Revista de Ensino de Bioquímica
Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular
Seção: Pesquisa em ensino
n.1 /2013
Enviado em: 09/01/2013
Publicado em: 02/12/2013
ISSN: 2318-8790

Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico de literacia visual, contextualizada no ensino de metabolismo

Metabolic pathways visualization skill test: development and evaluation

Vanessa Jaqueline da Silva Vieira dos Santos[1,2], Elaine Aparecida de Oliveira[2], Juan Carlos Vega Garzon[2], Eduardo Galembeck[2]*

**email: vjsilva@yahoo.com.br*
[1]Campus Centro-Oeste Dona Lindu, Universidade Federal de São João Del-Rei
[2]Departamento de Bioquímica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas

Resumo

As Representações Externas (ERs), que constituem elementos visuais com relações espaciais que retratam os fenômenos do mundo externo aos indivíduos, têm sido apontadas como importantes elementos no processo de aprendizagem de Bioquímica, sendo usadas frequentemente de forma complementar à descrição de fenômenos bioquímicos complexos. Quando introduzidos ao estudo da Bioquímica, os alunos são expostos a um universo novo de representações externas usadas para ilustrar processos que ocorrem no nível molecular. A construção de tais modelos é baseada no uso de abstração e do raciocínio lógico. A dificuldade na compreensão de tais modelos pode se constituir numa barreira para o aprendizado de conteúdos da Bioquímica. No presente trabalho descreve-se o desenvolvimento e implementação de um teste de diagnóstico das habilidades de visualização necessárias para a compreensão das representações de vias metabólicas. Os resultados obtidos mostram que a ferramenta desenvolvida pode ser útil para professores diagnosticarem o nível de compreensão das representações de vias metabólicas.

Palavras-chave: Vias Metabólicas, Literacia Visual, Questionário de Diagnóstico

Abstract

Metabolic Pathways Visualization Skill Test: Development and Evaluation. External Representations (ERs) have been reported as important aids in Biochemistry learning process, and it is quite often having ERs to help better describe complex biochemical phenomena. When introduced to the biochemistry, students are also introduced to a whole new world of ERs, used to represent processes that happen at a molecular level. The construction of models is based in abstraction and logical reasoning, and difficulties in understanding such models seem hamper to understand biochemical contents. This article describes the development and implementation of a Metabolic Pathways Visualization Skill diagnoses test. The results obtained shows that the developed tool can be useful to help instructors to diagnosis their students' visualization skills related to the metabolic pathways.

Keywords: Metabolic Pathways, Visual Literacy, Diagnostic tool

1 Introdução

O processo de aprendizagem de bioquímica tem sido foco direto ou indireto de várias pesquisas [1-9]. Dentre os estudos desenvolvidos, o enfoque nas Representações Externas (ERs), que constituem elementos visuais com relações espaciais que retratam os fenômenos do mundo externo aos indivíduos [1,10], destaca-se como uma vertente importante para a aprendizagem de Bioquímica, uma vez que o entendimento dos conteúdos bioquímicos baseia-se de forma acentuada nos instrumentos visuais.

A preocupação dos profissionais da área de ensino com a literacia visual (capacidade de comunicação, representação e significação de desenhos, ilustrações, imagens, diagramas, animações, entre outros) vem aumentando de forma acentuada no que diz respeito à compreensão e ao domínio de conteúdos, tanto nos processos de ensino e de aprendizagem, quanto na pesquisa [1], o que pode ser verificado pelo aumento de interesse pelo tema na literatura especializada [1,10,12].

A dificuldade acadêmica de entendimento de muitos fenômenos bioquímicos está ligada, entre outros aspectos, à dificuldade de representação dos mesmos, o que leva à proposição de diferentes modelos. Na construção de tais modelos pode-se fazer uso intenso da abstração e do raciocínio lógico, o que parece dificultar a compreensão por parte dos sujeitos, principalmente os que se encontram em etapas iniciais do processo de aprendizagem de bioquímica [1]. Na construção de modelos bioquímicos que expliquem os fenômenos estudados, muitas vezes não se conhece exatamente as etapas do processo, logo, faz-se uso de proposições lógicas, que se acredita estarem mais próximas da realidade, para estruturar as explicações e as linguagens visuais adequadas no desenvolvimento dos modelos.

As representações externas (ERs) retratam os fenômenos no mundo material, externando constructos mentais e auxiliando a construção e a reconstrução de modelos mentais, bem como a visualização esquemática e a compreensão de processos bioquímicos de difícil entendimento [1,10].

Acredita-se que as ERs podem contribuir de forma significativa e positiva na aprendizagem dos fenômenos bioquímicos, uma vez que essas geralmente são apresentadas por meio de modelos capazes de comunicar e representar conceitos científicos abstratos [11], sendo amplamente empregadas em material didático de bioquímica seja qual for a mídia na qual é veiculado.

Para facilitar a visualização de fenômenos bioquímicos, emprega-se uma “linguagem visual” que contempla, entre outras representações, símbolos que se diferem em estética (cor, forma, aparência, tamanho) e no nível de abstração [30 *apud* 1], nível esse que varia de acordo com a complexidade do conteúdo tratado e com a profundidade com que se pretende abordar o conteúdo.

Ao contrário do que ocorre com outras ciências como a Matemática, a Física e a Química, que empregam símbolos estabelecidos de forma padronizada para representar os fenômenos, a Bioquímica utiliza símbolos variados para representar o mesmo fenômeno [1].

Assim, mesmo sendo úteis e eficazes, às vezes os modelos visuais podem gerar problemas de aprendizagem, especialmente se não forem satisfatoriamente construídos (como, por exemplo, em materiais com imagens mal desenhadas e com contrastes de cor que não permitem a distinção de formas, ambiguidade nas representações dos fenômenos, simplificações didáticas inadequadas, entre outros), bem como devidamente interpretados pelos estudantes devido a deficiências de literacia visual. Salienta-se que as dificuldades de interpretação de modelos podem estar relacionadas com mecanismos cognitivos (tais como processamento de informações) que os estudantes utilizam para perceber e interpretar modelos, podendo também estar relacionadas com a compreensão conceitual do estudante em relação ao conhecimento representado pelo modelo [12].

No que diz respeito ao processamento das informações apresentadas por meio de ERs no ensino de ciências, limitações na literacia lisual é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos alunos [1]. Os estudantes muitas vezes não conseguem interpretar as ERs de maneira que lhes proporcionará boa compreensão do conceito e, tanto a capacidade de processar Representações Externas, quanto a compreensão conceitual, ficam comprometidas.

Estudos apontam que os estudantes que utilizam com frequência as ERs (como diagramas e imagens) para compreender ideias em vez de se guiarem por textos, demonstram um desenvolvimento mais significativo de modelos mentais [1, 8, 10, 11,13].

Dentre as pesquisas desenvolvidas sob o enfoque do uso de ER´s, pode-se citar a construção de uma proposta com várias medidas para auxiliar os alunos na aquisição de habilidades visuais [1]. Ainda de acordo com a literatura pesquisada, pode-se dizer que a literacia visual se traduz na noção de que se os estudantes possuem habilidades visuais

de compreensão e interpretação e, se estas habilidades forem desenvolvidas, os indivíduos serão capazes de interpretar ERs com êxito, levando-se em consideração que a escolha do tipo de modelo também poderá influenciar na capacidade dos estudantes visualizarem os fenômenos apresentados [1, 8, 10, 11, 13].

Os conteúdos bioquímicos desafiam a compreensão dos estudantes, sendo que do ponto de vista da pesquisa aqui apresentada, o estudo do Metabolismo ocupa um lugar significativo devido à sua complexidade no que diz respeito à soma de conceitos Químicos e Biológicos necessária ao domínio de conteúdos, representando um desafio de aprendizagem.

Dentre as pesquisas desenvolvidas para diagnosticar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos de vias metabólicas, destaca-se na literatura a aplicação de um software que permite ao usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao metabolismo energético do Ciclo do Ácido Cítrico [4]. Além disso, a compreensão dos estudantes no que se refere às vias metabólicas também vem sendo estudada, de modo que os pesquisadores envolvidos sugeriram uma abordagem alternativa de ensino do metabolismo de carboidratos, baseada na resolução de problemas [5]. Assim, os trabalhos mencionados são exemplos claros da preocupação que existe na atualidade sobre diferentes aspectos ligados ao ensino de metabolismo.

O presente trabalho teve como proposta o desenvolvimento e a aplicação de uma ferramenta de avaliação da aprendizagem para diagnosticar a literacia visual de estudantes de graduação sobre os conteúdos de vias metabólicas em bioquímica.

2 Desenvolvimento

As etapas da pesquisa aqui apresentadas foram realizadas no período de 2007 a 2012 e envolveram diferentes instituições de Ensino Superior do Brasil, sendo elas a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), a Universidade Paulista (UNIP) e a Faculdade de Jaguariúna (FAJ). As referidas instituições participaram da pesquisa em etapas específicas que estão descritas na sequência do texto. A Figura 1 mostra de forma sintética as etapas da pesquisa.

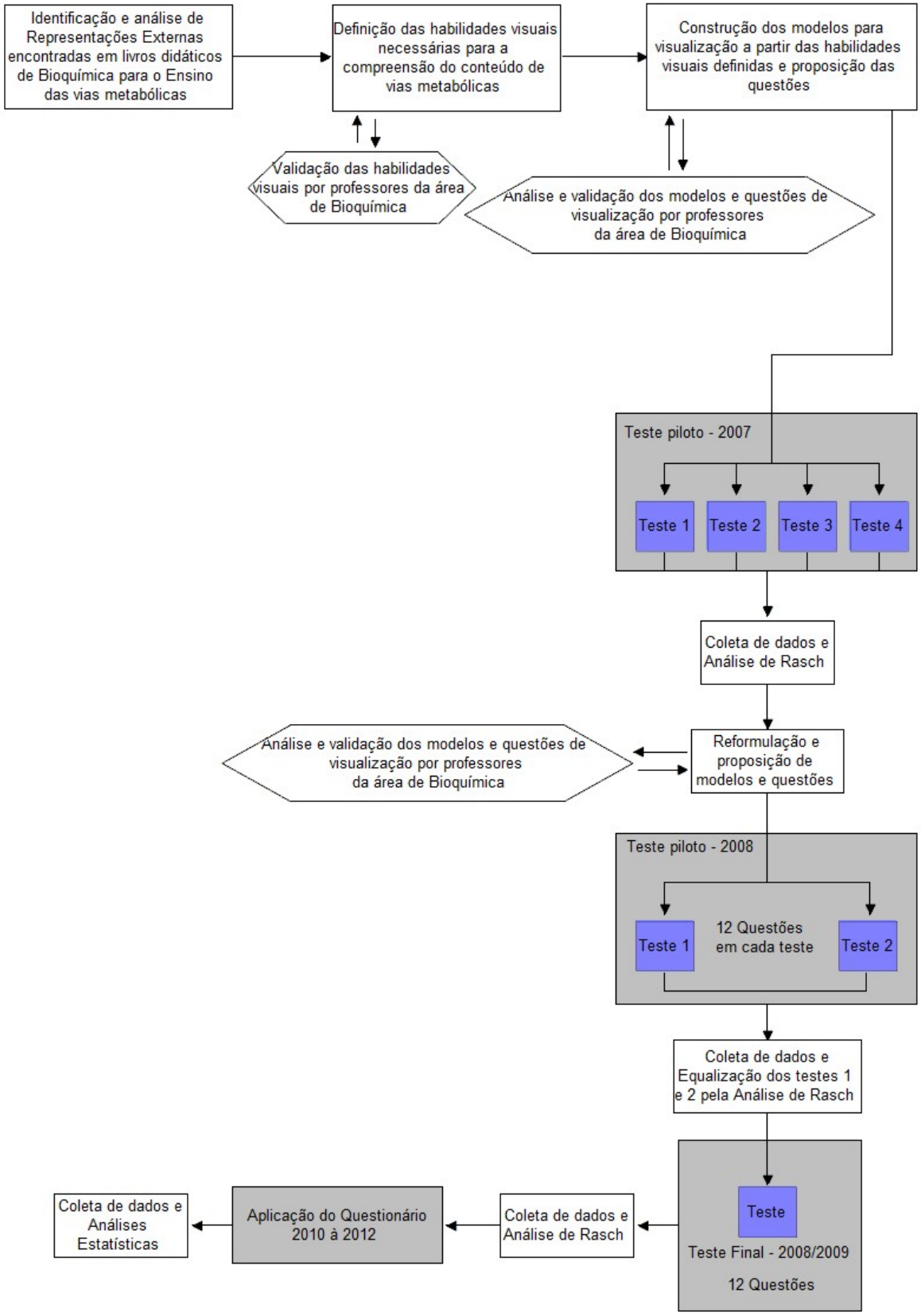


Figura 1. Diagrama das Etapas desenvolvidas na Pesquisa.

