introdução, uma vez que esse tipo de gráfico provavelmente é desconhecido para eles, tal como a idéia de periodicidade. Além disso, a questão formulada é de natureza muito aberta: pede-se aos estudantes que projetem um possível padrão de *flashes* luminosos. Muitos estudantes não vêem esse tipo de questão construtiva na escola. Entretanto, esse aspecto construtivo é um componente essencial da *alfabetização em matemática*: utilização de competências matemáticas não apenas de forma passiva ou derivada, mas também para construir respostas. Para que o problema seja resolvido, é preciso atender a duas condições: períodos iguais de luz e escuridão (“30 segundos por minuto”) e um período de seis segundos. Essa combinação torna essencial que os estudantes compreendam o conceito de periodicidade – isso envolve as competências do agrupamento *reflexão*.

Nesse exemplo em particular, pode-se dizer que o contexto é favorável aos estudantes que vivem perto do mar. Cumpre destacar, entretanto, que o alfabetização em matemática inclui a capacidade de utilizar a matemática em contextos diferentes do local. Essa capacidade de transferência é uma competência essencial para a *alfabetização em matemática*. Embora alguns estudantes estejam em uma situação favorável em alguns contextos e os demais em outros, a análise do item por país não fornece nenhuma indicação de que este seja o caso: países sem fronteiras marítimas não são diferentes dos países litorâneos no que diz respeito ao desempenho dos estudantes.

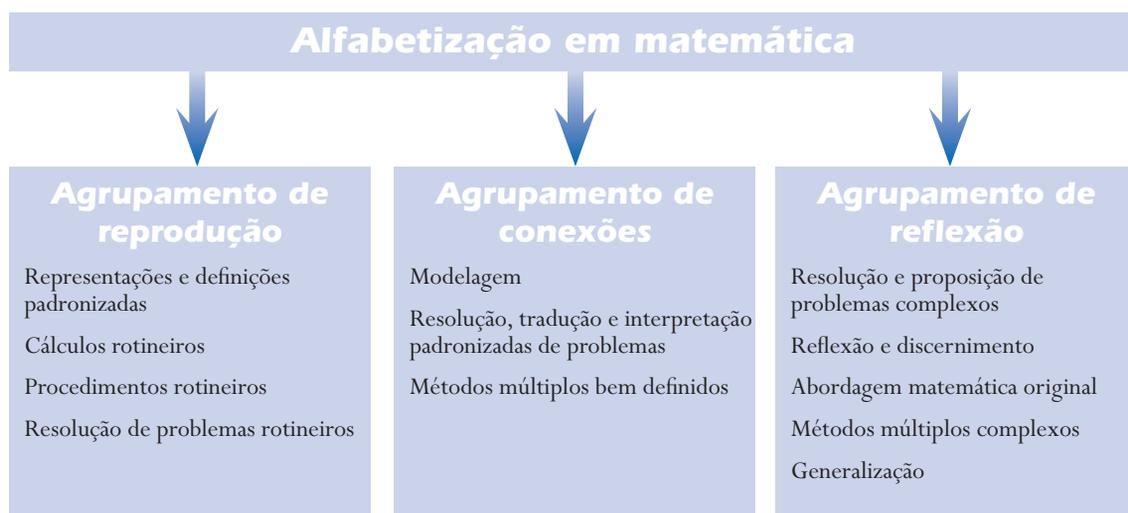
Classificação dos itens por agrupamento de competências

A Figura 3.9 resume as diferenças entre os agrupamentos de competências.

É possível utilizar as descrições de competência das páginas anteriores para classificar itens matemáticos e assim designá-los para cada agrupamento de competências. Uma forma de fazê-lo é analisar as demandas do item, classificar cada uma das oito competências para o item, considerando qual dos três agrupamentos oferece a descrição mais adequada das demandas do item em relação a cada competência específica. Se qualquer das competências for considerada adequada à descrição do agrupamento de *reflexão*, o item será atribuído ao agrupamento de competências *reflexão*. Se uma ou mais competências forem consideradas adequadas à descrição do agrupamento *conexões*, o item deve



Figura 3.9 ■ Representação diagramática dos agrupamentos de competências



ser atribuído ao agrupamento correspondente. Entretanto, o item só será atribuído ao agrupamento de competências *reprodução* se todas as competências forem classificadas como pertencentes a esse agrupamento.

AVALIANDO A ALFABETIZAÇÃO EM MATEMÁTICA

Características da tarefa

Esta seção ocupa-se em maior detalhe das características das tarefas utilizadas para avaliar estudantes. São descritos a natureza das tarefas e o formato dos tipos de itens.

A natureza das tarefas de matemática do PISA

O PISA é um teste internacional de habilidades de alfabetização para estudantes de 15 anos de idade. Todos os itens do teste devem ser adequados para a população de estudantes de 15 anos de idade dos países da OCDE.

As pessoas capacitadas para a atribuição de notas têm acesso aos itens, inclusive a alguns estímulos materiais ou informações, uma introdução, a própria questão e as soluções solicitadas. Além disso, para itens com respostas que não podem ser automaticamente codificadas, é elaborado um esquema de codificação detalhado, para permitir que, em todos os países participantes, essas pessoas codifiquem as respostas dos estudantes de forma consistente e confiável.

Em uma seção anterior dessa estrutura, as situações a serem utilizadas para os itens de matemática foram discutidas com algum detalhe. Para o PISA 2006, cada item foi acomodado em um dos quatro tipos de situação: pessoal, educacional/ocupacional, pública e científica. Os itens selecionados para os instrumentos de avaliação de matemática no PISA 2006 cobrem todos os tipos de situação.

Além disso, dá-se preferência ao contexto de itens considerados autênticos. Ou seja, o PISA valoriza mais tarefas encontradas em situações da vida real, em cujo contexto a utilização da matemática para resolver problemas seria autêntico. Problemas com contextos extramatemáticos que influen-



ciem a solução e sua interpretação são os instrumentos preferidos para avaliar a *alfabetização em matemática*.

Os itens devem ter predominantemente relação com as *categorias* (a categoria fenomenológica do problema) descritas na estrutura. A seleção dos itens de teste de matemática para o PISA 2003 assegura que as quatro categorias tenham sido bem representadas. Os itens devem incorporar um ou mais dos processos matemáticos descritos na estrutura e ser identificados predominantemente com um dos agrupamentos de competências.

O nível de leitura necessário para o envolvimento satisfatório com um item é considerado cuidadosamente no desenvolvimento e na seleção de itens para inclusão do instrumento de teste do PISA. A redação dos itens é a mais simples e direta possível. Tomou-se também o cuidado de evitar contextos que pudessem criar algum preconceito cultural.

Os itens selecionados para inclusão nos instrumentos de teste do PISA representam uma vasta gama de dificuldades, para coadunar-se ao amplo espectro de capacidades dos estudantes que participam da avaliação do PISA. Além disso, as principais classificações da estrutura (particularmente os agrupamentos de competências e as categorias) devem, tanto quanto possível, ser representadas por itens de amplo espectro de dificuldades. A dificuldade dos itens é estabelecida em um extenso experimento de campo em que os itens de teste são aplicados, anteriormente à seleção dos itens para a pesquisa principal do PISA.

Tipos de itens

Quando os instrumentos da pesquisa são delineados, o impacto do tipo de item sobre o desempenho do estudante – e portanto sobre a definição do constructo avaliado – deve ser cuidadosamente considerado. Esta questão é particularmente pertinente em um projeto como este do PISA, em que o contexto transnacional de alta escala para a aplicação dos testes restringe seriamente o universo de tipos de formato de itens praticável.

O PISA avalia a *alfabetização em matemática* por meio de uma combinação de itens com respostas de construção aberta, respostas de construção fechada e respostas de múltipla escolha. Aproximadamente o mesmo número de cada um desses formatos é utilizado para construir o instrumento de teste.

Com base na experiência de desenvolver e utilizar itens para o teste do PISA 2000, a resposta de múltipla escolha é usualmente vista como a mais adequada para a avaliação de itens que possam ser associados aos agrupamentos de competências *reprodução* e *conexões*. Um exemplo desse tipo de item é o Exemplo 15, que apresenta um item que pode ser associado ao agrupamento de competências *conexões* e que tem um número limitado de opções de resposta definidas. Para resolver esse problema, os estudantes devem traduzir o problema em termos matemáticos, imaginar um modelo para representar a natureza periódica do contexto descrito e ampliar o padrão para adequar o resultado a uma das opções oferecidas.



Exemplo de matemática 23: FOCA

Uma foca precisa respirar ainda que estiver dormindo. Martim observou uma foca por uma hora. No início de sua observação, a foca mergulhou para o fundo do mar e começou a dormir. Após oito minutos, flutuou lentamente até a superfície e respirou.

Três minutos depois, estava de volta ao fundo do mar, e todo o processo recomeçou com bastante regularidade.

Questão 1: FOCA

Após uma hora, a foca estava:

- A. No fundo
- B. A caminho da superfície
- C. Respirando
- D. A caminho do fundo

No caso de metas mais elevadas e processos mais complexos, freqüentemente dá-se preferência a outros tipos de itens. Itens construídos para respostas fechadas propõem questões semelhantes aos de múltipla escolha, mas pede-se aos estudantes que construam uma resposta que seja facilmente considerada correta ou incorreta. Para itens desse tipo, respostas aleatórias não chegam a preocupar, e não é necessário utilizar distratores (que influenciam o constructo avaliado). Para o problema do Exemplo 16, por exemplo, há uma resposta correta e muitas respostas possivelmente incorretas.

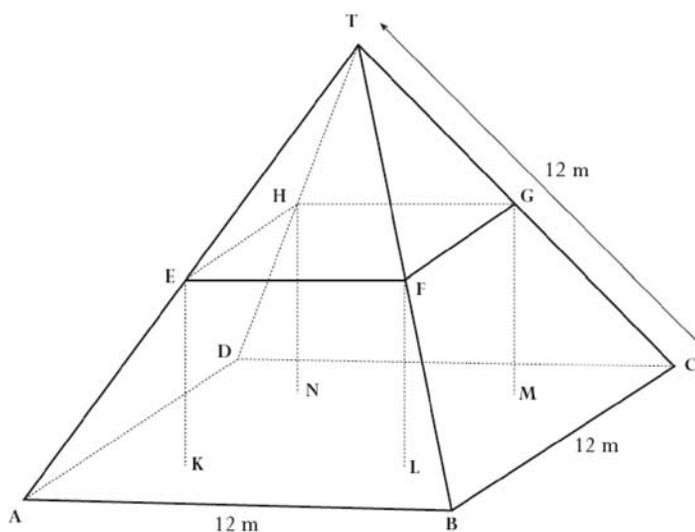


Exemplo de matemática 24: FAZENDAS

Aqui você vê uma casa de fazenda com teto em forma de pirâmide.



A seguir está um modelo matemático do telhado da casa de fazenda com suas medidas.



O piso do sótão – ABCD no modelo – é um quadrado. As vigas que suportam o telhado são as arestas de um bloco (prisma retangular) EFGHKL MN. E é a metade de AT, F é a metade de BT, G é a metade de CT e H é a metade de DT. Todas as arestas da pirâmide no modelo têm 12m de comprimento.

Questão 1: FAZENDAS

Calcule a área do piso do sótão ABCD.

A área do piso do sótão ABCD = m²

Itens construídos para respostas abertas requerem do estudante uma resposta mais extensa, e o processo de produzir a resposta envolve frequentemente atividades cognitivas de ordem superior.



Via de regra, tais itens não só exigem que o estudante produza uma resposta, mas também pedem que demonstre os passos da solução ou explique como chegou à resposta. A característica básica dos itens com resposta de construção aberta permitem que os estudantes demonstrem sua capacidade, apresentando soluções em um espectro de níveis de complexidade matemática exemplificado no Exemplo 17.

Exemplo de matemática 25: INDONÉSIA

A Indonésia fica entre a Malásia e a Austrália. Alguns dados sobre a população da Indonésia e sua distribuição entre as ilhas são apresentados na tabela a seguir:

Região	Área da região (Km ²)	Porcentagem da área total	População em 1980 (milhões)	Porcentagem da população total
Java/Madura	132 187	6,95	91 281	61,87
Sumatra	473 606	24,86	27 981	18,99
Kalimantan (Bornéu)	539 460	28,32	6 721	4,56
Sulawesi (Celebes)	189 216	9,93	10 377	7,04
Bali	5 561	0,30	2 470	1,68
Irian Jaya	421 981	22,16	1 145	5,02
TOTAL	1 905 569	100,00	147 384	100,00

Um dos maiores desafios para a Indonésia é a distribuição populacional desigual entre as ilhas. Pela Tabela, podemos observar que Java, que tem menos de 7% da área total, abriga quase 62% da população.

Fonte: de Lange e Verhage (1992). Utilizado com permissão.

Questão 1: INDONÉSIA

Faça um gráfico (ou gráficos) que ilustrem a distribuição desigual da população da Indonésia.

Para o PISA, cerca de um terço dos itens matemáticos têm resposta de construção aberta. As respostas a esses itens demandam codificação feita por pessoas capacitadas, que criam uma rubrica de código que pode requerer um elemento de julgamento profissional. Devido ao potencial desacordo a respeito desses itens entre as pessoas que atribuem as notas, o PISA implementa estudos sobre a confiabilidade dessas pessoas para monitorar a extensão dos desacordos. A experiência com esse tipo de estudo mostra que rubricas de codificação claras podem ser desenvolvidas e pontuações confiáveis podem ser obtidas.

O PISA utiliza um formato de unidade em que vários itens estão ligados a um estímulo material comum. Tarefas nesse formato dão aos estudantes a oportunidade de envolver-se com um contexto ou um problema por meio de uma série de questões de complexidade crescente. As questões iniciais são, tipicamente, itens com resposta de múltipla escolha ou de construção fechada, ao passo que as subseqüentes são tipicamente questões com resposta de construção aberta. Esse formato pode ser utilizado para avaliar cada um dos agrupamentos de competências.

Uma razão para a utilização de formatos de tarefas com estímulos comuns é que permitem a visualização de tarefas realistas, que refletem a complexidade das situações da vida real. Outra razão diz respeito à utilização eficiente do tempo de aplicação do teste, reduzindo o tempo necessário para o estudante entender o problema. A necessidade de fazer com que cada ponto marcado seja independente dos outros na tarefa é reconhecida e considerada no projeto das tarefas do PISA e na codificação das respostas e rubricas de pontuação. A importância de minimizar preconceitos que resultem da utilização de menor número de situações também é reconhecida.



Estrutura da avaliação

Os instrumentos de teste do PISA 2003, quando a matemática foi a principal área de avaliação, incluíam um total de 210 minutos de tempo de teste. Os itens selecionados para o teste eram organizados em sete grupos de itens, representando 30 minutos do tempo do teste. Os agrupamentos de itens foram colocados em apostilas, segundo um projeto de alternância de testes. Para o ciclo de testes de 2006, foi destinado menos tempo aos testes de matemática, mas os agrupamentos de itens alocados para matemática são construídos e alternados de forma semelhante.

O tempo total de testes para matemática é distribuído da maneira mais uniforme possível entre as quatro categorias (*espaço e forma, mudanças e relações, quantidade e indeterminação*) e as quatro situações descritas na estrutura (*pessoal, educacional/ocupacional, pública e científica*). A proporção de itens que refletem os três agrupamentos de competências (*reprodução, conexões e reflexão*) é cerca de 1:2:1. Cerca de um terço dos itens está no tipo de respostas de múltipla escolha; cerca de um terço, no tipo de respostas de construção fechada; e cerca de um terço, no tipo de respostas de construção aberta.

Relatando a proficiência em matemática

Para resumir os dados das respostas aos instrumentos de testes do PISA, foi criada uma escala de desempenho de cinco níveis (Masters e Forster, 1996; Masters, Adams e Wilson, 1999). A escala foi criada estatisticamente, utilizando uma abordagem de modelagem de resposta de itens para quantificar ordenadamente os dados produzidos. A escala geral é utilizada para descrever a natureza do desempenho, classificando os desempenhos dos estudantes de diferentes países em termos dos cinco níveis descritos, fornecendo assim um quadro de referência para comparações internacionais.

Considerou-se desenvolver certa quantidade de escalas de relato em separado. Tais subescalas poderiam ser baseadas mais claramente nos três agrupamentos de competências ou nas quatro categorias. Decisões sobre o desenvolvimento de escalas de relato em separado foram tomadas por vários motivos, inclusive considerações psicométricas, seguindo a análise de dados gerados pela avaliação do PISA. Para facilitar essas possibilidades, foi necessário garantir que itens suficientes de cada categoria de relato potencial fossem selecionados para inclusão no instrumento de testes do PISA. Além do mais, itens em cada categoria específica precisavam ter um espectro de dificuldades de amplitude compatível.

Os agrupamentos de competências descritos anteriormente nesta estrutura refletem categorias conceituais de aumento abrangente de demanda cognitiva e complexidade, mas não estritamente uma hierarquia no desempenho dos estudantes baseada na dificuldade dos itens. Complexidade conceitual é apenas um componente da dificuldade do item que influencia os níveis de desempenho. Outros são familiaridade, oportunidades recentes de aprender e praticar, etc. Portanto, um item de múltipla escolha envolvendo competências no agrupamento *reprodução* (por exemplo, “Qual das figuras seguintes é um paralelepípedo retangular?” seguido por figuras de uma bola, uma lata, uma caixa e um quadrado) pode ser muito fácil para estudantes que aprenderam o significado desses termos, mas muito difícil para outros, devido à falta de familiaridade com a terminologia utilizada. Embora dê para imaginar que seja possível incluir itens relativamente difíceis no agrupamento *reprodução* e itens relativamente fáceis no agrupamento *reflexão*, e ainda, tanto quanto possível, itens com espectro de dificuldades dentro de cada tipo de agrupamento, espera-se uma relação amplamente positiva entre os agrupamentos de competências e a dificuldade do item.



