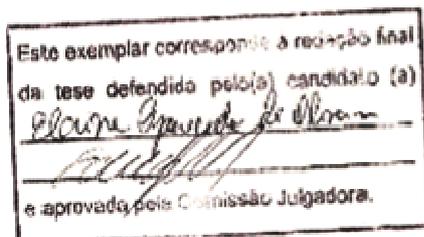


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA



DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA DIAGNÓSTICO DA LITERACIA VISUAL, CONTEXTUALIZADA NO ESTUDO DE VIAS METABÓLICAS

Elaine Aparecida de Oliveira



Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de Mestre em Biologia Funcional e Molecular, na área de Bioquímica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Galembeck

Campinas  
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP

OL42d	<p>Oliveira, Elaine Aparecida de Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico da literacia visual, contextualizada no estudo de vias metabólicas / Elaine Aparecida de Oliveira. – Campinas, SP: [s.n.], 2010.</p> <p>Orientador: Eduardo Galembek. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.</p> <p>1. Literacia visual. 2. Vias metabólicas. 3. Modelo de Rasch. 4. Modelos visuais. 5. Habilidades visuais. I. Galembek, Eduardo. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.</p> <p>(rcdt/ib)</p>
-------	---

**Título em inglês:** Development and evaluation of a tool for diagnosis of visual literacy, contextualized in the study of metabolic pathways.

**Palavras-chave em inglês:** Visual literacy; Metabolic pathways; Rasch models; Visual models; Visual skills.

**Área de concentração:** Bioquímica.

**Títuloção:** Mestre em Biologia Funcional e Molecular.

**Banca examinadora:** Eduardo Galembek, Bayardo Batista Torres, Henrique César da Silva.

**Data da defesa:** 22/02/2010.

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Funcional e Molecular.

Campinas, 22 de fevereiro de 2010.

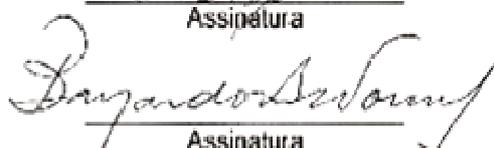
**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Eduardo Galembeck (Orientador)



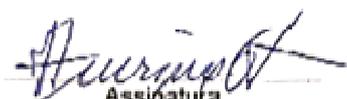
Assinatura

Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres



Assinatura

Prof. Dr. Henrique César da Silva



Assinatura

Prof. Dr. Cláudio Chrysostomo Werneck

Assinatura

Prof. Dr. José Camillo Novello

Assinatura

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Eduardo Galembeck pela oportunidade que me concedeu de fazer parte de seu grupo de pesquisa.

Ao meu amado Marco, pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão em todos os momentos.

A minha mãe Maria Aparecida, pelo exemplo de amor, dedicação e constante apoio e cuidados.

Ao meu pai Benedito (in memoriam), pelo exemplo de amor e de luta, e constante incentivo para que eu seguisse estudando.

A minha irmã Elusa pela força e incentivo nos momentos profissionais que mais precisei.

A meu irmão Evandro e todos os familiares, pelo constante apoio e motivação em meu trabalho.

Ao meu colega de laboratório Gesivaldo, pela significativa colaboração na minha pesquisa.

Aos meus colegas Eduardo Kimura e Santoro que forneceram todo o apoio técnico necessário para a realização do trabalho.

A minha colega Bianca pela solidariedade, força e amizade.

A todos os colegas, professores e funcionários da Unicamp que de algum modo contribuíram com o trabalho.

## RESUMO

Representações externas são muito utilizadas no ensino de bioquímica. As vias metabólicas constituem um tipo de representação externa e envolvem habilidades visuais; estão, portanto, intimamente relacionados à literacia visual (capacidade de interpretar imagens). Há uma preocupação crescente em diagnosticar a dificuldade dos estudantes com a bioquímica. Este tipo de diagnóstico é importante para poder propor soluções pedagógicas que possam facilitar o aprendizado. O presente trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento e a aplicação de um teste informatizado para diagnosticar a literacia visual, relacionada ao estudo de vias metabólicas, de estudantes de cursos das áreas biológica e da saúde. Inicialmente foram desenvolvidos testes piloto com itens (modelos e questões) que contemplavam habilidades visuais para a compreensão de vias metabólicas mais frequentemente representadas em livros didáticos de bioquímica. Os testes piloto foram aplicados em 2007 e 2008 com turmas de graduação de cursos da área biológica e da saúde. Os resultados obtidos serviram de subsídio para que alguns itens fossem reformulados e outros adicionados. Os resultados obtidos foram tratados com uso do modelo de Rasch, tanto no processo de equalização dos testes piloto (para definir os itens do teste final), como para o tratamento dos resultados obtidos com a calibração de itens-respondentes após as aplicações do teste final. Três grupos participaram da aplicação do teste final e compreenderam 79 estudantes distribuídos entre os cursos de educação física (UNICAMP), enfermagem (UNICAMP) e fisioterapia/nutrição (FAJ). A partir dos dados obtidos utilizou-se o processo de calibração de itens-respondentes, proposta pelo modelo de Rasch, obtendo-se a dificuldade dos itens e as habilidades visuais apresentadas pelos grupos. Os resultados observados sugerem que entre as dificuldades apresentadas pelos estudantes no aprendizado de metabolismo pode ser incluída a dificuldade em se compreender as representações externas de vias metabólicas. Essa dificuldade pode ser minimizada com explicações dos modelos antes de se entrar nos conteúdos específicos. O teste produzido permite o diagnóstico de estudantes ou de grupos. A necessidade de desenvolver práticas de visualização para melhorar a compreensão de conceitos bioquímicos pelos estudantes mostrou-se um aspecto importante no estudo de vias metabólicas.

**Palavras chaves:** literacia visual, vias metabólicas, modelo de Rasch, modelos visuais, habilidades visuais.

## **ABSTRACT**

External representations are used in teaching of biochemistry. The metabolic pathways are a type of external representation and involve visual skills, are therefore closely related to visual literacy (ability to interpret images). There is an increasing concern regarding the diagnosis of students with difficulty to the biochemistry, this type of diagnosis is important to be able to propose solutions that would facilitate learning. This paper aims to describe the development and implementation of a computerized test to diagnose the visual literacy, related to the study of metabolic pathways for undergraduate students enrolled in courses in the biological and health. Initially, pilot tests have been developed with (models and items) that looked visual skills for the understanding of metabolic pathways most often represented in textbooks of biochemistry. The pilot tests were applied in 2007 and 2008 on undergraduate classes of various courses in the biological and health. The results served as a subsidy for some items were reformulated and others added. The results are processed using the Rasch model, both in the process of equalizing the pilot tests (for set of the final test) and for the treatment of the results obtained with calibration of items-respondents the applications for the final test. Three groups participated in the implementation of the final test and included 79 students distributed among the courses of physical education (UNICAMP), nursing (UNICAMP) and physiotherapy/nutrition (FAJ). From the data we used the calibration of items-respondents proposed by Rasch model resulting in the difficulty of items and visual skills presented by the groups. The results suggest that among the difficulties presented by the students in the learning of metabolism may be included the difficulty in understanding the external representations of metabolic maps. This difficulty can be minimized with the explanations of the models before they enter the specific content. The test produced allows the diagnosis of students or groups. The need of developing imagery to improve the understanding of biochemical concepts by students were an important aspect in the study of metabolic pathways.

**Key-words:** visual literacy, metabolic pathways, Rasch model, visual models, visual skills.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura geral de desenvolvimento e aplicação da pesquisa.....	35
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 indica uma reação reversível (MURRAY et al, 2007, p. 145). .....	37
Figura 3. Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A seta unidirecional indica a reação irreversível e duas setas paralelas de sentidos contrários representam a reação reversível (LEHNINGER et al, 1997, p. 299). .....	37
Figura 4. Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A reação irreversível está sendo indicada por uma seta unidirecional maior em relação à seta menor que representa a reação reversível (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 573). .....	38
Figura 5. Reação de óxido-redução presente na glicólise anaeróbia. O (ceto) piruvato é reduzido pelo NADH a lactato em uma reação catalisada pela enzima lactato desidrogenase.....	39
Figura 6. Reação de fosforilação utilizando ATP como doador de grupo fosfato (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 572). .....	39
Figura 7. Representação da via metabólica glicolítica destacando as moléculas de ATP utilizadas e produzidas na via e a coenzima NADH. Nas reações 1 e 3 foram utilizadas duas moléculas de ATP e nas reações 7 e 10 foram produzidas quatro moléculas de ATP, obtendo um saldo final de 2 ATPs (LEHNINGER et al, 1995, p. 299). .....	40
Figura 8. Exemplo de representação de reações sequenciais da via metabólica de biossíntese de ácido graxos (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 695). .....	41
Figura 9. Exemplos de representações de regulações alostérica e por modificação covalente atuando no controle da glicólise e gliconeogênese (MURRAY et al, 2007, p. 163). .....	42
Figura 10. Interface gráfica de controle e administração dos dados dos testes na BDC. ....	45
Figura 11. Interface gráfica de administração de respostas de cada item do teste.....	45
Figura 12. Gabarito gerado aos respondentes no final do teste.....	46
Figura 13. Item I03_07 aplicado em 2007. ....	50
Figura 14. Item I03_08 reformulado e aplicado em 2008. ....	50
Figura 15. Mapa gerado a partir da equalização dos testes 1 e 2 aplicados em 2008 na turma de ciências biológicas da Unicamp (noturno). Os itens indicados em vermelho e azul (lado direito do mapa) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade (itens mais difíceis assumem valores positivos em relação aos mais fáceis, indicados por valores negativos). Cada “x” representa um respondente 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. Itens em vermelho distribuídos ao longo da reta foram escolhidos para fazer parte do teste final.....	55
Figura 16. Tela de apresentação do teste final. ....	57
Figura 17. Tela de instruções do teste final.....	58
Figura 18. Item I28_09 do teste final.....	58
Figura 19. Item I03_09 do teste final.....	59
Figura 20. Item I25_09 do teste final.....	59
Figura 21. Item I02_09 do teste final.....	60
Figura 22. Item I30_09 do teste final.....	60
Figura 23. Item I26_09 do teste final.....	61
Figura 24. Item I31_09 do teste final.....	61
Figura 25. Item I08_09 do teste final.....	62
Figura 26. Item I11_09 do teste final.....	62
Figura 27. Item I21_09 do teste final.....	63
Figura 28. Item I32_09 do teste final.....	63
Figura 29. Item I19_09 do teste final.....	64
Figura 30. Exemplo de um mapa de calibração de itens-respondentes. “M” indica a média, “S” indica um desvio-padrão e “T” indica dois desvios-padrão, tanto para itens (mostrados em azul no lado direito do mapa), como para respondentes (representados por um “X” vermelho no lado esquerdo do mapa). O item A está localizado em dois desvios-padrão (entre 1 e 2 logits) podendo ser considerado muito difícil, enquanto o Item B localizado abaixo da média de dificuldade em um desvio padrão (entre 0 e -1 logit) pode ser considerado um item fácil. Se o respondente possui habilidade “x” localizada no mesmo logit do Item A possui 50% de chance de acertar este item. Suas chances aumentam em relação ao item B, por ele estar localizado dois logits acima da média de itens, podendo alcançar 88% de chance de acerto neste item.....	66
Figura 31. Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 1. Cada “x” representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens como para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +2 e -2. Observe que a seta vermelha que indica a média de habilidades dos respondentes está localizada acima da seta azul que indica a média de dificuldade dos itens. ....	68

Figura 32. Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 2. Cada “x” representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens como para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +2 e -1. Observe que as setas azul e vermelha estão alinhadas indicando que a média de habilidades dos respondentes está alinhada com a média de dificuldade dos itens. ....72

Figura 33. Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 3. Cada “x” em vermelho representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens quanto para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +1 e -3. Observe que a média de habilidades dos respondentes indicada pela seta vermelha está abaixo da média de dificuldade dos itens (seta azul). ....73

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de acerto nos itens do teste piloto aplicado em 2007 nas turmas de ciências biológicas (diurno e noturno). ....	48
Tabela 2. Porcentagem total de acertos dos itens na segunda aplicação do teste piloto em 2008. ....	53
Tabela 3. Distribuição de alunos do grupo 1, segundo as probabilidades de acerto nos itens. ....	69
Tabela 4. Distribuição de alunos do grupo 2, segundo as probabilidades de acerto nos itens. ....	71
Tabela 5. Distribuição dos itens por habilidades visuais e níveis de dificuldade a partir do mapa de calibração dos grupos 1 e 2. ....	75

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Habilidades visuais para a compreensão de vias metabólicas.....	43
Quadro 2. Grupos participantes da aplicação do teste piloto em 2007 .....	47
Quadro 3. Alterações ocorridas nos modelos e questões após a aplicação do piloto em 2007. ....	49
Quadro 4. Classificação de níveis de dificuldade de 24 itens segundo a opinião de três especialistas.....	51
Quadro 5. Grupos participantes da segunda aplicação do teste piloto em 2008.....	52
Quadro 6. Habilidades visuais (H1 a H6) distribuídas por Itens. ....	57
Quadro 7. Grupos participantes do teste final. ....	64

## LISTA DE SITES (ORDEM ALFABÉTICA)

- <http://www.bdc.ib.unicamp.br/po>
- <http://www.bdc.ib.unicamp.br/rbebbm/>
- <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/>
- [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12389&Itemid=672](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12389&Itemid=672)
- [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13608](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13608)
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/PHP>
- <http://www.rasch.org/>
- <http://www.studygs.net/tstprp6.htm>
- <http://www.winsteps.com/ministep.htm>

## **CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

A pesquisa se enquadra na área de educação e o termo de consentimento segue os padrões do Conselho de Ética em Pesquisa (CEP) e os cuidados éticos previstos pela legislação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP - resolução nº 196/1996).

Aprovada pelo CEP, em 25/11/2008 sob o parecer nº 244/2008 (Anexo) a pesquisa consistiu de testes computacionais na forma de questões de múltipla-escolha contendo modelos bioquímicos para visualização e foi desenvolvida com estudantes de diversos cursos das áreas biológicas e da saúde de diferentes Universidades do país.

Os testes realizados durante a pesquisa não expuseram de forma alguma os participantes a danos de qualquer natureza (dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano).

Os estudantes se cadastraram no site da Biblioteca Digital de Ciências ([www.bdc.ib.unicamp.br/po](http://www.bdc.ib.unicamp.br/po)) e tiveram acesso aos testes mediante e-mail e senha. Para todos os testes aplicados, os participantes foram informados sobre o vínculo da pesquisa com um trabalho de mestrado em desenvolvimento. Após se cadastrarem no site os estudantes tiveram acesso ao termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice I) que explicava as finalidades da pesquisa e solicitava a permissão para uso dos dados fornecidos. Em caso de negação, os dados eram armazenados no banco de dados e não foram utilizados como resultado para a pesquisa.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE SITES (ORDEM ALFABÉTICA) .....</b>	<b>11</b>
<b>CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAIS TEÓRICOS .....</b>	<b>15</b>
1.1. APRESENTAÇÃO .....	15
1.2. AS IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL .....	18
1.3. A LITERACIA VISUAL NO ENSINO.....	22
1.4. O USO DE REPRESENTAÇÕES EXTERNAS NO ENSINO .....	26
1.5. A TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM - O MODELO DE RASCH.....	28
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>33</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
4.1. DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS DE VISUALIZAÇÃO .....	36
4.1.1. Representações de vias metabólicas.....	36
4.1.2. Definição das habilidades visuais e itens .....	42
4.1.3. Estruturação do teste na Biblioteca Digital de Ciências .....	44
4.2. APLICAÇÕES DO TESTE PILOTO .....	46
4.2.1. Aplicação e resultados do teste piloto de 2007 .....	46
4.2.2. Validação, aplicação e resultados do teste piloto de 2008.....	51
4.3. TRATAMENTO DE DADOS DO TESTE PILOTO E DEFINIÇÃO DO TESTE FINAL.....	53
4.3.1. Equalização e definição das questões do teste piloto de 2008 .....	54
4.4. CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE FINAL .....	56

4.4.1. Habilidades visuais e itens utilizados no teste final .....	56
4.4.2. Aplicação do teste final .....	64
4.4.3. Calibração do teste final com três diferentes grupos participantes .....	65
4.4.3.1. Calibração de itens-respondentes do grupo 1 .....	67
4.4.3.2. Calibração de itens-respondentes do grupo 2 .....	70
4.4.3.3. Calibração de itens-respondentes do grupo 3 .....	72
4.4.4. Discussão sobre os itens do teste final .....	74
<b>5. DIREÇÕES FUTURAS.....</b>	<b>77</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>78</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>8. APÊNDICES .....</b>	<b>86</b>
APÊNDICE I. TELA DE ACEITE PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS NA PESQUISA.....	86
APÊNDICE II. TESTE PILOTO APLICADO EM 2007 - ITENS E HABILIDADES VISUAIS .....	87
APÊNDICE III. TESTE PILOTO APLICADO EM 2008 – ITENS E HABILIDADES VISUAIS .....	93
<b>9. ANEXO.....</b>	<b>99</b>

# 1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAIS TEÓRICOS

## 1.1. Apresentação

Muitos fenômenos bioquímicos são impossíveis de serem visualizados por se tratarem de fenômenos associados a níveis microscópicos e submicroscópicos. Para facilitar a visualização destes fenômenos são utilizadas as Representações Externas<sup>1</sup>, uma denominação abordada pela psicologia cognitivista (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006).