O tratamento estatístico utilizado na validação dos dados gerados durante a construção do Questionário (instrumento de avaliação de aprendizagem) se baseou no Modelo de Rasch [23, 26], cujos requisitos de aplicação foram devidamente determinados, e que analisa a dificuldade de questões de um teste. Especificamente nesta pesquisa, a análise de dificuldade das questões foi feita mediante os parâmetros das habilidades visuais dos alunos. O questionário e os procedimentos executados foram devidamente aprovados pelos Comitês de Ética em Pesquisa da UNICAMP (parecer CEP/UNICAMP 244/2008 de 25/11/2008) e da UFSJ (parecer CEPES/CCO 005/2011 de 07/11/2011).

Os dados aqui apresentados se referem a dois momentos principais da pesquisa: (2.1) a construção do questionário e a (2.2) aplicação do questionário.

2.1 A construção do questionário

Durante o período de construção do questionário de diagnóstico da aprendizagem as etapas executadas foram (1) a definição das habilidades de visualização fundamentais para a compreensão de representações externas de vias metabólicas, (2) a produção, equalização e validação de questões que diagnosticassem as habilidades de visualização fundamentais para a compreensão de Representações Externas de vias metabólicas, (3) a utilização do processo de calibração questões-alunos (Modelo de Rasch), a fim de obter dados sobre a dificuldade das questões e as habilidades dos alunos, (4) a produção de um questionário para diagnóstico das habilidades de visualização fundamentais para compreensão de representações externas de vias metabólicas e (5) a aplicação do questionário em turmas com diferentes perfis para o diagnóstico da literacia visual, ainda em um contexto de validação do questionário.

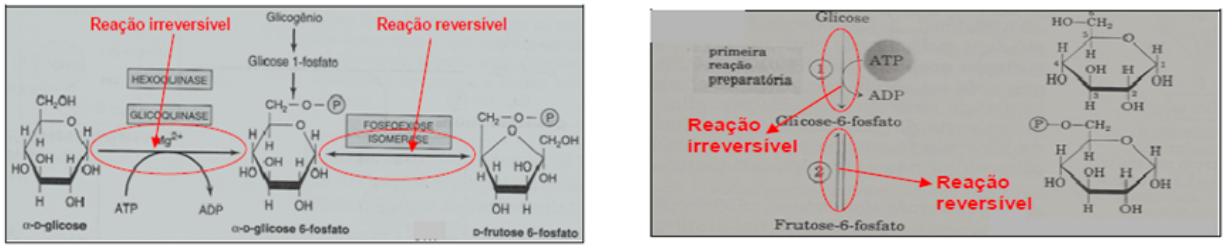
2.1.1 Construção e disponibilização do questionário

Essa etapa da pesquisa teve como público alvo estudantes de cursos das áreas biológica e da saúde que estavam iniciando o processo de aprendizagem de bioquímica básica, constituindo-se assim uma amostra heterogênea.

O trabalho teve início com a identificação e a análise das diferentes ERs encontradas em livros didáticos de bioquímica para o ensino das vias metabólicas [15-22]. Verificou-se as representações externas que frequentemente são utilizadas nos modelos

de vias metabólicas. Buscou-se observar a simbologia utilizada nestas representações a fim de definir as habilidades visuais necessárias para a compreensão destas vias. Os modelos visuais desenvolvidos nos testes são hipotéticos (tendo ênfase na estrutura visual e nas simbologias gerais), com o propósito de verificar a literacia visual dos alunos, com uma mínima dependência do conhecimento conceitual.

Após ter-se definido as habilidades visuais que fariam parte do teste piloto, foram desenvolvidos os itens (contendo os modelos) e as respectivas questões. Estes modelos se basearam em desenhos e esquemas encontrados em livros didáticos de bioquímica (vide exemplo Figura 2).



(a) (b)

Figura 2. Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A seta unidirecional representa uma reação irreversível e a seta bidirecional (a) [21] e as duas setas paralelas de sentidos contrários (b) [19] representam a reação reversível [29].

Foram verificadas formas distintas de representações de reações químicas reversíveis e irreversíveis numa via metabólica [16,19,21]. A partir da análise dos esquemas didáticos apresentados nos diferentes livros verificou-se que diferentes tipos de representações são utilizadas para identificar um mesmo fenômeno bioquímico, o que pressupõe habilidades visuais relativas ao reconhecimento destas diferentes representações. Neste caso, requeriam dos estudantes habilidades visuais para reconhecer a reversibilidade e irreversibilidade das reações químicas, além da necessidade de identificar quem é substrato e produto destas reações de acordo com a sua representação (fórmula estrutural e/ou identificação do nome).

O reconhecimento e a distinção de tipos de reações químicas que estão presentes numa via metabólica também exigem determinadas habilidades visuais, como por exemplo, as representações de reações de óxido-redução e de fosforilação que indicam a catálise destas reações químicas na presença de substratos e a formação de produtos finais [16,21]. A utilização de substratos nas reações químicas e a formação de produtos finais constituem um aspecto importante na compreensão de vias metabólicas como um todo.

Outro tipo de representação encontrada em livros didáticos refere-se à compreensão visual de processos dinâmicos dentro do contexto de mapas metabólicos. Várias figuras analisadas nos livros constituíram exemplos que ilustram bem esse processo e exigem uma habilidade visual específica para interpretar as reações.

A regulação das vias metabólicas constitui outro ponto importante a ser analisado e inclui habilidades visuais particulares, pois diferentes símbolos são utilizados para representar a regulação das vias.

A partir desta análise preliminar foram definidas as habilidades visuais necessárias para a compreensão do referido conteúdo, objetivando-se que estas habilidades pudessem ser analisadas através de modelos de visualização apresentados em itens de um questionário. Professores da área de bioquímica foram convidados a opinar sobre as habilidades delineadas, assim, mediante as sugestões propostas, foram feitas as alterações pertinentes, resultando nas seis habilidades apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Habilidades visuais para a compreensão de vias metabólicas [29].

Habilidades Visuais	Descrição
(H1) Identificar reações químicas.	Identificar diferentes formas de representação de reações químicas; diferenciar representações de reações químicas reversíveis e irreversíveis.
(H2) Identificar substratos e produtos que participam de reações químicas.	Identificar diferentes formas de representação de substratos e produtos em reações químicas; identificar substratos e produtos de acordo com a reversibilidade e irreversibilidade das reações.
(H3) Identificar tipos de reações químicas de uma via metabólica.	Identificar etapas de uma via metabólica e reconhecer representações de reações de fosforilação, isomerização, óxido-redução, descarboxilação, hidratação, desidratação; reconhecer reações de clivagem ou síntese a partir do número de átomos de carbono dos reagentes e produtos das vias.
(H4) Identificar substratos consumidos e produtos finais de uma via metabólica.	Reconhecer produtos finais de uma via metabólica em condições pré-estabelecidas; identificar substratos consumidos e produtos em vias antagônicas conforme o estado metabólico; contabilizar produtos finais.
(H5) Compreensão de processos dinâmicos e integrados representados nas vias metabólicas.	Compreender representações de reações dinâmicas e sequenciais em vias oxidativas e degradativas; identificar relações de interdependência de reações em vias metabólicas; identificar reações que acontecem em situações pré-determinadas.
(H6) Compreender o mecanismo das regulações de vias metabólicas.	Identificar tipos de regulações enzimáticas encontradas em vias metabólicas; localizar produtos finais de uma via metabólica quando há inibição ou ativação de reações; compreender formas de representação de vias de sinalização celular.

O passo seguinte foi a construção dos modelos (por meio de softwares) para visualização, em forma de itens que constituiriam questões, tendo em vista as habilidades visuais definidas na etapa anterior. As habilidades visuais e os modelos foram analisados por professores de Bioquímica. Os referidos professores preencheram uma tabela de classificação das questões, sendo que as mesmas foram classificadas em nível fácil, nível médio e nível difícil de dificuldade (vide exemplo Tabela 1).

Um teste piloto contendo 22 questões foi dividido em quatro subtestes aplicados por meio computacional em dois grupos de estudantes do curso de Ciências Biológicas da UNICAMP no decorrer do segundo semestre de 2007, totalizando 79 alunos (Tabela 2).

Tabela 1. Classificação do nível de dificuldade das Questões selecionadas para o Teste Final de acordo com os professores consultados [29].

Questão	Código	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3
Q1	I28_09	F	F	F
Q2	I03_09	M	M	F
Q3	I25_09	F	F	M
Q4	I02_09	F	F	F
Q5	I30_09	M	M	F
Q6	I26_09	M	M	M
Q7	I31_09	F	M	F
Q8	I08_09	M	D	M
Q9	I11_09	M	D	M
Q10	I21_09	M	M	M
Q11	I32_09	D	D	D
Q12	I19_09	D	D	M

Das 22 questões que contemplaram as seis habilidades visuais (Quadro 1), treze continham alternativas de múltipla escolha. Como parte de um teste exploratório, as nove questões restantes foram desenvolvidas contendo sete propostas com múltiplas opções para clicar no desenho, e também duas propostas contendo opções para clicar e arrastar variados símbolos e montar esquemas (Figura 3). Após as aplicações dos testes contendo estas nove questões observou-se que elas exigiam do aluno uma compreensão maior de conteúdos de Bioquímica, ao contrário do que a pesquisa objetivava, logo, foram descartadas.

A partir dos resultados obtidos com o teste piloto, ou seja, das respostas dadas em cada questão, foi feita uma reformulação dos modelos que não se ajustaram aos parâmetros estatísticos usados.

Novos testes piloto foram aplicados em 2008, por meio computacional, com outros modelos desenvolvidos. Desta vez, a amostra compreendeu estudantes do curso de

Nutrição da Universidade Paulista (UNIP - *Campus* de Sorocaba) e Ciências Biológicas (UNICAMP - noturno e diurno), totalizando 127 alunos (Tabela 2).

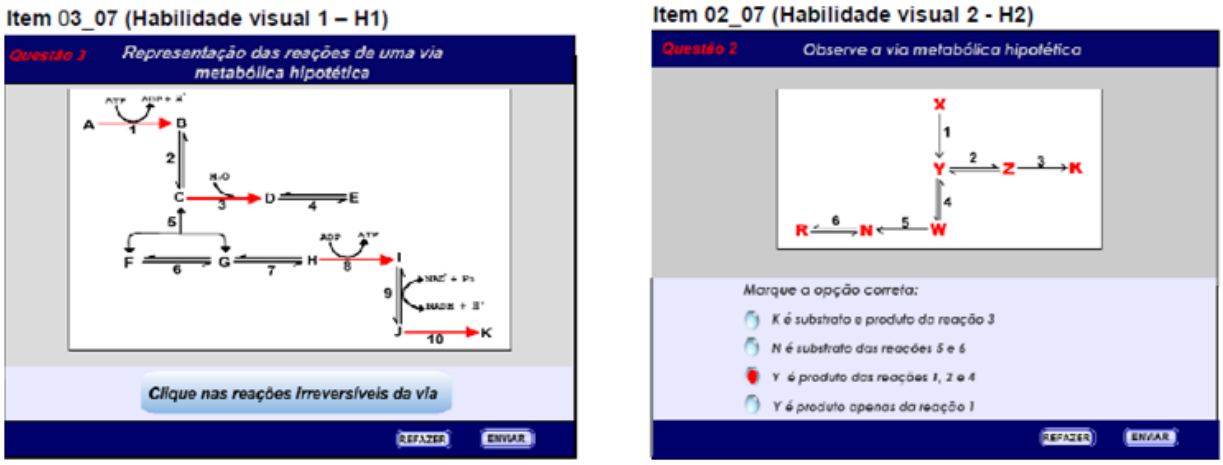


Figura 3. Questões do teste de 2007 sem (a) e com (b) alternativas de múltipla escolha [29].