Fatores que destacam os níveis crescentes de dificuldade e proficiência matemática dos itens são:

- *Tipo e grau de interpretação e reflexão exigidos:* Incluem a natureza das demandas que emanam do contexto do problema; em que medida demandas matemáticas do problema são aparentes ou os estudantes precisam impor as próprias construções matemáticas ao problema; e em que medida percepção, raciocínio complexo e generalização são necessários.
- *Tipo de habilidade de representação necessária:* Inclui problemas em que apenas um modo de representação é utilizado, assim como problemas em que os estudantes precisam variar entre diferentes modos de representação ou encontrar por si mesmos modos de representação adequados.
- *Tipo e nível de habilidade matemática necessária:* Inclui problemas de uma única operação que exigem dos estudantes a reprodução de fatos matemáticos básicos e o desempenho de processos de cálculo simples; problemas com várias etapas, envolvendo conhecimento matemático mais avançado; tomada de decisões mais complexa; processamento de informações; e habilidades para modelar e solucionar problemas.
- *Tipo e grau de argumentação matemática necessários:* Inclui problemas que não demandam nenhuma argumentação; problemas a que os estudantes podem aplicar argumentos conhecidos; e problemas que exigem que os estudantes criem argumentos matemáticos ou entendam os argumentos de outros, ou que julguem a correção de determinados argumentos ou provas.

No nível mais baixo de proficiência descrito, os estudantes realizam, tipicamente, processos de uma etapa que envolvem reconhecimento de contextos familiares e problemas matematicamente bem formulados; reproduzem fatos ou processos matemáticos bem conhecidos; e empregam habilidades de cálculo simples.

Nos níveis mais altos de proficiência, os estudantes realizam, tipicamente, tarefas mais complexas que envolvem mais de uma etapa no processamento. Também combinam diferentes informações ou interpretam diferentes representações de conceitos matemáticos ou informações, reconhecendo quais elementos são relevantes e importantes e como se relacionam entre si. Tipicamente, trabalham com modelos ou formulações matemáticas específicos, freqüentemente em formas algébricas, para identificar soluções, ou realizam uma pequena seqüência de processamentos ou cálculos para chegar à solução.

No nível de proficiência mais alto, os estudantes assumem um papel mais criativo e ativo em sua abordagem aos problemas matemáticos. Tipicamente, interpretam informações mais complexas e negociam certo número de passos no processamento. Produzem a formulação de problemas e freqüentemente desenvolvem um modelo adequado que facilita a solução. Tipicamente, os estudantes nesse nível identificam e aplicam ferramentas relevantes e conhecimentos para solucionar problemas em um contexto não conhecido. Também demonstram percepção para identificar uma estratégia de solução adequada, e apresentam outros processos cognitivos de ordem mais elevada, tais como generalizações, raciocínio e argumentação, para explicar ou comunicar resultados.

Auxílios e ferramentas

A política do PISA permite aos estudantes a utilização de calculadoras e outras ferramentas, uma vez que são normalmente utilizadas na escola. Dessa forma, avalia-se de modo mais autêntico o que os estudantes podem realizar, e oferece-se a comparação mais informativa do desempenho dos sistemas educacionais. A escolha de um sistema que permite aos estudantes o acesso a calculadoras e sua



utilização não difere, em princípio, de outras decisões de política instrucional tomadas por outros sistemas e não controladas pelo PISA.

Estudantes acostumados a ter uma calculadora à disposição para ajudá-los a responder questões estariam em desvantagem se esse recurso lhes fosse negado.

RESUMO

O objetivo do estudo PISA, no que diz respeito à matemática, é desenvolver indicadores que demonstrem se os países prepararam seus estudantes de 15 anos de idade de maneira eficaz para que se tornem cidadãos ativos, reflexivos e inteligentes na perspectiva de sua utilização da matemática. Para tanto, o PISA desenvolveu avaliações que buscam determinar em que medida os estudantes conseguem utilizar o que aprenderam. São enfatizados o conhecimento e a compreensão da matemática para resolver problemas que surgem na vida cotidiana, e são oferecidos diversos problemas com graus variados de orientação e estrutura intrínsecas, objetivando, porém, problemas autênticos em que os estudantes devem pensar por conta própria.

Esta estrutura descreve e ilustra a definição de *alfabetização em matemática* do PISA 2006 e contextualiza os itens. Os principais componentes da estrutura de matemática, consistentes com as outras estruturas do PISA, são contextos para utilização da matemática, conteúdo matemático e processos matemáticos, cada um dos quais deriva diretamente da definição de alfabetização. As discussões de contexto e conteúdo enfatizam aspectos dos problemas que os estudantes enfrentam como cidadãos, ao passo que as discussões de processos enfatizam as competências que os estudantes demonstram para resolver tais problemas. Essas competências foram reunidas em três agrupamentos de competências, para facilitar um tratamento racional da forma como processos cognitivos complexos são abordados em um programa de avaliação estruturado.



Referências

- BAUMERT, J. e KÖLLER, O. Interest Research in Secondary Level I: An Overview. In HOFFMANN, L.; KRAPP, A.; RENNIGER, K.A. e BAUMERT, J. (eds.) *Interest and Learning*, Kiel: Institute for Science Education na Universidade de Kiel, 1998.
- BLOSSER, P. *Attitude Research in Science Education*. Columbus: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, 1984.
- BLUM, W. Anwendungsorientierter Mathematikunterricht – Trends und Perspektiven. In KADUNZ G. et al. (eds.), *Trends und Perspektiven: Schriftenreihe Didaktik der Mathematik*. Wein: Hoelder-Pichler-Tempsky, v. 23. 1996.
- BOGNER, F. e WISEMAN, M. Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *European Psychologist*. [S.l., s.n.] 4 (3), 1999.
- BYNBEE, R. *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann, 1997a.
- BYBEE, R. Toward an Understanding of Scientific Literacy. In GRÄBER, W. e BOLTE, C. (eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*. Kiel: Institute for Science Education da Universidade de Kiel, 1997b.
- COMMITTEE OF INQUIRY INTO THE TEACHING OF MATHEMATICS IN SCHOOLS. *Mathematics Counts* (The Cockcroft Report), Londres: Her Majesty's Stationery Office, 1982.
- DE CORTE, E.; GREER, B. e VERSCHAFFEL, L. Mathematics Teaching and Learning. In: BERLINER, D. C e CALFEE, R. C. (eds.) *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan, 1996.
- DE LANGE, J. *Mathematics, Insight and Meaning*. Utrecht: CD-Press, 1987.
- _____. Assessment: No Change without Problems. In ROMBERG, T.A. (ed.), *Reform in School Mathematics*. Albany: SUNY Press, 1995.
- DE LANGE, J. e VERHAGE, H. *Data Visualization*. Pleasantville: Sunburst, 1992.
- DOSSEY, J.A. Defining and Measuring Quantitative Literacy. In STEEN, L.A. (ed.), *Why Numbers Count*. Nova Iorque: The College Board, 1997.
- EAGLES, P.F.J. e DEMARE, R. Factors Influencing Children's Environmental Attitudes, *The Journal of Environmental Education*. [S.l., s.n.]: 30 (4), 1999.
- FENSHAM, P.J. Science for All: A Reflective Essay. *Journal of Curriculum Studies*. [S.l., s.n.]: 17 (4), 1985.
- _____. Time to Change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*. [S.l., s.n.]: 2, 9-24, 2000.
- FEY, J. Quantity. In STEEN, L.A. (ed.) *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. Washington, D.C. : National Academy Press, 1990.
- FLEMING, R. Literacy for a Technological Age. *Science Education*. [S.l., s.n.]: 73 (4), 1989.
- FREUDENTHAL, H. *Mathematics as an Educational Task*. Dordrecht: D. Reidel, 1973.
- _____. *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Dordrecht: D. Reidel, 1983.
- GARDNER, P.L. Attitudes to Science: A Review, *Studies in Science Education*. [S.l., s.n.]: 2, 1975.
- _____. Students' Interest in Science and Technology: An International Overview. In LEHRKE, M.; HOFFMANN, L. e GARDNER, P. L. (eds.) *Interests in Science and Technology Education*. Kiel: Institute for Science Education na Universidade de Kiel, 1984.



- GAULD, C. e HUKINS, A.A. Scientific Attitudes: A Review. *Studies in Science Education*. [S.l., s.n.]: 7, 1980.
- GEE, J. *Preamble to a Literacy Program*. Madison: Department of Curriculum and Instruction, 1998.
- GRÄBER, W. e BOLTE, C. (eds.) *Scientific Literacy: An International Symposium*. Kiel: Institute for Science Education na Universidade de Kiel, 1997.
- GRÜNBAUM, B. Geometry Strikes Again. *Mathematics Magazine*. [S.l., s.n.]: 58 (1), 1985.
- HERSHKOWITZ, R.; PARZYSZ, B. e van DORMOLEN, J. Space and Shape. In BISHOP, A. J. et al. (eds.), *International Handbook of Mathematics Education, Part 1*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- KIRSCH, I.S. e MOSENTHAL, P.B. Understanding Documents: A Monthly Column. *Journal of Reading*. Newark: International Reading Association, 1989-1991.
- KLOPFER, L. Evaluation of Learning in Science. In BLOOM, B.; HASTINGS, J. e MADAUS, G. (eds.), *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill, 1971.
- _____. A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education. *Science Education*. [S.l., s.n.]: 60, 1976.
- KOBALLA, T.; KEMP, A. e EVANS, R. The Spectrum of Scientific Literacy. *The Science Teacher*. [S.l., s.n.]: 64 (7), 1997.
- KUHN, D. Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*. [S.l., s.n.]: 62 (2), 1992.
- LAFORGIA, J. The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation. *Science Education*. [S.l., s.n.]: 72 (4), 1988.
- LANGER, J. *Envisioning Literature*. Newark: International Reading Association, 1995.
- LAW, N. Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*. [S.l., s.n.]: 2, 151–176, 2002.
- LOGSE. *Ley de Ordenacion General del Sistema Educativo*. Madrid: LOGSE, 1990.
- MASTERS, G.; ADAMS, R. e WILSON, M. Charting Student Progress. In MASTERS, G. e KEEVES, J. (eds.) *Advances in Measurement in Educational Research and Assessment*. Amsterdam: Elsevier Science, 1999.
- MASTERS, G. e FORSTER, M. *Progress Maps*. Melbourne: Australian Council for Educational Research, 1996.
- MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA – MAA. *The Re-organization of Mathematics in Secondary Education: A Report of the National Committee on Mathematical Requirements*. Oberlin: MAA, 1923.
- MATHEMATICAL SCIENCES EDUCATION BOARD – MSEB. *Reshaping School Mathematics: A Philosophy and Framework of Curriculum*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.
- MAYER, V.J. (ed.) *Global Science Literacy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- MAYER, V.J. e KUMANO, Y. The Philosophy of Science and Global Science Literacy. In Mayer, V.J. (ed.) *Global Science Literacy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- MILLAR, R. e OSBORNE, J. *Beyond 2000: Science Education for the Future*, Londres: King's College London, School of Education, 1998.
- MITCHELL, J., E. et al. *Student Work and Teacher Practice in Mathematics*. Washington, D.C.: National Center for Education Statistics, 2000.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS – NCTM. *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston: NCTM, 1989.



- NCTM. *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston; NCTM, (2000).
- NEUBRAND, M., *et al.* (Deutsche OECD/PISA-Expertengruppe Mathematik). Grundlagen der Ergänzung des internationalen OECD/PISA-Mathematik-Tests in der deutschen Zusatzerhebung. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*. [S.l., s.n.]: 33 (2), 2001.
- NISS, M. Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse. *Uddanneise*. [S.l., s.n.]: 9. 1999.
- NORRIS, S. e PHILLIPS, L. How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. *Science Education*. [S.l., s.n.]: 87 (2), 2003.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. Paris: OECD, 1999.
- _____. *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*. Paris: OECD, 2000.
- _____. *Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000*. Paris: OECD, 2001.
- _____. *Reading for Change – Performance and Engagement across countries*. Paris: OECD, 2002.
- _____. *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD, 2003a.
- _____. *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo)*. Paris: OECD, 2003b. Resumo do relatório final Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society.
- _____. *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003*. Paris: OECD, 2004.
- _____. *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*. Paris: OECD, 2005.
- OSBORNE, J., *et al.* Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *School Science Review*. [S.l., s.n.]: 82 (301), 2001.
- OSBORNE, J.; SIMON, S. e COLLINS, S. Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education*. [S.l., s.n.]: 25 (9), 2003.
- RICKINSON, M. Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence. *Environmental Education Research*. [S.l., s.n.]: 7 (3), 2001.
- ROBERTS, D. *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*. Ottawa: Science Council of Canada, 1983.
- SCHIBECI, R.A. Attitudes to Science: An Update. *Studies in Science Education*. [S.l., s.n.]: 11, 1984.
- SCHUPP, H. Anwendungsorientierter mathematikunterricht in der sekundarstufe I zwischen tradition und neuen impulsen. *Der Mathematikunterricht*. [S.l., s.n.]: 34 (6), 1988.
- STEEN, L.A. *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.
- _____. (ed.) *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*. Nova Iorque: The College Board, 1997.
- STEWART, K. Change. In STEEN, L. A. (ed.) *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.
- STICHT, T.G. (ed.) *Reading for Working: A Functional Literacy Anthology*. Alexandria: Human Resources Research Organization, 1975.



STIGGINS, R.J. An Analysis of the Dimensions of Job-Related Reading. *Reading World*, [S.l., s.n.]: 82, 1982.

UNESCO. (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All: Final Report*. Paris: UNESCO, 1993.

UNESCO. UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015). *Unesco International Science, Technology & Environmental Education Newsletter*. Paris: UNESCO, v. XXVIII, n. 1–2, 2003.

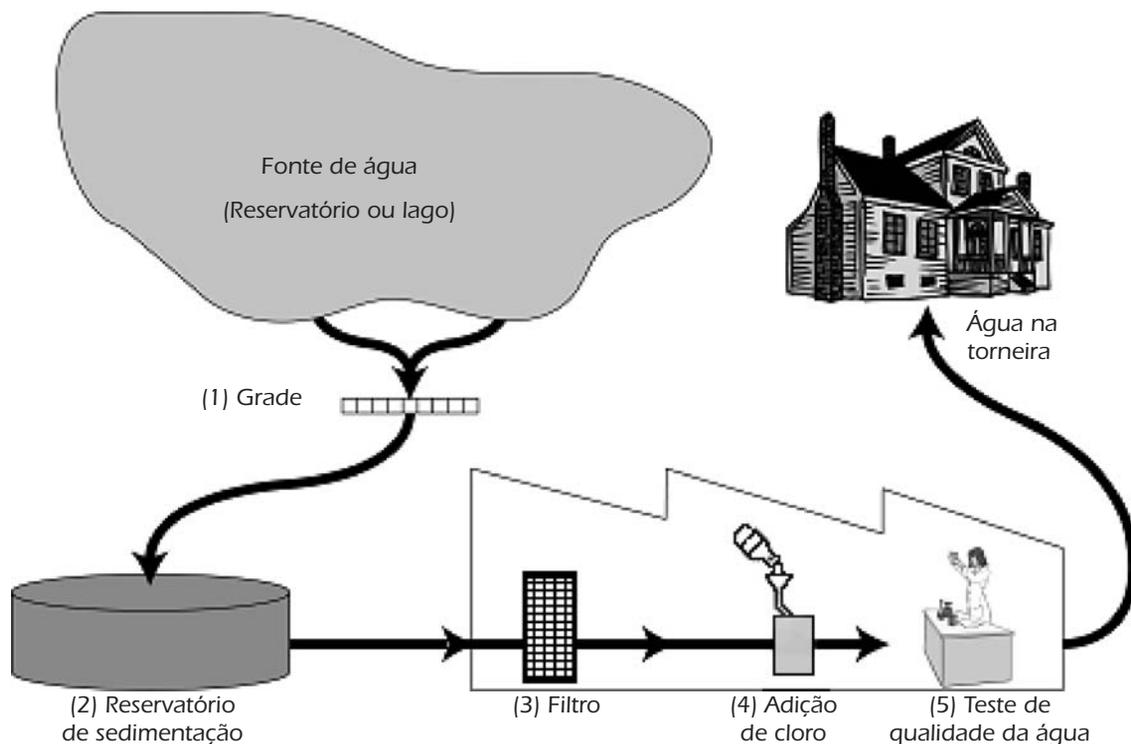
UNESCO. *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*. Paris: Unesco, 2005.

WEAVER, A. Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison. *International Journal of Sociology*. [S.l., s.n.]: 32 (1), 2002.

Anexo **A**

UNIDADES ADICIONAIS DE CIÊNCIAS

Pronta para beber



A figura acima mostra o processo que torna potável a água fornecida para residências nas cidades.

Questão 1.1

É importante dispor de uma fonte de água de boa qualidade. A água encontrada no subsolo é denominada *água subterrânea*.