As representações externas são apresentadas através de modelos capazes de comunicar e representar conceitos científicos abstratos, auxiliando na construção do conhecimento de fenômenos bioquímicos que ocorrem na realidade (RUSSELL et al, 1997). As representações externas incluem modelos moleculares, fotografias, imagens, ilustrações, desenhos, mapas metabólicos, representações genômicas, gráficos, diagramas, ícones, modelos estáticos, dinâmicos e interativos e ambientes de realidade virtual, dentre outros (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006).

Mesmo sendo úteis e eficazes, às vezes os modelos visuais podem gerar problemas de aprendizagem, especialmente se não forem devidamente interpretados ou utilizados pelos estudantes. Para facilitar a visualização de fenômenos os bioquímicos empregam uma “linguagem visual” na forma de múltiplas representações visuais com símbolos que se diferem em estética (cor, forma, aparência, tamanho) e no nível de abstração (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006). 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.

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 e também podem estar relacionadas com a compreensão conceitual do estudante em relação ao conhecimento representado pelo modelo (MICHAEL, 2002).

---

<sup>1</sup> Do inglês, External Representation (ER).

No que diz respeito ao processamento das informações apresentadas através de representações externas no ensino de ciências, a falta de literacia visual (capacidade de interpretar imagens) é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos alunos (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006). Os estudantes muitas vezes não conseguem interpretar as representações externas de maneira que lhes proporcionará boa compreensão do conceito e, tanto a capacidade de processar representações externas, quanto a compreensão conceitual ficam comprometidas.

Mayer (2001) aponta que os estudantes que utilizam com frequência representações externas como diagramas e imagens para compreender ideias ao invés de se guiarem por textos, demonstram um desenvolvimento mais significativo de modelos mentais.

A literacia visual se traduz na noção de que se os estudantes possuem habilidades visuais e se estas habilidades forem desenvolvidas, então os indivíduos são capazes de interpretar representações externas com êxito. Além disso, a escolha do tipo de modelo também poderá influenciar na capacidade dos estudantes visualizarem os fenômenos apresentados.

Existe uma preocupação com relação à literacia visual em bioquímica e foram propostas várias medidas para auxiliar os alunos na aquisição de habilidades visuais. Como forma de desenvolver a literacia visual sugeriu-se a introdução de "Programas de literacia visual" no currículo de bioquímica dos cursos (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006). Sims et al (2002) apontaram que o objetivo geral da literacia visual deve ser o de familiarizar os estudantes com os princípios da comunicação visual, que pode então ser colocada em prática numa variedade de contextos e áreas temáticas e indicam que na prática acadêmica também ocorrem iniciativas, como por exemplo o programa denominado "Learning Technology Support Service"<sup>2</sup>, através do qual são introduzidos seminários e workshops para a discussão de princípios da alfabetização visual e de uma comunicação visual mais eficazes, incluindo o uso eficiente de imagens e elementos visuais, como cores, layout, etc.

Pesquisas para diagnosticar a compreensão dos alunos com vias metabólicas foram desenvolvidas e dentre elas, a aplicação de um software interativo que permitia

---

<sup>2</sup> Desenvolvido pela Universidade de Bristol, Reino Unido.

ao usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao metabolismo energético do Ciclo de Krebs utilizando jogos interativos com a seqüência de substratos e enzimas das rotas metabólicas, seu controle, inibição, papel de vitaminas para seu correto funcionamento e sua relação com outros sistemas, além de também ser um software tutorial utilizado para promover a leitura de textos sobre as funções e características do Ciclo de Krebs, com resolução de questões dissertativas e de múltipla-escolha (AZEVEDO et al, 2004).

A compreensão dos estudantes com vias metabólicas foi descrita por Anderson e Grayson (1994) que sugeriram uma abordagem alternativa de ensino do metabolismo de carboidratos, baseada na resolução de problemas.

O tema metabolismo foi pouco explorado nas pesquisas de ensino de bioquímica e representa um desafio na bioquímica. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo descrever o desenvolvimento e a aplicação de uma ferramenta computacional para diagnosticar a literacia visual de estudantes de graduação iniciantes no estudo de vias metabólicas em bioquímica. O modelo de Rasch foi o tratamento estatístico utilizado na avaliação dos dados gerados com a aplicação do instrumento e concentrou-se na análise de dificuldade de itens (modelos e questões) de um teste, mediante as habilidades visuais dos respondentes.

Em seu corpo a dissertação é composta de:

- a) uma revisão de literatura indicando algumas pesquisas desenvolvidas no Brasil, sobre o ensino de ciências, além de contextualizar literacia visual e habilidades visuais para compreender vias metabólicas e uma descrição do modelo de Rasch e suas aplicações no ensino;
- b) uma descrição da metodologia utilizada e dos testes deste instrumento, gerando os resultados e conclusões;
- c) direções futuras;
- d) anexos.

## **1.2. As imagens no ensino de ciências no Brasil**

No processo de ensino-aprendizagem, o professor utiliza, dentre outras, as linguagens verbal, corporal e a visual. Observa-se que dentre as citadas, a linguagem visual tem sido objeto de poucas pesquisas educacionais (MARTINS, 2005 apud CARNEIRO, 1997) apesar de ela ser bastante utilizada no processo de comunicação e ter uma grande influência na sociedade atual, através da veiculação de informações impressas em jornais, revistas e livros, na qual o seu uso, muitas vezes, substitui o próprio texto escrito, por meio de ilustrações, fotografias, gráficos, etc. A linguagem visual tornou-se ainda a principal estratégia de marketing na mídia eletrônica, como a televisão, o cinema, a internet e também em outdoors, rótulos de produtos e marcas. O seu emprego tem um forte apelo visual e tornou-se presente no dia-a-dia das pessoas modelando, muitas vezes, o seu comportamento em um processo quase que inconsciente.

A preocupação com o uso e a qualidade de imagens visuais em livros didáticos tem constituído um campo de pesquisa em crescimento em diversas áreas, incluindo a ciências.

Imagens são importantes recursos para a comunicação de idéias científicas. Além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a compreensão de textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das idéias científicas e na sua conceitualização (MARTINS et al, 2005).

Segundo Silva (2006) apud Carneiro (1997), Jean-Baptiste e Carneiro (2002), Cassiano (2002), livros didáticos e softwares educacionais possuem imagens visuais marcantes. Os educadores escolhem as imagens de acordo com a quantidade e qualidade gráfica para utilizar em suas aulas. Porém, as imagens ainda são pouco exploradas em sala de aula, o que leva a inferir que boa parte dos professores considera que as imagens falem por si ou “transmitam” um único sentido. Contudo, a compreensão das imagens não é imediata, e seu uso no contexto pedagógico da sala de aula exige que o professor saiba como fazê-lo, ou seja, ele pode ajudar o aluno a perceber, entre outros aspectos, os elementos constitutivos da imagem em questão.

No Brasil iniciativas como a introdução do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)<sup>3</sup> para o ensino fundamental da rede pública, iniciou-se em 1929, passou por várias denominações e se desenvolveu ao longo dos anos. O principal objetivo deste programa é sugerir ao corpo docente de diversas áreas uma lista de livros que podem ser adotados no decorrer do ano letivo. O Ministério da Educação disponibiliza através do PNLD em ciências, por exemplo, um guia com sete critérios para a avaliação dos livros didáticos sugeridos no site. Dentre os critérios citados, inclui dicas para a análise de ilustrações, diagramas e figuras existentes nos livros didáticos, destacando-se três direcionamentos para auxiliar o professor no momento da escolha do livro didático a ser adotado no ano letivo, de acordo com a proposta pedagógica: I) “Na apresentação das ilustrações são utilizados recursos (cores, escalas etc.) que contribuem para a formação correta dos conceitos? II) A coleção apresenta nas ilustrações (fotos, esquemas e desenhos) citação de fontes, locais, datas e outras informações necessárias? III) As ilustrações (fotos, esquemas, gráficos, tabelas, desenhos, molduras, pano de fundo etc.) são adequadas, apresentando uma diagramação que estimula a leitura e o estudo?”

A partir de 2004 foi implantado também o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM)<sup>4</sup> que foi sendo progressivamente estruturado ao longo dos anos e atualmente atende a diversas escolas públicas do país.

O tema imagem e ensino de ciências foi apresentado em alguns estudos realizados pelos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec) que iniciaram a partir de 1997, agregando pesquisadores do ensino de química, física e biologia, com o objetivo de promover a disseminação de resultados de pesquisa entre as três áreas que, até então, vinha ocorrendo em eventos específicos de cada um destes segmentos das ciências. Teve, também, o objetivo de promover uma discussão sobre a viabilidade da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC)<sup>5</sup> culminando, na assembléia de encerramento, por lançar as bases para a sua criação (DELIZOICOV et al, 2007).

---

<sup>3</sup> Disponível no site: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12389&Itemid=672](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12389&Itemid=672).

<sup>4</sup> Disponível no site: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13608](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13608).

<sup>5</sup> <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/>

Pesquisas mostraram a relação entre imagens e livro didático (SEBATA, 2006 apud CARNEIRO, 1997). A pesquisa analisou imagens empregadas em coleções de livros didáticos de Ciências utilizados no primeiro ciclo do ensino fundamental do Distrito Federal. Após o estudo concluiu-se que as imagens podem ser utilizadas para promover abordagens interdisciplinares e favorecer a contextualização de explicações científicas.

Martins et al (1997) apud Ferreira e Selles (2004) analisaram livros didáticos de ciências indicando as funções da representação visual em sala de aula de ciências com o intuito de produzir um referencial teórico que explicasse o papel dessa linguagem na comunicação de idéias científicas de não-especialistas. Para isso, as autoras analisaram tanto as aulas de ciências que utilizavam recursos visuais, quanto os seus livros de Ciências. A pesquisa indica que o livro didático tem sido, em alguns casos, utilizado como o único instrumento que orienta o trabalho dos professores e considerado o grande responsável pelos equívocos que muitos deles cometem.

Sebata (2006) apud Freitas e Bruzzo (1999) apresentaram uma pesquisa sobre quatro coleções de livros didáticos de Biologia do ensino médio, constatando, através de uma análise quantitativa que as imagens ocupavam aproximadamente 80% da área das páginas desses livros, havendo somente 20% para textos. Este trabalho aponta a crescente utilização da linguagem visual como um dos principais recursos para o processo de ensino-aprendizagem, conseqüentemente, a utilização considerável da linguagem visual na sala de aula. A análise qualitativa indicou que as relações entre texto e imagem eram pouco consistentes e que havia a presença de informações imprecisas nas legendas.

Considerando o papel de imagens no ensino, a pesquisa de Sebata (2006) apresentou uma proposta de ensino de geometria molecular do componente curricular Química do ensino médio associada à utilização de imagens. Com base nos estudos realizados, apresentam-se, ao final, sugestões de procedimentos metodológicos para o ensino de geometria molecular no ensino médio.

Roque e Silva (2008) descreveram o papel de imagens na química orgânica, enfatizando o uso de modelos representados por fórmulas estruturais, gráficos, equações e figuras, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas de um mundo

real que são exigidas inicialmente aprender a linguagem química. Os autores apontam a impossibilidade de se estudar química orgânica sem compreender o significado das várias representações moleculares, tornando-se inviável quando não apresentadas aos alunos e discutidos em sala de aula.

Campos e Lima (2008) investigaram oito livros didáticos de ciências do ensino fundamental indicados pelo Guia do livro didático de 2005 sugerido pela PNLD. O trabalho verificou diferentes representações do ciclo de nitrogênio encontradas em livros didáticos do ensino fundamental. A partir da pesquisa constatou-se que os livros didáticos são simples e ineficientes quanto às abordagens do tema investigado. A análise apresentada pelas autoras confirmou que existe uma visão distorcida de que o conteúdo ciclo do nitrogênio, a exemplo de outros, por apresentar uma complexidade bioquímica, não deve ser trabalhado no Ensino Fundamental. Desta forma, na busca de simplificar a linguagem e tornar acessíveis conceitos diversos, apresentam-se para o leitor abordagens ineficientes, com equívocos conceituais que podem comprometer a aprendizagem.

A pesquisa de Silva e Martins (2008) buscou analisar imagens de livros didáticos de física recomendados pelo PNLEM, com o objetivo de compreender a relação entre as imagens, a realidade, o conteúdo teórico e a sua relevância nos livros didáticos de Física. Constatou-se que as ilustrações contidas nas coleções utilizam variados tipos de imagens com diferentes graus de iconicidade e que a escolha de cada imagem depende da sua consonância com as informações apresentadas e com o estímulo pretendido. Como a escolha do livro didático pressupõe o estabelecimento de critérios, as imagens podem ser tomadas como um critério importante para essa decisão e o professor deve estar preparado para tal avaliação, levando em conta as múltiplas funções das imagens como ferramenta didático-pedagógica, apresentadas no trabalho dos autores.

Morais e Nagem (2009) mostraram em seu trabalho a reconstrução de modelos didáticos virtuais bidimensionais (3D) do olho humano em um aplicativo multimídia com o objetivo de contrastá-los com os modelos bidimensionais (2D) e textos de livros didáticos do ensino fundamental (7ª série) em um estudo comparativo para verificar se o modelo 3D virtual seria viável como modelo didático. Os resultados da pesquisa

demonstraram que o modelo 3D forneceu um melhor aprendizado para os alunos. Os resultados contribuíram, também, para aprimorar a interatividade do aplicativo.

A partir das referências citadas, foi possível obter importantes dados da pesquisa no ensino de ciências no Brasil, buscando referências dos principais pesquisadores nessa área para a formulação de um referencial teórico que fosse adequado à presente pesquisa.

### **1.3. A literacia visual no ensino**

A comunicação pode ser considerada um ponto fundamental no ensino e aprendizagem de ciências (GROW, 1996). Durante a aprendizagem, o aluno é submetido a informações visuais que se apresentam sob diversas formas, como textos, diagramas e animações. Os processos de aprendizagem e a aquisição do conhecimento constituem alvo de muitas pesquisas. Estes processos apresentam fortes ligações com a literacia na educação, seja com a leitura e escrita (literacia verbal) ou com as representações diagramáticas (literacia visual). Na ciência, habilidades visuais são muitas vezes vistas como um pré-requisito para a compreensão do mundo científico (MORENO e MAYER, 1999).

Literacia visual, do inglês, visual literacy, é um termo utilizado para designar a habilidade de ler (compreender), pensar, aprender e se auto-expressar com imagens (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006).

O termo literacia visual foi inicialmente indicado em 1969 por John Debes e recebeu a seguinte definição:

‘A literacia visual refere-se a um grupo de competências visuais que o ser humano pode desenvolver observando e ao mesmo tempo integrando outras experiências sensoriais. O desenvolvimento destas competências é fundamental à aprendizagem humana e uma pessoa com literacia visual desenvolvida é capaz de discriminar e interpretar ações visíveis, objetos, símbolos naturais ou artificiais que encontra em seu ambiente. Com o uso criativo destas competências, pode comunicar-se com o outro e com o uso apreciativo pode compreender e possuir o domínio de uma comunicação visual’ (AVEGERINOU e JOHN, 1997 apud DEBES, 1969, p. 281).

A definição de Debes foi criticada pela comunidade científica com a justificativa de que o conceito não diz o que é literacia visual, ou seja, apenas indica o que uma pessoa visualmente literária pode fazer. Desde então pesquisadores de diferentes áreas tentaram desenvolver diferentes conceitos de literacia visual de acordo com o ponto de vista de suas áreas.

Uma descrição mais detalhada da literacia visual foi desenvolvida em 1990 como parte de uma tese de doutorado. Foi utilizado um método de pesquisa denominado técnica Delphi<sup>6</sup> para obter as contribuições de um grupo de indivíduos e captar o conhecimento coletivo para formular um julgamento de grupo ou uma indicação de opinião. Os participantes opinaram sobre o conceito gerando resultados para uma melhor definição da literacia visual. As conclusões unânimes entre os participantes da pesquisa foram descritas da seguinte forma:

'A literacia visual refere-se ao uso de recursos visuais para as finalidades de comunicação, pensamento, aprendizagem, construção de significados, expressão criativa e apreciação estética. Um recurso visual inclui objetos artificiais, objetos naturais, eventos, ações, ícones, representações de desenhos por ícones, símbolos não-verbais, símbolos digitais tais como palavras e números impressos/escritos que combinam com os elementos iconográficos. A visualização mental inclui imagens de desenhos e algumas imagens não-verbais. O estudo de literacia visual envolve teoria, pesquisa, execução e a relação entre estes componentes, havendo a necessidade de integração da teoria, organização de pesquisa relacionada às diferentes áreas e disseminação da informação entre os diversos campos de teóricos. Aplicações práticas da literacia visual em sala de aula e pesquisas para validar a teoria são fundamentais' (AVEGERINOU e JOHN, 1997 apud BACA e BRADEN, 1990, p. 284).

Segundo Bamford (2003), a literacia visual envolve a capacidade de discriminar e dar sentido visual a objetos e imagens. O autor descreve que os níveis de literacia visual determinam diretamente o nível de compreensão visual e a habilidade dos alunos lerem imagens de maneira significativa.

Wu e Krajcik (2006) sugerem que a literacia visual se refere à capacidade de analisar e interpretar imagens. Neste caso, o processo de análise exigiria conhecimento

---

<sup>6</sup> Delphi é uma técnica comumente aplicada em situações em que se deseja extrair opiniões que melhor especificam um assunto.

prévio do que está sendo visualizado. Outros pesquisadores concordam que a literacia visual envolve a produção de novas imagens visuais (SIMS et al, 2002) e sugerem que a literacia visual refere-se à imagens que comunicam significados. Desta forma, não é suficiente que um indivíduo seja capaz de compreender e dar sentido a imagens, ele deve ser capaz de comunicar os seus pensamentos utilizando representações externas, reproduzindo os modelos através de desenhos no papel ou gerando representações externas num computador ou ainda, manipulando estas representações externas com ferramentas de softwares.