Tabela 2. Grupos participantes da aplicação/validação dos testes piloto e do Questionário Final [29].

Aplicação	Status	Ano de Aplicação	Curso de Graduação	Instituição	Nº de Estudantes
1ª	Teste Piloto	2007	Ciências Biológicas (Noturno)	UNICAMP	40
			Ciências Biológicas (Diurno)	UNICAMP	39
2ª	Teste Piloto	2008	Nutrição (Diurno)	UNIP	37
			Ciências Biológicas (Diurno)	UNICAMP	45
			Ciências Biológicas (Noturno)	UNICAMP	45
3ª	Validação do Questionário Final	2008/2009	Educação Física (Diurno)	UNICAMP	*
			Fisioterapia e Nutrição (Noturno)	FAJ	*
			Enfermagem (Noturno)	UNICAMP	*

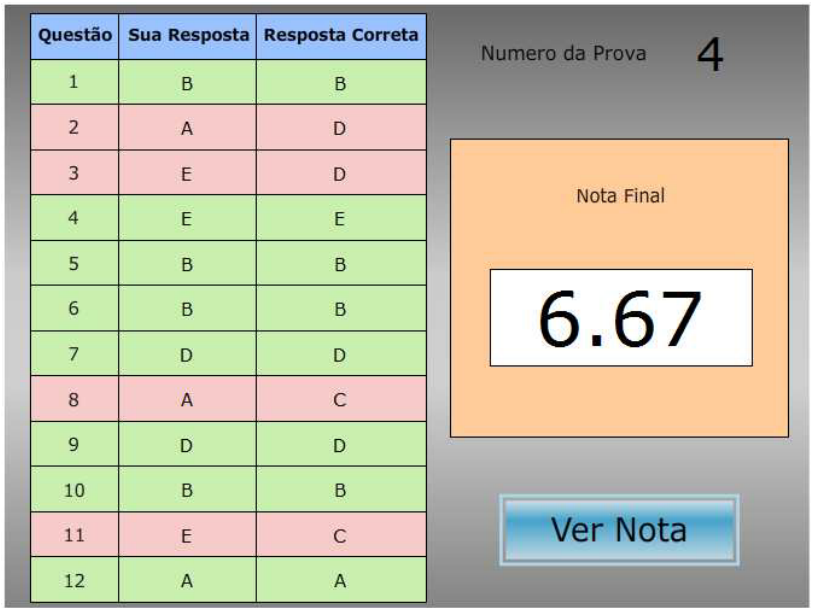
Os Grupos de validação tem o número de alunos descrito no corpo do texto para manter o sigilo do processo, sendo que o número total de alunos nesta etapa foi igual a 79.

De 2008 a 2009, após análise de dados e equalização dos testes, o questionário foi aplicado em três grupos de estudantes dos cursos de graduação em Educação Física (UNICAMP), Enfermagem (UNICAMP) e Fisioterapia/Nutrição (FAJ), totalizando 79 alunos (Tabela 2).

Os testes foram desenvolvidos com o uso do software *Adobe Flash® CS3 Professional* e hospedados no site da Biblioteca Digital de Ciências (BDC) desenvolvida e mantida pelo Laboratório de Tecnologia Educacional (LTE), do Departamento de Bioquímica, do Instituto de Biologia da UNICAMP. Para o acesso aos testes, os estudantes preencheram um cadastro no site da BDC, para que os dados fossem coletados e armazenados no servidor, com as respostas obtidas com os testes.

O controle e a administração dos dados coletados se deram por meio do acesso a uma interface gráfica contendo links relativos aos nomes de todos os alunos que responderam o teste em ordem alfabética, o status do aluno (se finalizou ou não o teste), a nota final (com valor total igual a 10), a gravação do tempo gasto para realizar o teste e a data da realização. O painel de controle oferecia as opções de configurações de visualização dos dados coletados em todos os testes aplicados ao longo da pesquisa.

Após a finalização do teste pelos respondentes, o sistema apresentava um gabarito contendo a nota final do teste, a resposta dada pelo indivíduo, a resposta correta de cada questão e a verificação de acerto ou erro (Figura 4). Salienta-se que somente os alunos cadastrados tiveram acesso ao questionário.



Questão	Sua Resposta	Resposta Correta
1	B	B
2	A	D
3	E	D
4	E	E
5	B	B
6	B	B
7	D	D
8	A	C
9	D	D
10	B	B
11	E	C
12	A	A

Figura 4. Gabarito gerado aos respondentes no final do teste computacional [29].

Os dados gerados com a aplicação dos testes piloto permitiram, mediante análise estatística, organizar um questionário final contendo doze questões que avaliaram as seis habilidades visuais apresentadas no Quadro 1.

2.1.2 Validação do questionário

As questões do teste piloto foram devidamente discriminadas por códigos. A aplicação do teste piloto de 2007 foi realizada com dois grupos (Tabela 2).

A análise dos dados permitiu uma avaliação preliminar das questões do teste piloto de 2007. Por exemplo, duas questões apresentaram índice de acerto muito baixo (7% e 10%, respectivamente). Ao analisar as respostas indicadas pelos estudantes, verificou-se que em uma das questões (com 7% de acerto) havia uma predominância de erros quanto a não identificação da reversibilidade representada em uma reação específica apresentada na questão.

A outra questão (com 10% de acerto) era bastante complexa e atípica, dificultando a interpretação. Além disso, os estudantes tinham inúmeras opções de respostas para escolher. Neste caso considerou-se que o nível baixo de acerto ocorreu por problemas na questão.

Em contrapartida, questões que avaliavam a habilidade visual 4 (H4) apresentaram altos índices de acerto (81% e 92%, respectivamente), mostrando-se de fácil compreensão visual para os estudantes.

As estruturas de todas as questões foram reelaboradas de forma a apresentar maior clareza e garantir a medida de apenas uma habilidade visual (Quadro 2). Todas as opções de resposta seguiram o formato de cinco alternativas de múltipla escolha, visando diminuir a probabilidade de acertos pelo componente “chute” [32], sendo uma delas excludente (n.d.a.). Alguns modelos apresentavam muitas informações, tornando-os mais complexos e dificultando a interpretação, logo, vários itens tiveram seus modelos simplificados para facilitar a visualização numa próxima aplicação do teste.

As questões que continham opções de respostas diferentes de cinco alternativas, e as questões com opções de clicar e arrastar componentes para montar esquemas, precisariam de uma análise estatística multivariada, pois avaliavam muitos aspectos e mais de uma habilidade por questão, ao contrário das questões de múltipla escolha que avaliavam somente uma habilidade. Desta forma, algumas destas questões sofreram

modificações nas opções de resposta passando a constituir opções de múltipla escolha com cinco alternativas [32]. Além disso, questões que compreendiam a montagem de esquemas exigiam um conhecimento de conteúdo e não necessariamente mostraram medir habilidades visuais. As questões que não sofreram reformulação foram arquivadas.

Em 2008 ocorreu uma nova validação das questões, sendo que estas foram analisadas por três professores de Bioquímica (vide exemplo Tabela 1). Na validação os especialistas preencheram um questionário definindo as habilidades visuais que cada questão estava medindo, a adequação do modelo e a classificação segundo o nível de dificuldade (Fácil, Médio e Difícil). As sugestões dadas foram analisadas e serviram para refinar o teste (vide exemplo Quadro 2). Definiram-se vinte e quatro questões que foram divididas em dois testes, cada um contendo doze questões.

Assim, em 2008, três novos grupos foram submetidos à segunda aplicação do teste piloto (Tabela 2). Duas questões apresentaram baixos índices de acerto pelos grupos (23% e 25%, respectivamente).

A análise dos dados referente à questão da habilidade visual 1 – H1 (com 23% de acerto) mostrou que os alunos apresentaram novamente dificuldade para identificar a reversibilidade das reações químicas apresentada na questão. A questão que avaliou a habilidade visual 3 – H3 (com 25% de acerto), referente à identificação de tipos de reações químicas, mostrou que os alunos confundiram as reações de fosforilação e óxido-redução, quando na verdade se tratava de uma reação de fosforilação. Os estudantes não conseguiram visualizar a representação do grupo fosfato (P) no produto e também não se guiaram pela explicação da legenda.

Para o tratamento de dados dos testes foi utilizado o WINSTEPS® [31], um software que implementa análise de Rasch e tem capacidade para analisar uma grande quantidade de dados de alunos e questões. O programa contém um sistema de análise exaustiva de questões apresentados na forma binária (0 e 1). O programa é prático e poderoso e gera informações abundantes e exatas sobre as questões e as habilidades dos alunos que participaram de um teste. No presente trabalho os resultados gerados no teste foram definidos de forma binária, sendo “1” para acerto e “0” para erro.

Quadro 2. Exemplos de alterações ocorridas nos modelos e questões após a aplicação do piloto em 2007 [29].

Questão	Alteração no Modelo	Alteração nas Alternativas de Resposta da Questão	Identificação da questão reformulada
I01_07	Inalterado	As alternativas anteriores mantiveram-se e a opção excludente foi acrescentada	I01_08
I02_07	Sofreu alterações e foi simplificado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente foi acrescentada	I02_08
I03_07	Sofreu alterações e foi simplificado	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I03_08
I04_07	Sofreu alterações e foi simplificado	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I04_08
I05_07	Inalterado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente foi acrescentada	I05_08
I07_07	Inalterado, apenas recebeu uma legenda	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I07_08
I08_07	Sofreu alterações e foi simplificado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente acrescentada	I08_08
I11_07	Alterado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente acrescentada	I11_08
I12_07	Alterado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente acrescentada	I12_08
I13_07	Alterado	O texto das alternativas sofreu alterações e a opção excludente acrescentada	I13_08
I15_07	Sofreu alterações e foi simplificado	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I15_08
I18_07	Sofreu alterações, foi simplificado e recebeu nova legenda	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I18_08
I19_07	Sofreu alterações e foi simplificado	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I19_08
I21_07	Sofreu alterações e foi simplificado	Foram extintas e novas alternativas foram incluídas	I21_08

Fez-se uma equalização para a definição das questões do teste piloto de 2008. O termo e*qualização* significa equiparar, ou seja, colocar parâmetros de questões provenientes de testes distintos na mesma métrica, tornando as questões comparáveis [23]. Por meio da denominada equalização via população, pressupõe-se que um único grupo de alunos é submetido a testes distintos. Para isto basta que todas as questões sejam calibradas conjuntamente para termos a garantia de que todas estarão na mesma métrica. A partir da equalização é possível definir as questões que farão parte de um teste final.

Na pesquisa utilizou-se o grupo de alunos do curso de Ciências Biológicas da UNICAMP (Noturno), que foi a única turma completa que participou dos dois testes. Os dados obtidos com a aplicação dos dois testes foram ordenados num mapa questões-alunos (Figura 5).

No mapa questões-alunos as questões estão distribuídas segundo o grau de dificuldade, ou seja, questões mais difíceis assumem valores de logits positivos e decrescem até as mais fáceis representadas por valores negativos. Da mesma forma os indivíduos também se distribuem no mapa segundo o nível de habilidades visuais que apresentaram, ou seja, maiores habilidades assumem valores positivos e decrescem até valores negativos indicando menores habilidades. Na equalização o foco principal está na ordenação das questões vindas dos dois testes de acordo com a localização que assumem no mapa questões-alunos. Salienta-se que logit é uma escala intervalar logarítmica que expressa a probabilidade de acerto (P) de uma determinada questão por um indivíduo [24,25,27,28]. Matematicamente

$$P = \text{logit}(P) = \log [P/(1-P)] = B - D$$

- onde B é a habilidade do respondente, e D é o nível de dificuldade da questão.