Dê uma razão para que a água subterrânea tenha menos bactérias e partículas de poluição do que a água de fontes de superfície, tais como lagos e rios.

Pontuação e comentários sobre a questão 1.1

Crédito total

Código 11: Respostas que mencionam que a água subterrânea é filtrada através do solo

- A água fica limpa ao passar através de areia ou de poeira.
- Foi filtrada naturalmente.
- Porque quando a água atravessa o solo é filtrada por pedras e areia.

Código 12: Respostas que mencionam que a água subterrânea é encapsulada e, portanto, protegida de possível poluição; OU que a água de superfície pode ser mais facilmente poluída

- A água subterrânea fica sob a terra e, portanto, a poluição do ar não a atinge.
- Porque a água subterrânea não fica a céu aberto, está localizada sob alguma coisa.
- Lagos e rios podem ser poluídos pelo ar e você pode nadar nesses locais, etc., por isso não fica limpa.
- Porque lagos e rios são poluídos por pessoas e animais.

**Código 13: Outras respostas corretas**

- Na água subterrânea não há muito alimento para bactérias, portanto elas não sobrevivem nesse ambiente.
- Água subterrânea não está sob o Sol. Há algas verde-azuladas.

Nenhum crédito**Código 01: Respostas que mencionam que a água subterrânea é muito limpa (informação já fornecida)**

- Porque foi limpa.
- Porque há lixo em lagos e rios [Não explica por quê].
- Porque há menos bactérias.

Código 02: Respostas que obviamente se referem ao processo de limpeza fornecido na figura e apresentado como estímulo

- Porque a água subterrânea passa por um filtro e recebe cloro.
- A água subterrânea passa por um filtro que a limpa completamente.

Código 03: Outras respostas

- Porque está sempre se movimentando.
- Porque não é agitada e, portanto, não traz lama do fundo.

Código 99: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Terra e sistemas espaciais (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Recursos naturais

Situação: Global

Este item enfoca dois aspectos da qualidade da água: contaminação por partículas e por bactérias. A resposta requer aplicação de conhecimentos científicos para explicar por que água subterrânea não-tratada é menos contaminada do que água de superfície não-tratada.

A disponibilidade de água limpa tem importância diária para populações no mundo todo, embora como questão sua importância varie de acordo com as circunstâncias. A classificação do item é consistente com a necessidade de basear-se em conhecimento de ciência para explicar um fenômeno.

Este item apresentou bom desempenho no teste de campo, com boa discriminação, e apresentou níveis moderados de dificuldade, sendo respondido por cerca de dois terços dos estudantes.

Questão 1.2

A purificação da água geralmente acontece em diversas etapas, envolvendo técnicas diferentes. O processo de purificação apresentado na figura envolve quatro etapas (numeradas de 1 a 4). Na segunda etapa, a água é coletada em um reservatório de sedimentação.

De que forma a água torna-se mais limpa nessa etapa?

- A. As bactérias contidas na água morrem.
- B. É adicionado oxigênio à água.
- C. Cascalho e areia vão para o fundo.
- D. Substâncias tóxicas são decompostas.



Pontuação e comentários sobre a questão 1.2

Crédito total

Código 1: C. Cascalho e areia vão para o fundo.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social

O contexto da unidade identifica de que forma a água coletada em reservatórios e lagos é purificada antes de ser distribuída às famílias. Esse item envolve identificar, por reconhecimento ou dedução, a função do reservatório de sedimentação. Desse modo, avalia o conhecimento dos estudantes sobre a sedimentação como efeito gravitacional das partículas na água.

No teste de campo, o item apresentou dificuldade média e boa discriminação, embora a segunda opção (B) fosse um distrator inconsistente.

Questão 1.3

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

Por que se adiciona cloro à água?

Pontuação e comentários sobre a questão 1.3

Crédito total

Código 1: Respostas que mencionam remoção, eliminação ou decomposição de bactérias (ou micróbios, vírus ou germes)

- Para eliminar bactérias.
- O cloro mata bactérias.
- Para eliminar todas as algas.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- A água fica menos ácida e não terá mais algas.
- É como fluoreto.
- Para purificar ainda mais a água e eliminar resíduos de outras coisas ["Coisas" não são claramente especificadas].
- Para mantê-la limpa e potável.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos



Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social

De modo semelhante ao item anterior, o contexto tem relevância na vida diária, uma vez que os cidadãos devem conhecer alguma coisa sobre os tratamentos aplicados à água que bebem.

O conhecimento dos efeitos do cloro sobre organismos vivos é utilizado para explicar por que o cloro é adicionado à água. Portanto, a categoria de conhecimento é “Sistemas vivos”.

O item apresentou desempenho razoável no teste de campo, com discriminação adequada. De maneira geral, apresentou dificuldade de baixa a média, mas foi significativamente mais difícil em um pequeno número de países.

Questão 1.4

Suponha que os cientistas envolvidos nos testes da água na estação de tratamento descubram que há algumas bactérias perigosas na água após a conclusão do processo de purificação.

O que as pessoas em casa devem fazer com a água antes de bebê-la?

Pontuação e comentários sobre a questão 1.4

Crédito total

Código 11: Respostas que mencionam ferver a água

- Ferver a água.

Código 12: Respostas que mencionam outros métodos de purificação que podem ser realizados em casa com segurança

- Tratar a água com pastilhas de cloro (por ex., Puratabs).
- Utilizar um filtro de microporo.

Nenhum crédito

Código 01: Respostas que mencionam métodos “profissionais” de purificação não realizáveis em casa com segurança, ou impraticáveis em casa

- Misturar a água com cloro em um balde e bebê-la.
- Mais cloro, mais produtos químicos e biológicos.
- Destilar a água.

Código 02: Outras respostas

- Purificá-la novamente.
- Utilizar um filtro de café.
- Comprar água engarrafada até que o processo de purificação volte ao normal [Não responde o que está sendo perguntado].

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social



Este item exige que os estudantes saibam como eliminar ou remover bactérias da água por métodos práticos que podem ser realizados em casa. Portanto, a categoria de conhecimento é “Sistemas vivos”.

O item mostrou discriminação adequada no teste de campo e, em média, através dos países, apresentou dificuldade de baixa a moderada. Entretanto, houve grande variação no grau de dificuldade entre grupos de países, e portanto o item foi excluído do estudo principal.

Questão 1.5

Beber água potável poluída pode causar alguns dos problemas apresentados a seguir?

Marque “Sim” ou “Não” para cada caso.

Beber água potável poluída pode causar este problema de saúde?	Sim ou Não?
Diabetes	Sim / Não
Diarréia	Sim / Não
HIV / Aids	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 1.5

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Não, Sim, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

Este item avalia o conhecimento sobre a possibilidade de transmissão de algumas doenças comuns (genéticas, bacterianas, virais) através da água.

Embora classificado como “Explicação científica de fenômenos”, esse nível de competência é baixo, uma vez que pode ser respondido por simples memorização de conhecimentos. A categoria de conhecimento é, evidentemente, “Sistemas vivos”.

O item apresentou baixa dificuldade e mostrou discriminação adequada. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

**Questão 1.6**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber como a água é testada para verificar contaminação por bactérias	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender mais sobre o tratamento químico de abastecimento de água	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Aprender quais as doenças que podem ser transmitidas pela água que bebemos	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

Este item foi elaborado para avaliar o interesse dos estudantes em aprender mais sobre questões científicas relacionadas à água potável. Essa questão foi colocada no final da unidade para que os estudantes, já familiarizados com o contexto, possam emitir sua opinião.

O interesse dos estudantes é demonstrado quando fornecem uma indicação do nível em que desejam obter mais informações sobre três aspectos distintos da contaminação da água e seu tratamento para que possamos bebê-la.

A análise do fator exploratório dos resultados de testes de campo mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse” significativo. Houve interesse muito grande em aprender mais sobre as doenças transmitidas pela água que bebemos (afirmativa C) – como na maioria das afirmativas relacionadas a saúde e segurança pessoais.



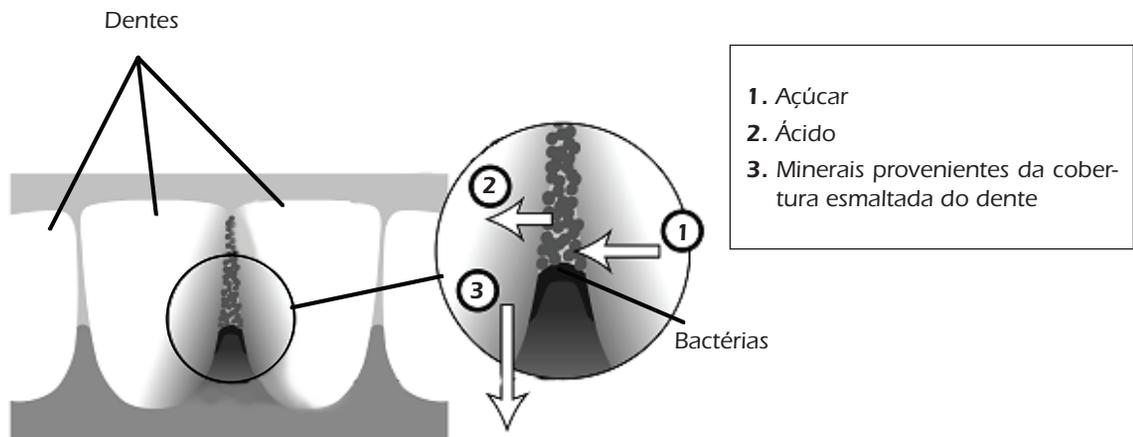
UNIDADE DE CIÊNCIAS 2

Cárie dentária

Bactérias que vivem em nossa boca causam cáries dentárias, que constituem um problema desde 1700, quando o açúcar tornou-se disponível graças à expansão da indústria da cana-de-açúcar.

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

- Bactérias que causam cáries alimentam-se de açúcar.
- O açúcar é transformado em ácido.
- O ácido danifica a superfície dos dentes.
- Escovar os dentes ajuda a prevenir cáries.



Questão 2.1

Qual é o papel da bactéria nas cáries dentárias?

- A. Bactérias produzem esmalte.
- B. Bactérias produzem açúcar.
- C. Bactérias produzem minerais.
- D. Bactérias produzem ácido.

Pontuação e comentários sobre a questão 2.1

Crédito total

Código 1: D. Bactérias produzem ácido

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Utilização de evidências científicas



Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

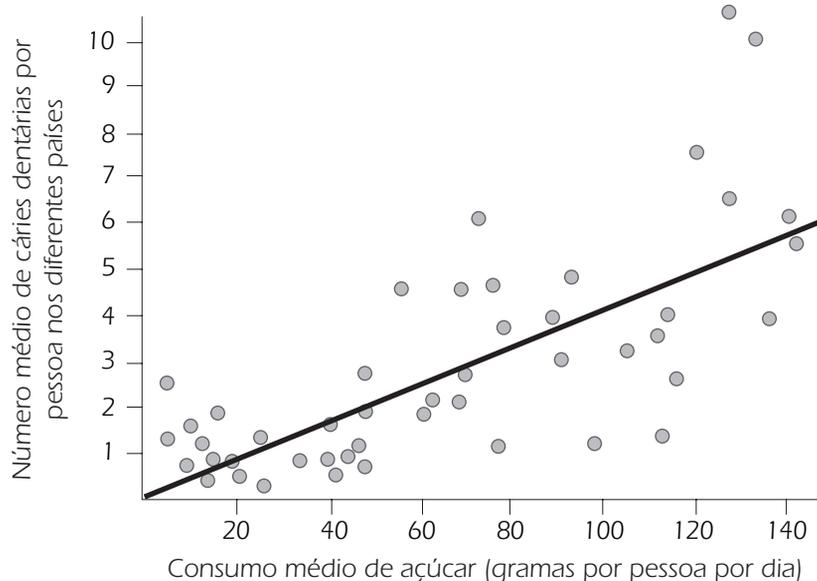
As Informações sobre cárie dentária são fornecidas por meio de um diagrama e de um texto associado. Os estudantes devem selecionar sua conclusão a partir das informações fornecidas.

Uma vez que o teor de ciências envolvido está relacionado apenas à capacidade de utilizar evidências para chegar a uma conclusão, o item avalia principalmente “Conhecimentos sobre ciências”.

Este item apresentou bom desempenho no teste de campo, mostrando boa discriminação, e foi considerado relativamente fácil.

Questão 2.2

O gráfico a seguir apresenta o consumo de açúcar e o volume de cáries em diferentes países.



No gráfico, cada país está representado por um ponto.

Qual das seguintes afirmativas está baseada em dados apresentados no gráfico?

- A. Em alguns países, as pessoas escovam os dentes com maior frequência do que em outros.
- B. Quanto mais açúcar as pessoas consomem, maior a probabilidade de terem cáries.
- C. Nos últimos anos, a taxa de ocorrência de cáries cresceu em muitos países.
- D. Nos últimos anos, o consumo de açúcar aumentou em muitos países.

Pontuação e comentários sobre a questão 2.2

Crédito total

Código 1: B. Quanto mais açúcar as pessoas consomem, maior a probabilidade de terem cáries

**Nenhum crédito**

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha**Competência:** Utilização de evidências científicas**Categoria de conhecimento:** Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)**Área de aplicação:** Saúde**Situação:** Pessoal

Este item teve desempenho razoável no teste de campo. Apresentou dificuldade média e discriminação adequada.

Como no item anterior, a categoria de conhecimento é “Explicações científicas”, e a competência envolvida é “Utilização de evidências científicas”. Entretanto, nesse caso os dados (evidências) são fornecidos na forma de gráfico. Para interpretar o gráfico corretamente, é necessária uma compreensão clara das variáveis envolvidas.

Questão 2.3

Determinado país tem alto número de cáries dentárias por pessoa.

As perguntas a seguir sobre cáries dentárias nesse país podem ser respondidas por experimentos científicos? Marque “Sim” ou “Não” para cada questão.

Esta pergunta sobre cáries dentárias pode ser respondida por experimentos científicos?	Sim ou Não?
Que efeito a adição de fluoreto à água fornecida teria sobre a cárie dentária?	Sim / Não
Quanto deve custar uma consulta ao dentista?	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 2.3**Crédito total**

Código 1: As duas corretas: Sim, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa**Competência:** Identificação de questões científicas**Categoria de conhecimento:** Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)**Área de aplicação:** Saúde**Situação:** Social



Neste item, os estudantes devem fazer distinção entre questões que podem e não podem ser respondidas por meio de experimentação científica. Envolve principalmente a aplicação de conhecimentos sobre a metodologia da ciência e, portanto, a categoria de conhecimento é “Investigação científica”. A classificação de competência é, obviamente, “Identificação de questões científicas”.

Análises do teste de campo classificam este item como de dificuldade média. Apresentou boa discriminação.

Questão 2.4

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Por meio de um microscópio, saber qual é a aparência de uma bactéria de cárie dentária	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender sobre o desenvolvimento de uma vacina para prevenir a cárie dentária	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Compreender de que maneira alimentos sem açúcar podem causar cárie	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse

Este item foi elaborado para avaliar o interesse dos estudantes nos aspectos científicos das cáries dentárias. Assim como em todos os itens atitudinais, essa questão foi colocada no final da unidade para que os estudantes, já familiarizados com o contexto, possam emitir sua opinião.

A análise do fator exploratório dos resultados de testes de campo mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse” significativo.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 3

Trabalho no calor

Questão 3.1

Pedro está reformando uma casa velha. Deixou uma garrafa de água, alguns pregos de metal e uma peça de madeira dentro do porta-malas de seu carro. Depois de três horas sob ao sol, a temperatura dentro do carro chegou a cerca de 40°C.

O que acontece com os objetos dentro do carro? Marque "Sim" ou "Não" para cada afirmativa.

Isto acontece com o(s) objeto(s)?	Sim ou Não?
Todos estão com a mesma temperatura.	Sim / Não
Após algum tempo a água começou a ferver.	Sim / Não
Após algum tempo os pregos de metal começaram a ficar avermelhados.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 3.1

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Não, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciência e tecnologia

Situação: Pessoal

Esta unidade apresenta um "estilo" diferente das demais unidades desta compilação de exemplos. Não traz estímulo comum e é uma entre inúmeras unidades elaboradas para promover o conhecimento sobre interpretações errôneas importantes de conceitos fundamentais. Apenas uma dessas unidades foi incluída no estudo principal dadas as restrições de espaço e a falta de informações que outros itens forneceram sobre os níveis gerais de alfabetização científica dos estudantes.

Os resultados do teste de campo para esse item mostraram interpretações errôneas significativas entre os estudantes, e menos de 20% deles responderam corretamente que "Todos estão com a mesma temperatura". Não houve praticamente nenhuma diferença na capacidade média entre aqueles que assinalaram corretamente essa opção e os que não a responderam corretamente. Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino. A segunda e a terceira afirmativas foram respondidas corretamente por cerca de 75% dos estudantes.

**Questão 3.2**

Durante o dia, Pedro toma uma xícara de café quente, a uma temperatura de cerca de 90°C , e uma xícara de água mineral gelada, a uma temperatura de cerca de 5°C . As xícaras têm o mesmo tipo e o mesmo tamanho, e o volume de cada bebida é o mesmo. Pedro deixa as xícaras em uma sala em que a temperatura está a cerca de 20°C .

Qual é a provável temperatura do *café* e da *água* mineral após 10 minutos?