Uma nova forma de pensar o ensino de ciências no cenário nacional e internacional configurou-se nas décadas de 1950 e 1960 que se estendeu por diferentes campos científicos (LOGUERCIO e PINO, 2007). Em bioquímica surgiu, em 1979, o primeiro estudo que problematizava a organização curricular e, portanto, a primeira discussão que enfocava uma questão educacional, através da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica, atualmente Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular - SBBq. No entanto, somente na década de 1990 é que houveram iniciativas na área da educação, consolidando um espaço denominado Seção de “Educação em Bioquímica”.

Com o objetivo de promover e divulgar o ensino de bioquímica e biologia molecular no Brasil, em 2001 foi criada a Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular (RBEBBM)<sup>7</sup>, uma edição eletrônica que abriu espaço para discussões e divulgação de experiência de professores com o ensino de bioquímica.

As ações acima citadas estão relacionadas à dificuldade de ensino e aprendizagem na referida área de conhecimento. Atualmente espera-se do aluno e futuro profissional o desenvolvimento de habilidades e competências, como a capacidade de análise e síntese, habilidade de resolução de problemas, habilidade de trabalhar cooperativamente, versatilidade no uso da linguagem, habilidade para enfrentar desafios, flexibilidade frente a mudanças e capacidade de auto-aprendizagem.

As representações externas estão cada vez mais presentes na educação e representam recursos indispensáveis no ensino e aprendizagem, visto que os avanços tecnológicos tornaram possível o acesso às novas tecnologias, em parte, devido à vasta

---

<sup>7</sup> Disponível no site <http://www.bdc.ib.unicamp.br/rbebbm/>

disponibilidade de recursos multimídia e popularização dos meios digitais (SIMS et al, 2002).

O ensino de bioquímica apresenta algumas dificuldades próprias. Os estudantes são expostos a um grande número de fenômenos que geram dificuldades na formação de uma visão geral e articulada. Em ciências abstratas, como a biologia molecular, por exemplo, os conceitos são investigados a nível submicroscópico e não há convenções padronizadas dos modelos. Esta incoerência tem sido destacada por algumas pesquisas (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006). Os autores demonstraram que uma ponte dissulfeto de uma proteína é representada nos livros didáticos de várias maneiras, incluindo a representação "S-S" ou simplesmente uma linha preta ou ainda, uma barra amarela. Neste caso, devido à variedade de representações, os modelos visuais não garantem que os estudantes interpretem da maneira como os autores esperam. Schönborn e Anderson (2006) sugerem que é necessária uma discussão entre os autores de livros didáticos de biologia molecular para padronizar as representações nos modelos visuais utilizados.

Pesquisas sobre as dificuldades dos estudantes com a aprendizagem de bioquímica foram descritas por alguns autores, dentre eles: a interpretação de um diagrama de imunoglobulina G (SCHÖNBORN et al, 2002).

RICHARDSON e RICHARDSON (2002) apontaram uma escala de dificuldades conceituais e de raciocínio de estudantes com o tema metabolismo. Muitas representações visuais, como por exemplo, as estruturas tridimensionais das proteínas, apresentam poucos dados descritos na literatura sobre a melhor forma de ensinar a visualização tridimensional.

Russell et al (1997) também indicaram que a literacia visual determina a capacidade cognitiva dos estudantes para a compreensão, processamento e reprodução das representações externas. Além disso, diferentes mecanismos cognitivos estão envolvidos na literacia visual (MAYER, 2001). Em alguns casos, a memória de curto prazo desempenha um papel dominante, enquanto em outros, a visualização é dependente da memória de longo prazo.

A habilidade de visualização torna-se essencial para os bioquímicos e estudantes na medida em que vários recursos computacionais estão disponíveis para

facilitar a aprendizagem.

Diversas áreas educacionais têm desenvolvido pesquisas sobre a eficácia dos modelos visuais para a comunicação de idéias científicas (MARTINS et al, 2005). Análises do potencial didático e dos limites da imagem como facilitadoras de aprendizagem do ponto de vista cognitivo também foram investigadas. A informação apresentada através de imagens visa melhorar a aprendizagem e, portanto, a compreensão da informação (RUSSEL et al, 1997).

A literatura aponta que uma proporção elevada de toda aprendizagem sensorial é visual e os educadores devem concentrar e explorar o sentido visual e o desenvolvimento de práticas relacionadas (AVEGERINOU e JOHN, 1997). A retenção de conteúdos e a aprendizagem eficaz aumentam com o uso de material visual no ensino (SIMS et al, 2002).

A necessidade de desenvolver práticas de visualização para melhorar a compreensão de conceitos bioquímicos pelos estudantes é unânime nas pesquisas descritas. O problema, bem conhecido de educadores, pode ser, pelo menos, amenizado por soluções metodológicas, incluindo o uso de representações externas na prática docente.

O desenvolvimento de habilidades visuais é considerado pelos estudiosos de bioquímica uma estratégia eficaz, capaz de auxiliar na construção de conhecimento e no avanço dos processos cognitivos do educando. A utilização de modelos visuais compreende a necessidade de desenvolver a literacia visual.

Embora pesquisas apontem a dificuldades dos estudantes com a compreensão de imagens e a necessidade de desenvolver a literacia visual, poucos estudos relatam de que forma poderia ser desenvolvida (SCHÖNBORN e ANDERSON, 2006; SIMS, et al, 2002).

#### **1.4. O uso de representações externas no ensino**

Existem diferentes tipos de representações externas. Cartier et al (2001) descreveram cinco representações externas comumente utilizadas: modelos conceituais, modelos matemáticos, modelos estatísticos, modelos físicos e modelos

visuais. Os modelos conceituais compreendem modelos textuais. Os modelos matemáticos e estatísticos utilizam abordagens baseadas em números e fórmulas e os modelos físicos apresentam características observáveis, além de serem semelhantes ao sistema real que está sendo apresentado. Modelos visuais são representados para visualizar estruturas, sistemas e processos.

Devido à natureza dinâmica da ciência, os modelos são desenvolvidos com base no conhecimento empírico e, portanto, interpretados com base no conhecimento conceitual do indivíduo. Com o progresso da ciência, os modelos que não satisfazem à interpretação dos conhecimentos científicos atuais são descartados ou revistos até que eles se encaixem no padrão esperado (DORI e HAMEIRI, 2003). Devido a essas mudanças contínuas, a literacia visual torna-se um campo em mutação e os autores constantemente geram modelos que irão satisfazer a compreensão dos conhecimentos científicos.

As representações externas possuem um papel crítico na educação científica enquanto modelos de comunicação utilizados para facilitar a compreensão de conceitos científicos abstratos (DORI e BARAK, 2001; RUSSELL et al, 1997). No entanto, existem algumas dificuldades associadas à aprendizagem com o uso de tais modelos. Além da falta de padronização de modelos na bioquímica e biologia molecular, outro fator que influencia na literacia visual desta ciência é a maneira como os modelos são projetados e sua influência na literacia visual.

Uma das mudanças vista no mundo científico tem sido o aumento do uso de modelos visuais dinâmicos para representar fenômenos. Uma razão para o uso popular de animações é que elas podem representar melhor situações dinâmicas (Kelly et al., 2004). Por exemplo, algumas pesquisas têm mostrado que para o ensino de biologia biomolecular as animações representam excelentes ferramentas de ensino quando comparadas com imagens ou apenas texto (MAYER, 2001). Além disso, se utilizadas corretamente, as animações permitem aos estudantes uma eficiente construção de modelos mentais (KELLY et al, 2004), ademais podem ser interativas, permitindo ao usuário selecionar e controlar a apresentação de informações, com base na tarefa necessária ou nas informações que são transmitidas por estas representações externas.

Contudo, estudos como o de Dori e Hameiri (2003) mostraram que as animações podem causar dificuldades de aprendizagem devido a fatores como a falta de literacia visual. Ao contrário de pressupostos comuns, nem sempre as animações são superiores às representações estáticas para o ensino do conteúdo científico (LOWE, 2003).

Nas animações, pela natureza dinâmica, podem ocorrer mudanças que causam dificuldade de interpretação para muitos estudantes (LOWE, 2004). Por exemplo, as animações podem sofrer transformações que implicam em alterações físicas como tamanho, forma, cor e textura, assim como mudanças de posição ou cenas. Tais variações exigem um maior processamento cognitivo dos estudantes o que pode resultar numa animação muito complexa e de difícil compreensão (LOWE, 2003).

Dadas as complicações associadas ao processo de aprendizagem com modelos dinâmicos, é preciso deixar claro que tais modelos parecem ser eficazes na transmissão de ideias científicas, quando bem elaborados e, portanto, devem permitir que os estudantes utilizem-nos de forma plena.

### **1.5. A Teoria da Resposta ao Item - O Modelo de Rasch**

Atualmente, em várias áreas do conhecimento, particularmente em avaliação educacional, vem crescendo o interesse na aplicação da Teoria da Resposta ao Item (TRI), uma metodologia que propõe modelos que envolvem a análise de itens (questões) de um teste de acordo com as habilidades dos respondentes.

Até recentemente, a teoria clássica das medidas era tradicionalmente utilizada para validar processos de avaliação, na qual o elemento central era a prova como um todo e os resultados obtidos eram expressos apenas por escores brutos ou padronizados, não se levando em conta as análises e interpretações das respostas dadas em cada questão. Devido às limitações da teoria clássica, surgiu a necessidade de utilizar um modelo de análise que permitisse verificar o desempenho de instrumentos levando em consideração parâmetros e características com enfoque nos seus itens (questões). A TRI apresenta um conjunto de modelos matemáticos que tem como elementos centrais os itens (questões) e não a prova como um todo (ANDRADE et al,

2000). O modelo procura representar a probabilidade de um indivíduo dar uma resposta correta a um item em função dos parâmetros do item e das habilidades do respondente. Essa relação é expressa de tal forma que quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acerto no item.

Os modelos de TRI são conhecidos como modelos logísticos de um, dois e três parâmetros. O modelo de um parâmetro leva em consideração somente a dificuldade do item; o de dois parâmetros leva em consideração também a discriminação; e finalmente o de três parâmetros avalia, além da dificuldade e da discriminação, a probabilidade de resposta correta dada por um indivíduo de baixa habilidade. (ANDRADE et al, 2000).

O modelo de TRI adotado na pesquisa compreende um parâmetro e é denominado modelo de Rasch. Foi proposto pelo matemático Georg William Rasch e desenvolvido para ser adequado a dados binários. Inicialmente foi utilizado para a avaliação educacional, envolvendo a análise de itens de múltipla escolha dicotomizados (corrigidos como acerto ou erro) ou análise de itens abertos corrigidos de forma dicotomizada. Neste modelo, os itens e os testes não dependeriam mais da amostra de sujeitos aos quais eles se destinam e o grau de habilidade dos respondentes também seria independente do conjunto de itens a serem ministrados (HAYS et al, 2000).

A análise de Rasch permite estimar os parâmetros dos itens e as habilidades dos indivíduos simultaneamente, uma vez que possibilita ordená-los numa mesma métrica (unidade de medida) dada por uma escala intervalar em logit (*log odd unit*) dada por uma função logarítmica que expressa probabilidades. Esse processo de ordenação é denominado *calibração de itens-respondentes*. Através deste processo é possível expressar de forma gráfica a relação entre a habilidade de respondentes calibrada e a probabilidade de resposta correta, ambas expressas em logits.

A estimativa de probabilidade de acerto de um item e da dificuldade deste item não depende de amostra de sujeitos que respondem o teste, e desta forma o instrumento não necessita ser calibrado para cada amostra. Rasch é considerado um modelo não dependente de amostras (ANDRICH, 1988).

Uma vez que todos os parâmetros dos itens e que todas as habilidades dos respondentes estão numa mesma métrica, ou seja, quando todos os parâmetros

envolvidos são comparáveis (calibrados) é possível uma interpretação. Através do mapa de calibração observa-se o comportamento das diferentes probabilidades de acerto de um mesmo indivíduo.

O modelo de Rasch permite determinar a probabilidade de acerto (P) de um determinado item por um indivíduo e duas variáveis independentes dadas pela habilidade do respondente (B) e o nível de dificuldade do item (D). As variáveis independentes são aditivamente combinadas e a dificuldade do item (D) é subtraída da habilidade do respondente. A probabilidade de acerto (P) é modelada pelo logaritmo da chance de o indivíduo responder ao item corretamente, e é expressa pela relação da probabilidade de acerto P sobre a probabilidade de erro 1-P (CHACHAMOVICK, 2007).

Esta probabilidade se expressa mediante a fórmula:

$$P = \log [P/(1-P)] = B - D$$

Dois ou mais testes contendo itens iguais ou diferentes podem ser tratados de forma conjunta num processo denominado Equalização, que permite colocar parâmetros, tanto de itens como de habilidades, numa mesma métrica. A equalização pressupõe que um único grupo de respondentes quando submetido a testes distintos, podem ser equalizados a partir da calibração conjunta dos itens garantindo que todos estarão numa mesma métrica (ANDRADE et al, 2000).

Os valores assumidos por cada item na equalização possibilitam analisar individualmente cada item para definir quais deles satisfazem os valores ideais de ajuste ao modelo.

É possível verificar se os dados se ajustam ao modelo observando os valores de *infit*, uma medida de ajuste interno e de *outfit* que se refere ao ajuste externo, tanto para os itens como para os respondentes. Estes valores indicados precisam estar compreendidos entre 0,50 e 1,50, para uma condição ótima e produtiva no processo de medição (MONTESINOS, 2008).

Outro ponto importante a ser analisado refere-se à predominância dos itens na escala, indicada através da medida em logits, sendo que os itens que se localizam entre +2 e -2 logits garantem um bom ajuste do modelo. Itens acima ou abaixo destes valores

de logit indicam falta de ajuste e devem ser retirados ou reformulados para novas aplicações (MONTESINOS, 2008).

De forma geral o modelo de Rasch e seus procedimentos são aplicados atualmente em diversas áreas além da educação, se estendendo para os campos da psicologia, sociologia, saúde e em áreas que estudam o comportamento humano.

## 2. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo descrever o planejamento, desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta computacional contextualizada no estudo de vias metabólicas, para diagnóstico da literacia visual de estudantes de bioquímica básica, considerando cinco aspectos principais:

- 1) Definir quais as habilidades de visualização fundamentais para a compreensão de Representações Externas de vias metabólicas;
- 2) Produzir um teste para diagnóstico das habilidades de visualização fundamentais para compreensão de Representações Externas de vias metabólicas;
- 3) Produção, aplicação e equalização de itens vindos de dois ou mais testes que avaliem as habilidades de visualização fundamentais para a compreensão de Representações Externas de vias metabólicas;
- 4) Utilizar o processo de calibração itens-respondentes, a fim de obter dados sobre a dificuldade das questões, as habilidades dos respondentes e a probabilidade de acerto em cada item.
- 5) Aplicar o teste final calibrado em turmas com diferentes perfis para o diagnóstico da literacia visual relacionada ao estudo de metabolismo dos indivíduos e grupos.

### 3. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa descreve o caminho percorrido no desenvolvimento e aplicação de testes para avaliar as habilidades visuais de estudantes com vias metabólicas, em relação ao nível de dificuldade apresentado pelos itens. Uma amostra heterogênea de estudantes pertencentes a diversos cursos das áreas biológica e da saúde que estavam iniciando no processo de aprendizagem de bioquímica básica fizeram parte da pesquisa.

O trabalho teve início com uma análise das diferentes representações externas de vias metabólicas encontradas em livros didáticos de bioquímica. A partir desta análise preliminar foram definidas as habilidades visuais necessárias para a compreensão destas vias metabólicas, para que estas fossem contempladas através de modelos de visualização apresentados em testes e avaliadas.

O passo seguinte foi construir os modelos para visualização, tendo em vista as habilidades visuais definidas na etapa anterior. As habilidades visuais e os modelos foram analisados por um grupo de especialistas. Um teste piloto contendo 22 itens foi dividido em quatro subtestes aplicados em dois grupos de estudantes do curso de Ciências Biológicas da UNICAMP no decorrer do segundo semestre em 2007. Os resultados foram coletados no banco de dados da Biblioteca Digital de Ciências e posteriormente analisados.

A partir dos resultados obtidos com o teste piloto, foi necessária uma reformulação dos modelos. Novos testes piloto foram aplicados em 2008 juntamente com outros modelos desenvolvidos. Desta vez, a amostra compreendeu estudantes do curso de Nutrição da Universidade Paulista (Universidade Paulista - UNIP - *campus* de Sorocaba) e Ciências Biológicas (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP – turmas do noturno e diurno). Os grupos descritos estavam cursando a disciplina de bioquímica básica em 2008 e se enquadravam no perfil do público para o qual o teste foi preparado, além de aumentar o tamanho da amostra.

Os dados gerados com a aplicação do piloto permitiram organizar um teste final contendo doze questões que avaliavam seis habilidades visuais previamente definidas.

O teste foi aplicado com três grupos de estudantes dos cursos de graduação em educação física (UNICAMP), enfermagem (UNICAMP) e fisioterapia/nutrição que constituía um núcleo comum<sup>8</sup> (Faculdade de Jaguariúna - FAJ), nos anos de 2008 e 2009.