Com o intuito de melhor compreensão, salienta-se que <u>infit</u> é uma medida de ajuste interno que destaca as respostas inesperadas de sujeitos com níveis de atitudes próximos à chance de acerto da questão. Já o <u>outfit</u> é uma medida de ajuste externo que indica a ocorrência de respostas inesperadas de sujeitos com níveis de atitudes bem diferentes da concordância de acerto à questão. Estes valores precisam estar compreendidos entre 0,50 e 1,50, para uma condição ótima e produtiva no processo de medição [28,29].

A partir do mapa gerado pela equalização dos testes (Figura 5) observaram-se algumas situações onde duas ou mais questões assumiram a mesma região da reta, significando que apresentaram o mesmo grau de dificuldade. Neste caso, para a escolha das questões que fariam parte do Questionário Final, verificou-se se elas estavam distribuídas entre os espaços da reta, não estando agrupadas numa mesma região [24]. O pressuposto permitiu a identificação das questões que fariam parte do Questionário Final, garantindo que fossem escolhidas aquelas com diferentes graus de dificuldade, sem prejudicar a integridade do teste.

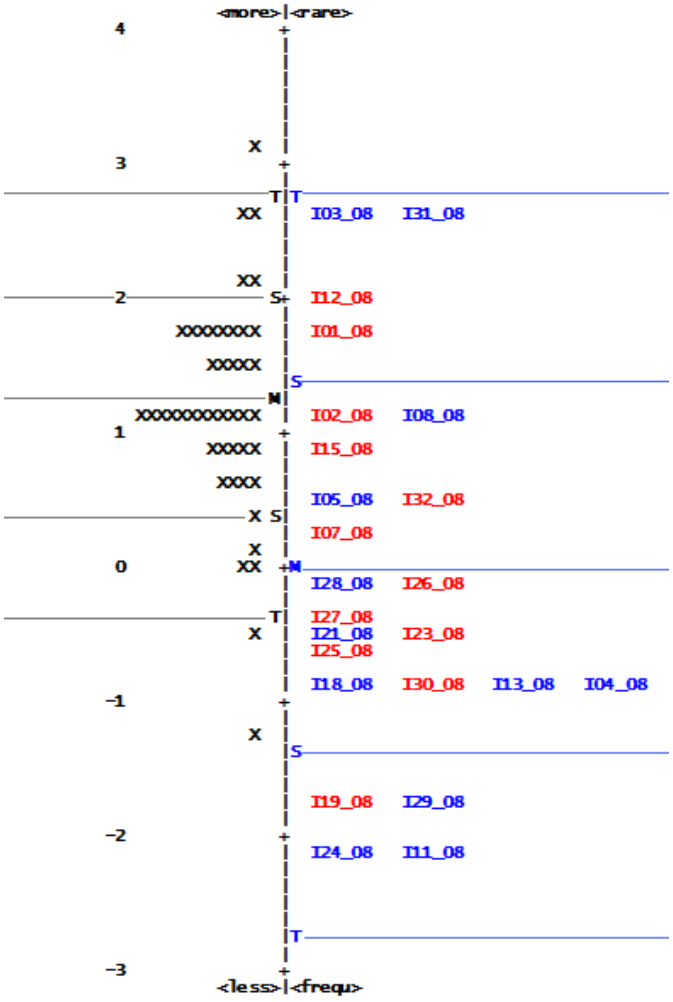


Figura 5. Mapa questões-alunos gerado a partir da equalização dos testes 1 e 2 aplicados em 2008 na turma de Ciências Biológicas da UNICAMP (Noturno). As questões indicadas em vermelho e azul (lado direito do mapa) estão distribuídas segundo o grau de dificuldade (questões mais difíceis assumem valores positivos em relação às mais fáceis, indicadas por valores negativos). Cada "x" representa um aluno, que está alinhado no mapa (lado esquerdo) de acordo com o nível de habilidades visuais apresentadas. "M" indica a média, "S" e "T" indicam um e dois desvios padrão, respectivamente. As linhas horizontais azuis representam os limites destes desvios. As questões em vermelho, distribuídas ao longo da reta, foram escolhidas para fazer parte do teste final [29].

As questões identificadas em vermelho foram as escolhidas para constituir o Questionário Final (Figura 11). Adotou-se alguns critérios na escolha das questões: a) que as questões satisfizessem os valores de ajuste relativos ao infit e outfit compreendidos entre 0,50 e 1,50; b) que a medida de questões na escala em logit atendesse aos valores limites de +2 e -2 logits, dentro da expectativa do modelo de Rasch; c) que as questões apresentassem diferentes graus de dificuldade; d) que cada duas questões contemplassem a mesma habilidade visual. As questões que restaram foram arquivadas com o objetivo de serem futuramente revistas e aplicadas.

2.1.3 Construção e validação do questionário final

O Questionário Final contem doze questões resultantes da equalização dos testes aplicados em 2008 (Tabela 3), e avaliou as seis habilidades visuais (H1 a H6) detalhadas anteriormente (Quadro 1), sendo escolhidas duas questões para cada habilidade.

A validação final ocorreu em 2008 e 2009, sendo que 3 grupos de alunos participaram da aplicação do Questionário Final (Tabela 2). Denominou-se os referidos grupos de Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3 sem identificá-los, para que o sigilo ético dos resultados fosse mantido.

Submeteu-se os dados gerados com a aplicação do teste final ao processo de calibração de questões-alunos proposta pelo Modelo de Rasch. Os resultados foram dispostos em um mapa e distribuídos segundo uma escala em logits. Uma análise dos mapas de calibração permite inferir que quando a média de questões e a média de alunos estão alinhadas, significa que os alunos apresentam habilidades visuais dentro da média.

Caso a ordenação de alunos esteja acima da média das questões, significa que os indivíduos apresentam habilidades visuais acima da média de dificuldade das questões. Da mesma forma se a ordenação dos alunos estiver abaixo da média das questões, significa que apresentam habilidades visuais abaixo da média.

O modelo matemático de Rasch é derivado de uma função logística que relaciona uma probabilidade crescente de resposta correta a uma questão, à medida que aumenta a habilidade dos alunos. Um aluno com mais habilidades tem maior probabilidade de dar uma resposta correta a uma questão [25]. É possível inferir o nível de dificuldade de questões observando a sua ordenação no mapa. Por exemplo, se uma questão está localizada em um desvio padrão (1 logit) acima da média de dificuldade de questões, ela pode ser considerada uma questão difícil, se estiver a dois desvios-padrão (2 logits) acima da média, pode ser classificada como muito difícil. Em contrapartida, questões localizadas um ou dois desvios-padrão abaixo da média são consideradas fáceis e muito fáceis, respectivamente.

Tabela 3. Habilidades visuais (H1 a H6) distribuídas por questões [29].

Questão	Código	Habilidade Visual
Q1	I28_09	H1
Q2	I03_09	H1
Q3	I25_09	H2
Q4	I02_09	H2
Q5	I30_09	H3
Q6	I26_09	H3
Q7	I31_09	H4
Q8	I08_09	H4
Q9	I11_09	H5
Q10	I21_09	H5
Q11	I32_09	H6
Q12	I19_09	H6

Um exemplo de interpretação dos mapas é mostrado na Figura 6. A localização de dificuldade das questões é descrita pela localização em logits na reta. Inicialmente é possível identificar o nível de dificuldade das questões A e B, de acordo com a localização. A questão A pode ser considerada muito difícil por estar localizada em dois desvios-padrão (2 logits) acima da média (M) de dificuldade das questões. Já a questão B pode ser considerada fácil por estar localizado um desvio padrão (1 logit) abaixo da média (M) de dificuldade das questões.

Adicionalmente, os mapas de calibração indicam, com detalhes, a ordenação de alunos e questões. Por exemplo, considerando um mapa qualquer, um indivíduo com habilidade x tem 50% de probabilidade de acertar uma questão de dificuldade y que esteja alinhada (x e y com o mesmo valor de logit). Sabemos, pois, que se a habilidade desse indivíduo aumentar em 1 logit a probabilidade de acerto na mesma questão será de 73%. Por outro lado, se o mesmo indivíduo, com a mesma habilidade x, responder a uma questão com dificuldade 1 logit menor do que a da questão y, a probabilidade de acerto é também de 73%. Se a questão for 2 logits mais fácil, a probabilidade aumenta para 88%, chegando a 95% para questões com dificuldade 3 *logits* menor do que a questão original y [26].

Com relação às habilidades, de um aluno, indicadas no exemplo (Figura 6), a questão A está localizada 1,25 *logits* acima da média e a questão B localizada em -0,65 *logits* abaixo da média. Pode-se afirmar que se o aluno possuir uma habilidade localizada em 1,25 *logits*, ele tem 50% de chance de acertar a questão A e até 88% de chances de acertar a questão B.

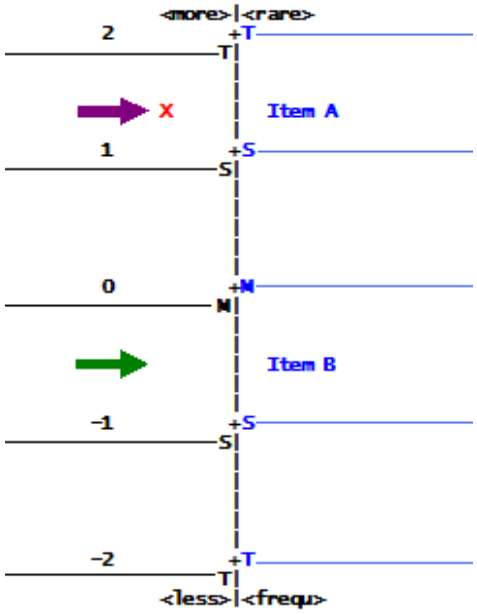


Figura 6. Exemplo de um mapa de calibração de questões-alunos. “M” indica a média, “S” indica um desvio padrão e “T” indica dois desvios-padrão, tanto para questões (mostrados em azul no lado direito do mapa), como para alunos (representados por um “X” vermelho no lado esquerdo do mapa) [29].

A análise de Rasch pressupõe uma medida de confiabilidade tanto para o teste, como para os alunos. Esta medida varia entre 0 e 1, sendo que valores aproximados ou maiores que 0,8 são considerados aceitáveis [27].

O Grupo 1 (Tabela 2) foi submetido ao teste final na presença de um responsável pela pesquisa. Todos os estudantes foram reunidos num laboratório de informática da própria Instituição de Ensino e responderam individualmente ao teste. Os dados coletados foram submetidos à calibração de questões-alunos proposta pelo modelo de Rasch, gerando um mapa de dificuldade de questões-alunos (Figura 7).

A partir do mapa de calibração de questões-alunos é possível verificar que a média dos alunos do Grupo 1 ficou acima da média das questões. Isto porque a amostra de 14 alunos distribuiu-se na escala de forma que 9 alunos (64%) predominou acima da média de dificuldade das questões. De acordo com o mapa (Figura 7), as questões Q2, Q10 e Q11, localizados 2 logits acima da média são classificadas como muito difíceis. As questões Q7, Q3 e Q5 estão compreendidas 1 logit acima da média de dificuldade e podem ser classificadas como difíceis. Da mesma forma as questões Q6, Q8, Q1 e Q9 que estão localizados 1 logit abaixo da média sendo consideradas fáceis. As questões Q4 e Q12, compreendidas em 2 logits podem ser classificadas como muito fáceis.