- A. 70°C e 10°C
- B. 90°C e 5°C
- C. 70°C e 25°C
- D. 20°C e 20°C

Pontuação e comentários sobre a questão 3.2**Crédito total**

Código 1: A. 70°C e 10°C

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Tal como muitos dos itens de “interpretações errôneas”, este item apresenta contexto imaginário, e essa foi uma razão adicional para que não fosse incluído no estudo principal.

No teste de campo, o item apresentou discriminação adequada e foi respondido corretamente por cerca de 50% dos estudantes.

**Questão 3.3**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Compreender como a forma da xícara pode influenciar o esfriamento do café	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender sobre arranjos diferentes de átomos na madeira, na água e no aço	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Saber por que motivo sólidos diferentes conduzem calor a taxas diferentes	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

Neste item, o interesse em ciências é demonstrado pela manifestação de desejo dos estudantes de obter informações sobre como a estrutura dos materiais afeta a transferência de calor. O item foi colocado no final da unidade para permitir que os estudantes se familiarizassem com o contexto antes de emitir sua opinião.

A análise do fator exploratório mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse” significativo. Em comparação a outros contextos utilizados no teste de campo, o interesse em obter informações científicas relevantes para esse contexto foi muito baixo, principalmente para as duas primeiras afirmativas.



Doença erupitiva dos ratos

Há muitos tipos de vírus que causam doenças eruptivas em animais. Geralmente, cada tipo de vírus afeta apenas uma espécie animal. Uma revista relatou que um cientista utilizou engenharia genética para modificar o DNA da doença erupitiva dos ratos. O vírus alterado matou todos os ratos infectados.

O cientista afirma que pesquisas com vírus modificado são necessárias para controlar pestes que prejudicam os alimentos humanos. Os críticos da pesquisa afirmam que os vírus poderiam escapar dos laboratórios e infectar outros animais. Também mostram preocupação com o fato de um vírus modificado de doença eruptiva para determinada espécie poder afetar outras espécies, principalmente humanos.

Seres humanos são infectados pelo vírus da doença eruptiva denominada varíola. A varíola mata a maioria das pessoas infectadas. Embora o consenso geral seja de que essa doença foi eliminada da população em geral, amostras do vírus da varíola são mantidas em laboratórios do mundo todo.

Questão 4.1

Críticos expressaram sua preocupação com o fato de o vírus de doença eruptiva dos ratos poder infectar outras espécies que não ratos. Qual dos seguintes motivos é a *melhor* explicação para essa preocupação?

- A. Os genes do vírus da varíola e os genes do vírus modificado da doença eruptiva dos ratos são idênticos.
- B. Uma mutação no DNA do vírus da doença eruptiva dos ratos pode permitir que o vírus infecte outros animais.
- C. Uma mutação pode levar o DNA do vírus da doença eruptiva dos ratos a tornar-se idêntico ao DNA do vírus da varíola.
- D. O número de genes do vírus da doença eruptiva dos ratos é o mesmo de outros vírus de doenças eruptivas.

Pontuação e comentários sobre a questão 4.1

Crédito total

Código 1: B. Uma mutação no DNA do vírus da doença eruptiva dos ratos pode permitir que o vírus infecte outros animais.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Global

O contexto de modificação e mutação genética, envolvendo os efeitos da introdução de novas espécies em ecossistemas estabelecidos, e o risco de que doenças “saltem” entre as espécies são questões pontuais e importantes.



Entretanto, esse item não apresentou bom desempenho no teste de campo. Sua discriminação foi inconsistente, a variabilidade entre os países chegou a níveis inaceitáveis – talvez indicando que em alguns países o conteúdo de ciências envolvido não faça parte do currículo. Além disso, a capacidade média dos estudantes que assinalaram o distrator C foi praticamente igual à capacidade média dos estudantes que assinalaram a opção correta (B). Conseqüentemente, esse item não foi incluído no estudo principal.

Questão 4.2

Uma pessoa que criticou a pesquisa estava preocupada com o fato de o vírus modificado da doença eruptiva dos ratos poder escapar de um laboratório. Esse vírus poderia causar a extinção de algumas espécies de ratos.

Os resultados a seguir são possíveis se algumas espécies de ratos forem extintas?

Marque “Sim” ou “Não” para cada caso.

Este resultado é possível se algumas espécies de ratos forem extintas?	Sim ou Não?
Algumas correntes alimentares podem ser afetadas.	Sim / Não
Gatos domésticos podem morrer por falta de alimento.	Sim / Não
O número de plantas cujas sementes são comidas por ratos pode aumentar temporariamente.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 4.2

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Não, Sim, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Global

É necessário o conhecimento sobre redes alimentares para responder corretamente a essa questão. O estudante deve prever os efeitos da remoção de componentes em uma rede alimentar, em vez de utilizar evidências para tirar uma conclusão. Desse modo, a classificação é “Explicação científica de fenômenos – Conhecimento de sistemas vivos”.

No teste de campo, o item apresentou discriminação adequada e dificuldade média.

Questão 4.3

Uma empresa tenta desenvolver um vírus que torne os ratos estéreis (ou seja, incapazes de procriar). Esse vírus poderia ajudar a controlar o número de ratos.

Suponha que a empresa consiga seu intento. As questões a seguir poderiam ser respondidas por pesquisas antes da liberação do vírus?



Marque “Sim” ou “Não” para cada caso.

Esta questão poderia ser respondida por pesquisas antes da liberação do vírus	Sim ou Não
Qual é o melhor método para disseminar o vírus?	Sim / Não
Com que velocidade os ratos desenvolverão imunidade ao vírus?	Sim / Não
O vírus afetará outras espécies animais?	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 4.3

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Sim, Sim

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos / Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência) / Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Social

Este item teve bom desempenho no teste de campo, com discriminação adequada. Apresentou dificuldade no limite inferior da variação média.

Entretanto, o item não foi incluído no estudo principal, pois avaliava “Conhecimentos sobre ciências” e “Conhecimento de ciência” em níveis significativos. O conhecimento sobre sistemas vivos é necessário para decidir se as questões devem ser respondidas antes de o vírus ser liberado; o conhecimento sobre metodologia científica é necessário para decidir se as questões devem ser respondidas por pesquisas científicas.

Questão 4.4

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Aprender sobre a estrutura dos vírus	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Saber como se dá a mutação de um vírus (mudança)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Compreender melhor como o corpo se defende contra vírus	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄



Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse

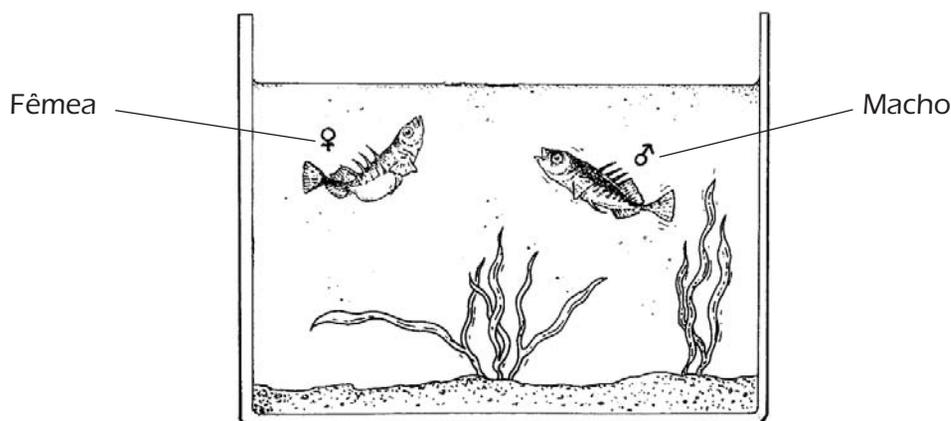
Este item busca avaliar o interesse dos estudantes em elementos do contexto relativos ao comportamento dos vírus, e de que maneira o corpo se defende contra os vírus. Tal como todos os itens atitudinais, esta questão foi colocada no final da unidade para que os estudantes, já familiarizados com o contexto, pudessem emitir sua opinião.

A análise do fator exploratório dos resultados de testes de campo mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse” significativo. A opção *Compreender melhor como o corpo se defende contra vírus* (afirmativa c) despertou maior interesse do que nas outras duas tarefas.



Comportamento do esgana-gata-marinho

O esgana-gata é um peixe fácil de manter em aquário.

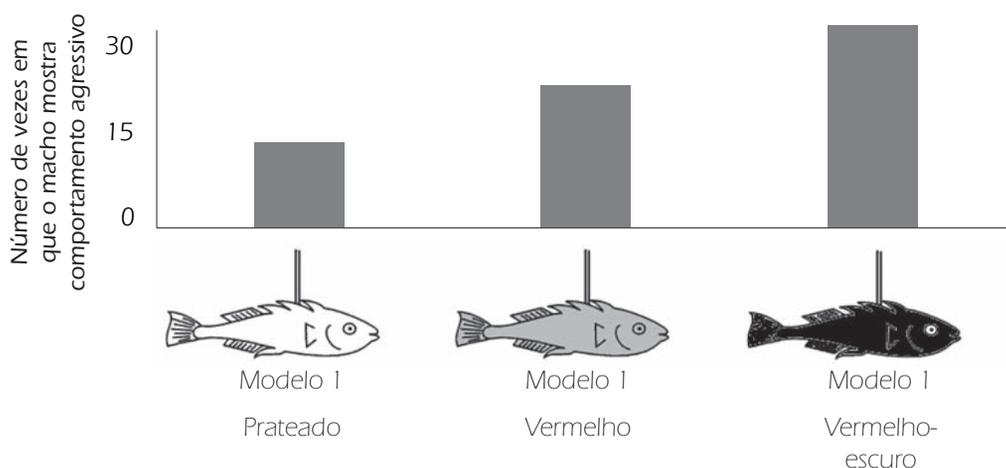


- Durante a temporada de reprodução, a barriga do esgana-gata macho muda de cor: de prateada para vermelha.
- O esgana-gata macho atacará qualquer concorrente macho que entre em seu território e tentará afastá-lo.
- Quando uma fêmea prateada se aproxima, o macho tentará guiá-la para seu ninho para que lá ela ponha seus ovos.

Em um experimento, um estudante deseja investigar o que provoca o comportamento agressivo do esgana-gata macho.

Um esgana-gata macho está sozinho no aquário pesquisado pelo estudante, que fez três modelos de peixe de cera conectados a pedaços de fio. O estudante pendura os modelos separadamente no aquário durante o mesmo período de tempo. A seguir, conta o número de vezes em que o esgana-gata macho reage agressivamente empurrando as figuras de cera.

Os resultados deste experimento são apresentados a seguir.





Questão 5.1

Qual é a questão que este experimento tenta responder?

Pontuação e comentários sobre a questão 5.1

Crédito total

Código 1: Que cor provoca o comportamento agressivo mais forte no esgana-gata macho?

- O esgana-gata macho reage mais agressivamente ao modelo vermelho do que ao prateado?
- Há alguma relação entre a cor e o comportamento agressivo?
- A cor do peixe torna o macho mais agressivo?
- Que cor de peixe o esgana-gata acha mais ameaçadora?

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas (inclusive todas as respostas que não mencionam a cor do estímulo/modelo/peixe)

- Que cor provoca o comportamento agressivo do esgana-gata macho? [Sem comparação.]
- A cor da esgana-gata fêmea determina a agressividade do macho? [O primeiro experimento não está preocupado com o gênero do peixe.]
- A qual modelo o esgana-gata macho reage mais agressivamente? [Deve fazer referência específica à cor do peixe/modelo.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Todas as informações relevantes sobre o experimento são fornecidas, e portanto o item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”. A classificação do contexto (“Pessoal”, “Fronteira entre ciências e tecnologia”) está de acordo com a estrutura descritiva “ampliar a compreensão do mundo natural”.

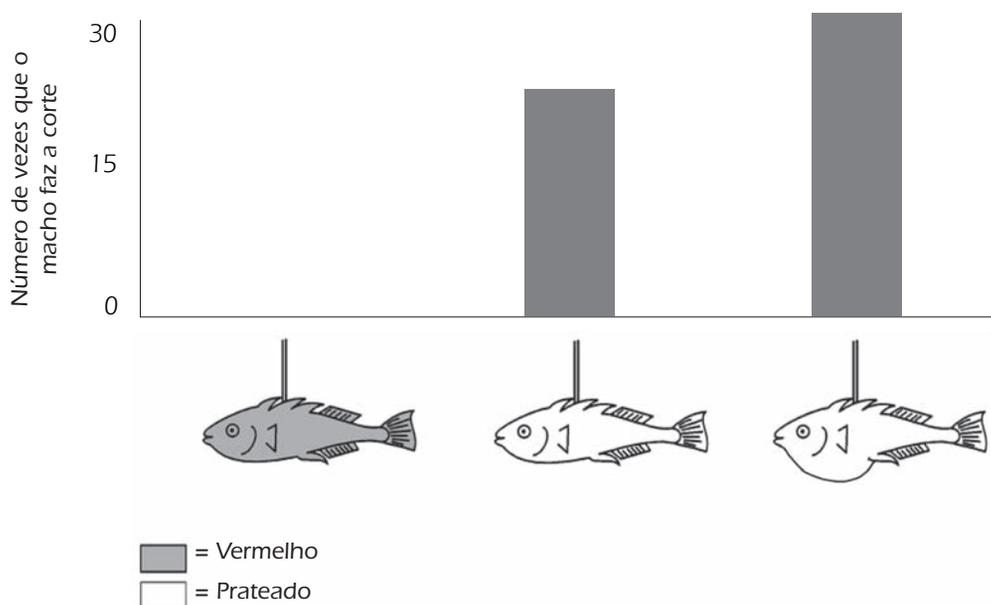
No teste de campo, o item demonstrou discriminação adequada, mas, de maneira geral, apresentou dificuldades, e cerca de 25% dos estudantes receberam crédito. Esta unidade não foi incluída no estudo principal, uma vez que foi considerada menos relevante para a vida cotidiana de estudantes de 15 anos de idade do que as demais unidades concorrentes à inclusão, e devido à sua alta carga geral de leitura.

**Questão 5.2**

Durante o período de reprodução, quando o esgana-gata macho vê uma fêmea, ele tenta atraí-la fazendo-lhe a corte, que parece uma dança. Em um segundo experimento, investiga-se esse comportamento.

Novamente são utilizados três modelos de cera em um pedaço de fio. Um é vermelho; dois são prateados, sendo que um tem a barriga plana e outro tem barriga arredondada. O estudante conta o número de vezes (em um intervalo de tempo determinado) que o esgana-gata macho reage a cada modelo, fazendo-lhe a corte.

Os resultados desse experimento são apresentados a seguir.



Três estudantes tiram uma conclusão com base nos resultados desse segundo experimento.

De acordo com as informações apresentadas no gráfico, suas conclusões estão corretas?

Marque "Sim" ou "Não" para cada conclusão.

De acordo com as informações apresentadas no gráfico, esta conclusão está correta?	Sim ou Não?
A cor vermelha estimula o esgana-gata macho a fazer a corte.	Sim / Não
Uma esgana-gata fêmea com barriga plana estimula o macho a fazer-lhe a corte com maior freqüência.	Sim / Não
O esgana-gata macho corteja a fêmea de barriga arredondada com maior freqüência do que a fêmea de barriga plana.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 5.2**Crédito total**

Código 1: As três respostas corretas: Não, Não, Sim, nessa ordem



Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

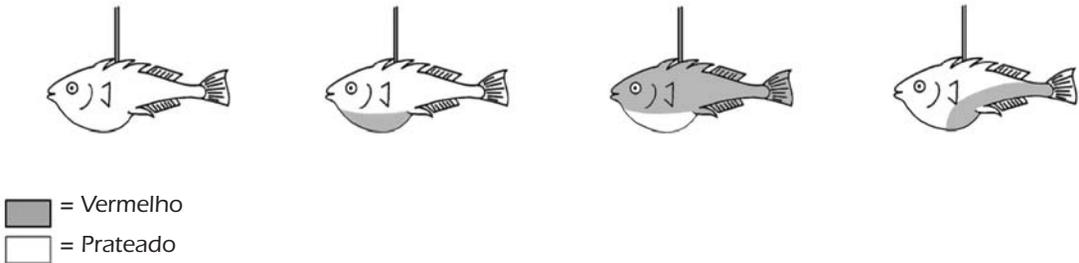
Ao interpretar os dados apresentados no gráfico, o estudante explica os significados inerentes a eles e não precisa basear-se em informações externas. Conseqüentemente, este item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Explicações científicas”.

No teste de campo, o item apresentou facilidade relativa, com discriminação muito boa. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

Questão 5.3

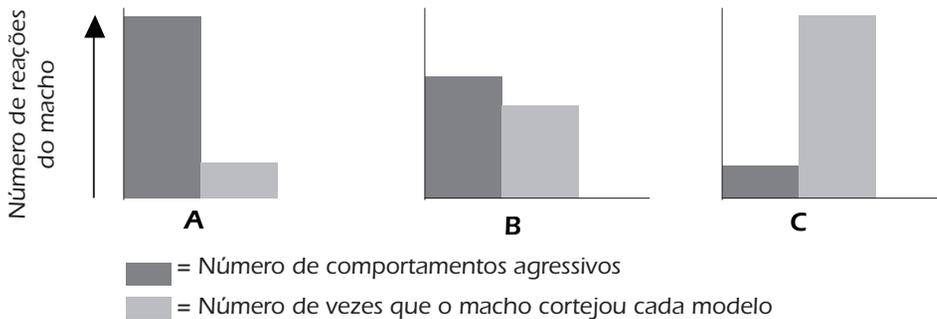
Experimentos mostraram que o esgana-gata macho reage com agressividade a modelos com a *barriga vermelha* e corteja modelos com *barriga prateada*.