Um resumo da estrutura geral de desenvolvimento, aplicação e resultados da pesquisa está sendo mostrado no fluxograma (Figura 1) e será descrito detalhadamente no presente trabalho.

---

<sup>8</sup> As turmas de fisioterapia e nutrição (FAJ) cursam a disciplina de bioquímica I juntamente, como parte do programa da universidade.

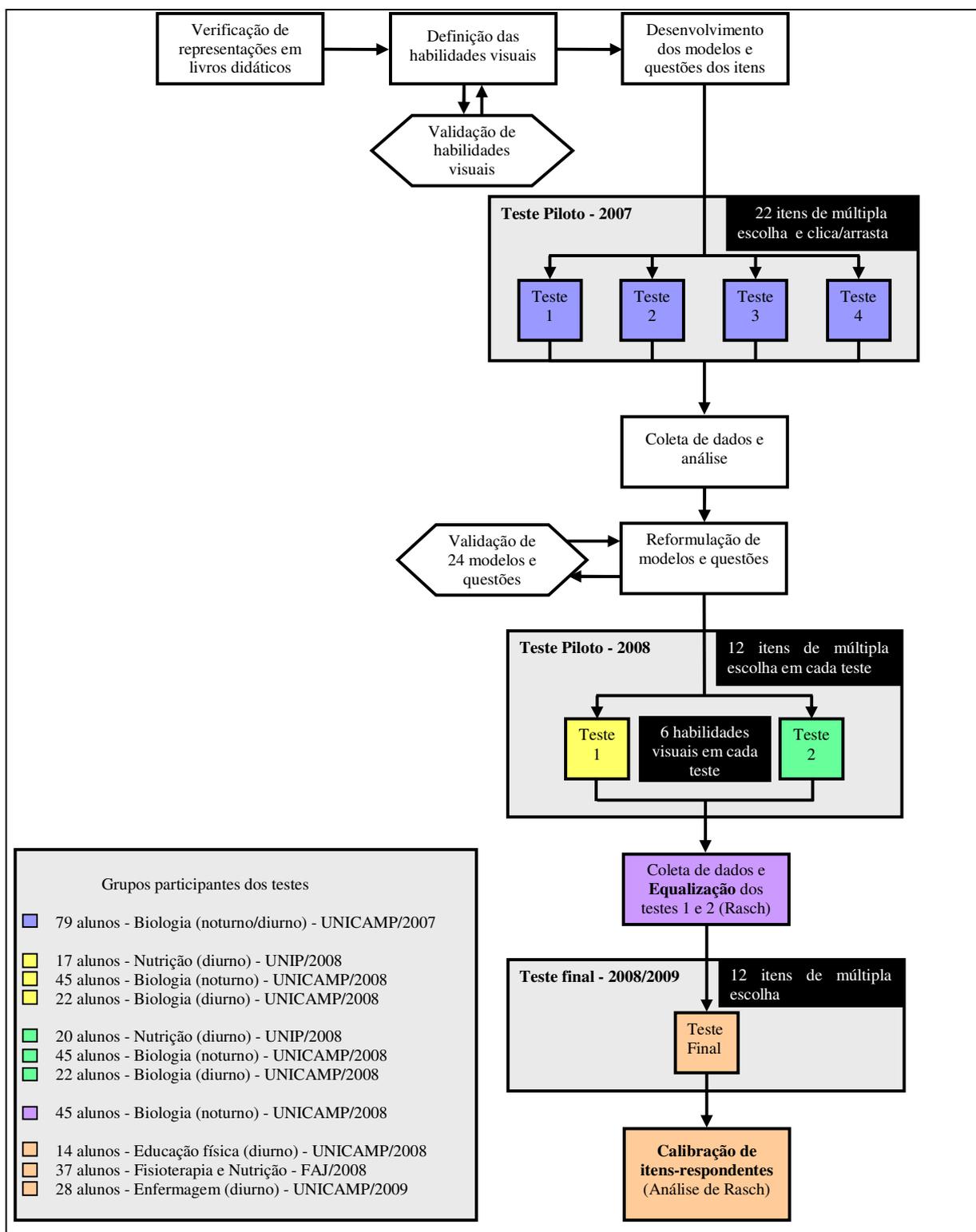


Figura 1. Estrutura geral de desenvolvimento e aplicação da pesquisa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Definição e desenvolvimento dos modelos de visualização

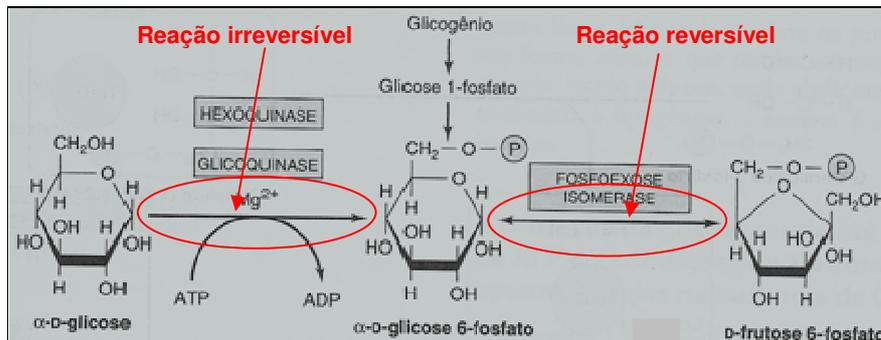
#### 4.1.1. Representações de vias metabólicas

Inicialmente foram pesquisados vários livros didáticos de bioquímica (BERG et al, 2004; CAMPBELL e FARRELL, 2008; CHAMPE e HARVEY, 2006; DEVLIN, 1998; LEHNINGER et al, 1995; MARZZOCO e TORRES, 2007; MURRAY et al, 2007; VOET et al, 2000), com o objetivo de verificar as representações externas frequentes 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, com o propósito de verificar a literacia dos alunos, com uma mínima dependência do conhecimento conceitual.

Para a definição das habilidades visuais necessárias para a compreensão de vias metabólicas, diferentes fontes bibliográficas foram pesquisadas e para ilustrar o trabalho serão descritas algumas observações constatadas.

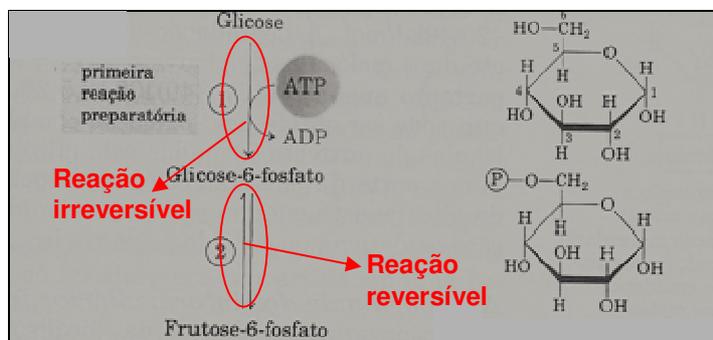
Inicialmente foram verificadas formas distintas de representações de reações químicas reversíveis e irreversíveis numa via metabólica (MURRAY et al, 2007; CAMPBELL e FARRELL, 2008; LEHNINGER et al, 1995).

A Figura 2 apresenta as duas primeiras reações químicas da via metabólica glicolítica (MURRAY et al, 2007). A reação irreversível é indicada por uma seta unidirecional, ao passo que a reação reversível está sendo representada através de uma seta bidirecional.



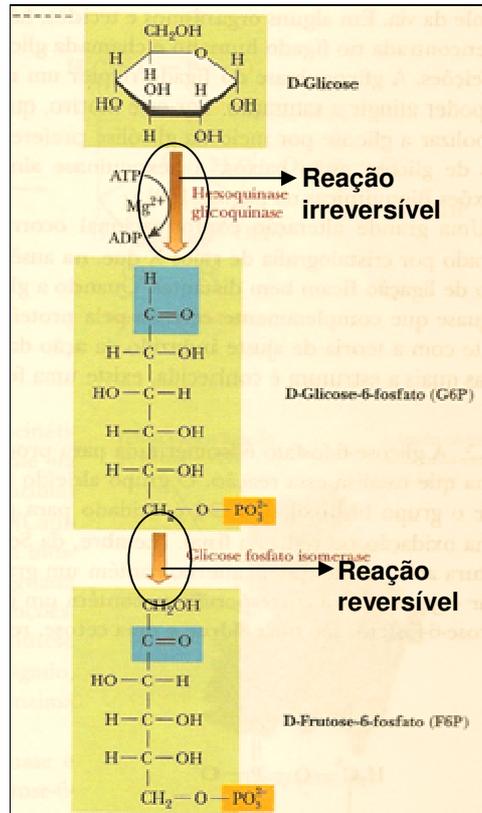
**Figura 2.** Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A seta unidirecional representa uma reação irreversível e a seta bidirecional indica uma reação reversível (MURRAY et al, 2007, p. 145).

Um segundo exemplo (Figura 3) mostra outra forma de representação de reações químicas reversíveis e irreversíveis. A reação irreversível está indicada por uma seta unidirecional assim como na figura 2 anterior, ao passo que a reação reversível está sendo representada de outra forma, ou seja, por duas setas paralelas de sentidos contrários (LEHNINGER et al, 1997).



**Figura 3.** Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A seta unidirecional indica a reação irreversível e duas setas paralelas de sentidos contrários representam a reação reversível (LEHNINGER et al, 1997, p. 299).

A figura 4 mostra as duas primeiras reações da via glicolítica (CAMPBELL e FARRELL, 2008) indicadas com o mesmo tipo de seta (unidirecional) variando apenas no tamanho para distinguir reações reversíveis e irreversíveis.



**Figura 4.** Representações de reações químicas referentes às etapas iniciais da via metabólica glicolítica. A reação irreversível está sendo indicada por uma seta unidirecional maior em relação à seta menor que representa a reação reversível (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 573).

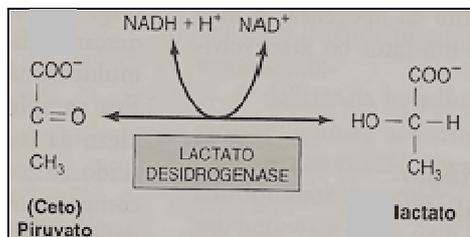
A partir da análise das representações (Figuras 2, 3 e 4) concluiu-se que diferentes tipos de representações são utilizadas para identificar um mesmo fenômeno, o que pressupõe habilidades visuais relativas ao reconhecimento destas representações. Neste caso, requer dos estudantes habilidades visuais 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. Por exemplo, as representações de reações de óxido-redução<sup>9</sup> (Figura 5) e de fosforilação<sup>10</sup>

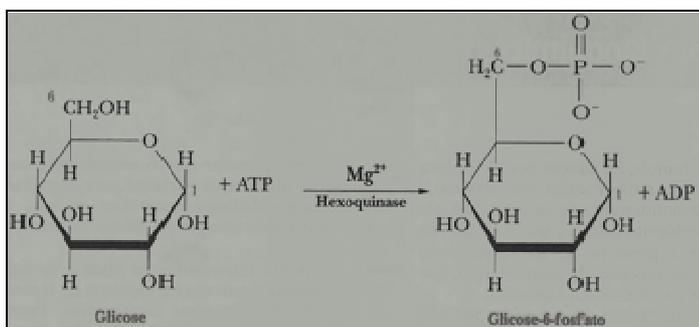
<sup>9</sup> Óxido-redução: é um tipo de reação química que envolve a transferência de elétrons junto com a transferência de prótons ( $H^+$ ).

<sup>10</sup> Fosforilação: é um tipo de reação química que utiliza um grupo fosfato (P) de alta energia. No caso esse fosfato está sendo doado pela molécula de ATP.

(Figura 6) que indicam a catálise destas reações químicas na presença de substratos e a formação de produtos finais (MURRAY et al, 2007; CAMPBELL e FARRELL, 2008).

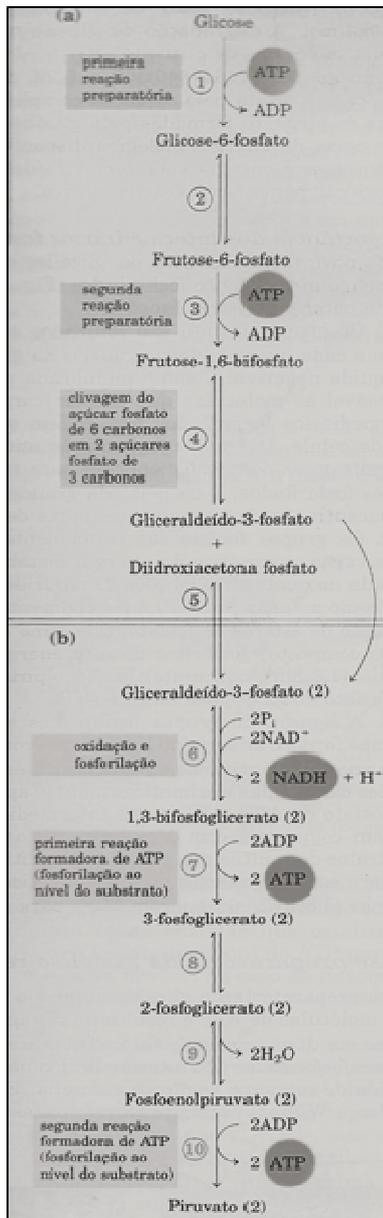


**Figura 5.** Reação de óxido-redução presente na glicólise anaeróbia. O (ceto) piruvato é reduzido pelo NADH a lactato em uma reação catalisada pela enzima lactato desidrogenase (MURRAY et al, 2007, p. 145).



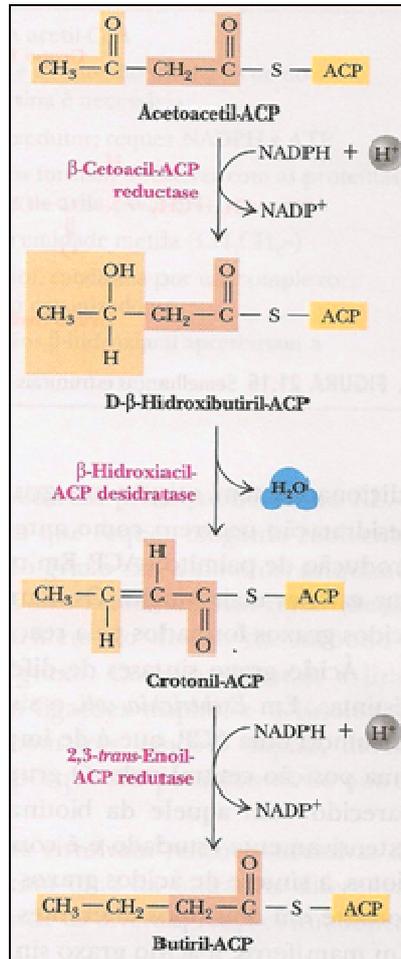
**Figura 6.** Reação de fosforilação utilizando ATP como doador de grupo fosfato (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 572).

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. A Figura 7 destaca, por exemplo, as moléculas de ATP utilizadas no processo de formação de piruvato a partir da glicose, possibilitando identificar, por exemplo, o saldo final de ATPs a partir da utilização destas moléculas na primeira etapa e a produção na segunda etapa da via metabólica.



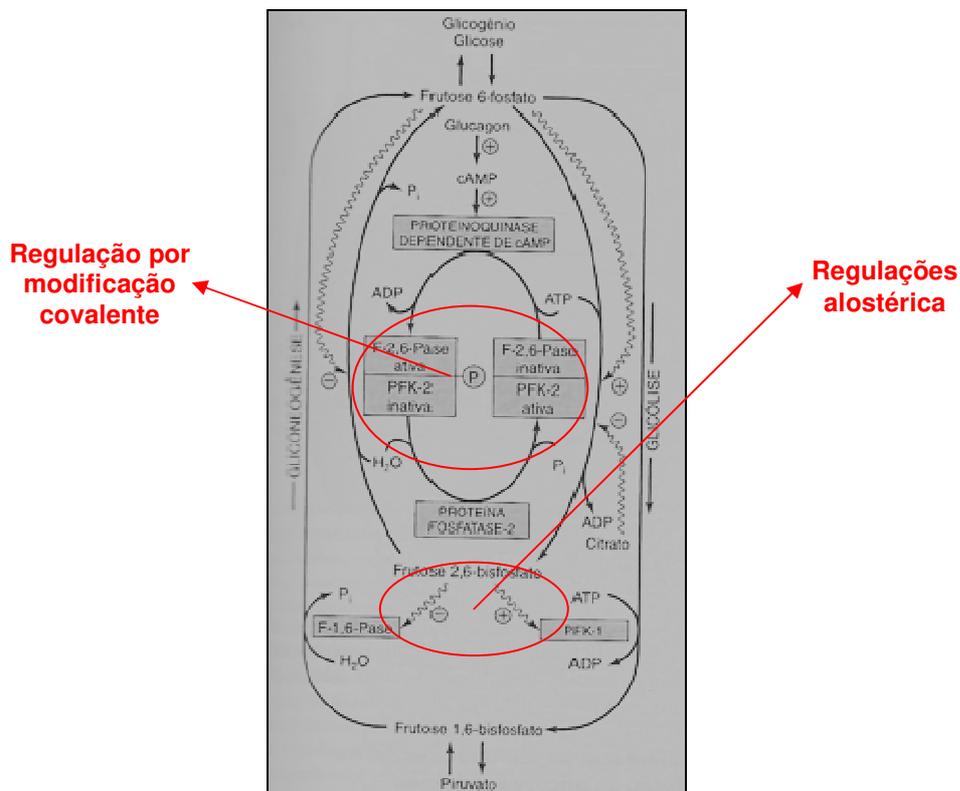
**Figura 7.** Representação da via metabólica glicolítica destacando as moléculas de ATP utilizadas e produzidas na via e a coenzima NADH. Nas reações 1 e 3 foram utilizadas duas moléculas de ATP e nas reações 7 e 10 foram produzidas quatro moléculas de ATP, obtendo um saldo final de 2 ATPs (LEHNINGER et al, 1995, p. 299).