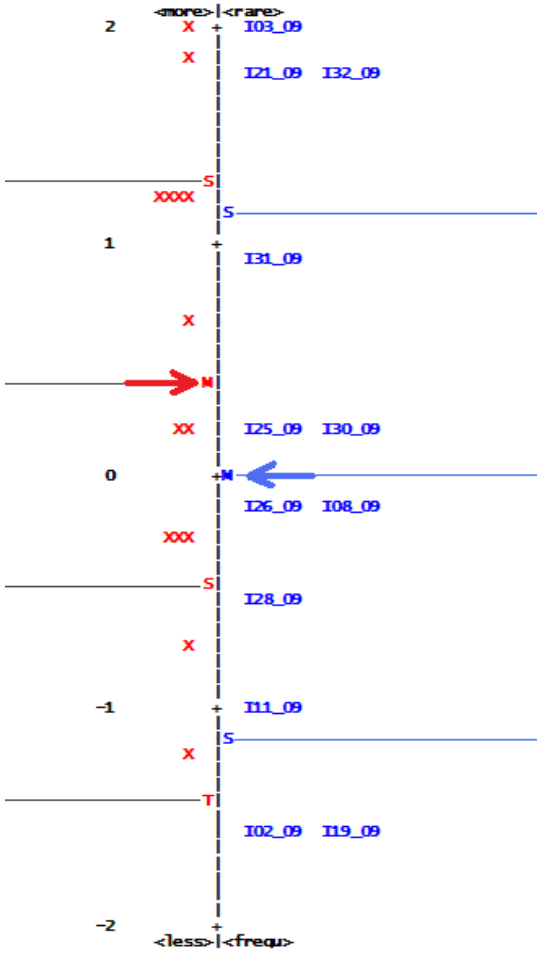


Figura 7. Mapa gerado a partir da calibração de questões-alunos do teste final aplicado em 2008 no Grupo 1 [29].

A Tabela 4 apresenta a distribuição de alunos do Grupo 1 segundo a probabilidade de acerto nas questões. É possível observar que o número de indivíduos com chances de acerto nas questões aumenta, conforme diminui a dificuldade da questão.

A calibração do teste gerou índices de confiabilidade tanto para os alunos quanto para o teste. A confiabilidade do teste foi de 0,72 e a confiabilidade de alunos foi de 0,59. De acordo com a literatura, um número reduzido de amostra pode interferir na baixa confiabilidade, como no caso da confiabilidade de alunos [28]. A análise do *infit* ficou entre 0,72 e 1,37 e do *outfit* entre 0,52 e 1,44, mostrando um bom ajuste dos dados. As questões distribuíram-se na escala entre 4,43 e -1,55 *logits* indicando que algumas questões não se ajustaram bem ao modelo por ultrapassarem a escala, como é o caso das questões Q2, Q4 e Q12. Neste caso foi necessário testar estas questões com novos grupos para garantir se elas precisavam ser reformuladas ou descartadas.

Tabela 4. Distribuição de alunos do Grupo 1, segundo as probabilidades de acerto nas questões [29].

Localização da Questão (logit)	Classificação da questão quanto à dificuldade	Questão	Alunos com Probabilidade de Acerto > 73%	Alunos com Probabilidade de Acerto > 50% e < 73%	Alunos com Probabilidade de Acerto = 50%
Entre 1 e 2	Muito Difícil	I03_09	-	-	1
		I21_09 e I32_09	-	2	-
Entre 0 e 1	Difícil	I31_09	2	4	-
		I25_09 e I30_09	6	1	2
0	Médio	-	-	-	-
Entre 0 e -1	Fácil	I26_09 e I08_09	6	3	-
		I28_09	9	3	-
		I11_09	9	4	-
Entre -1 e -2	Muito Fácil	I02_09 e I19_09	13	1	-

O Grupo 2 (Tabela 2) teve uma participação virtual na pesquisa, dado que o curso apresentou limitação de tempo e carga horária. Os estudantes foram convidados a participar, tendo a opção de acessar o teste a partir de computadores pessoais ou da própria Instituição de Ensino. Os dados coletados foram submetidos ao processo de calibração de questões-alunos gerando um mapa de dificuldade (Figura 8).

Mostra-se no mapa de calibração de questões-alunos do Grupo 2 a ordenação de 28 participantes do teste, sendo que há uma predominância equilibrada entre alunos localizados acima e abaixo da média de dificuldade das questões.

Apresenta-se na Tabela 5 a distribuição de alunos do Grupo 2, segundo a probabilidade de acerto nas questões. A calibração do teste do Grupo 2 apresentou 0,70 de confiabilidade para o teste e 0,52 de confiabilidade para os alunos. Novamente tivemos a limitação no número de amostras, o que justifica a baixa confiabilidade de alunos. A análise do *infit* mostra que os dados estão entre 0,78 e 1,45 e *outfit* entre 0,58 e 1,43, mostrando um bom ajuste. As questões distribuíram-se na escala entre 1,67 e -1,47 logits mostrando que algumas questões se ajustaram bem dentro da expectativa do modelo.

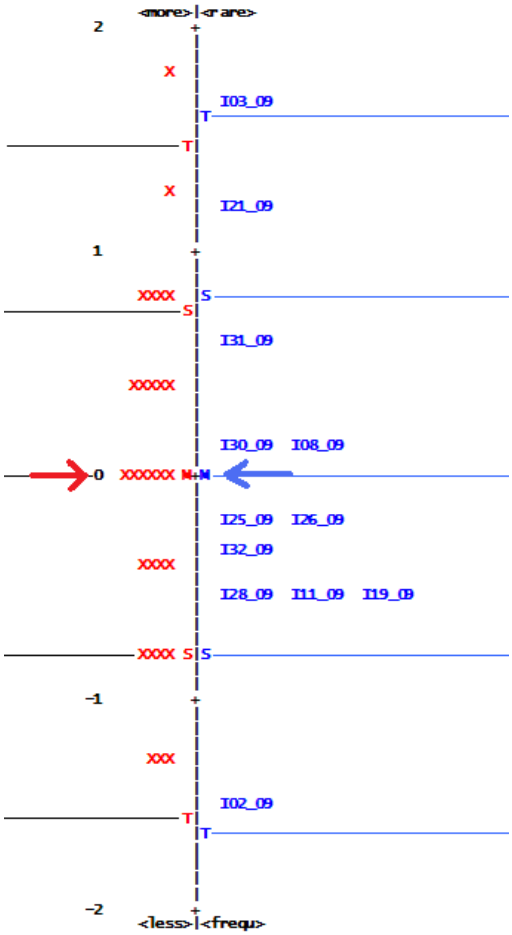


Figura 8. Mapa gerado a partir da calibração de questões-alunos do teste final aplicado em 2008 no Grupo 2 [29].

Tabela 5. Distribuição de alunos do Grupo 2, segundo as probabilidades de acerto nas questões [29].

Localização da questão (logit)	Classificação da questão quanto à dificuldade	Questão	Alunos com Probabilidade de Acerto > 73%	Alunos com Probabilidade de Acerto > 50% e < 73%	Alunos com Probabilidade de Acerto = 50%
Entre 1 e 2	Muito Difícil	I03_09	-	1	-
		I21_09	-	2	-
Entre 0 e 1	Difícil	I31_09	2	4	-
		I08_09 e I30_09	2	9	-
0	Médio	-	-	-	-
Entre 0 e -1	Fácil	I25_09 e I26_09	2	15	-
		I32_09	2	15	-
		I28_09, I11_09 e I19_09	11	10	-
Entre -1 e -2	Muito Fácil	I02_09	25	3	-

O Grupo 3 (Tabela 2) foi submetido ao questionário final na presença de um professor responsável. Reuniu-se os estudantes em um laboratório de informática da própria Instituição de Ensino e esses responderam individualmente ao questionário. Os

dados coletados passaram pelo processo de calibração de questões-alunos proposta pelo modelo de Rasch, gerando um mapa de dificuldade (Figura 9).

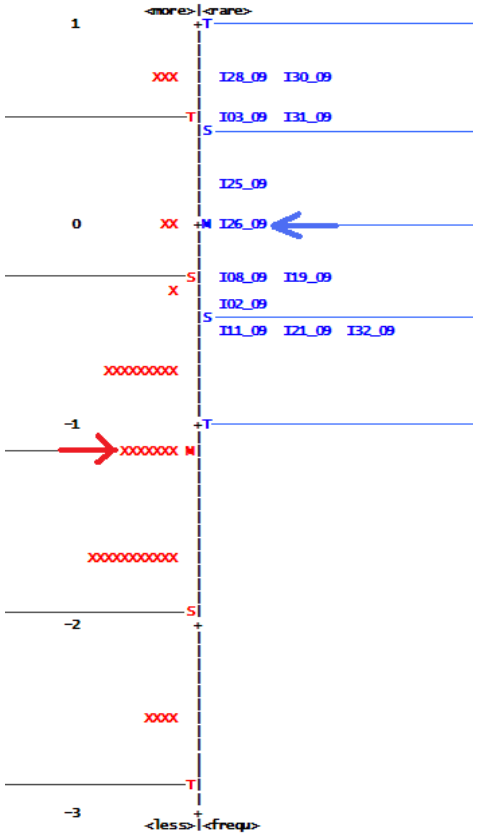


Figura 9. Mapa gerado a partir da calibração de questões-alunos do Questionário final aplicado em 2008 no Grupo 3 [29].

A partir do mapa gerado para o Grupo 3 foi possível concluir que a média de habilidades de alunos estava localizada muito abaixo da média de dificuldade de questões, mostrando uma falta de ajuste dos dados. Além disso, uma boa medida de confiabilidade gira em torno de 0,80 [27] e neste grupo a confiabilidade de alunos e questões apresentou valores muito abaixo do esperado, com 0,18 para confiabilidade de alunos e 0,29 para confiabilidade de questões, comprometendo a análise individual de dificuldade de cada questão e das habilidades visuais dos alunos. Neste caso, considerou-se a hipótese referente à baixa habilidade visual dos alunos e/ou o indício de respostas que apresentaram o componente “chute”. Com isso a calibração do teste não atingiu esta população e as respostas dos estudantes podem ser consideradas “não confiáveis” por apresentarem aleatoriedade. A partir dos pressupostos apresentados, tornou-se inviável inferir conclusões a respeito das questões e das habilidades dos alunos

deste grupo.

Os mapas de calibração de questões-alunos geraram uma escala de dificuldade de questões, de acordo com a localização apresentada. A distribuição das questões segundo o grau de dificuldade apresentado no mapa de calibração dos testes permite uma comparação entre os Grupos 1 e 2 (Tabela 6).

As marcações em cinza (Tabela 6) mostram que, para algumas questões, diferentes grupos apresentam o mesmo nível de dificuldade. Uma análise mais apurada das respostas dadas em cada questão permite inferir algumas conclusões a respeito das habilidades visuais contempladas em cada questão.

Tabela 6. Distribuição das questões por habilidades visuais e níveis de dificuldade a partir do mapa de calibração dos Grupos 1 e 2 [29].

Questão	Habilidade Visual	Grupo 1				Grupo 2			
		Classificação das Questões*				Classificação das Questões*			
		MD	D	F	MF	MD	D	F	MF
I28_09	H1			X				X	
I03_09	H1	X				X			
I25_09	H2		X					X	
I02_09	H2				X				X
I30_09	H3		X				X		
I26_09	H3			X				X	
I31_09	H4		X				X		
I08_09	H4			X			X		
I11_09	H5			X				X	
I21_09	H5	X				X			
I32_09	H6	X						X	
I19_09	H6				X			X	

*muito difícil (MD), difícil (D), médio (M), fácil (F) e muito fácil (MF).

A questão Q2 que compreende a habilidade visual H1 (Quadro 1) apresentou um nível muito difícil para os estudantes dos grupos analisados. De acordo com a frequência de erros foi possível observar que os indivíduos não apresentaram a habilidade visual necessária para identificar diferentes representações de reações químicas na via metabólica, e a representação da reação reversível (Figura 10) apresentada no modelo foi identificada por poucos alunos, confirmando a mesma dificuldade já verificada anteriormente. Verificou-se que a dificuldade se refere especificamente à um tipo de representação usualmente encontrado em alguns livros didáticos de bioquímica, mas não encontrado em livros específicos da área de química, como por exemplo, para representar a reação de clivagem da frutose-1,6-bisfosfato em duas trioses, na via metabólica glicolítica.