Em um terceiro experimento, os quatro modelos apresentados a seguir foram utilizados:



Os três diagramas a seguir mostram possíveis reações de um esgana-gata macho a cada um dos modelos acima.

Qual dessas reações seria previsível para cada um dos quatro modelos?





Preencher com A, B ou C de acordo com o resultado para cada modelo.

	Reação
Modelo 1	
Modelo 2	
Modelo 3	
Modelo 4	

Pontuação e comentários sobre a questão 5.3

Crédito total

Código 2: As quatro respostas corretas: C, A, C, B, nessa ordem

Crédito parcial

Código 1: Três respostas corretas

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção fechada

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Este item não teve bom desempenho no teste de campo. A discriminação foi inconsistente e apenas 33% de todos os estudantes obtiveram crédito total ou parcial. Infelizmente, não havia dados disponíveis sobre quais partes do item causaram maior dificuldade. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 6

Consumo de tabaco

O tabaco é fumado em cigarro, cigarrilhas e cachimbos. Pesquisas relatam que doenças relacionadas ao tabaco matam cerca de 13.500 pessoas diariamente em todos os lugares do mundo. A previsão é que, até 2020, doenças relacionadas ao tabaco causarão 12% de todas as mortes no mundo.

A fumaça do tabaco contém muitas substâncias nocivas. As substâncias mais prejudiciais são alcatrão, nicotina e monóxido de carbono.

Questão 6.1

A fumaça do tabaco é inalada para os pulmões. O alcatrão encontrado na fumaça é depositado nos pulmões, impedindo que funcionem adequadamente.

Qual das funções a seguir é a função dos pulmões?

- A. Bombear sangue oxigenado para todas as partes do corpo.
- B. Transferir para o sangue parte do oxigênio que respiramos.
- C. Purificar o sangue, reduzindo o conteúdo de dióxido de carbono a zero.
- D. Converter moléculas de dióxido de carbono em moléculas de oxigênio.

Pontuação e comentários sobre a questão 6.1

Crédito total

Código 1: B. Transferir para o sangue parte do oxigênio que respiramos

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

Os representantes dos governos deram alta prioridade para a inclusão desta unidade no estudo principal. Em particular, esse item não trata diretamente do consumo de tabaco, mas sim do funcionamento dos pulmões. Os estudantes deveriam basear-se corretamente em conhecimentos sobre a função dos pulmões para obter crédito. Portanto, a classificação do item é "Conhecimento de ciência", categoria "Sistemas vivos".

No teste de campo, o item apresentou relativa facilidade, com discriminação adequada. Estudantes do sexo masculino apresentaram tendência de acerto levemente maior do que estudantes do sexo feminino.

**Questão 6.2**

O consumo de tabaco aumenta o risco de contrair câncer nos pulmões e algumas outras doenças.

O risco de contrair as doenças a seguir aumenta com o hábito de fumar?

Marque "Sim" ou "Não" para cada caso.

O risco de contrair esta doença aumenta com o hábito de fumar?	Sim ou Não?
Bronquite	Sim / Não
HIV/Aids	Sim / Não
Catapora	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 6.2**Crédito total**

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Não, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

Este item atende às exigências de relevância para estudantes de 15 anos de idade. Eles devem saber que HIV/Aids e catapora são causadas por vírus, ao passo que bronquite é uma doença pulmonar e, portanto, tem maior probabilidade de afetar fumantes do que não-fumantes.

O item não apresentou bom desempenho no teste de campo. Embora de maneira geral tenha sido considerado fácil, com cerca de 70% de acertos por parte dos estudantes, houve uma variação significativa do grau de dificuldade entre os países. Em inúmeros países, a discriminação foi baixa, embora estudantes do sexo feminino tenham apresentado maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.



Questão 6.3

Algumas pessoas utilizam adesivos de nicotina para ajudá-las a parar de fumar. Os adesivos são colocados sobre a pele e liberam a nicotina no sangue, o que ajuda a aliviar o desejo de fumar e a eliminar os sintomas quando as pessoas param de fumar.

Para avaliar a eficácia dos adesivos de nicotina, é constituído um grupo de cem pessoas escolhidas aleatoriamente entre fumantes que desejam parar de fumar. O grupo deve ser estudado por um período de seis meses. A eficácia dos adesivos de nicotina deve ser medida por meio da constatação do número de pessoas do grupo que não voltaram a fumar ao final do estudo.

Qual é a *melhor* estrutura para o grupo experimental?

- A. Todas as pessoas do grupo utilizam adesivos.
- B. Com exceção de uma pessoa que tenta parar de fumar sem utilizar adesivo, todos os demais o utilizam.
- C. As pessoas escolhem se querem ou não utilizar adesivos para parar de fumar.
- D. 50% das pessoas são escolhidas aleatoriamente para utilizar adesivos; os outros 50% não os utilizam.

Pontuação e comentários sobre a questão 6.3

Crédito total

Código 1: D. 50% das pessoas são escolhidas aleatoriamente para utilizar adesivos; os outros 50% não os utilizam.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal/Social

É discutível se este item está relacionado à manutenção da saúde pessoal (e, portanto, a classificação da situação seria "Pessoal") ou da saúde comunitária (Situação: "Social").

Para responder corretamente a esse item, é necessária uma boa compreensão de grupos de controle em projetos experimentais. No teste de campo, o item mostrou dificuldade média, porém com boa discriminação. Constatou-se que o distrator B foi um pouco mais inconsistente do que os outros dois. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

**Questão 6.4**

Diversos métodos são utilizados para influenciar as pessoas a parar de fumar.

Esses métodos para tratar o problema apresentado a seguir estão baseados em tecnologia?

Marque "Sim" ou "Não" para cada caso.

Este método para diminuir o tabagismo está baseado em tecnologia?	Sim ou Não?
Aumentar o preço do cigarro.	Sim / Não
Produzir adesivos de nicotina para ajudar as pessoas a parar de fumar.	Sim / Não
Proibir o hábito de fumar em áreas públicas.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 6.4**Crédito total**

Código 1: As três respostas corretas: Não, Sim, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Sistemas de tecnologia (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social

Este item foi elaborado para avaliar a compreensão dos estudantes sobre o que é tecnologia. As opções descrevem uma abordagem econômica, uma abordagem tecnológica/química e uma abordagem legislativa para impedir que as pessoas fumem. Conhecimentos sobre o papel da tecnologia baseada na ciência são classificados na estrutura como "Conhecimentos sobre ciências", categoria "Sistemas de tecnologia".

O item apresentou bom desempenho no teste de campo. Na análise, o item apresentou grau de dificuldade médio, com boa discriminação.

**Questão 6.5**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?
Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber como o alcatrão contido no tabaco reduz a eficiência dos pulmões	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Compreender por que a nicotina vicia	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Aprender de que maneira o corpo se recupera depois que a pessoa pára de fumar	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse

A análise do fator exploratório mostrou grande “interesse em ciências” para a primeira afirmativa, porém houve ênfase maior sobre uma dimensão planejada para representar interesse em/preocupação com saúde e segurança. As outras duas afirmativas tiveram resultados inconsistentes através dos países. Embora a unidade tenha sido incluída no estudo principal, o item foi omitido por esses motivos.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 7

Luz das estrelas

Toshio gosta de olhar as estrelas. Entretanto, não pode observar estrelas muito bem à noite, porque vive em uma cidade grande.

No ano passado, Toshio foi para uma área rural, onde conseguiu observar grande número de estrelas que não consegue ver quando está na cidade.

Questão 7.1

Por que muitas estrelas podem ser observadas em áreas rurais, e não em cidades grandes?

- A. A lua é mais brilhante nas cidades e bloqueia a luz das estrelas.
- B. Há mais poeira para refletir luz na atmosfera de áreas rurais do que na da cidade.
- C. O brilho das luzes da cidade impede a visualização das estrelas.
- D. O ar é mais quente nas cidades devido ao calor emitido por carros, máquinas e casas.

Pontuação e comentários sobre a questão 7.1

Crédito total

Código 1: C. O brilho das luzes da cidade impede a visualização das estrelas.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Terra e sistemas espaciais (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Meio ambiente

Situação: Social

Neste item, para selecionar a resposta correta, é necessário que os estudantes conheçam os efeitos de luz externa para explicar a luz das estrelas. Conseqüentemente, a classificação é “Explicação científica de fenômenos – Terra e sistemas espaciais”.

O item apresentou desempenho bastante bom no teste de campo, com discriminação adequada e evidências mínimas de tendências culturais ou de gênero. Foi respondido corretamente por cerca de 65% dos estudantes.

**Questão 7.2**

Toshio utiliza um telescópio com uma lente de diâmetro amplo para observar estrelas de baixa luminosidade.

Por que é possível observar estrelas de baixa luminosidade utilizando um telescópio com lentes de diâmetro amplo?

- A. Quanto maior o diâmetro da lente, mais luz é coletada.
- B. Quanto maior o diâmetro da lente, maior seu grau de ampliação.
- C. Lentes com diâmetros maiores permitem maior visibilidade do céu.
- D. Lentes com diâmetros maiores podem detectar cores escuras nas estrelas.

Pontuação e comentários sobre a questão 7.2**Crédito total**

Código 1: A. Quanto maior o diâmetro da lente, mais luz é coletada.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Os representantes dos países classificaram este item com prioridade bastante baixa para inclusão no estudo principal em comparação a outros itens do teste de campo. No teste de campo, o item apresentou discriminação adequada e dificuldade média. Surpreendentemente, constatou-se que o distrator D (selecionado por 45% dos estudantes) foi mais popular do que a resposta correta A (selecionada por cerca de 30% dos estudantes). Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 8

Ultra-som

Em muitos países, é possível obter imagens de um feto (bebê em desenvolvimento) por meio de imagens de ultra-som (ecografia). O ultra-som é considerado seguro tanto para a mãe como para o feto.



O médico segura uma sonda e a move sobre o abdômen da mãe. Ondas de ultra-som são transmitidas para dentro do abdômen, onde são refletidas a partir da superfície do feto. Essas ondas refletidas são novamente recolhidas pela sonda e retransmitidas a uma máquina que produz uma imagem.

Questão 8.1

Para formar uma imagem, a máquina de ultra-som precisa calcular a *distância* entre o feto e a sonda.

Ondas de ultra-som movem-se pelo abdômen a uma velocidade de 1.540m/s.

Que medida a máquina deve fazer para que possa calcular a distância?

Pontuação e comentários sobre a questão 8.1

Crédito total

Código 1: Deve medir o tempo que a onda de ultra-som leva para ir da sonda até a superfície do feto e refletir-se de volta.

- O tempo de viagem da onda.
- O tempo.
- Tempo. Distância = velocidade/ tempo. [Embora a fórmula não esteja correta, o estudante identificou corretamente "tempo" como variável ausente.]
- Deve constatar o instante em que o ultra-som encontra o bebê.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- A distância.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)



Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

O contexto desta unidade tem grande relevância para a vida dos cidadãos, principalmente para mulheres. Entretanto, o primeiro item difere dos demais itens da unidade, uma vez que está relacionado com a ciência por trás da tecnologia, e não com o efeito ou função da tecnologia. Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino.

O item foi respondido corretamente por apenas 20% dos estudantes que participaram do teste de campo, mas apresentou boa discriminação.

Questão 8.2

A imagem de um feto também pode ser obtida por meio de raios X. Entretanto, as mulheres são advertidas para que evitem exposição do abdômen a raios X durante a gravidez.

Por que uma mulher deve evitar tirar raios X de seu abdômen *principalmente* durante a gravidez?

Pontuação e comentários sobre a questão 8.2

Crédito total

Código 1: Raios X são prejudiciais ao feto.

- Raios X podem causar lesões no feto.
- Raios X podem causar mutação no feto.
- Raios X podem causar deficiências congênitas no feto.
- Porque o bebê pode receber alguma radiação.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- Raios X não produzem uma imagem clara do feto.
- Raios X emitem radiação.
- A criança pode adquirir Síndrome de Down.
- A radiação é prejudicial. [Esta resposta não é suficiente. Danos potenciais ao feto (bebê) devem ser mencionados explicitamente.]
- Raios X dificultam uma nova gravidez [Esse é um motivo para evitar super exposição a raios X em geral.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

Resultados do teste de campo mostraram que este item foi de fácil resolução, e cerca de 75% dos estudantes responderam corretamente. A discriminação foi adequada e não houve questionamento óbvio entre os países. Como era de esperar, estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

**Questão 8.3**

Exames de ultra-som podem fornecer às gestantes respostas às questões a seguir?

Marque "Sim" ou "Não" para cada questão.

Um exame de ultra-som pode responder a esta questão?	Sim ou Não?
Hã mais de um bebê?	Sim / Não
Qual a cor dos olhos do bebê?	Sim / Não
O bebê tem aproximadamente o tamanho certo?	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 8.3**Crédito total**

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Não, Sim, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal

Este item foi respondido corretamente por cerca de 70% dos estudantes, e portanto pode ser considerado bastante fácil. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

O item pode ser respondido com base em conhecimentos da natureza do ultra-som e do que detecta – por isso a classificação "Sistemas físicos". Entretanto, o item também pode ser respondido por meio da familiaridade pessoal com a tecnologia de imagens por ultra-som, o que torna o item mais fácil para estudantes com esse conhecimento. Esse fato contribuiu para a decisão de não incluir a unidade no estudo principal.

**Questão 8.4**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Compreender como o ultra-som pode penetrar no corpo sem causar lesões	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender mais sobre as diferenças entre raios X e ultra-som	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Aprender sobre outros usos médicos do ultra-som	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

A análise do fator exploratório mostrou que as três afirmativas despertaram significativo “interesse em ciências”, porém cada uma delas com maior intensidade em uma dimensão planejada para medir interesse em/preocupação com saúde e segurança. A ocorrência das afirmativas (b), (a) e (c), embora o item não esteja diretamente relacionado a questões de saúde e segurança, provavelmente é consequência de ter sido baseado em um contexto altamente orientado para a saúde.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 9

Brilho labial

A tabela abaixo contém dois tipos diferentes de receita para cosméticos que você pode fazer em casa. O batom tem consistência mais firme do que o brilho labial, mais macio e cremoso.

Brilho labial	Batom
Ingredientes: 5 g de óleo de mamona 0,2 g de cera de abelha 0,2 g de cera de carnaúba 1 xícara de chá de corante 1 gota de aromatizante	Ingredientes: 5 g de óleo de mamona 1 g de cera de abelha 1 g de cera de carnaúba 1 xícara de chá de corante 1 gota de aromatizante
Instruções: Aqueça o óleo e as ceras em banho-maria até obter uma mistura homogênea. A seguir, adicione o corante e o aromatizante, misturando bem.	Instruções: Aqueça o óleo e as ceras em banho-maria até obter uma mistura homogênea. A seguir, adicione o corante e o aromatizante, misturando bem.

Questão 9.1

Para fabricar o brilho labial e o batom, o óleo e as ceras são misturados. A seguir, são adicionados o corante e o aromatizante.

O batom fabricado com esta receita tem consistência muito firme e é difícil de usar. De que maneira a proporção dos ingredientes pode ser modificada para fazer um batom mais macio?

Pontuação e comentários sobre a questão 9.1

Crédito total

Código 1: Respostas que mencionam que é preciso adicionar menos cera E/OU mais óleo

- Utilizar um pouco menos de cera de abelha e de cera de carnaúba.
- Acrescentar mais óleo de mamona.
- Colocar 7 g de óleo.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- Aquecer a mistura por mais tempo, o que a deixará mais macia.
- Não aquecer muito as ceras. [Esta questão pergunta de que maneira é possível modificar a proporção dos ingredientes.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal



O contexto de cosméticos tem relevância na vida diária para os estudantes desse grupo etário, embora se esperasse que esta unidade gerasse maior interesse entre estudantes do sexo feminino do que entre estudantes do sexo masculino.

Este item pode ser respondido por meio da comparação das quantidades de ingredientes utilizados nas duas receitas para chegar à conclusão de qual delas produz uma substância mais macia. Portanto, o item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Explicações científicas”. Entretanto, o conhecimento sobre as propriedades dos ingredientes principais (óleo e cera) ajuda bastante, e pode-se classificar o item como “Conhecimento de ciência”, categoria “Sistemas físicos”, competência “Explicação científica de fenômenos”.

No teste de campo, aproximadamente 65% dos estudantes responderam corretamente, e o item apresentou boa discriminação. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

Questão 9.2

Óleos e ceras são substâncias que se misturam bem. Óleos não se misturam com água, e ceras não são solúveis em água.

Qual das seguintes situações tem maior probabilidade de ocorrer caso uma grande quantidade de água seja acrescentada à mistura do batom durante o aquecimento?

- A. Uma mistura mais cremosa e macia é produzida.
- B. A mistura torna-se mais firme.
- C. A mistura quase não se modifica.
- D. Grumos gordurosos da mistura flutuam sobre a água.

Pontuação e comentários sobre a questão 9.2

Crédito total

Código 1: D. Grumos gordurosos da mistura flutuam sobre a água.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Este item é menos relevante na vida cotidiana dos estudantes do que outros itens desta unidade. Os estudantes devem raciocinar a partir das informações fornecidas no estímulo para selecionar a opção adequada entre as oferecidas. Desse modo, o item é classificado como “Conhecimento sobre ciências”, competência “Explicações científicas”.