Um outro tipo de representação encontrada em livros didáticos refere-se à compreensão visual de processos dinâmicos dentro do contexto de mapas metabólicos. A Figura 8 apresenta um exemplo que ilustra bem esse processo e exige uma habilidade visual específica para interpretar as reações.



**Figura 8.** Exemplo de representação de reações sequenciais da via metabólica de biosíntese de ácido graxos (CAMPBELL e FARRELL, 2008, p. 695).

A regulação das vias metabólicas constitui outro ponto importante a ser analisado e inclui habilidades visuais particulares. Os símbolos utilizados para representar a regulação das vias estão sendo mostrados na Figura 9.



**Figura 9.** Exemplos de representações de regulações alostérica e por modificação covalente atuando no controle da glicólise e gliconeogênese (MURRAY et al, 2007, p. 163).

A partir das representações analisadas em cada modelo conclui-se que determinadas habilidades visuais são imprescindíveis para a compreensão de vias metabólicas, trazendo subsídios para definir as principais habilidades visuais e contemplá-las nos testes.

#### 4.1.2. Definição das habilidades visuais e itens

As habilidades visuais para a compreensão de vias metabólicas foram organizadas de forma a contemplar os itens inseridos no teste piloto e submetidas à avaliação por especialistas da área e após a análise das sugestões, sofreu algumas modificações na descrição, resultando em seis habilidades finais (Quadro 1).

Após terem sido definidas as habilidades visuais que fariam parte do teste piloto, seguidamente foram desenvolvidos os itens contendo os modelos e as questões. Estes

modelos foram baseados em esquemas encontrados em livros didáticos de bioquímica. Procurou-se observar a frequência das principais representações e a simbologia utilizada nas diferentes fontes consultadas e retratá-las nos testes. Os testes piloto compreenderam 22 itens que contemplavam seis habilidades visuais (Anexo II), sendo que treze itens continham questões com alternativas de múltipla escolha. Como parte de um teste exploratório, adicionalmente foram desenvolvidos nove itens, contendo sete questões com múltiplas opções para clicar e também dois itens contendo opções para clicar e arrastar variados símbolos e montar esquemas. Após as aplicações dos testes contendo estes itens observou-se que eles exigiam do respondente uma compreensão maior de conteúdos de bioquímica, ao contrário do que a pesquisa objetivava e com isso foram descartados.

**Quadro 1.** Habilidades visuais para a compreensão de representações de vias metabólicas.

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 seqüenciais 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.

#### 4.1.3. Estruturação do teste na Biblioteca Digital de Ciências

O teste foi desenvolvido com o uso do software Adobe® Flash® CS3 Professional e hospedado no site da Biblioteca Digital de Ciências (BDC)<sup>11</sup> desenvolvida e mantida pelo Laboratório de Tecnologia Educacional (LTE), pertencente ao departamento de bioquímica, do Instituto de Biologia da UNICAMP. Para o acesso ao teste, os estudantes preencheram um cadastro no site da BDC, para que os dados fossem coletados e armazenados no servidor.

As respostas obtidas com os testes foram armazenadas através da integração do aplicativo Flash® com arquivos implementados com linguagem de programação PHP<sup>12</sup>, sendo estes os responsáveis por organizar todas as informações necessárias para serem gravadas no banco de dados do servidor da BDC.

O controle e a administração dos dados coletados se davam através do acesso a uma interface gráfica contendo links relativos aos nomes de todos os respondentes do teste em ordem alfabética, o status do respondente (se finalizou ou não o teste), a nota final, a gravação do tempo gasto para realizar o teste e a data da realização. O painel de controle dava as opções de configurações de visualização dos dados coletados em todos os testes aplicados ao longo da pesquisa (Figura 10).

A interface gráfica de administração disponibilizava a opção de clicar no nome de cada respondente para a visualização de detalhes do resultado coletado. Clicando no nome do respondente, visualizava-se a nota obtida, a resposta dada pelo estudante e a resposta correta, além da verificação de acerto ou erro (Figura 11).

---

<sup>11</sup> Disponível via: [www.bdc.ib.unicamp.br/po](http://www.bdc.ib.unicamp.br/po).

<sup>12</sup> PHP é o acrônimo de Hipertext Preprocessor, uma linguagem de programação de computadores interpretada, livre e muito utilizada para gerar conteúdo dinâmico na web.

**Provas On-line**  
Laboratório de Tecnologia Educacional

Principal | Contato | Prova 4

**Painel de Controle**

- Configurações
- Prova 1
- Prova 2
- Prova 3
- Prova 4

**Estadísticas**

- 24.127 usuários cadastrados
- 1 usuários on-line
- 0 visitantes on-line
- Ver estatísticas
- 354 visitas (Ano 2009)

**PC: Prova 4**

Resultados 21 - 41 de 125 provas encontradas

<Anterior 1 [2] 3 4 5 ... 7 Próximo>

Nome	Status	Nota	Gravou Tempo?	Data
Aluno 1	Finalizada	0,83	não	05/07/2009
Aluno 2	Finalizada	1,67	sim	06/07/2009
Aluno 3	Finalizada	9,17	não	07/07/2009
Aluno 4	Finalizada	2,5	sim	29/06/2009
Aluno 5	Finalizada	0,83	sim	11/12/2008
Aluno 6	Finalizada	3,33	sim	11/12/2008
Aluno 7	Finalizada	3,33	não	06/07/2009
Aluno 8	Finalizada	5	sim	19/11/2008

Figura 10. Interface gráfica de controle e administração dos dados dos testes na BDC.

**Prova 4: Aluno 2**

Nota: 1,67

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

Figura 11. Interface gráfica de administração de respostas de cada item do teste.

Após a finalização do teste 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 12).

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

Numero da Prova 4

Nota Final

**6.67**

Ver Nota

**Figura 12.** Gabarito gerado aos respondentes no final do teste

## 4.2. Aplicações do teste piloto

### 4.2.1. Aplicação e resultados do teste piloto de 2007

Os itens do teste piloto foram discriminados por I01 a I22 seguidos do código “\_07” que significa a primeira aplicação do teste ocorrida em 2007 (Apêndice II). A aplicação do teste piloto de 2007 foi realizada com dois grupos, segundo o Quadro 2.

**Quadro 2.** Grupos participantes da aplicação do teste piloto em 2007

<b>Ano de Aplicação</b>	<b>Curso de Graduação e Períodos Avaliados</b>	<b>Instituição</b>	<b>Nº de Estudantes</b>
2007	Ciências Biológicas Noturno – Turma I	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	40
2007	Ciências Biológicas Diurno – Turma I	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	39

A porcentagem de acerto de cada questão está apresentada na Tabela 1. A análise dos dados permitiu uma avaliação preliminar dos itens do teste piloto de 2007.

Por exemplo, os itens I03\_07 e I06\_07 (Anexo II) apresentaram índice de acerto muito baixo (7% e 10% respectivamente). Ao analisar as respostas indicadas pelos estudantes, verificou-se que no item I03\_07 há uma predominância de erros quanto à não identificação da reversibilidade representada na reação 5. O item I06\_07 era bastante complexo e atípico dificultando a interpretação, ademais os estudantes tinham inúmeras opções de respostas para clicar. Neste caso considerou-se o nível baixo de acerto como consequência de problemas no modelo.

Em contrapartida, itens com altos índices de acerto, como é o caso do I05\_07 e I14\_05 (81% e 92% respectivamente) que avaliavam a habilidade visual 4 (Quadro 1) mostraram-se de fácil compreensão visual para os estudantes.

As perguntas de todos os itens foram reelaboradas de forma a apresentar maior clareza e garantir a medida de apenas uma habilidade visual. Todas as opções de resposta seguiram o formato de cinco alternativas de múltipla escolha, sendo uma delas excludente (n.d.a.). Alguns modelos apresentavam muitas informações, tornando-os mais complexos e dificultando a interpretação, como é o caso dos itens I07\_07 e I08\_07 que avaliavam a habilidade visual 4. Estes itens tiveram seus modelos simplificados para facilitar a visualização numa próxima aplicação do teste.

Os itens que continham questões com inúmeras opções de respostas e também os itens com questões de clicar e arrastar componentes para montar esquemas necessitariam de uma análise estatística multivariada, pois avaliavam muitos aspectos e mais de uma habilidade por questão, ao contrário dos itens de múltipla escolha que avaliavam somente uma habilidade. Desta forma, alguns destes itens sofreram

modificações nas opções de resposta passando a constituir opções de múltipla escolha com cinco alternativas. Além disso, itens que compreendiam a montagem de esquemas exigiam um conhecimento de conteúdo e não necessariamente mostraram medir habilidades visuais.

**Tabela 1.** Porcentagem de acerto nos itens do teste piloto aplicado em 2007 nas turmas de ciências biológicas (diurno e noturno).

<b>Ciências Biológicas (Diurno e Noturno) - UNICAMP</b>	
<b>Item (modelo e questão)</b>	<b>Porcentagem de acerto nos itens</b>
I01_07	37%
I02_07	73%
I03_07	7%
I04_07	65%
I05_07	81%
I06_07	10%
I07_07	25%
I08_07	19%
I09_07	47%
I10_07	34%
I11_07	66%
I12_07	48%
I13_07	71%
I14_07	92%
I15_07	71%
I16_07	29%
I17_07	77%
I18_07	68%
I19_07	66%
I20_07	61%
I21_07	67%
I22_07	57%

Os itens que não sofreram reformulação foram arquivados e as alterações sofridas nos demais itens do teste piloto de 2007 estão relacionadas no Quadro 3.

**Quadro 3.** Alterações ocorridas nos modelos e questões após a aplicação do piloto em 2007.

<b>Item</b>	<b>Alteração no Modelo</b>	<b>Alteração nas Alternativas de Resposta da Questão</b>	<b>Identificação do Item reformulado</b>
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

Foram desenvolvidos adicionalmente dez itens com modelos e questões atendendo a todas as habilidades visuais. Estes itens estão compreendidos entre I23 a I32, com código final “\_08”, relativo ao ano de aplicação (2008).

As Figuras 13 e 14 ilustram uma situação de reconstrução de um item. O item I03\_07 testado em 2007 sofreu modificações no modelo e na questão, constituindo um novo item I03\_08 a ser aplicado em 2008. O modelo foi simplificado, as alternativas de clicar foram extintas por apresentarem inúmeras opções de resposta e cinco novas alternativas de múltipla-escolha foram incluídas no novo modelo.

**Questão 3** Representação das reações de uma via metabólica hipotética

Clique nas reações irreversíveis da via

REFAZER ENVIAR

**Figura 13.** Item I03\_07 aplicado em 2007.

**Questão 2** - Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:

2, 3 e 6  
 1, 4 e 7  
 1, 4, 5 e 7  
 2, 3, 5 e 6  
 Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

**Figura 14.** Item I03\_08 reformulado e aplicado em 2008.

#### 4.2.2. Validação, aplicação e resultados do teste piloto de 2008

Uma nova validação dos itens foi organizada e julgada por três especialistas. Na validação os especialistas preencheram um questionário definindo as habilidades visuais que cada item estava medindo, a adequação do modelo. A classificação segundo o nível de dificuldade também foi incluída no questionário e está sendo mostrada no quadro 4. As sugestões dadas foram analisadas e serviram para refinar o teste e ao final definiram-se vinte e quatro itens (Apêndice III) que foram divididos em dois testes, cada um contendo doze itens.

**Quadro 4.** Classificação de níveis de dificuldade de 24 itens segundo a opinião de três especialistas.  
F indica nível fácil, M indica nível médio e D nível difícil.

Item	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3
I28_08	F	F	F
I03_08	M	M	F
I29_08	F	M	F
I02_08	F	F	F
I30_08	M	M	F
I31_08	F	M	F
I05_08	M	M	F
I08_08	M	D	M
I07_08	M	D	D
I12_08	F	M	F
I32_08	D	D	D
I13_08	M	F	M
I23_08	F	F	F
I01_08	M	F	M
I24_08	F	F	F
I25_08	F	F	M
I26_08	M	M	M
I27_08	M	D	M
I04_08	M	M	M
I15_08	F	F	M
I11_08	M	D	M
I21_08	M	M	M
I19_08	D	D	M
I18_08	D	D	D

Em 2008 três novos grupos foram submetidos à segunda aplicação do teste piloto. Os grupos participantes estão caracterizados no Quadro 5.

**Quadro 5.** Grupos participantes da segunda aplicação do teste piloto em 2008.

<b>Ano de Aplicação</b>	<b>Curso de Graduação e Períodos Avaliados</b>	<b>Instituição</b>	<b>Nº de Estudantes</b>
2008	Nutrição (Diurno)	Universidade Paulista (UNIP - Sorocaba)	37
2008	Ciências Biológicas (Diurno)	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	45
2008	Ciências Biológicas (Noturno)	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	45

A turma de 37 estudantes do curso de Nutrição (UNIP) foi dividida em dois grupos, com o objetivo de aplicar os dois testes numa única turma e devido à limitação de tempo e indisponibilidade de aulas. Cada grupo realizou um dos testes, sendo que os testes 1 e 2 contaram com a participação de 17 e 19 estudantes, respectivamente.

Os estudantes do curso de ciências biológicas (UNICAMP), turmas do noturno e do diurno também participaram dos dois testes. Novamente tivemos as limitações de tempo para aplicação de ambos os testes com a turma de estudantes do período diurno, sendo assim a sala de 44 alunos foi dividida em dois grupos e cada qual realizou o teste 1 ou 2. A turma de ciências biológicas do noturno teve participação integral nos dois testes.

A porcentagem total de acertos em cada teste está sendo apresentada na Tabela 2. Os itens I01\_08 e I27\_08 do Teste 2 apresentaram baixos índices de acerto pelos grupos, sendo 23% e 25%, respectivamente. A análise dos dados mostrou que os alunos apresentaram dificuldade para identificar a reversibilidade das reações químicas (habilidade visual H1) apresentadas no item I01\_08, provavelmente por considerar as setas duplas de sentidos contrários como duas diferentes reações que estavam se processando ao mesmo tempo na via metabólica, já que o padrão de erro apresentado foi por considerar correta a quarta alternativa referente à 9 reações químicas.

O item I27\_08 que avaliou a habilidade visual (H3) referente à identificação de tipos de reações químicas mostrou que os respondentes confundiram as reações de fosforilação e óxido-redução, ao clicarem na opção “nas reações 2 e 6 ocorreu 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.

**Tabela 2.** Porcentagem total de acertos dos itens na segunda aplicação do teste piloto em 2008.

Itens - Teste 1	Porcentagem de acertos – Teste 1	Itens - Teste 2	Porcentagem de acertos – Teste 2
I28_08	73%	I23_08	73%
I03_08	39%	I01_08	23%
I29_08	86%	I24_08	83%
I02_08	71%	I25_08	52%
I30_08	69%	I26_08	68%
I31_08	76%	I27_08	25%
I05_08	81%	I04_08	59%
I08_08	55%	I15_08	48%
I07_08	87%	I11_08	70%
I12_08	78%	I21_08	41%
I32_08	80%	I19_08	64%
I13_08	78%	I18_08	84%

#### 4.3. Tratamento de dados do teste piloto e definição do teste final

Para o tratamento de dados do teste final foi utilizado o Winsteps<sup>13</sup>, um software que implementa análises de Rasch e tem capacidade para analisar uma grande quantidade de dados de respondentes e itens. O programa contém um sistema de análise exaustiva de itens apresentados na forma binária (0 e 1).

O uso do Winsteps requer precisão e preparação previa, o programa é prático e poderoso e gera informações abundantes e exatas sobre os itens e as habilidades dos respondentes que participaram de um teste.

<sup>13</sup> O winsteps possui uma versão limitada de avaliação para download, denominada Ministep que pode ser obtida através do site <http://www.winsteps.com/ministep.htm>.

No presente trabalho os resultados gerados no teste foram definidos de forma binária, sendo “1” para acerto e “0” para erro.

#### 4.3.1. Equalização e definição das questões do teste piloto de 2008

O termo *Equalização* significa equiparar, tornar comparável, ou seja, colocar parâmetros de itens vindos de testes distintos na mesma métrica, isto é, numa escala comum, tornando os itens comparáveis (ANDRADE et al, 2000). Através da denominada equalização via população, pressupõe-se que um único grupo de respondentes é submetido a testes distintos. Para isto basta que todos os itens sejam calibrados conjuntamente para termos a garantia de que todos estarão na mesma métrica. A partir da equalização é possível definir os itens que farão parte de um teste final.