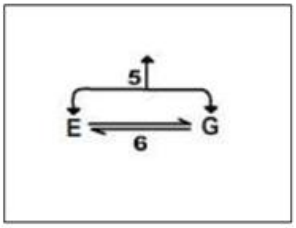


Figura 10. A representação de reversibilidade indicada pelo número 5 é utilizada em livros de Bioquímica, e não foi reconhecida por um número expressivo de alunos [29].

A questão Q10, também classificada como muito difícil para os estudantes dos grupos analisados, contemplou a habilidade visual H5. O modelo apresentado nesta questão compreende um processo dinâmico que é apresentado de forma estática nos livros didáticos de Bioquímica, sendo similar à representação da via metabólica de síntese de lipídios. A grande maioria dos alunos não apresentou a habilidade visual para compreender este tipo de representação.

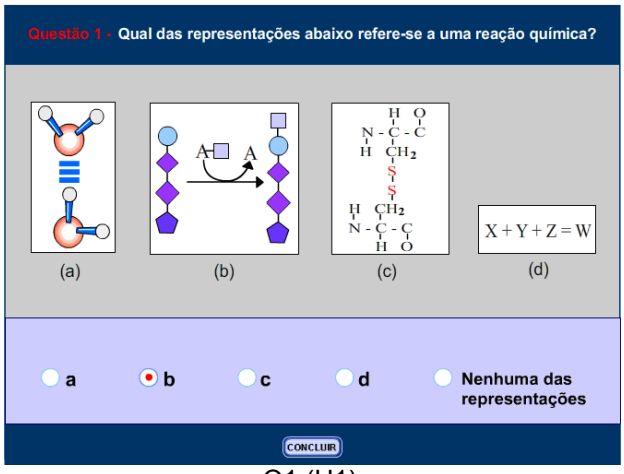
Da mesma forma as questões Q5 e Q7 que contemplaram respectivamente as habilidades visuais H3 e H4 constituíram questões difíceis para os grupos analisados.

A questão Q5 compreende a habilidade visual H3, e uma amostra significativa de estudantes não apresentou a habilidade visual que estava sendo avaliada na questão, sendo que pela análise das respostas infere-se que o grupo identificou a reação de isomerização apresentada no modelo, como sendo uma reação de fosforilação.

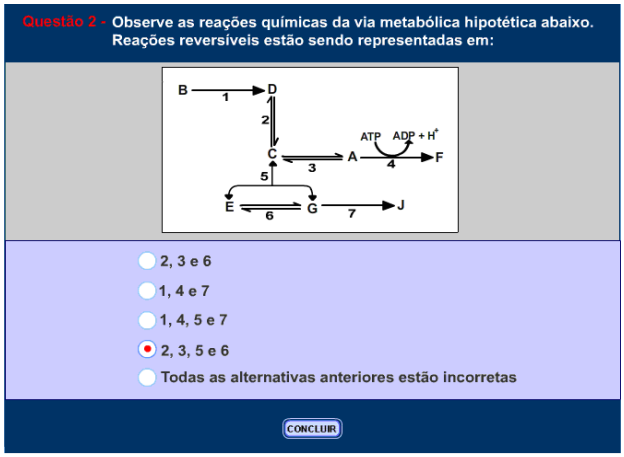
A questão Q7 mediu a habilidade visual H4 e, de acordo com o padrão de respostas apresentado pelos grupos, esta questão mostrou que as turmas apresentaram dificuldade para identificar os substratos consumidos numa via metabólica em diferentes condições, não identificando, por exemplo, a representação que significava a regeneração da coenzima NAD^+ do modelo.

As questões que compreenderam as habilidades visuais H2 e H6 mostraram-se “mais fáceis” para a compreensão visual dos grupos testados.

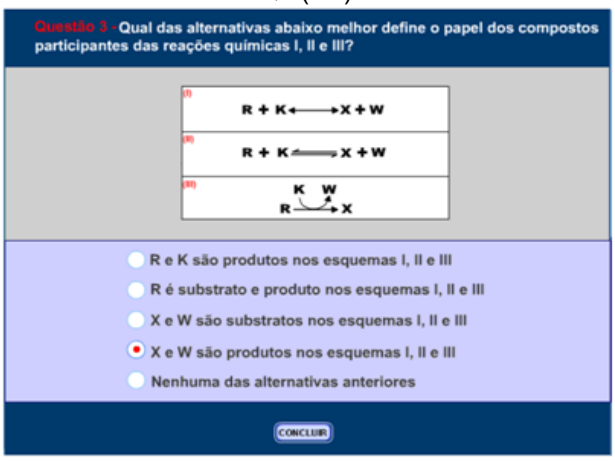
Mesmo com algumas limitações já descritas, avaliou-se que os resultados obtidos no processo de construção e validação do questionário indicaram que o mesmo poderia ser uma ferramenta capaz de diagnosticar as habilidades visuais necessárias para a compreensão de vias metabólicas (Figura 11). Assim, passou-se à segunda fase da pesquisa.



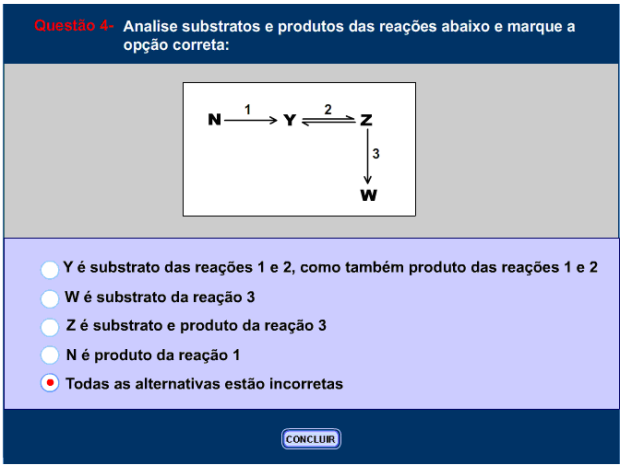
Q1 (H1)



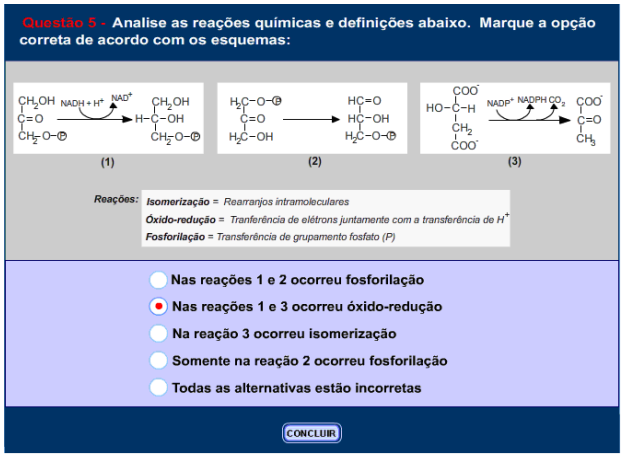
Q2 (H1)



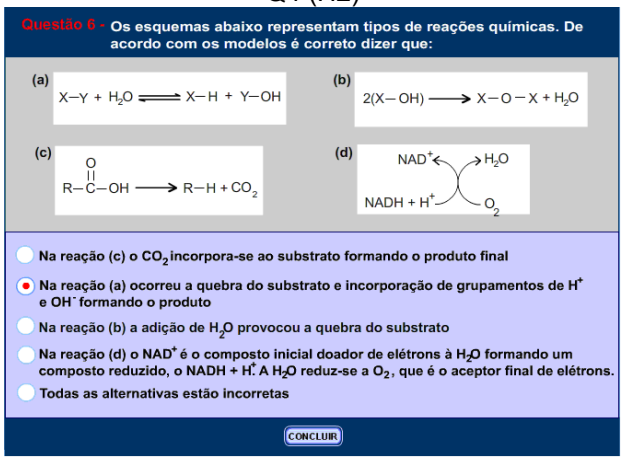
Q3 (H2)



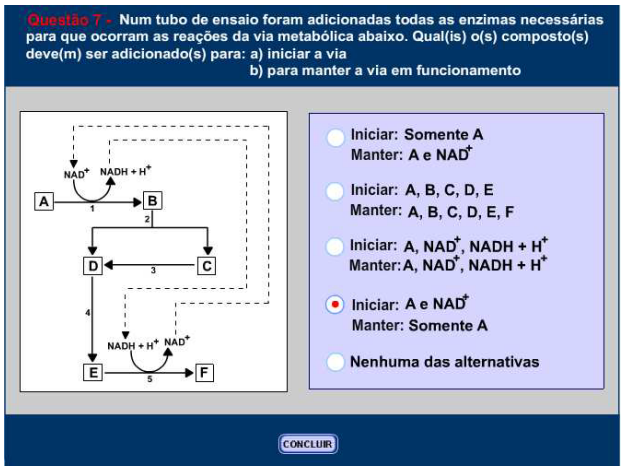
Q4 (H2)



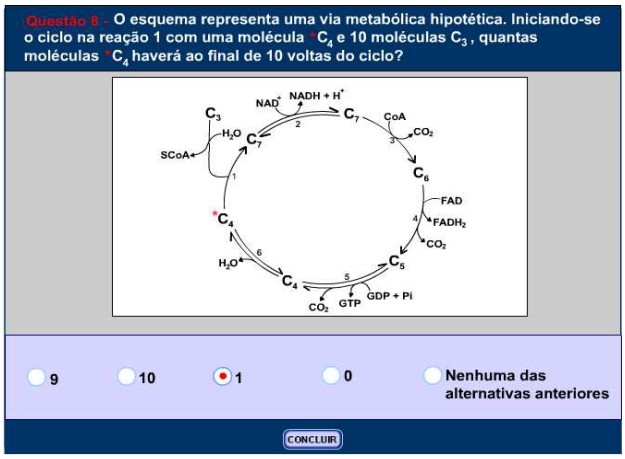
Q5 (H3)



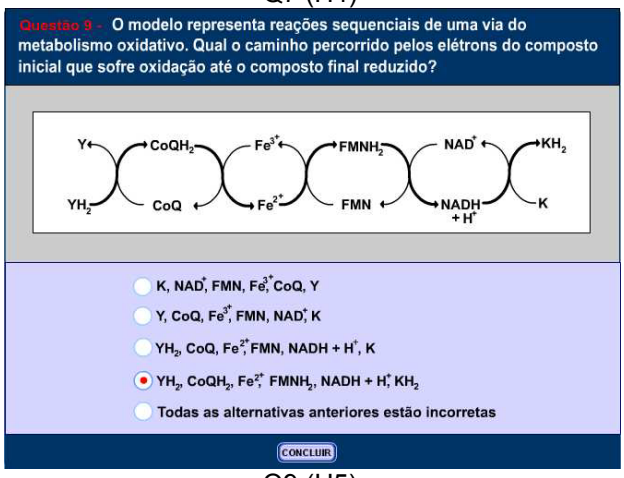
Q6 (H3)



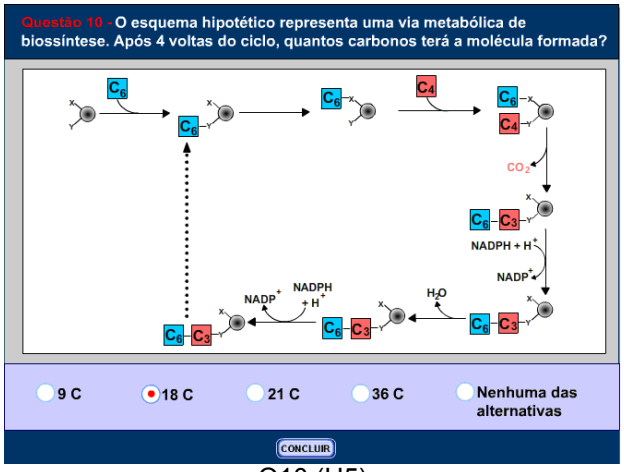
Q7 (H4)