Aproximadamente 70% dos estudantes responderam corretamente. Assim como na Questão 9.1, estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

**Questão 9.3**

Quando substâncias denominadas emulsificantes são adicionadas, permitem que óleos e ceras se misturem à água.

Por que sabonete e água removem batom?

- A. A água contém um emulsificante que permite a mistura entre o sabonete e o batom.
- B. O sabonete age como um emulsificante e permite a mistura entre a água e o batom.
- C. Emulsificantes contidos no batom permitem a mistura entre o sabonete e a água.
- D. O sabonete e o batom associam-se para formar um emulsificante que se mistura à água.

Pontuação e comentários sobre a questão 9.3**Crédito total**

Código 1: B. O sabonete age como um emulsificante e permite a mistura entre a água e o batom.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

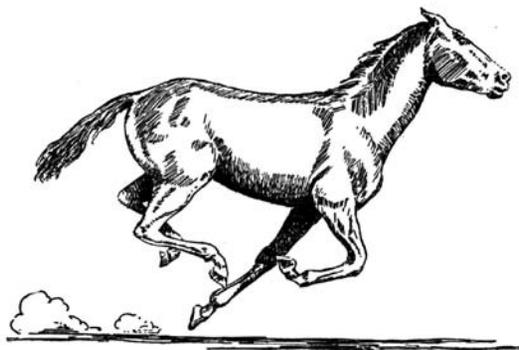
Situação: Pessoal

Diferentemente de outros itens desta unidade, este item não apresentou diferenças discerníveis no desempenho de estudantes do sexo masculino e feminino no teste de campo. Como no item anterior, uma explicação que concorde com a informação fornecida deve ser selecionada entre as quatro opções. Conseqüentemente, o item tem as mesmas classificações para conhecimento e competência.

O item apresentou bom desempenho no teste de campo, com boa discriminação e dificuldade média.

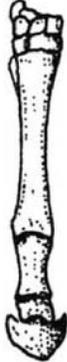
Evolução

Atualmente, a maioria dos cavalos tem forma aerodinâmica e é veloz.



Cientistas descobriram esqueletos fósseis de animais semelhantes aos cavalos que consideram os ancestrais do cavalo de hoje. Os cientistas também conseguiram determinar o período em que as espécies desses fósseis viveram.

A tabela abaixo fornece informações sobre três desses fósseis e sobre os cavalos atuais.

NOME DO ANIMAL:	HYRACOTHERIUM	MESOHIPPUS	MERYCHIPPUS	EQUUS (Cavalo atual)
Período de existência:	55 a 50 milhões de anos atrás	39 a 31 milhões de anos atrás	19 a 11 milhões de anos atrás	De 2 milhões de anos atrás os dias de hoje
Esqueleto da perna (mesma escala):				

Questão 10.1

Qual informação contida na tabela constitui forte evidência de que os cavalos de hoje evoluíram ao longo do tempo a partir dos outros três animais?

Pontuação e comentários sobre a questão 10.1

Crédito total

Código 1: Respostas que mencionam mudança gradual (progressiva) na estrutura do esqueleto da perna ao longo do tempo

- Os esqueletos da perna são bastante semelhantes, mas mudaram gradualmente.



- Os dedos fundiram-se durante o período de 55 a 2 milhões de anos atrás.
- O número de dedos diminuiu.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- A perna modificou-se. [Resposta insuficiente.]
- São denominados Híppus.
- Mutações genéticas causaram transformações. [Correto, porém não responde à questão.]
- Os ossos da perna são semelhantes. [É preciso mencionar ou sugerir “mudança gradual”.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta**Competência:** Utilização de evidências científicas**Categoria de conhecimento:** Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)**Área de aplicação:** Fronteira entre ciências e tecnologia**Situação:** Global

Embora os conhecimentos avaliados nesta unidade não tenham alta “relevância na vida cotidiana”, estão relacionados a uma das “grandes questões” mais importantes em ciências, e a unidade teria sido incluída no estudo principal caso os itens tivessem apresentado desempenho mais satisfatório no teste de campo.

Este item envolve uma análise comparativa dos dados fornecidos na tabela que visam uma explicação científica. Portanto, o item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Explicações científicas”. A versão incluída neste relatório foi revisada após o teste de campo, devido às dificuldades encontradas na atribuição confiável de notas na versão do teste de campo.

Questão 10.2

Que outras pesquisas os cientistas podem realizar para descobrir de que maneira os cavalos evoluíram ao longo do tempo?

Marque “Sim” ou “Não” para cada uma das afirmativas.

Esta pesquisa ajudará a descobrir de que maneira os cavalos evoluíram ao longo do tempo?	Sim ou Não?
Comparar o número de cavalos que viveram em diferentes períodos.	Sim / Não
Procurar esqueletos pertencentes a ancestrais do cavalo que viveram de 50 a 40 milhões de anos atrás.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 10.2**Crédito total**

Código 1: As duas respostas corretas: Não, Sim, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa**Competência:** Identificação de questões científicas



Categoria de conhecimento: Investigações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Global

O item pergunta que outras evidências devem ser buscadas para ajudar a responder a uma questão científica. Para a finalidade deste estudo, é necessária alguma familiaridade com evolução ou seleção natural (ou seja, “Conhecimento de ciência”). Entretanto, no geral, a principal exigência de conhecimento é reconhecer se a pesquisa mencionada é possível. Portanto, o item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Investigação científica”.

O item apresentou desempenho bastante bom no teste de campo, com discriminação adequada e sem questões significativas relacionadas aos países ou ao gênero. Apresentou dificuldade média.

Questão 10.3

Qual das seguintes afirmativas aplica-se melhor à teoria científica de evolução?

- A. Não se pode dar crédito a essa teoria porque não é possível ver a modificação das espécies.
- B. A teoria da evolução é possível para animais, mas não pode ser aplicada a humanos.
- C. A evolução é uma teoria científica que atualmente é baseada em amplas evidências.
- D. A evolução é uma teoria que foi comprovada por experimentos científicos.

Pontuação e comentários sobre a questão 10.3

Crédito total

Código 1: C. A evolução é uma teoria científica que atualmente é baseada em amplas evidências.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Global

Resultados do teste de campo apontaram problemas neste item. O distrator D foi quase tão popular quanto a opção correta (C). Além disso, houve uma variação considerável na dificuldade do item entre os países, e a discriminação foi muito baixa em inúmeros deles. Na versão incluída neste relatório, as palavras da opção (C) são ligeiramente diferentes da versão do teste de campo.

**Questão 10.4**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber como fósseis podem ser identificados	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Aprender mais sobre o desenvolvimento da teoria da evolução	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Compreender melhor a evolução do cavalo dos dias de hoje	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

Este item foi elaborado para avaliar o interesse dos estudantes na ciência da evolução. Tal como todos os itens atitudinais, esta questão foi colocada no final da unidade para que os estudantes, já familiarizados com o contexto, pudessem emitir sua opinião.

A análise do fator exploratório mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse” significativo e pouco interesse em relação às demais dimensões exploradas. A última afirmativa despertou muito menos interesse em comparação com as demais.

Massa de pão



Para fazer massa de pão, um cozinheiro mistura farinha, água, sal e fermento. Depois de misturar, a massa é colocada em um pote por diversas horas, para permitir que ocorra o processo de fermentação. Durante a fermentação, ocorre uma mudança química na massa: o fermento (fungo unicelular) ajuda a transformar amido e açúcares contidos na farinha em dióxido de carbono e álcool.

Questão 11.1

A fermentação faz a massa crescer. Por que a massa cresce?

- A. A massa cresce devido à produção de álcool que se transforma em gás.
- B. A massa cresce porque o fungo unicelular se reproduz dentro da massa.
- C. A massa cresce devido à produção de um gás, o dióxido de carbono.
- D. A massa cresce porque a fermentação transforma água em vapor.

Pontuação e comentários sobre a questão 11.1

Crédito total

Código 1: C. A massa cresce devido à produção de um gás, o dióxido de carbono.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

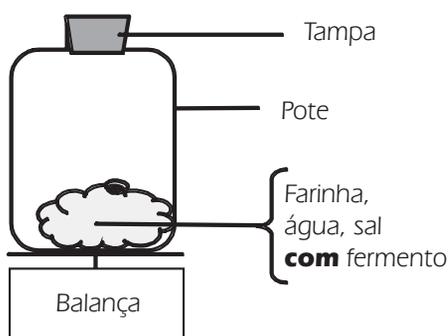
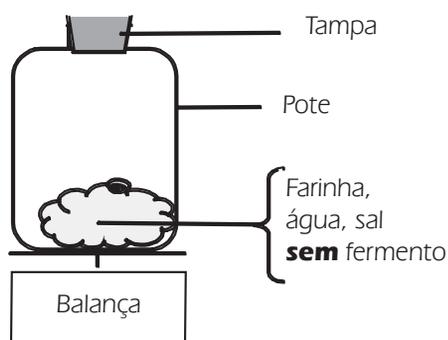
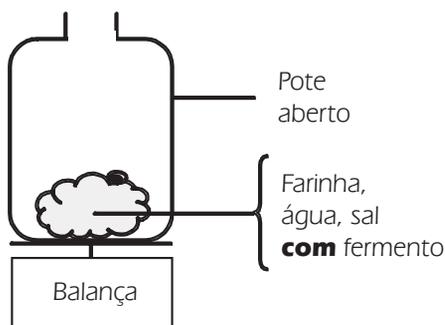
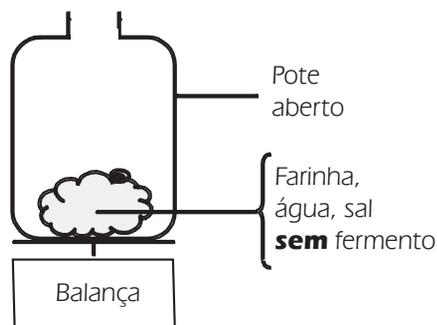
O teste de campo mostrou que este item apresentou discriminação adequada e dificuldade média. Entretanto, em diversos países, a capacidade média dos estudantes que marcaram a opção A era aproximadamente semelhante à capacidade dos estudantes que marcaram a opção correta (C).

**Questão 11.2**

Poucas horas depois de misturar a massa, o cozinheiro a pesa e verifica que o peso diminuiu.

O peso da massa é o mesmo do início de cada um dos quatro experimentos apresentados abaixo. Quais são os dois experimentos que o cozinheiro deve comparar para testar se o *fermento* é a causa da perda de peso?

- A. O cozinheiro deve comparar os experimentos 1 e 2.
- B. O cozinheiro deve comparar os experimentos 1 e 3.
- C. O cozinheiro deve comparar os experimentos 2 e 4.
- D. O cozinheiro deve comparar os experimentos 3 e 4.

**Experimento 1****Experimento 2****Experimento 3****Experimento 4****Pontuação e comentários sobre a questão 11.2****Crédito total**

Código 1: D. O cozinheiro deve comparar os experimentos 3 e 4.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Identificação de questões científicas



Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Ao selecionar uma resposta adequada, o estudante deve identificar a variável a ser modificada (presença/ausência de fermento) e as variáveis a serem controladas (outros ingredientes). O estudante também deve reconhecer que a presença da tampa pode evitar que o gás escape, em comparação com a situação simulada. Conseqüentemente, este item é classificado como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Investigação científica”, competência “Identificação de questões científicas”.

No teste de campo, apenas cerca de 25% dos estudantes responderam corretamente. O item mostrou discriminação inconsistente.

Questão 11.3

Na massa, o fermento ajuda a transformar amido e açúcares contidos na farinha. Ocorre uma reação química durante a qual se formam dióxido de carbono e álcool.

De onde vêm os átomos de carbono presentes no dióxido de carbono e no álcool? Marque “Sim” ou “Não” para cada uma das seguintes explicações possíveis.

Esta é a explicação correta para saber de onde vêm os átomos de carbono?	Sim ou Não?
Alguns átomos de carbono vêm dos açúcares.	Sim / Não
Alguns átomos de carbono fazem parte das moléculas de sal.	Sim / Não
Alguns átomos de carbono vêm da água.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 11.3

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Sim, Não, Não, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

Uma opção (explicação) foi eliminada deste item no teste de campo. A opção eliminada foi respondida por poucos estudantes e afetada de modo adverso pela discriminação do item. É de esperar que o item revisado ainda cause alguma dificuldade, mas deve apresentar discriminação adequada.

Para responder corretamente, os estudantes devem basear-se em conhecimentos sobre os componentes atômicos do açúcar, do sal e da água. Trata-se de conhecimento de ciência (física).

**Questão 11.4**

Quando a massa crescida (fermentada) é colocada no forno para assar, bolsas de gás e vapor contidos na massa expandem-se.

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

- A. Suas moléculas ficam maiores.
- B. Suas moléculas movem-se mais rapidamente.
- C. Aumenta o número de moléculas.
- D. Suas moléculas colidem com menor frequência.

Pontuação e comentários sobre a questão 11.4**Crédito total**

Código 1: B. Suas moléculas movem-se mais rapidamente

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

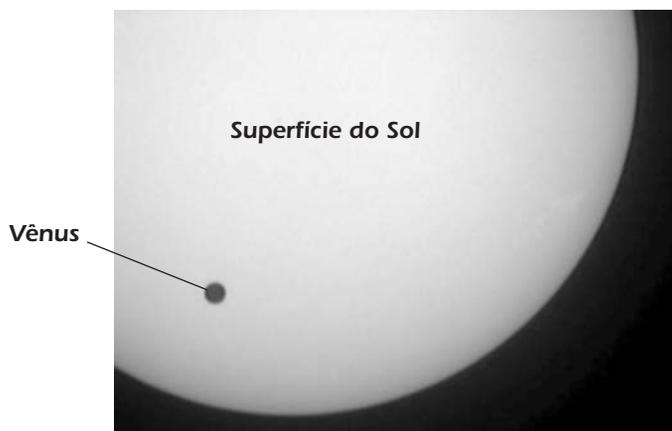
Este item avalia a compreensão do modelo de partícula da matéria. Os distratores A e C representam interpretações errôneas comuns e foram escolhidos por cerca de 25% e 20% dos estudantes, respectivamente. Cerca de 45% dos estudantes responderam corretamente.

O item apresentou boa discriminação geral no teste de campo e dificuldade média. Entretanto, a variação no grau de dificuldade entre os países foi marcante e diminuiu a prioridade do item para inclusão no estudo principal.

Trânsito de Vênus

Em 8 de junho de 2004, em diversos lugares da Terra foi possível ver o planeta Vênus passando em frente ao Sol. Trata-se de um fenômeno denominado “trânsito” de Vênus, e ocorre sempre que sua órbita o coloca entre o Sol e a Terra. O trânsito anterior de Vênus ocorreu em 1882, e está prevista nova ocorrência para 2012.

O quadro a seguir apresenta o trânsito de Vênus em 2004. Um telescópio foi direcionado para o Sol e a imagem foi projetada em um cartão branco.



Questão 12.1

Por que o trânsito foi observado por meio da projeção da imagem em um cartão branco, e não por observação direta pelo telescópio?

- A. A luz do Sol era muito brilhante para que Vênus aparecesse.
- B. O Sol é suficientemente grande para ser visto sem ampliação.
- C. Olhar o Sol diretamente por um telescópio pode prejudicar nossos olhos.
- D. A imagem deve ser diminuída por meio da projeção em um cartão.

Pontuação e comentários sobre a questão 12.1

Crédito total

Código 1: C. Olhar o Sol diretamente por um telescópio pode prejudicar nossos olhos.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal



O contexto da unidade está relacionado com o sistema solar, e portanto a área de conhecimento é, obviamente, “Terra e sistemas espaciais”. Entretanto, este item envolve a consciência dos estudantes sobre o perigo que a luz muito brilhante do Sol representa para os olhos, e portanto foi classificado como “Conhecimento de sistemas vivos”.

A unidade recebeu baixa prioridade para inclusão no estudo principal, uma vez que seu interesse e sua relevância talvez não sejam os mesmos com o passar do tempo. Além disso, em seu conjunto, não apresentou bom desempenho no teste de campo.

Este item apresentou discriminação no limite inferior da variação aceitável e dificuldade média. Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino. Em alguns países, a capacidade média dos estudantes que escolheram a opção A era semelhante à capacidade dos estudantes que escolheram a opção correta (C).

Questão 12.2

Da Terra, qual dos seguintes planetas pode ser visto em trânsito através da superfície do Sol em determinadas épocas?

- A. Mercúrio
- B. Marte
- C. Júpiter
- D. Saturno

Pontuação e Comentários sobre a Questão 12.2

Crédito total

Código 1: A. Mercúrio

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Terra e sistemas espaciais (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal/Global

A classificação de situação deste item coloca um dilema. Está relacionado à “estrutura do universo”, porém, no sentido global, não chega a ser conhecimento de “fronteira”. A alternativa é considerar o item como mais diretamente associado à “compreensão do mundo natural”, e portanto classificá-lo como “Pessoal” (juntamente com outros itens da unidade). As classificações “Situação” e “Área de aplicação” dos itens são geralmente problemáticas, e é importante observar que não serão utilizados para qualquer outro propósito além de garantir que uma variedade de contextos adequados esteja caracterizada no teste.