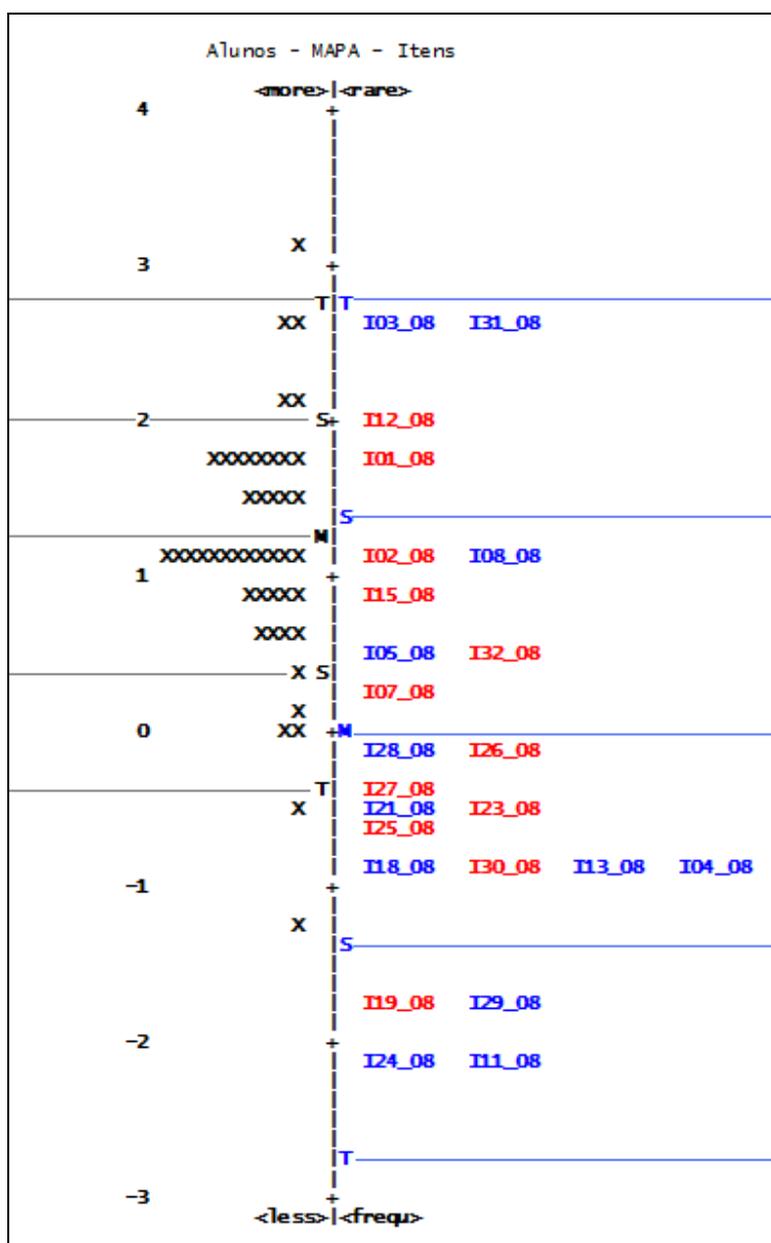
Na pesquisa utilizamos o grupo de alunos do curso de ciências biológicas da Unicamp (noturno), que foi a única turma completa que participou dos dois testes. O resultado da equalização pode ser observado na Figura 15. Os dados obtidos com a aplicação dos dois testes foram ordenados num mapa.

Na escala gerada em logits e apresentada no mapa, M é a média (situada no logit 0), S indica um desvio padrão acima ou abaixo da média (+1 e -1 logit) e T indica dois desvios-padrão (+2 e -2 logits) ambos acima ou abaixo da média. É possível observar no mapa (Figura 15) que as retas horizontais azuis delimitam a localização dos itens dentro de um e dois desvios-padrão (S e T, respectivamente) acima e abaixo da média (M).

As medidas da escala pertencem tanto aos respondentes (lado esquerdo do mapa), quanto aos itens (lado direito do mapa). Os itens estão identificados no mapa e cada respondente está representado por um “x”.

No mapa (Figura 15) verifica-se que os itens estão distribuídos 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 distribuíram 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 dos itens vindos dos dois testes de acordo com a localização que assumem no mapa.



**Figura 15.** Mapa gerado a partir da equalização dos testes 1 e 2 aplicados em 2008 na turma de ciências biológicas da Unicamp (noturno). Os itens indicados em vermelho e azul (lado direito do mapa) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade (itens mais difíceis assumem valores positivos em relação aos mais fáceis, indicados por valores negativos). Cada “x” representa um respondente 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. Itens em vermelho distribuídos ao longo da reta foram escolhidos para fazer parte do teste final.

A partir do mapa gerado pela equalização dos testes (Figura 15) observa-se que dois ou mais itens assumiram a mesma região da reta, significando que apresentaram o

mesmo grau de dificuldade. Neste caso, para a escolha dos itens que farão parte do teste final é aconselhável que eles estejam distribuídos entre os espaços da reta, não estando agrupados numa mesma região (BOONE e SCANTLEBURY, 2005). O pressuposto permite a identificação dos itens que farão parte do teste final, garantindo que sejam escolhidos aqueles com diferentes graus de dificuldade, sem prejudicar a integridade do teste.

Os itens identificados em vermelho foram os escolhidos para constituir o teste final. Alguns critérios foram adotados na escolha destes itens: a) que os itens satisfizessem os valores de ajuste relativos ao infit e outfit compreendidos entre 0,50 e 1,50; b) que a medida de itens na escala em logit atendesse aos valores limites de +2 e -2 logits, dentro da expectativa do Modelo Rasch; c) que os itens apresentassem diferentes graus de dificuldade; d) que cada duas questões contemplassem a mesma habilidade visual. Os itens assinalados em vermelho no mapa (Figura 15) foram os selecionados para serem testados com novos grupos. Os itens que restaram foram arquivados com o objetivo de serem futuramente revistos e aplicados.

#### **4.4. Caracterização e aplicação do teste final**

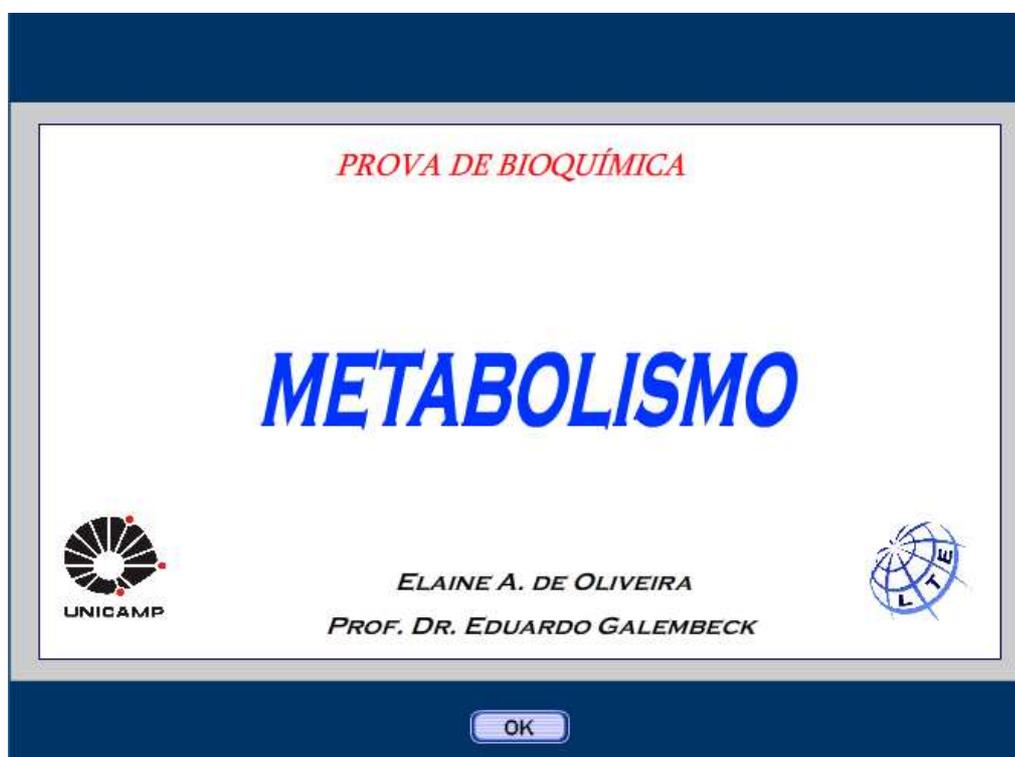
##### **4.4.1. Habilidades visuais e itens utilizados no teste final**

O teste final continha doze itens resultantes da equalização dos dois testes aplicados em 2008. O teste final avaliou as seis habilidades visuais (H1 a H6) detalhadas anteriormente (Quadro 1) e identificadas de acordo com o Quadro 6.

**Quadro 6.** Habilidades visuais (H1 a H6) distribuídas por Itens.

Itens (Modelos e Questões)	Habilidade Visual
I28_09	H1
I03_09	H1
I25_09	H2
I02_09	H2
I30_09	H3
I26_09	H3
I31_09	H4
I08_09	H4
I11_09	H5
I21_09	H5
I32_09	H6
I19_09	H6

Os doze itens do teste final aplicado em 2008/2009 estão sendo mostrados a seguir. As imagens referem-se às telas apresentadas aos estudantes (Figuras 16 à 29) e os itens receberam o código final “\_09”.



**Figura 16.** Tela de apresentação do teste final.

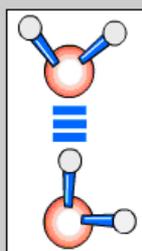
## Instruções

- Este teste é composto de 12 modelos bioquímicos para visualização com questões referentes ao metabolismo.
- As questões são de múltipla escolha e quando selecionadas aparecem em destaque. A resposta será gravada quando você clicar no botão **CONCLUIR**.
- Antes de terminar cada questão, confirme suas respostas, pois uma vez clicado no botão **CONCLUIR**, não será possível retornar a nenhuma questão anterior.
- A nota e o gabarito para conferência serão fornecidos no final do teste.

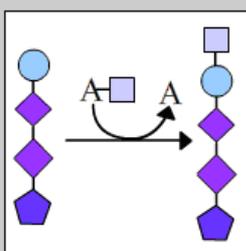
INICIAR

Figura 17. Tela de instruções do teste final.

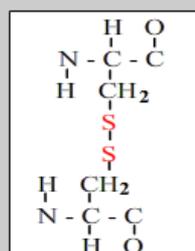
Questão 1 - Qual das representações abaixo refere-se a uma reação química?



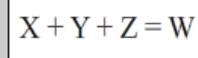
(a)



(b)



(c)



(d)

a

b

c

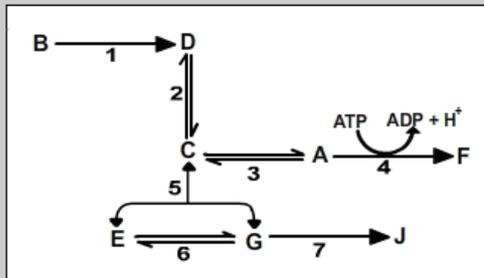
d

Nenhuma das representações

CONCLUIR

Figura 18. Item I28\_09 do teste final.

**Questão 2** - Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:

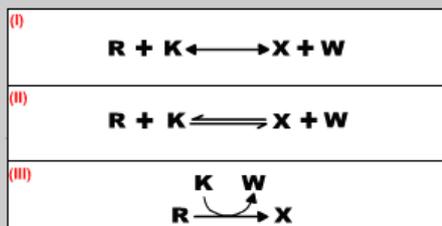


- 2, 3 e 6
- 1, 4 e 7
- 1, 4, 5 e 7
- 2, 3, 5 e 6
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

Figura 19. Item I03\_09 do teste final.

**Questão 3** - Qual das alternativas abaixo melhor define o papel dos compostos participantes das reações químicas I, II e III?

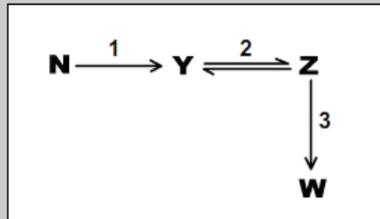


- R e K são produtos nos esquemas I, II e III
- R é substrato e produto nos esquemas I, II e III
- X e W são substratos nos esquemas I, II e III
- X e W são produtos nos esquemas I, II e III
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

Figura 20. Item I25\_09 do teste final.

**Questão 4-** Analise substratos e produtos das reações abaixo e marque a opção correta:

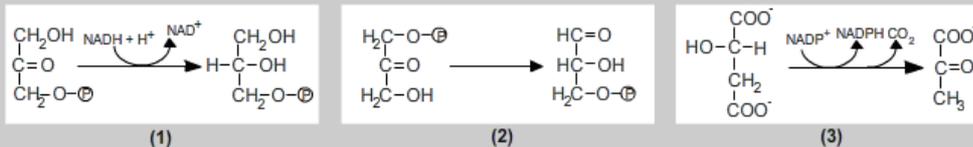


- Y é substrato das reações 1 e 2, como também produto das reações 1 e 2
- W é substrato da reação 3
- Z é substrato e produto da reação 3
- N é produto da reação 1
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

Figura 21. Item I02\_09 do teste final.

**Questão 5 -** Analise as reações químicas e definições abaixo. Marque a opção correta de acordo com os esquemas:



Reações: **Isomerização** = Rearranjos intramoleculares  
**Óxido-redução** = Transferência de elétrons juntamente com a transferência de  $\text{H}^+$   
**Fosforilação** = Transferência de grupamento fosfato (P)

- Nas reações 1 e 2 ocorreu fosforilação
- Nas reações 1 e 3 ocorreu óxido-redução
- Na reação 3 ocorreu isomerização
- Somente na reação 2 ocorreu fosforilação
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

Figura 22. Item I30\_09 do teste final.

**Questão 6** - Os esquemas abaixo representam tipos de reações químicas. De acordo com os modelos é correto dizer que:

(a)  $X-Y + H_2O \rightleftharpoons X-H + Y-OH$

(b)  $2(X-OH) \longrightarrow X-O-X + H_2O$

(c) 
$$\begin{array}{c} O \\ || \\ R-C-OH \end{array} \longrightarrow R-H + CO_2$$

(d) 
$$\begin{array}{ccc} NAD^+ & \xleftarrow{\quad} & H_2O \\ & \searrow & \swarrow \\ & & O_2 \\ & \swarrow & \searrow \\ NADH + H^+ & & \end{array}$$

- Na reação (c) o  $CO_2$  incorpora-se ao substrato formando o produto final
- Na reação (a) ocorreu a quebra do substrato e incorporação de grupamentos de  $H^+$  e  $OH^-$  formando o produto
- Na reação (b) a adição de  $H_2O$  provocou a quebra do substrato
- Na reação (d) o  $NAD^+$  é o composto inicial doador de elétrons à  $H_2O$  formando um composto reduzido, o  $NADH + H^+$ . A  $H_2O$  reduz-se a  $O_2$ , que é o receptor final de elétrons.
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

Figura 23. Item I26\_09 do teste final.

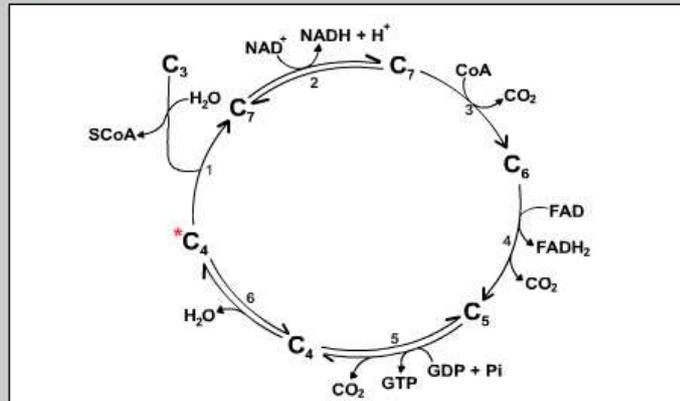
**Questão 7** - Num tubo de ensaio foram adicionadas todas as enzimas necessárias para que ocorram as reações da via metabólica abaixo. Qual(is) o(s) composto(s) deve(m) ser adicionado(s) para: a) iniciar a via b) para manter a via em funcionamento

- Iniciar: Somente A  
Manter: A e  $NAD^+$
- Iniciar: A, B, C, D, E  
Manter: A, B, C, D, E, F
- Iniciar: A,  $NAD^+$ ,  $NADH + H^+$   
Manter: A,  $NAD^+$ ,  $NADH + H^+$
- Iniciar: A e  $NAD^+$   
Manter: Somente A
- Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

Figura 24. Item I31\_09 do teste final.

**Questão 8** - O esquema representa uma via metabólica hipotética. Iniciando-se o ciclo na reação 1 com uma molécula  $^*C_4$  e 10 moléculas  $C_3$ , quantas moléculas  $^*C_4$  haverá ao final de 10 voltas do ciclo?

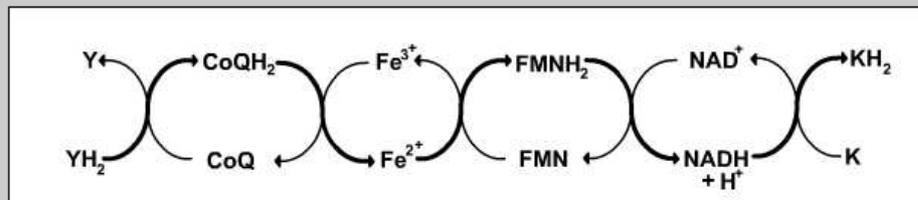


- 9     
 10     
 1     
 0     
 Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

Figura 25. Item I08\_09 do teste final.

**Questão 9** - O modelo representa reações sequenciais de uma via do metabolismo oxidativo. Qual o caminho percorrido pelos elétrons do composto inicial que sofre oxidação até o composto final reduzido?