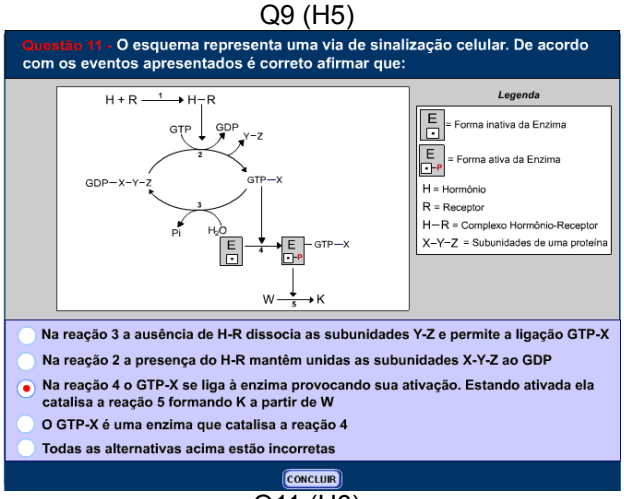
Q8 (H4)



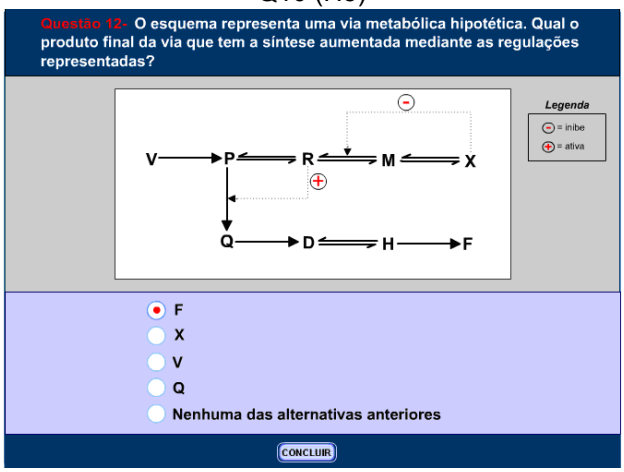
Q9 (H5)



Q10 (H5)



Q11 (H6)



Q12 (H6)

Figura 11. Questões Finais do Teste de Literacia Visual.

2.2 Aplicação do questionário

A etapa de aplicação do Questionário foi realizada na Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), *Campus* Centro-Oeste, na cidade de Divinópolis, Minas Gerais, Brasil, no período de 2010 à 2012. O curso escolhido foi o Bacharelado em Bioquímica, criado em 2008. O curso é integral e funciona em regime semestral com 8 semestres letivos (totalizando 4 anos), e recebe em cada início de semestre 50 alunos, totalizando em torno de 400 alunos.

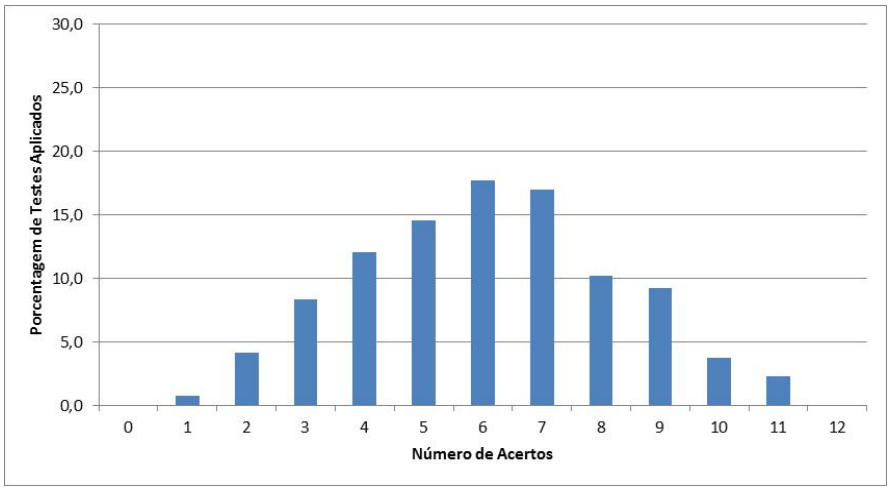
Os questionários foram aplicados em três semestres consecutivos em turmas de cada período letivo. Em cada aplicação os alunos não tiveram contato com as respostas do questionário. Também não foram sanadas dúvidas sobre as questões, para minimizar ao máximo possível interferências. O questionário não foi divulgado e nem disponibilizado para professores atuantes no curso, objetivando-se assim não influenciar os processos didático-pedagógicos em andamento.

2.2.1 Aplicação e análise do nível de literacia visual

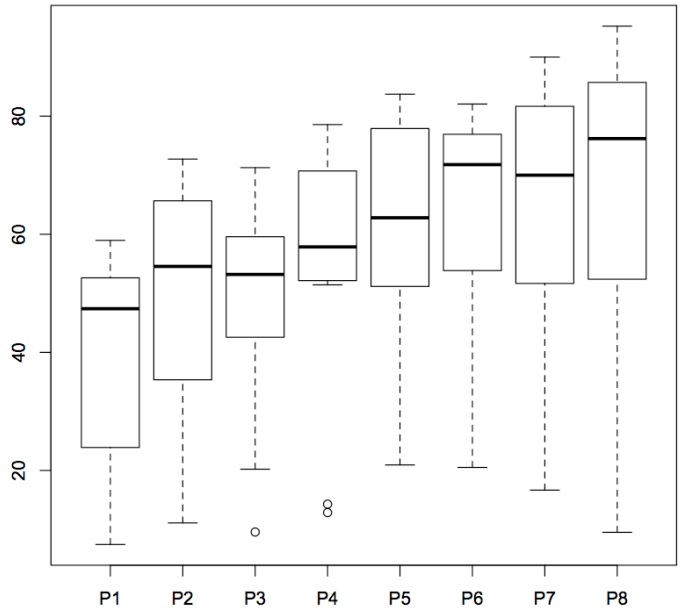
Finalizada a etapa de construção do questionário, passou-se à etapa de aplicação do mesmo. Foram aplicados um total de 530 questionários, no início de três semestres distintos, em uma amostra que compreendeu alunos que estavam em diferentes etapas do curso (do primeiro ao último período).

O questionário foi impresso e aplicado em cada sala de aula correspondente a diferentes etapas do curso (períodos letivos distintos) pelo próprio responsável por esta etapa da pesquisa, possibilitando assim uma melhor instrução do processo, e visando minimizar ao máximo a interferência de possíveis variáveis.

No intuito de fazer uma análise sobre a relevância e a qualidade dos dados coletados, foram determinados os diferentes números de acertos em relação à porcentagem de testes aplicados, bem como o porcentual da média de acertos por período, conforme mostrado na Figura 12.



(a)



(b)

Figura 12. (a) Porcentagem de testes aplicados em função do número de acertos. (b) Distribuição porcentual da média de acertos dos 8 períodos avaliados (P = período).

A distribuição em forma de sino mostrada na Figura 12a é consistente com um quadro de aprendizagem em que se espera que os discentes tenham diferentes níveis de formação intelectual e visual à medida que entram em contato com conteúdos mais avançados e diferenciados no transcorrer do curso de graduação. Além disso, tem-se na Figura 12b a confirmação de que a média de acertos do questionário variou de forma crescente à medida que os alunos foram avançando no curso de graduação.

Verificou-se que 60% dos alunos acertaram 6 ou mais questões (ou seja, acertaram mais de 50% do questionário), o que indicou que os sujeitos da amostra apresentaram um nível de aprendizagem compatível com o nível de dificuldade do questionário.

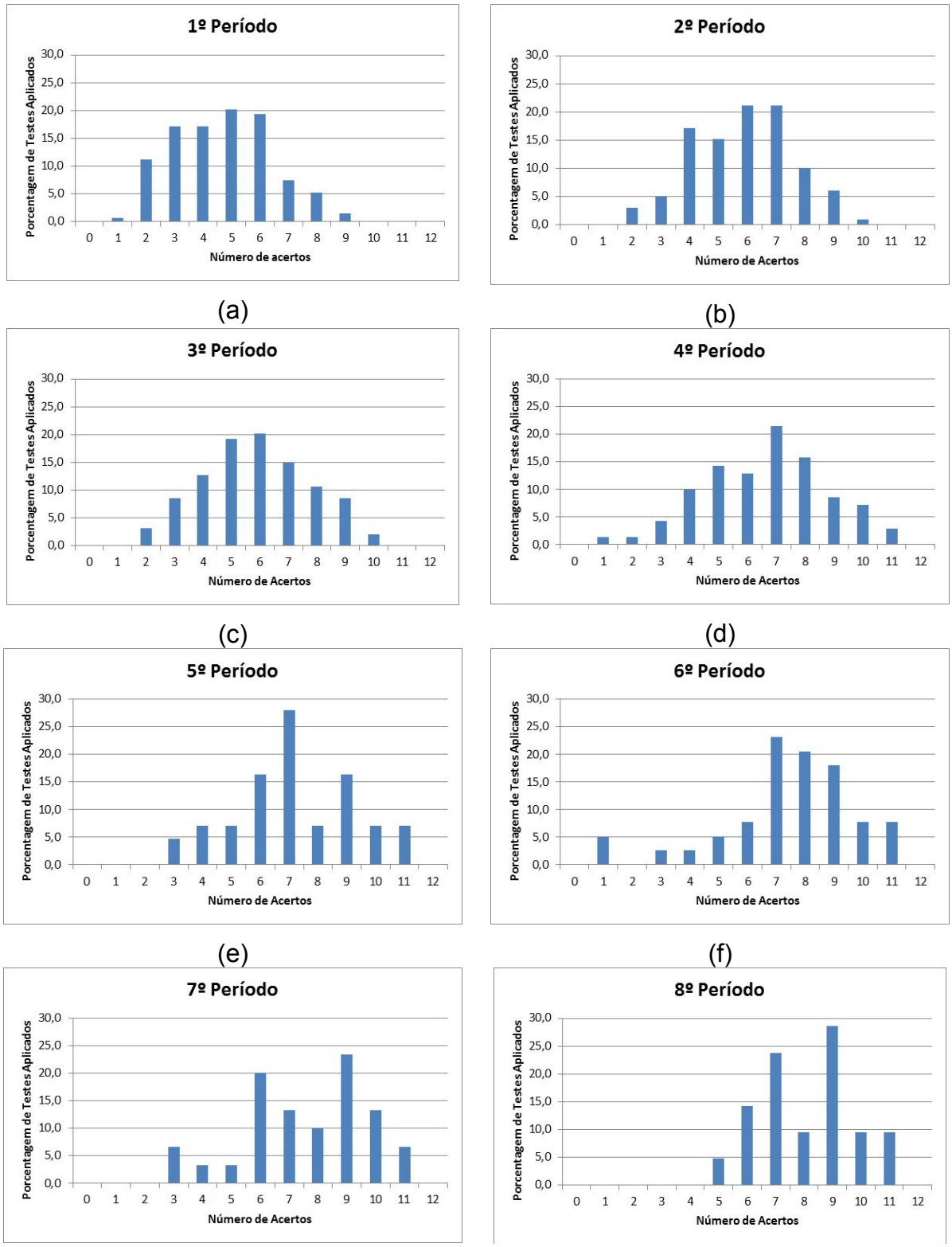


Figura 13. Porcentagem de testes aplicados em função do número de acertos. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por período. O valor de n em cada período é (a) 134, (b) 99, (c) 94, (d) 70, (e) 43, (f) 39, (g) 30, (h) 21.