Para responder corretamente, os estudantes devem reconhecer que, da Terra, apenas o trânsito de planetas entre a Terra e o Sol podem ser visualizados, e conhecer os raios da órbita terrestre em relação aos demais planetas.

No teste de campo, o item apresentou dificuldade geral, com muita variação entre os países. Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino. A discriminação situou-se na extremidade inferior da variação aceitável.



Questão 12.3

Diversas palavras foram sublinhadas na seguinte afirmativa.

Astrônomos prevêem que, visto a partir de Netuno, haverá um trânsito de Saturno à frente da superfície do Sol no final deste século.

Escolha três das palavras sublinhadas mais úteis para uma pesquisa na *Internet* ou em uma biblioteca, para descobrir quando esse trânsito deverá ocorrer.

Pontuação e comentários sobre a questão 12.3

Crédito total

Código 1: Respostas que mencionam apenas trânsito/Saturno/Netuno

- Saturno/Netuno/trânsito.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas, como aquelas que incluem quatro palavras

- trânsito/Saturno/Sol/Netuno.
- Astrônomos/trânsito/Saturno/Netuno.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção fechada

Competência: Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Fronteira entre ciências e tecnologia

Situação: Pessoal

“Identificar palavras-chave para pesquisar informações científicas sobre determinado tópico” é um componente da competência “Identificação de questões científicas”, conforme definição da estrutura.

O item apresentou fraco desempenho no teste de campo. Mostrou-se muito difícil, e apenas 13% dos estudantes receberam créditos. Surgiram problemas na produção de traduções equivalentes da afirmativa principal em alguns idiomas, e esse fato pode ter aumentado o grau de dificuldade em alguns países. Entretanto, a porcentagem média de respostas corretas nos países anglófonos também foi de 13%.



UNIDADE DE CIÊNCIAS 13

Risco para a saúde?

Imagine que você vive perto de uma grande indústria química que produz fertilizantes para agricultura. Nos últimos anos, houve na região diversos casos de pessoas que sofrem de problemas respiratórios crônicos. Muitos moradores locais acreditam que esses sintomas são causados pela fumaça tóxica emitida pela fábrica de fertilizantes químicos situada nas proximidades.

Foi realizada uma reunião pública para discutir os perigos potenciais da fábrica de produtos químicos à saúde dos residentes da região. No encontro, cientistas fizeram as seguintes declarações:

Declaração dos cientistas que trabalham na fábrica de produtos químicos:

“Realizamos um estudo da toxicidade do solo na área local. Não foram constatadas evidências de produtos químicos tóxicos nas amostras coletadas.”

Declaração dos cientistas que trabalham para cidadãos preocupados na comunidade local:

“Analisamos o número de casos de problemas respiratórios crônicos na região e comparamos esse número com o número de casos em uma área bem distante da fábrica. O número de incidentes na área perto da fábrica de produtos químicos é maior.”

Questão 13.1

O proprietário da fábrica de produtos químicos utilizou a declaração dos cientistas que trabalham para sua empresa para argumentar que “a emissão de fumaça da fábrica não oferece riscos para a saúde dos residentes locais”.

Dê um motivo, diferente das declarações dos cientistas que trabalham para os cidadãos preocupados, para *colocar em dúvida* a declaração dos cientistas que trabalham para a empresa e que apóiam o argumento do proprietário.

Pontuação e comentários sobre a questão 13.1

Crédito total

Código 1: Um motivo para colocar em dúvida a declaração que apóia o argumento do proprietário é fornecida.

- A substância que causa problemas respiratórios pode não ter sido reconhecida como tóxica.
- Os problemas respiratórios podem ter sido causados apenas quando os produtos químicos estavam no ar, não no solo.
- Substâncias tóxicas podem modificar-se/decompor-se com o tempo e mostrar-se no solo como substâncias não-tóxicas.
- Não sabemos se as amostras são representativas para a área.
- Os cientistas estão sendo pagos pela empresa.
- Os cientistas temem perder seus empregos.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Respostas de construção aberta

Competência: Utilização de evidências científicas



Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Riscos

Situação: Social

O contexto desta unidade é particularmente relevante para a vida diária, uma vez que trata da capacidade de um indivíduo de fazer julgamentos informados sobre um problema comunitário avaliando informações científicas. A competência envolvida nos dois itens da unidade é “Utilização de evidências científicas”.

Para o primeiro item, a ciência envolve julgamentos sobre relevância, adequação das informações fornecidas e credibilidade dessas informações. Portanto, a classificação de conhecimento é “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Investigação científica”.

Estatísticas realizadas em todos os países indicaram que o item apresentou bom desempenho geral, boa discriminação, dificuldade média e não apresentou tendências de gênero. Entretanto, houve variação considerável no grau de dificuldade entre os países. Essa fraca interação nacional, juntamente com algum desconforto entre especialistas e representantes dos países em relação à aceitação de respostas que questionam a integridade de pesquisas científicas constituíram motivos para excluir o item e a unidade do estudo principal.

Questão 13.2

Os cientistas que trabalham para os cidadãos preocupados compararam o número de pessoas com problemas respiratórios crônicos que residem perto da fábrica de produtos químicos com o número de pessoas com o mesmo problema que residem em uma área afastada da fábrica.

Descreva uma possível diferença nas duas áreas que permitiria pensar que a comparação não é válida.

Pontuação e comentários sobre a questão 13.2

Crédito total

Código 1: As respostas devem focalizar as possíveis diferenças relevantes entre as áreas investigadas

- O número de pessoas que vivem nas duas áreas pode ser diferente.
- Uma área pode ter melhores serviços médicos do que a outra.
- Pode haver proporções diferentes de pessoas idosas em cada área.
- Na outra área podem existir outros poluentes do ar.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- As diferenças entre as áreas podem ser grandes.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Identificação de questões científicas

Categoria de conhecimento: Investigação científica (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Riscos

Situação: Social

O item solicita que o estudante identifique variáveis não controladas e com possibilidade de influenciar os resultados medidos. Uma vez que a questão principal é sobre elaboração experimental, a classificação é, uma vez mais, “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Investigação científica”.

No teste de campo, o item apresentou boa discriminação, mas foi um item muito difícil, e apenas 25% dos estudantes obtiveram créditos.

**Questão 13.3**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber mais sobre a composição química de fertilizantes agrícolas	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Compreender o que ocorre com a fumaça tóxica emitida na atmosfera	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Aprender sobre doenças respiratórias que podem ser causadas por emissões químicas	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

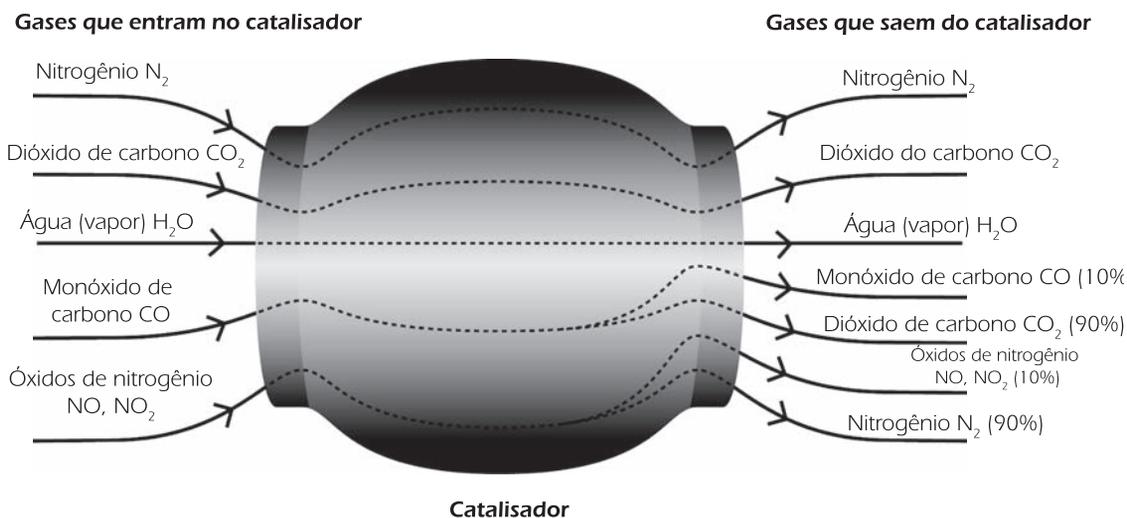
Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

A análise do fator exploratório dos resultados de testes de campo mostrou que as três despertaram o “interesse em ciências”. Apesar da aparente relação entre saúde e segurança incorporada na segunda e na terceira afirmativas, houve poucas evidências de que despertassem interesse em uma dimensão planejada para representar interesse em/preocupação com saúde e segurança. Houve interesse moderado em relação a essas duas afirmativas, e muito pouco interesse em relação à primeira afirmativa.

Catalisador

A maioria dos carros modernos possui um catalisador que torna a fumaça expelida pelo carro menos prejudicial às pessoas e ao meio ambiente.

Aproximadamente 90% dos gases prejudiciais são transformados em gases menos prejudiciais. O desenho apresenta alguns dos gases que passam pelo catalisador e como saem dele.



Questão 14.1

Utilize as informações apresentadas no diagrama acima para dar *um* exemplo de como o catalisador torna a fumaça expelida menos prejudicial.

Pontuação e comentários sobre a questão 14.1

Crédito total

Código 1: É mencionada a conversão do monóxido de carbono ou de óxidos de nitrogênio em outros componentes

- Monóxido de carbono é modificado para dióxido de carbono.
- Óxidos de nitrogênio são modificados para nitrogênio.
- Modifica fumaça prejudicial para fumaça não-prejudicial, por ex. CO em CO_2 (90%).
- Dióxido de carbono e nitrogênio não são tão prejudiciais quanto monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- Os gases tornam-se menos prejudiciais.
- Purifica o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio. [Não é suficientemente específico.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Utilização de evidências científicas



Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)/Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Meio ambiente

Situação: Social

O conteúdo da poluição atmosférica expelido por um veículo é uma questão relevante para a vida diária da maioria das pessoas, embora essa relevância não seja compartilhada igualmente por moradores de áreas urbanas e não-urbanas. Foi previsto que as análises dos resultados do teste de campo mostrariam alguma diferença de gênero em favor de estudantes do sexo masculino nos itens desta unidade, mas isso não ocorreu.

Geralmente, os estudantes têm algum conhecimento sobre quais são os gases expelidos tóxicos ou ambientalmente prejudiciais e quais não o são, e portanto o item pode ser classificado como “Conhecimento de ciência”, categoria “Sistemas físicos”. Entretanto, as informações fornecidas no diagrama indicam que apenas o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio têm suas quantidades reduzidas pelo catalisador, portanto pode-se deduzir que um ou outro, ou os dois, devem ser gases prejudiciais. Para aqueles que fazem essa dedução, o conteúdo de ciências em suas deliberações está na interpretação de um diagrama de contexto “científico”. Portanto, pode-se classificar o primeiro item como “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Explicações científicas”.

Questão 14.2

Dentro do catalisador os gases são modificados. Explique o que acontece em termos de átomos e moléculas.

Pontuação e comentários sobre a questão 14.2

Crédito total

Código 2: Expressa a idéia principal de que os átomos são rearranjados para formar moléculas diferentes, utilizando essas duas palavras

- As moléculas decompõem-se e os átomos são recombinados para formar moléculas diferentes.
- Os átomos são rearranjados para formar moléculas diferentes.

Crédito parcial

Código 1: Expressa a idéia principal de rearranjo, mas não faz referência a átomos e moléculas OU não faz distinção entre os papéis dos átomos e das moléculas

- Os átomos são rearranjados para formar substâncias diferentes.
- As moléculas são transformadas em outras moléculas.
- Os átomos e as moléculas são combinados e separados para formar gases menos prejudiciais. [Não houve distinção suficiente entre os diferentes papéis de átomos e moléculas.]
- $2(\text{NO}_2) = \text{N}_2 + 2\text{O}_2$.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas, inclusive aquelas que não afirmam nada além do que é fornecido no estímulo

- Dióxido de carbono é modificado em monóxido de carbono.
- As moléculas são decompostas em átomos menores. [Sem indicação de que os átomos são rearranjados.]

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta



Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Meio ambiente

Situação: Social

Este item avalia diretamente a compreensão dos estudantes sobre o que ocorre em uma reação química e a natureza das unidades (átomos e moléculas). Portanto, é classificado como “Conhecimento de ciência”, categoria “Sistemas físicos”.

No teste de campo, os estudantes apresentaram muita dificuldade em obter créditos para este item. Aproximadamente 15% obtiveram créditos totais e uma porcentagem semelhante obteve créditos parciais.

Questão 14.3

Analise os gases emitidos pelo catalisador. Cite um problema que engenheiros e cientistas trabalhando no catalisador devem tentar solucionar para produzir emissão de fumaça menos prejudicial.

Pontuação e comentários sobre a questão 14.3

Crédito total

Código 1: Respostas aceitáveis devem mencionar a redução de gases prejudiciais que entram na atmosfera

- Nem todo o monóxido de carbono é convertido em dióxido de carbono.
- Não ocorre conversão suficiente de 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 deve ser captado e não deve escapar para a atmosfera.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

- Conversão mais completa de gases prejudiciais para gases menos prejudiciais. [Pelo menos um dos gases prejudiciais expelidos deve ser identificado.]
- Precisam tentar e conseguir que menos fumaça seja expelida.
- Devem encontrar uma forma de reutilizar os gases prejudiciais expelidos.
- Devem tentar construir um veículo que funcione com um combustível líquido diferente.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Sistemas físicos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Meio ambiente

Situação: Social



Para responder a questão, são necessários conhecimentos e habilidades semelhantes às avaliadas no primeiro item da unidade (Questão 14.1). Conseqüentemente, caso a unidade seja incluída no estudo principal, um dos dois itens será eliminado.

Questão 14.4

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Saber como os combustíveis para carros diferem quanto à quantidade de fumaça tóxica que produzem	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Compreender melhor o que acontece dentro de um catalisador	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Aprender sobre veículos que não emitem fumaça tóxica	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

A análise do fator exploratório mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse em ciências”. Além disso, houve alguma indicação de interesse em uma dimensão planejada para representar interesse em/preocupação com saúde e segurança. A última afirmativa despertou muito mais interesse do que as outras duas.

Cirurgias importantes

Cirurgias importantes, realizadas em salas cirúrgicas especialmente equipadas, são necessárias para tratar muitas doenças.



Questão 15.1

Enquanto são submetidos a uma cirurgia importante, os pacientes são anestesiados para que não sintam dor. Geralmente, o anestésico é ministrado na forma de um gás, por meio de uma máscara facial que cobre o nariz e a boca.

Os sistemas humanos apresentados a seguir estão envolvidos na ação dos gases anestésicos?

Marque "Sim" ou "Não" para cada sistema.

Este sistema está envolvido na ação de gases anestésicos?	Sim ou Não?
Sistema digestivo	Sim / Não
Sistema nervoso	Sim / Não
Sistema respiratório	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão

Crédito total

Código 1: As três respostas corretas: Não, Sim, Sim, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta



Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal/Social

Doenças que exigem cirurgia de algum membro do grupo familiar são comuns ao longo de um período de tempo, portanto o contexto desta unidade atende ao critério de “relevância na vida diária” estabelecido na estrutura. A classificação da situação é “Pessoal” ou “Social” conforme a análise seja feita sob a perspectiva de um paciente ou de um hospital.

No teste de campo, o item apresentou discriminação geral inconsistente, devido principalmente à baixa discriminação da última opção (“Sistema respiratório”).

Questão 15.2

Explique por que instrumentos cirúrgicos utilizados em salas cirúrgicas são esterilizados.

Pontuação e comentários sobre a questão 15.2

Crédito total

Código 21: Os estudantes mencionam a necessidade de garantir que não haja bactérias/germes nos instrumentos E que a esterilização impede a disseminação da doença.

- Para impedir que as bactérias entrem no corpo e infectem o paciente.
- Para que nenhum germe entre no corpo de outra pessoa que se submeta a uma cirurgia importante.

Crédito parcial

Código 12: Os estudantes mencionam a necessidade de garantir que não haja bactérias, MAS que isso não elimina a disseminação de doenças

- Para eliminar os germes existentes nos instrumentos.

Código 11: Os estudantes mencionam que a esterilização elimina a disseminação de doenças, MAS não mencionam que isso ocorre porque esse procedimento elimina qualquer bactéria presente nos instrumentos

- Para que o paciente não seja infectado.
- Para evitar qualquer contaminação de doenças.

Nenhum crédito

Código 01: Outras respostas

- Para mantê-los limpos.
- Porque os pacientes ficam vulneráveis durante uma cirurgia.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social



No teste de campo, este item apresentou discriminação muito boa e dificuldade média. Estudantes do sexo feminino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo masculino.

Em muitos casos, os atribuidores de notas sentiram dificuldades em fazer a distinção entre os códigos 11 e 12, e a codificação de dois dígitos não teria sido utilizada caso este item fosse incluído no estudo principal.

Questão 15.3

Os pacientes podem não conseguir comer ou beber após uma cirurgia, e portanto recebem soro (infusão) que contém água, açúcares e sais minerais. Algumas vezes, antibióticos e tranqüilizantes são adicionados ao soro.

Por que os açúcares adicionados ao soro são importantes para o paciente após a cirurgia?