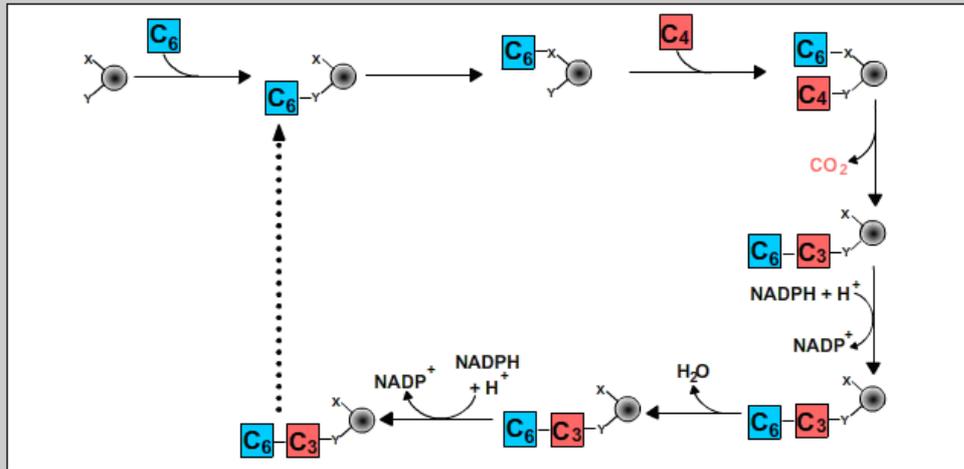


- K,  $NAD^+$ , FMN,  $Fe^{3+}$ , CoQ, Y  
 Y, CoQ,  $Fe^{3+}$ , FMN,  $NAD^+$ , K  
  $YH_2$ , CoQ,  $Fe^{2+}$ , FMN,  $NADH + H^+$ , K  
  $YH_2$ ,  $CoQH_2$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $FMNH_2$ ,  $NADH + H^+$ ,  $KH_2$   
 Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

Figura 26. Item I11\_09 do teste final.

**Questão 10** - O esquema hipotético representa uma via metabólica de biossíntese. Após 4 voltas do ciclo, quantos carbonos terá a molécula formada?

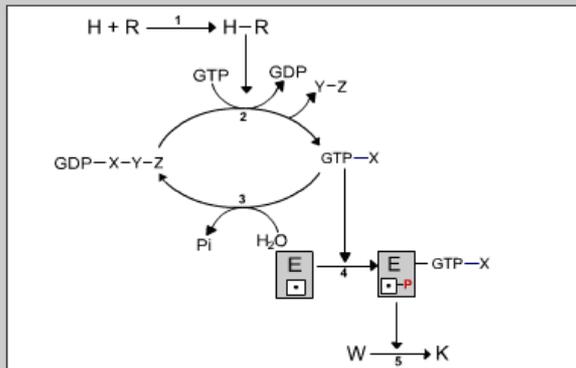


- 9 C    
 18 C    
 21 C    
 36 C    
 Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

Figura 27. Item I21\_09 do teste final.

**Questão 11** - O esquema representa uma via de sinalização celular. De acordo com os eventos apresentados é correto afirmar que:



Legenda

- E = Forma inativa da Enzima  
 E = Forma ativa da Enzima  
H = Hormônio  
R = Receptor  
H-R = Complexo Hormônio-Receptor  
X-Y-Z = Subunidades de uma proteína

- Na reação 3 a ausência de H-R dissocia as subunidades Y-Z e permite a ligação GTP-X  
 Na reação 2 a presença do H-R mantém unidas as subunidades X-Y-Z ao GDP  
 Na reação 4 o GTP-X se liga à enzima provocando sua ativação. Estando ativada ela catalisa a reação 5 formando K a partir de W  
 O GTP-X é uma enzima que catalisa a reação 4  
 Todas as alternativas acima estão incorretas

CONCLUIR

Figura 28. Item I32\_09 do teste final.

**Questão 12-** O esquema representa uma via metabólica hipotética. Qual o produto final da via que tem a síntese aumentada mediante as regulações representadas?

**Legenda**  
 - = inibe  
 + = ativa

F  
 X  
 V  
 Q  
 Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

Figura 29. Item I19\_09 do teste final.

4.4.2. Aplicação do teste final

A partir da equalização dos Testes 1 e 2 definidos através da análise de Rasch foram escolhidas dozes questões para o teste final, contemplando as seis habilidades visuais necessárias para a compreensão dos modelos. Três grupos participaram do teste final que foi aplicado nos anos de 2008 e 2009 (Quadro 7).

Quadro 7. Grupos participantes do teste final.

Ano de Aplicação	Curso de Graduação e Período Avaliado	Instituição
2008	Educação Física – Diurno	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
2008	Fisioterapia e Nutrição – Noturno	Faculdade de Jaguariúna (FAJ)
2009	Enfermagem – Diurno	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

#### 4.4.3. Calibração do teste final com três diferentes grupos participantes

Os dados gerados com a aplicação do teste final foram submetidos ao processo de calibração de itens-respondentes proposta pelo modelo de Rasch. Os resultados são mostrados através de um mapa e distribuídos segundo uma escala em logits (Figuras 31, 32 e 33).

Uma análise dos mapas de calibração permite inferir que, quando a média de itens e a média de respondentes estão alinhadas (Figura 32), os respondentes apresentam habilidades visuais dentro da média dos itens. Se a ordenação de respondentes estiver acima da média dos itens (Figura 31), significa que os indivíduos apresentam habilidades visuais acima da média de dificuldade dos itens. Da mesma forma se a ordenação dos respondentes estiver abaixo da média dos itens (Figura 33), significa que apresentam habilidades visuais abaixo da média dos itens.

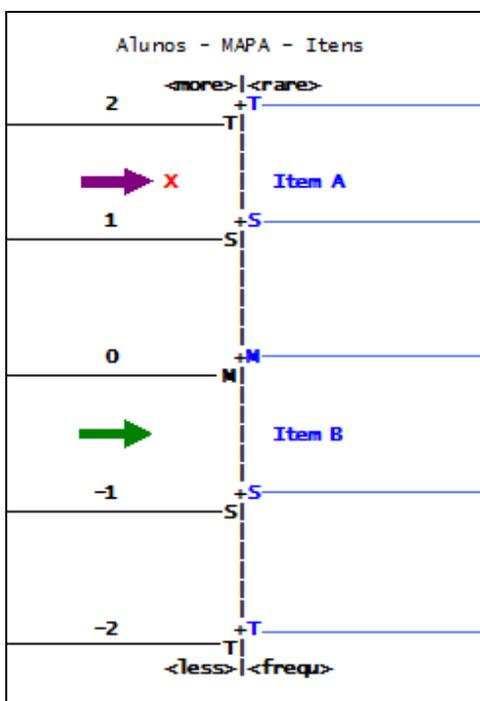
O modelo matemático de Rasch é derivado de uma função logística que relaciona uma probabilidade crescente de resposta correta a um item, à medida que aumenta a habilidade dos respondentes. Um respondente com mais habilidades tem maior probabilidade de dar uma resposta correta a um item (TRISTÁN, 2002).

É possível inferir o nível de dificuldade de itens observando a sua ordenação no mapa. Por exemplo, se um item está localizado em um desvio padrão (1 logit) acima da média de dificuldade de itens, ele pode ser considerado um item difícil, se estiver a dois desvios-padrão (2 logits) acima da média, pode ser classificado como muito difícil. Em contrapartida itens localizados um ou dois desvios-padrão abaixo da média são considerados fáceis e muito fáceis, respectivamente.

Um exemplo de interpretação dos mapas está mostrado na Figura 30. A localização de dificuldade dos itens é descrita pela localização em logits na reta. Inicialmente é possível identificar o nível de dificuldade dos itens A e B, de acordo com a localização. O Item A pode ser considerado um item muito difícil por estar localizado em dois desvios-padrão (2 logits) acima da média (M) de dificuldade dos itens. Já o Item B pode ser considerado um item fácil por estar localizado um desvio padrão (1 logit) abaixo da média (M) de dificuldade dos itens.

Adicionalmente, os mapas de calibração indicam, com detalhes, a ordenação de respondentes e itens. Por exemplo, um indivíduo com habilidade  $x$  tem 50% de probabilidade de acertar um item de dificuldade  $y$ . Sabemos, pois, que se a habilidade desse indivíduo aumentar em 1 logit a probabilidade de acerto no mesmo item será de 73%. Por outro lado, se o mesmo indivíduo, com a mesma habilidade  $x$ , responder a um item com dificuldade 1 logit menor do que a do item  $y$ , a probabilidade de acerto é também de 73%. Se o item for 2 logits mais fácil, a probabilidade aumenta para 88% e chega a 95% para itens com dificuldade 3 logits menor do que o item original  $y$  (SMITH, 2000).

Com relação às habilidades de um respondente, indicadas no exemplo (Figura 30) o item A está localizado 1,25 logits acima da média e o item B localizado em -0,65 logits abaixo da média. Pode-se afirmar que se o respondente possuir uma habilidade localizada em 1,25 logits significa que ele tem 50% de chance de acertar o item A e até 88% de chances de acertar o item B por ter sua habilidade localizada em dois logits acima deste item e da média.



**Figura 30.** Exemplo de um mapa de calibração de itens-respondentes. "M" indica a média, "S" indica um desvio-padrão e "T" indica dois desvios-padrão, tanto para itens (mostrados em azul no lado direito do mapa), como para respondentes (representados por um "X" vermelho no lado esquerdo do mapa). O item A está localizado em dois desvios-padrão (entre 1 e 2 logits) podendo ser considerado muito difícil, enquanto o Item B localizado abaixo da média de dificuldade em um desvio padrão (entre 0 e -1 logit) pode ser considerado um item fácil. Se o respondente possui habilidade "x" localizada no mesmo logit do Item A possui 50% de chance de acertar este item. Suas chances aumentam em relação ao item B, por ele estar localizado dois logits acima da média de itens, podendo alcançar 88% de chance de acerto neste item.

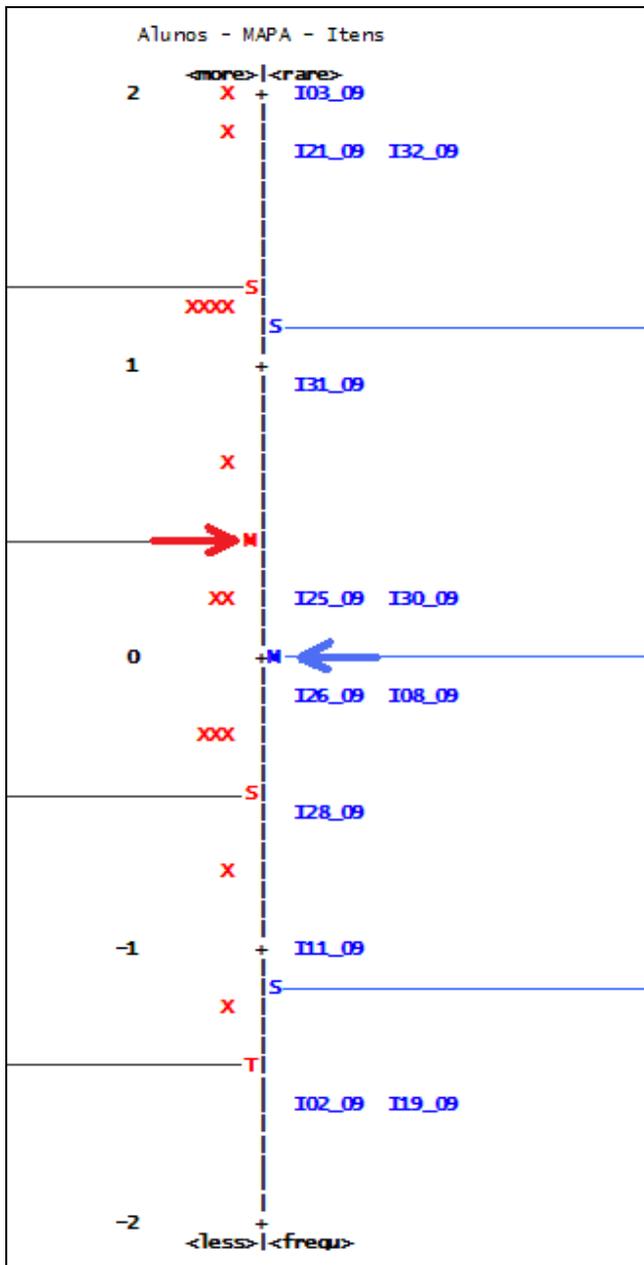
A análise de Rasch pressupõe uma medida de confiabilidade tanto para o teste, como para os respondentes. Esta medida varia entre 0 e 1, sendo que valores aproximados ou maiores que 0,8 são considerados aceitáveis (FOX e JONES, 1998).

#### *4.4.3.1. Calibração de itens-respondentes do grupo 1*

O grupo 1 foi submetido ao teste final na presença do responsável pela pesquisa. Todos os estudantes foram reunidos num laboratório de informática da própria universidade e responderam individualmente ao teste. Os dados coletados foram submetidos a calibração de itens-respondentes proposta pelo modelo de Rasch, gerando um mapa de dificuldade de itens-respondentes (Figura 31).

A partir do mapa de calibração de itens-respondentes é possível verificar que a média dos alunos do grupo 1 ficou acima da média dos itens. Isto porque a amostra de 14 alunos distribuiu-se na escala de forma que 9 alunos (64%) predominaram acima da média de dificuldade dos itens.

De acordo com o mapa (Figura 31), os itens I03\_09, I21\_09 e I32\_09, localizados 2 logits acima da média, são classificados como itens muito difíceis. Os itens I31\_09, I25\_09 e I30\_09 estão compreendidos 1 logit acima da média de dificuldade e podem ser classificados como itens difíceis. Da mesma forma os itens I26\_09, I08\_09, I28\_09 e I11\_09 que estão localizados 1 logit abaixo da média indicam ser itens fáceis. Os itens I02\_09 e I19\_09, compreendidos em 2 logits podem ser classificados como muito fáceis.



**Figura 31.** Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 1. Cada “x” representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens como para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +2 e -2. Observe que a seta vermelha que indica a média de habilidades dos respondentes está localizada acima da seta azul que indica a média de dificuldade dos itens.

O modelo de Rasch propõe que um indivíduo que responde a um item mais difícil corretamente deve responder os itens mais fáceis também de forma correta. Os alunos ordenados no mesmo logit do item apresentam chance de 50% de acerto neste item. Indivíduos localizados acima dos itens apresentam chances maiores do que 50% de acerto num item. Desta forma, é possível inferir a probabilidade de acerto nos itens a partir do mapa de calibração de itens-respondentes. A Tabela 3 apresenta a distribuição

de alunos do grupo 1, segundo a probabilidade de acerto nos itens. É possível observar que o número de indivíduos com chances de acerto nos itens aumenta, conforme diminui a dificuldade do item.

**Tabela 3.** Distribuição de alunos do grupo 1, segundo as probabilidades de acerto nos itens.

Localização do Item (logit)	Classificação do Item quanto à dificuldade	Item	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	-

A calibração do teste gerou índices de confiabilidade tanto para os respondentes quanto para o teste. A confiabilidade do teste apresentou 0,72 e a confiabilidade de respondentes 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 respondentes (MONTESINOS, 2008). 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. Os itens distribuíram-se na escala entre 4,43 e -1,55 logits indicando que alguns itens não se ajustaram bem ao modelo por ultrapassarem a escala, como é o caso dos itens I03\_09 e I02\_09 e I19\_09. Neste caso é necessário testar estes itens com novos grupos para garantir que eles precisam ser reformulados ou descartados.

#### 4.4.3.2. Calibração de itens-respondentes do grupo 2

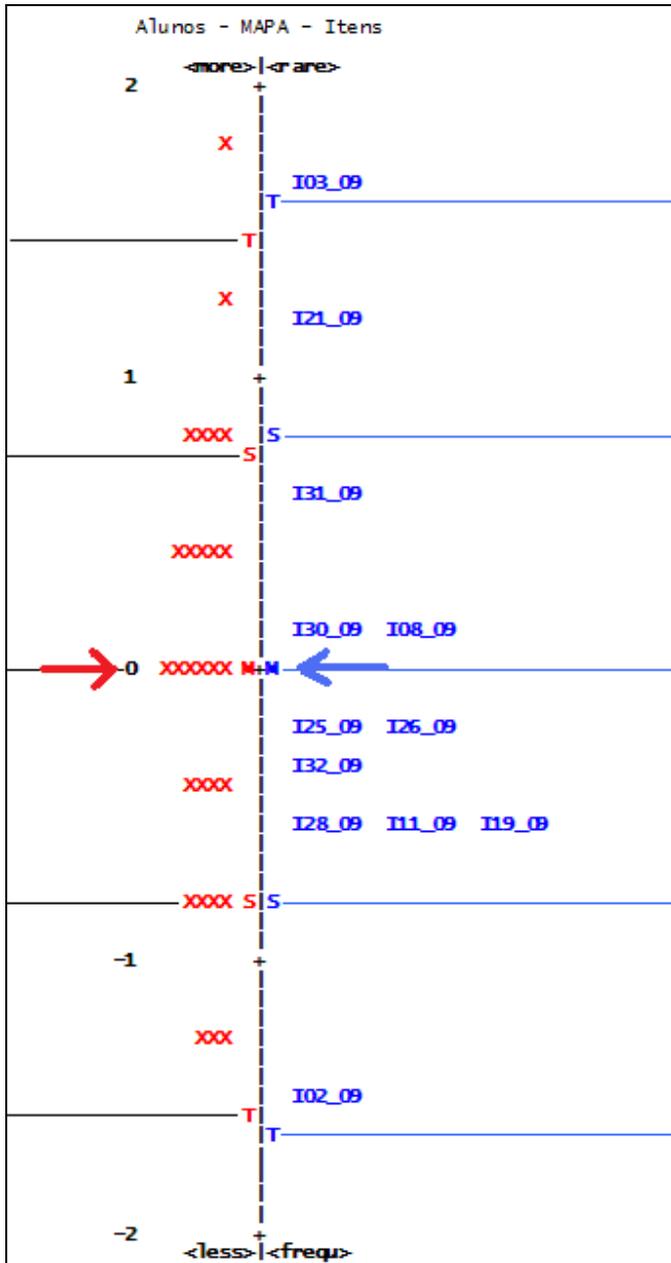
O grupo 2 teve uma participação virtual na pesquisa, dado que o curso apresentou limitação de tempo e carga horária. Os estudantes foram convidados a participar, tendo a opção de acessar o teste a partir de computadores pessoais ou da própria universidade. Os dados coletados foram submetidos ao processo de calibração de itens-respondentes gerando um mapa de dificuldade de itens-respondentes (Figura 32).