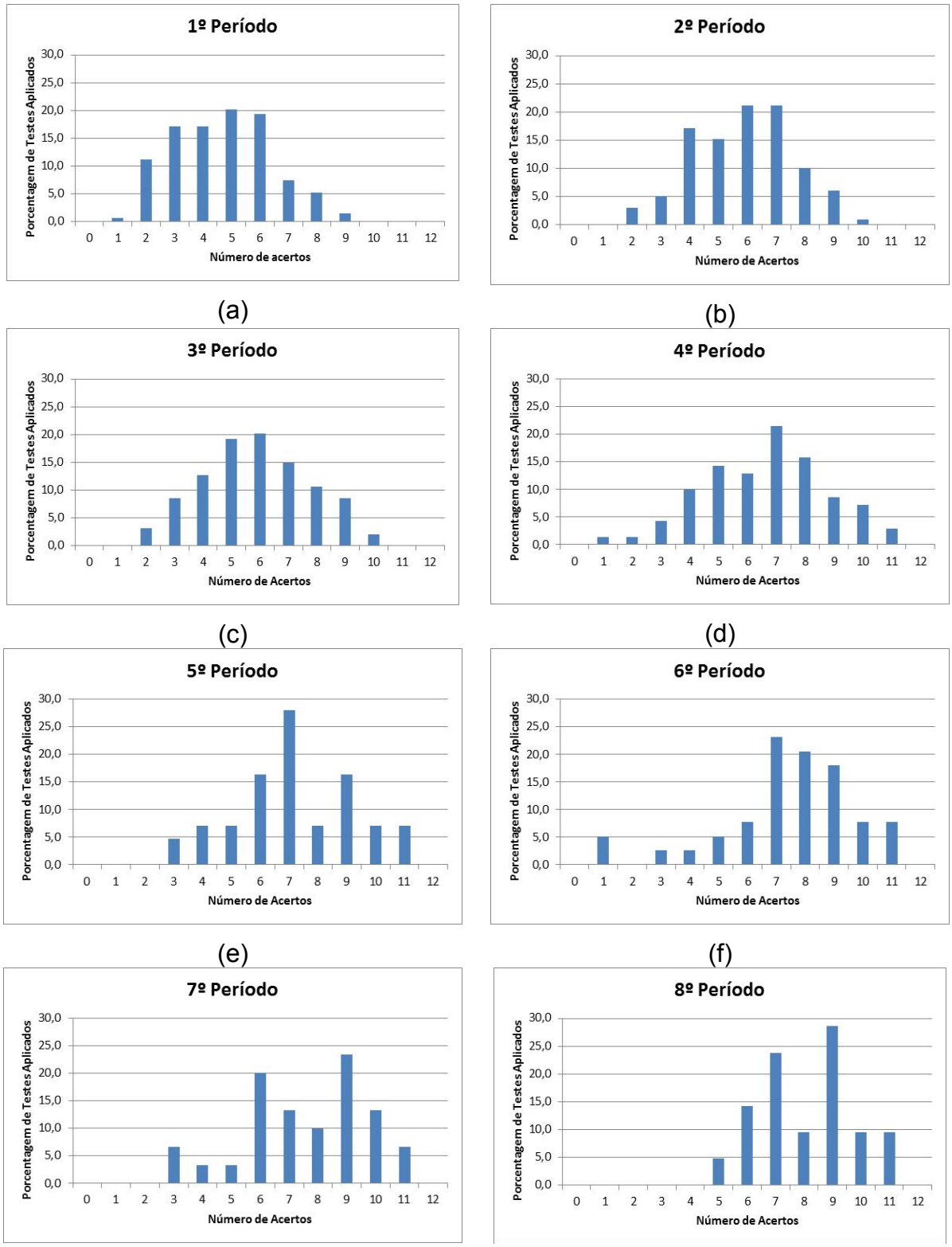


Figura 13. Porcentagem de testes aplicados em função do número de acertos. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por período. O valor de n em cada período é (a) 134, (b) 99, (c) 94, (d) 70, (e) 43, (f) 39, (g) 30, (h) 21.

Com o objetivo de definir o teste estatístico que deveria ser usado para fazer as comparações entre os 8 períodos avaliados, foi aplicado aos dados o teste de normalidade de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov). O valor de p obtido foi 0.0003036, o que significa que os dados não têm uma distribuição normal. Os dados foram submetidos ao teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para determinar se havia diferenças estatisticamente significativas entre as médias de acertos dos 8 períodos avaliados. O valor de p obtido na prova de Kruskal-Wallis foi de 0.00836, o que significa que, pelo menos, um dos grupos é diferente dos outros.

Para determinar quais períodos teriam diferenças entre si, foi aplicado o teste de Tukey para comparações múltiplas. Como os resultados obtidos neste teste têm significância estatística quando o valor de *p* é inferior a 0.05, verificou-se que a média de acertos entre o 1º e 8º período realmente apresenta valores estatisticamente distintos.

A partir dos dados apresentados nas Figuras 12 e 13, bem como dos dados estatísticos obtidos, observou-se uma distribuição de acertos consistente (Figura 12a), como também uma tendência no aumento do número de acertos à medida que os alunos foram passando para níveis posteriores de aprendizagem na graduação (Figuras 12b e 13). A tendência citada é evidenciada pelo deslocamento de barras observado nos gráficos da Figura 13.

Assim, a análise dos dados aqui apresentados permitiu afirmar que o questionário de literacia visual aplicado foi um instrumento de coleta de dados satisfatório, podendo ser utilizado na investigação do nível de literacia visual de estudantes de bioquímica.

3 Considerações finais

Os resultados obtidos no processo de construção do questionário permitiram a construção de um instrumento capaz de diagnosticar habilidades visuais necessárias para a compreensão de vias metabólicas. Vale ressaltar que o planejamento, desenvolvimento e a validação de questionários com diferentes itens envolve avaliações constantes e reformulações, sendo que o tamanho da amostra implica diretamente no bom refinamento e confiabilidade do teste. A aplicação do modelo de Rasch mostrou-se relevante, por compreender uma análise superior às estatísticas clássicas e por possibilitar examinar em detalhes as questões e diagnosticar as habilidades dos estudantes através do processo de calibração de questões-alunos. Ademais, dois testes diferentes sendo aplicados numa

mesma população puderam ser equalizados a fim de se definir as questões que fizeram parte do questionário final para diagnosticar as habilidades visuais de diferentes grupos.

Os resultados obtidos com a calibração de questões-alunos mostraram a importância de aplicar o teste em amostras maiores a fim de se definir mais precisamente o público para o qual o teste era mais efetivo. No caso do Grupo 3, ficou evidente que o questionário apresenta um nível de dificuldade incompatível com o nível de literacia visual dos indivíduos. Esse resultado, no entanto, aponta a necessidade de se trabalhar as habilidades de visualização destes estudantes antes de entrar nos conteúdos específicos relacionados ao estudo de vias metabólicas.

Como todo teste de diagnóstico de aprendizagem, são necessários cuidados especiais no uso da ferramenta, para uma garantia mínima de que as respostas sejam individuais.

Na etapa de aplicação, os dados obtidos, bem como o resultado dos testes estatísticos aplicados, evidenciaram uma distribuição de acertos consistente, como também uma tendência no aumento do número de acertos à medida que os alunos foram passando para níveis posteriores de aprendizagem na graduação, levando-se a inferir que o questionário de literacia visual aplicado foi um instrumento de coleta de dados satisfatório.

De forma prática, a média de acertos é um indicativo inicial para o educador ter um diagnóstico das habilidades visuais da turma que está sendo avaliada, contribuindo no planejamento pedagógico ao considerar a necessidade de se introduzir atividades práticas de visualização no processo de ensino e aprendizagem.

Referências

[1] K. J. Schönborn, T. R. Anderson. The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists, *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 2006; **34**: 94–102.

[2] T. Wright, S. Hamilton. Assessing student understanding in the molecular life sciences using a concept inventory. *In ATN Assessment 08: Engaging Students with Assessment*. Adelaide, Australia. 2008; 216-224.

[3] S. Howitt, T. Anderson, M. Costa, S. Hamilton, T. Wright. A Concept Inventory for Molecular Life Sciences: How will it help your teaching practice? *Australian Biochemist*. 2008; **39**: 14-17.

[4] A. M. P. Azevedo, G. B. Lazzarotto, M. I. Timm, M. A. Zaro. Relato de uma experiência

com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs. [periódicos na internet]. 2004. Disponível em: http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/07-relato.pdf. Acesso em 2 de dezembro de 2013.

[5] T. R. Anderson, D. J. Grayson. Improving students' understanding of carbohydrate metabolism in first-year biochemistry at tertiary level. *Research in Science Education*. 1994; **24**: 1-10.

[6] R. Loguercio, D. Souza, J. Pino. Educação em Bioquímica: um programa disciplinar. Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. *Ciências e cognição*. 2007; **10**: 147-155. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>. Acesso em: 18 mar. 2008.

[7] K. J. Schönborn, T. R. Anderson, D. J. Grayson. Student difficulties with the interpretation of a textbook diagram of immunoglobulin G (IgG). *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2002; **30**: 93-97.

[8] D. C. Richardson, J. S. Richardson. Teaching molecular 3-D literacy. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2002; **30**: p. 21-26.

[9] D. J. Grayson, T. R. Anderson, L. G. Crossley. A four-level framework for identifying and classifying student conceptual and reasoning difficulties. *International Journal of Science Education*. 2001; **23**: 611-622.

[10] M. Avegerinou, J. Ericson. A review of the concept of visual literacy. *British Journal of Educational Technology*. 1997; **28**: 280-291.

[11] J. W. Russell, R. B. Komza, T. Jones, J. Wykoff, N. Marx, J. Davis. Use of simultaneous-Synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*. 1997; **74**: 330-334.

[12] J. Michael. Misconceptions – what students think they know? Advances in Physiology Education. *American Psycological Society*. 2002; **26**: 5-6.

[13] E. R. Mayer. Meaningful learning from words and pictures: An educational psychology of multimedia. APA *Newsletter for educational psychologists*. 2001; **24**.

[14] D. Hestenes, M. Wells, G. Swackhamer. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*. 1992; **30**: 141-158.

[15] J. M. Berg, J. L. Tymoczko, L. Stryer. *Bioquímica*. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004. 1059 p.

[16] M. K. Campbell, S. O. Farrell. *Bioquímica*. 5. ed. São Paulo: Thomson learning; 2008. 845 p.

[17] P. C. Champe, R. A. Harvey. *Bioquímica Ilustrada*. 3 ed. Porto Alegre: ArtMed; 2006. 544 p.

[18] T. M. Devlin. *Manual de bioquímica com correlações clínicas*. São Paulo: Edgard Blücher; 1998. 1084 p.

[19] A. L. Lehninger, D. L. Nelson, M. M. Cox. *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Sarvier; 1995. 839 p.

[20] A. Marzzoco, B. B. Torres. *Bioquímica Básica*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007. 386 p.

[21] R. K. Murray, D. K. Granner, V. W. Rodwell. *Bioquímica Ilustrada*. 27 ed. São Paulo: McGraw Hill; 2007. 620 p.

[22] D. Voet, J. G. Voet, C. W. Pratt. Fundamentos de Bioquímica. Porto Alegre: ArtMed; 2000. 931 p.

[23] D. F. Andrade, H. R. Tavares, R. C. Valle. Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. São Paulo: Associação Brasileira de estatística; 2000. 154 p.

[24] W. J. Boone, K. Scantlebury. The role of Rasch analysis when conducting Science Education Research utilizing multiple-choice tests. *Science Education*. 2005; **90**: 253-269.

[25] L. A. Tristán. Análisis de Rasch para Todos: una guía para evaluadores educativos. CENEVAL, México, DF; 2002.

[26] R. M. Smith. Fit analysis in latent trait measurement models. *Journal of Applied measurement*. 2000; **1**: 199-218.

[27] C. M. Fox, J. A. Jones. Uses of Rasch modeling in counseling psychology research. *Journal of Counseling Psychology*. 1998; **45**: 30-45.

[28] M. J. G. Montesinos. *El Análisis de Reactivos con el Modelo Rasch: manual técnico A*. Serie Medición y Metodología. Tese. Universidad de Sonora. Instituto Nacional para La Evaluacion de la Educacion. México, DF; 2008. 110p.

[29] E. A. de Oliveira. *Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico da Literacia Visual, contextualizada no estudo de vias metabólicas*. Tese. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP; 2010. 99p.

[30] E. Sumfleth, et al. *Research in Science Education-Past, Present, and Future*, 2001. In: K. J. Schönborn, T. R. Anderson. The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists, *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 2006; **34**: 94–102.

[31] WINSTEPS & Facets Rasch Software. http://www.winsteps.com/index.htm. Acessado em 06 de 2007.

[32] Instituto Innovare. *Normas e Recomendações para Elaboração de Questões de Múltipla Escolha No contexto da Educação das Profissões de Saúde*. Fortaleza, CE; 2006.