- A. Para evitar a desidratação
- B. Para controlar a dor pós-cirúrgica
- C. Para curar infecções pós-cirúrgicas
- D. Para fornecer a nutrição necessária

Pontuação e comentários sobre a questão 15.3

Crédito total

Código 1: D. Para fornecer a nutrição necessária

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas vivos (Conhecimento de ciência)

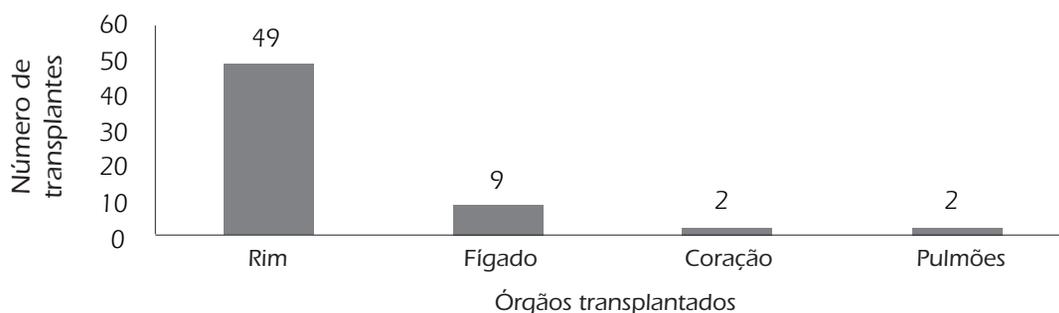
Área de aplicação: Saúde

Situação: Pessoal/Social

Nos resultados do teste de campo, este item foi considerado fácil e de discriminação adequada. Aproximadamente 70% dos estudantes responderam corretamente.

**Questão 15.4**

Transplantes de órgãos envolvem cirurgias importantes e vêm-se tornando cada vez mais comuns. No gráfico abaixo, são fornecidos os números de transplantes realizados em determinado hospital durante 2003.



As conclusões a seguir podem ser extraídas do gráfico acima?

Marque "Sim" ou "Não" para cada conclusão.

Esta conclusão pode ser extraída do gráfico?	Sim ou Não?
Se os pulmões são transplantados, o coração deve ser transplantado também.	Sim / Não
Os rins são os órgãos mais importantes do corpo humano.	Sim / Não
A maioria dos pacientes que se submeteram a um transplante sofria de doença renal.	Sim / Não

Pontuação e comentários sobre a questão 15.4**Crédito total**

Código 1: As três respostas corretas: Não, Não, Sim, nessa ordem

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha complexa

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Saúde

Situação: Social

Este item avalia as habilidades dos estudantes para interpretar dados científicos fornecidos na forma de gráfico, e, portanto, para tirar conclusões adequadas. Não é necessário recorrer a nenhuma informação específica externa ao estímulo fornecido no item. Conseqüentemente, a classificação de conhecimento adequada é "Conhecimentos sobre ciências", categoria "Explicações científicas".

No teste de campo, o item apresentou bom desempenho, boa discriminação e dificuldade média.

**Questão 15.5**

Qual é o seu interesse nas seguintes informações?

Marque apenas uma opção para cada linha.

	Muito Interesse	Interesse Médio	Pouco Interesse	Nenhum Interesse
a) Aprender de que forma instrumentos cirúrgicos são esterilizados	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Saber sobre os diferentes tipos de anestésicos utilizados	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Compreender de que forma o nível de consciência de um paciente é monitorado durante uma cirurgia	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tipo de item: Atitudinal

Atitude: Interesse em aprender sobre ciências

Este item foi elaborado para avaliar o interesse do estudante em aspectos da ciência relacionados a cirurgias. Tal como todos os itens atitudinais, esta questão foi colocada no final da unidade para que os estudantes, já familiarizados com o contexto, pudessem emitir sua opinião.

A análise do fator exploratório dos resultados de testes de campo mostrou que as três afirmativas despertaram “interesse em ciência”, mas despertaram maior interesse em outra dimensão planejada para representar interesse em/preocupação com saúde e segurança. Os níveis de interesse variaram entre as três afirmativas, e a maioria dos estudantes mostrou maior interesse na última afirmativa, e menor interesse na primeira.



UNIDADE DE CIÊNCIA 16

Plantas de energia eólica

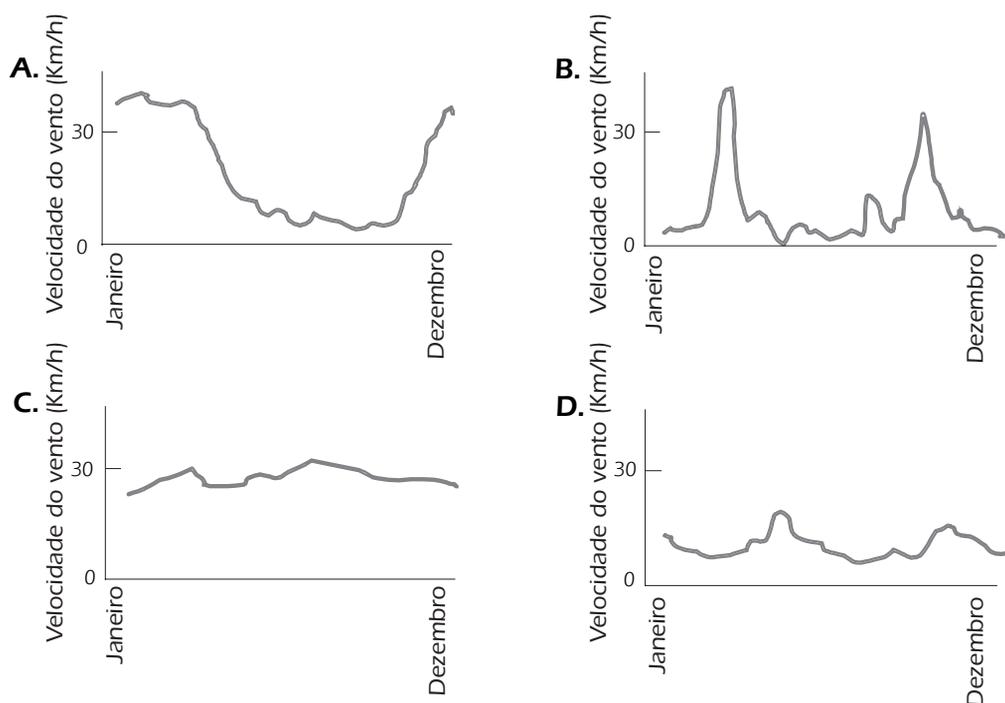
Muitas pessoas acreditam que o vento pode substituir o petróleo e o carvão como fonte de energia para produzir eletricidade. As estruturas mostradas na foto são moinhos-de-vento cujas lâminas são movidas pelo vento. Essas rotações permitem a produção de eletricidade por geradores movidos pelos moinhos-de-vento.



Uma planta de energia eólica

Questão 16.1

Os gráficos a seguir mostram a velocidade média do vento em quatro locais diferentes ao longo de um ano. Qual dos gráficos indica o local mais adequado para instalar uma planta de energia eólica para gerar eletricidade?



Pontuação e comentários sobre a questão 16.1

Crédito total

Código 1: C

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas



Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Sistemas de tecnologia (Conhecimento de ciência)/ Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Recursos naturais

Situação: Social

Preocupações em relação à utilização de combustíveis fósseis para gerar energia elétrica estão sempre presentes nos meios de comunicação. Alternativas potenciais e reais exercem impactos sobre o modo de vida das pessoas e podem gerar suas próprias questões ambientais. Os representantes dos países deram alta prioridade para que esta unidade fosse incluída no estudo principal.

Os estudantes devem basear-se no conhecimento de que quanto maior for a velocidade do vento, maior será a geração de eletricidade; e de que a distribuição é favorecida pela velocidade do vento, o que sugere uma classificação de “Conhecimento de ciência”, categoria “Sistemas de tecnologia”. Os dados apresentados no gráfico devem ser interpretados à luz desses conhecimentos, e portanto sua classificação é “Conhecimentos sobre ciências”, categoria “Explicações científicas”.

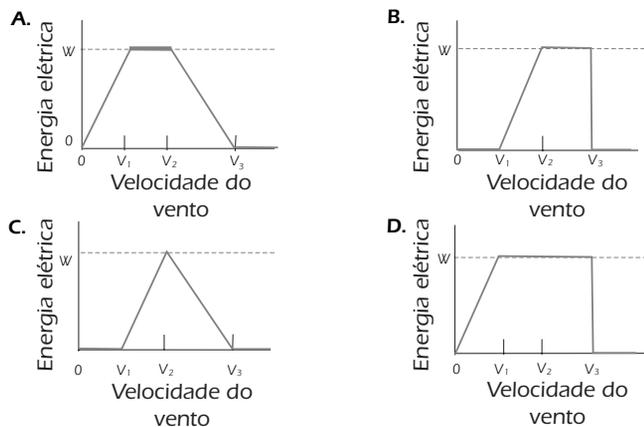
A versão deste item utilizada no teste de campo mostrou-se bastante fácil, e 75% dos estudantes responderam corretamente. Na versão apresentada neste relatório, o gráfico da opção C foi ligeiramente modificado, o que pode aumentar um pouco a dificuldade do item.

Questão 16.2

Quanto mais forte for o vento, maior será a velocidade das lâminas do moinho-de-vento, e maior será a geração de energia elétrica. Entretanto, não há uma relação direta entre o vento e a energia elétrica em uma situação real. Abaixo são apresentadas quatro condições de geração de eletricidade em uma planta de energia eólica real.

- As lâminas do moinho-de-vento começam a girar quando o vento atinge a velocidade V_1 .
- A produção de energia elétrica alcança um máximo (W) quando a velocidade do vento é V_2 .
- Por razões de segurança, evita-se que as lâminas girem mais rapidamente do que quando a velocidade do vento é V_2 .
- As lâminas param de girar quando a velocidade do vento atinge V_3 .

Qual dos gráficos a seguir representa melhor a relação entre velocidade do vento e geração de energia elétrica sob essas condições de trabalho?





Pontuação e comentários sobre a questão 16.2

Crédito total

Código 1: B

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Utilização de evidências científicas

Categoria de conhecimento: Explicações científicas (Conhecimentos sobre ciências)

Área de aplicação: Recursos naturais

Situação: Social

Para interpretar os gráficos fornecidos, os estudantes devem associar um conjunto de condições às características mostradas nos gráficos. As condições representam um conjunto de dados técnicos, e não dados experimentais. O item não foi considerado para inclusão no estudo principal, pois testa principalmente alfabetização em matemática, e as frases abertas fornecem informações úteis para responder à questão anterior.

No teste de campo, o item foi classificado como de dificuldade média e discriminação adequada. Entretanto, em inúmeros países, a capacidade média dos estudantes que escolheram o distrator C não ficou muito abaixo da capacidade média dos estudantes que escolheram a opção correta (B).

Questão 16.3

Quanto maior a altitude, mais lentamente giram os moinhos de vento, considerando a mesma velocidade do vento. Qual dos seguintes é o melhor motivo para que as lâminas dos moinhos de vento girem mais lentamente em locais mais altos, com a mesma velocidade do vento?

- A. Conforme aumenta a altitude, diminui a densidade do ar.
- B. Conforme aumenta a altitude, diminui a temperatura.
- C. Conforme aumenta a altitude, diminui a gravidade.
- D. Conforme aumenta a altitude, aumenta a frequência das chuvas.

Pontuação e comentários sobre a questão 16.3

Crédito total

Código 1: A. Conforme aumenta a altitude, diminui a densidade do ar.

Nenhum crédito

Código 0: Outras respostas

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Múltipla escolha

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Terra e sistemas espaciais (Conhecimento de ciência)



Área de aplicação: Recursos naturais

Situação: Social

Como todos os itens desta unidade, os representantes dos países deram alta prioridade para inclusão deste item no estudo principal. Entretanto, os resultados do teste de campo indicaram algumas questões que levaram à sua rejeição. Em particular, houve alguma variação no grau de dificuldade entre os países, e o distrator D foi considerado bastante inconsistente. Estudantes do sexo masculino mostraram maior tendência de acerto do que estudantes do sexo feminino.

Questão 16.4

Descreva uma vantagem específica e uma desvantagem específica para a utilização do vento para gerar energia elétrica em comparação com combustíveis fósseis, tais como carvão e petróleo.

Uma vantagem _____

Uma desvantagem _____

Pontuação e comentários sobre a questão 16.4

Crédito total

Código 2: São descritas uma vantagem **específica** e uma desvantagem **específica**.

Comentário sobre a pontuação: O custo de plantas de energia eólica pode ser considerado uma vantagem ou uma desvantagem, dependendo dos aspectos são considerados (por ex., custos de instalação ou de funcionamento). Portanto, mencionar o custo envolvido, sem outra explicação, não é suficiente para obter os créditos tanto para vantagem como para desvantagem.

[Vantagem]

- Não descarrega dióxido de carbono (CO₂).
- Não consome combustíveis fósseis.
- O recurso eólico não se esgota.
- Depois da instalação do gerador eólico, o custo da geração de eletricidade é baixo.
- Não há emissão de lixo e/ou substância tóxica.
- Utiliza forças naturais ou energia limpa.
- Ambientalmente correto e de longa duração.

[Desvantagem]

- Não é possível geração sob demanda [porque a velocidade do vento não pode ser controlada].
- Bons lugares para moinhos-de-vento são limitados.
- O moinho-de-vento pode ser danificado por vento muito forte.
- A quantidade de energia gerada por moinho-de-vento é relativamente pequena.
- Em alguns casos, há poluição sonora.
- Algumas vezes, pássaros são mortos quando colidem com os rotores.
- Paisagens naturais são alteradas [poluição visual].
- Alto custo de implementação.

Crédito parcial

Código 1: Quando apenas uma vantagem ou uma desvantagem corretas são descritas (conforme os exemplos para crédito total).

**Nenhum crédito**

Código 0: Nenhuma vantagem ou desvantagem correta é descrita. Exemplos individuais de vantagens ou desvantagens não aceitáveis são apresentados a seguir.

- Bom para o meio ambiente ou para a natureza. [Esta resposta é uma afirmativa de valor genérico.]
- Ruim para o meio ambiente ou para a natureza.
- É mais barato construir um gerador eólico de energia do que construir uma usina de energia gerada por combustíveis fósseis. [Esta resposta ignora o fato de que é necessário um grande número de geradores eólicos para produzir a mesma quantidade de energia produzida por uma usina que utiliza por combustíveis fósseis.]
- Não seria tão dispendiosa.

Código 9: Sem resposta

Tipo de item: Resposta de construção aberta

Competência: Explicação científica de fenômenos

Categoria de conhecimento: Sistemas de tecnologia (Conhecimento de ciência)

Área de aplicação: Recursos naturais

Situação: Social

Este item é aberto a uma ampla variedade de respostas corretas ou parcialmente corretas, o que causou dificuldades de codificação no teste de campo. Grande parte dessas dificuldades está relacionada a referências a custos, e portanto um comentário sobre pontuação foi acrescentado a esta versão para esclarecer de que modo as respostas devem ser avaliadas.

Anexo B

GRUPOS DE ESPECIALISTAS DO PISA

**Grupo de especialistas em ciências***Presidente**Rodger Bybee**Estudos de Currículo em Ciências Biológicas**Colorado Springs, Estados Unidos*

Ewa Bartnik

Universidade de Varsóvia

Varsóvia, Polônia

Peter Fensham

Universidade de Monash

Queensland, Austrália

Paulina Korsnakova

Departamento de Mensurações Educacionais

Bratislava, Eslováquia

Robert Laurie

Departamento de Educação de New Brunswick

New Brunswick, Canadá

Svein Lie

Universidade de Oslo

Blindern, Noruega

Pierre Malléus

Ministério Nacional de Educação, Educação Superior e Pesquisa

Champigneulle, França

Michelina Mayer

Instituto Nacional para Avaliação de Sistemas Instrucionais

Roma, Itália

Robin Millar

Universidade de York

York, Reino Unido

Yasushi Ogura

Instituto Nacional para Pesquisas de Políticas Educacionais

Tóquio, Japão

Manfred Prenzel

Universidade de Kiel

Kiel, Alemanha

Andrée Tiberghien

Universidade de Lyon

Ste Foy les Lyon, França

Grupo de especialistas em leitura*Presidente**John de Jong**Serviços de Aplicação de Testes de Idiomas**Oranjestraat, Holanda*

Irwin Kirsch

Serviço de Aplicação de Testes Educacionais

Princeton, Nova Jersey, Estados Unidos

Marilyn Binkley

Centro Nacional para Estatísticas Educacionais

Washington, D.C., Estados Unidos

Alan Davies

Universidade de Edimburgo

Escócia, Reino Unido

Stan Jones

Statistics Canada

Nova Escócia, Canadá

Dominique Lafontaine

Universidade de Liège

Liège, Bélgica

Pirjo Linnakylä

Universidade de Jyväskylä

Jyväskylä, Finlândia

Martine Rémond

IUFM de Créteil

Universidade de Paris 8

Andresy, França



Grupo de especialistas em matemática

Presidente

Jan de Lange

Universidade de Utrecht

Utrecht, Holanda

Werner Blum

Universidade de Kassel

Kassel, Alemanha

John Dossey

Universidade Estadual de Illinois

Eureka, Illinois, Estados Unidos

Zbigniew Marciniak

Universidade de Varsóvia

Varsóvia, Polônia

Mogens Niss

IMFUFA, Universidade de Roskilde

Roskilde, Dinamarca

Yoshinori Shimizu

Universidade de Tsukuba

Tsukuba-shi, Ibaraki, Japão