O mapa de calibração de itens-respondentes do grupo 2 mostra a ordenação de 28 participantes do teste, sendo que há um equilíbrio entre os alunos localizados acima e abaixo da média de dificuldade dos itens. Segundo o mapa os itens I03\_09 e I21\_09 estão ordenados entre 1 e 2 logits acima da média e podem ser classificados como itens muito difíceis. Os itens I31\_09, I30\_09 e I08\_09 estão compreendidos entre 0 e 1 logit acima da média de dificuldade e podem ser classificados como itens difíceis. Da mesma forma os itens I25\_09, I26\_09, I32\_09, I28\_09, I11\_09 e I19\_09 que estão localizados entre 0 e -1 logit abaixo da média, indicam ser itens fáceis. O item I02\_09 ordenado entre -1 e -2 logits, pode ser classificado como muito fácil. A Tabela 4 apresenta a distribuição de alunos do grupo 2, segundo a probabilidade de acerto nos itens.

A calibração do teste do grupo 2 apresentou 0,70 de confiabilidade para o teste e 0,52 de confiabilidade para os respondentes. Novamente tivemos a limitação no número de amostras, o que justifica a baixa confiabilidade de respondentes. 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. Os itens distribuíram-se na escala entre 1,67 e -1,47 logits mostrando que alguns itens se ajustaram bem dentro da expectativa do modelo.

**Tabela 4.** Distribuição de alunos do grupo 2, segundo as probabilidades de acerto nos itens.

Localização do Item (logit)	Classificação do Item quanto à dificuldade	Item	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	-
		I30_09 e I08_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	-

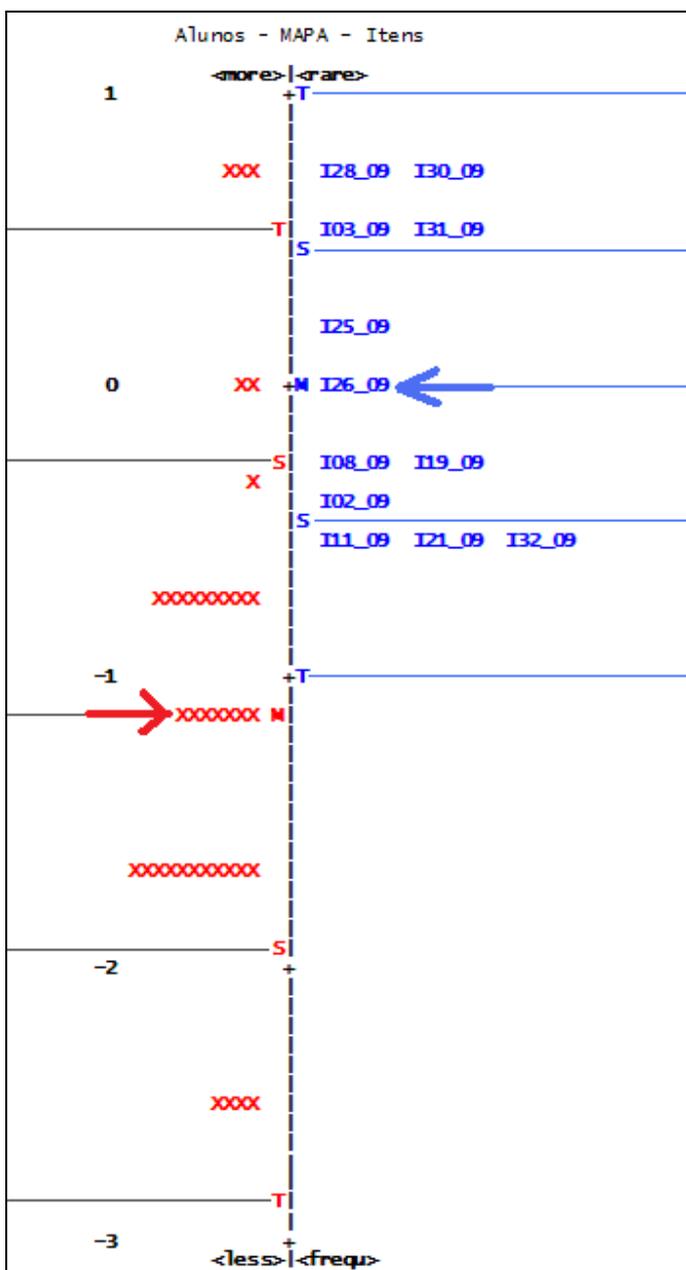


**Figura 32.** Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 2. Cada “x” representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens como para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +2 e -1. Observe que as setas azul e vermelha estão alinhadas indicando que a média de habilidades dos respondentes está alinhada com a média de dificuldade dos itens.

#### 4.4.3.3. Calibração de itens-respondentes do grupo 3

O grupo 3 foi submetido ao teste final na presença de um professor responsável. Todos os estudantes foram reunidos num laboratório de informática da própria

universidade e responderam individualmente ao teste. Os dados coletados passaram pelo processo de calibração de itens-respondentes proposta pelo modelo de Rasch, gerando um mapa de dificuldade de itens-respondentes (Figura 33).



**Figura 33.** Mapa gerado a partir da calibração de itens-respondentes do teste final aplicado em 2008 no grupo 3. Cada “x” em vermelho representa um respondente que está alinhado no mapa (lado esquerdo). Os itens indicados em azul (lado direito) estão distribuídos segundo o grau de dificuldade. “M” indica a média, “S” e “T” indicam um e dois desvios-padrão, respectivamente, tanto para itens quanto para respondentes. As linhas horizontais azuis e pretas representam os limites destes desvios, que se distribuem na reta aproximadamente entre os logits +1 e -3. Observe que a média de habilidades dos respondentes indicada pela seta vermelha está abaixo da média de dificuldade dos itens (seta azul).

O mapa de calibração de itens-respondentes do grupo 3 mostra a ordenação dos itens de 37 participantes do teste.

O modelo de Rasch analisa o ajuste entre o nível de habilidades dos alunos e a resposta correta a um item e a partir do mapa é possível concluir que a média de habilidades de alunos está localizada muito abaixo da média de dificuldade de itens, mostrando uma falta de ajuste dos dados. Além disso, uma boa medida de confiabilidade gira em torno de 0,80 (FOX e JONES, 1998) e neste grupo a confiabilidade dos respondentes e itens apresentou valores muito abaixo do esperado, com 0,18 para confiabilidade de respondentes e 0,29 para confiabilidade de itens, comprometendo a análise individual de dificuldade de cada item e das habilidades visuais dos respondentes. Neste caso, considera-se a hipótese referente à baixa habilidade visual dos respondentes com 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, torna-se inviável inferir conclusões a respeito dos itens e das habilidades dos respondentes deste grupo.

#### 4.4.4. Discussão sobre os itens do teste final

Os mapas de calibração de itens-respondentes geraram uma escala de dificuldade de itens, de acordo com a localização apresentada. A distribuição dos itens segundo o grau de dificuldade apresentado no mapa de calibração dos testes permite uma comparação entre os grupos 1 e 2 (Tabela 5).

As marcações em cinza (Tabela 5) mostram que para alguns itens diferentes grupos apresentam o mesmo nível de dificuldade. Uma análise mais apurada das respostas dadas em cada item permite inferir algumas conclusões a respeito das habilidades visuais contempladas em cada item.

**Tabela 5.** Distribuição dos itens por habilidades visuais e níveis de dificuldade a partir do mapa de calibração dos grupos 1 e 2.

Item	Habilidade visual	Grupo 1				Grupo 2			
		Classificação dos itens*				Classificação dos itens*			
		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).

O item I03\_09 (Figura 19) 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 5 apresentada no modelo foi identificada por poucos respondentes, confirmando a mesma dificuldade já analisada e discutida na seção 4.2.1. Este tipo de representação é usualmente encontrada em alguns livros didáticos de bioquímica como, por exemplo, para representar a reação de clivagem da frutose-1,6-bisfosfato em duas trioses, na via metabólica glicolítica.

O item I21\_09 (Figura 27) também classificado como um item muito difícil para os estudantes dos grupos analisados contemplou a habilidade visual H5 (Quadro 1). O modelo apresentado neste item 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 os itens I30\_09 e I31\_09 (Figuras 22 e 24) que contemplaram respectivamente as habilidades visuais H3 e H4 constituíram itens difíceis para os grupos analisados. O item I30\_09 compreendia a habilidade visual H3 (Quadro 1). Uma amostra significativa de estudantes não apresentou a habilidade visual que estava sendo avaliada no item e pela análise das respostas conclui-se que o grupo identificou a reação de isomerização apresentada no modelo, como sendo uma reação de fosforilação, provavelmente devido à presença do grupo fosfato na molécula. O item I31\_09 mediu a habilidade visual H4 (Quadro 1). De acordo com o padrão de respostas apresentado pelos grupos, este item 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  $\text{NAD}^+$  no modelo.

O item I02\_09 que compreendia a habilidade visual H2 mostrou-se marcadamente “mais fácil” para a compreensão visual dos grupos testados. Já os itens I25\_09 (habilidade visual H2), I32\_09 (habilidade visual H6) e I19\_09 (habilidade visual H6) apresentaram resultados distintos para cada grupo testado (Tabela 5).

## 5. DIREÇÕES FUTURAS

Os resultados encontrados na pesquisa indicam que o teste pode ter os itens reformulados para se tornar uma ferramenta mais universal, capaz de medir as habilidades visuais de populações com diferentes níveis de literacia visual. Além disso serão necessárias novas aplicações de itens previamente reformulados, de forma a garantir a redistribuição destes itens no mapa de calibração, um processo que demoraria bastante tempo para o refinamento de um novo teste.

Novas aplicações de testes necessitariam de amostras maiores para definir mais precisamente o público o qual o teste se aplica e/ou a necessidade de se desenvolver testes mais específicos para grupos com níveis de literacia visual maiores e/ou menores.

A calibração de itens-respondentes abre a possibilidade de definir uma classificação dos níveis de literacia visual de estudantes, segundo a performance alcançada num teste, o qual são definidos pela localização dos respondentes no mapa de calibração. vale ressaltar que essa classificação só é válida quando se tem um nível de confiabilidade de alunos e respondentes dentro da expectativa do modelo de rasch, além de requerer uma amostra representativa. uma possível classificação dos níveis de literacia visual para grupos que apresentem confiabilidade em torno de 0,80 poderia ser indicada da seguinte forma: a) nível 1: literacia visual muito baixa. o respondente possui habilidades visuais compreendidas entre -1 e -2 logits abaixo da média de dificuldade dos itens. b) nível 2: literacia visual baixa. o respondente possui habilidades visuais compreendidas entre 0 e 1 logit abaixo da média de dificuldade dos itens. c) nível 3: literacia visual média. o respondente possui habilidades visuais igual a 0 logit, ou seja, na média de dificuldade dos itens. d) nível 4: literacia visual alta. o respondente possui habilidades visuais compreendidas no intervalo entre 0 e 1 logit acima da média de dificuldade dos itens. e) nível 5: literacia visual muito alta. o respondente possui habilidades visuais ordenadas entre 1 e 2 logits acima da média de dificuldade dos itens.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a pesquisa permitiram a produção de um teste capaz de diagnosticar o nível das habilidades visuais necessárias para a compreensão de vias metabólicas.

Vale ressaltar que o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de testes com diferentes itens envolve avaliações constantes e reformulações, necessitando de uma população maior de respondentes para um bom refinamento e confiabilidade do teste.

A aplicação do modelo de Rasch mostrou-se marcadamente relevante, por compreender uma análise superior às estatísticas clássicas, por possibilitar examinar em detalhes os itens e diagnosticar as habilidades dos estudantes através do processo de calibração de itens-respondentes.

Ademais, dois testes diferentes sendo aplicados numa mesma população puderam ser equalizados a fim de se definir os itens que fizeram parte de um teste final para diagnosticar as habilidades visuais de diferentes grupos.

Como todo teste de diagnóstico, são necessários cuidados especiais no uso da ferramenta, sendo indicada uma aplicação presencial do teste sob a supervisão de um responsável, para uma garantia mínima de que as respostas sejam individuais.

De forma prática, a média de acertos nos testes é um indicativo inicial para o educador ter um diagnóstico das habilidades visuais da turma que está sendo avaliada, podendo ajudar no planejamento pedagógico considerando a necessidade de se introduzir atividades práticas de visualização com seus estudantes, para garantir a compreensão de representações externas, sobretudo de vias metabólicas.

Os resultados obtidos com a calibração de itens-respondentes nos três grupos em que foi aplicado mostraram claramente a necessidade de aplicar o teste em amostras maiores a fim de se definir mais precisamente o público para o qual o teste é mais efetivo. Independentemente dos índices de confiabilidade das amostras, é possível um diagnóstico de indivíduos ou de grupos através do teste. No caso do grupo 3, fica evidente que este teste apresenta um nível de dificuldade incompatível com o

nível de literacia visual dos indivíduos que apresentou-se abaixo do nível requerido pelo teste. 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.

É necessária uma atenção pedagógica no desenvolvimento da literacia visual com estudantes de bioquímica. Uma grande diversidade de modelos visuais estáticos, dinâmicos e multimídia fazem parte dos recursos educacionais e, a pesquisa no ensino de ciências mostra que os estudantes não adquirem automaticamente a literacia visual durante o ensino geral, desta forma torna-se essencial ensinar e avaliar este tipo de conhecimento com tarefas especialmente projetadas. Fica evidente que é necessário promover atividades de visualização em sala de aula contribuindo para o desenvolvimento da literacia visual dos estudantes, assegurando o conhecimento da linguagem visual bioquímica e das convenções usadas nas diferentes representações externas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T. R.; GRAYSON, D. J. Improving students' understanding of carbohydrate metabolism in first-year biochemistry at tertiary level. *Research in Science Education*. v. 24, p. 1-10. 1994.
- ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. São Paulo: Associação Brasileira de estatística, 2000. 154 p.
- ANDRICH, D. Rasch models for measurement. Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the social sciences, 07-001. Beverley Hills: Sage. 1988.
- AVEGERINO, M.; JOHN, E. A review of the concept of visual literacy. *British Journal of Educational Technology*. v. 28, n.4, p. 280-291. 1997.
- AZEVEDO, A. M. P.; LAZZAROTTO, G. B.; TIMM, M. I.; ZARO, M. A. 2004. Relato de uma experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs. Disponível via: <[http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/07-elatodeuma\\_experiencia.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/07-elatodeuma_experiencia.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2007.
- BAMFORD, A. 2003. The visual literacy white paper. *Journal of Visual Literacy*. v. 23, n.2. Autumn. 2003. p.119-129. Disponível via: <<http://www.ohio.edu/visualliteracy/>>. Acesso em 12 jan. 2008.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. Bioquímica. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 1059 p.
- BLEED, R. Visual Literacy in Higher Education. *Educause*. 2005. Disponível via: <<http://www.educause.edu/LibraryDetailPage/666?ID=ELI4001>>. Acesso em: 18 jan. 2007.
- BOND, T. G.; FOX, C. M. Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences. Mahwah, NJ: Erlbaum. 2001.
- BOONE, W. J.; SCANTLEBURY, K. The role of Rasch analysis when conducting Science Education Research utilizing multiple-choice tests: *Science Education*. v. 90, n.2. p. 253-269. 2005.
- CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. Bioquímica. 5. ed. São Paulo: Thomson learning, 2008. 845 p.
- CAMPOS, A. F.; LIMA, E. N. Ciclo do nitrogênio: abordagem em livros didáticos de ciências do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 13, n. 1, p.35-44, 2008.

- CARTIER, J.; RUDOLF, J.; STEWART, J. 2004. The nature and structure of scientific models. The national centre for improving student learning and achievement in mathematics and science. Disponível via: <<http://ncisla.wceruw.org/research/index.html>>. Acesso em: 26 dez. 2009.
- CHACHAMOVICK, E. Teoria da resposta ao item: Aplicação do modelo de Rasch em desenvolvimento e validação de instrumentos em saúde mental. 2007. 288f. Tese (Doutorado em Ciências médicas: Psiquiatria). Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2007.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Bioquímica Ilustrada. 3 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 544 p.
- DELIZOICOV, D.; SLONGO, I.; LORENZETTI, L. ENPEC: 10 Anos de Disseminação da Pesquisa em Educação em Ciências. In: Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Florianópolis, 2007. Disponível via: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p555.pdf>>. Acesso em: 02 de fev. 2010.
- DEVLIN, T. M. Manual de bioquímica com correlações clínicas. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 1084 p.
- DORI, Y. J.; BARAK, M. Virtual and physics molecular modelling: Fostering model perception and spatial understanding. Educational technology and Society. v. 4, n.1 p. 61-70. 2001.
- DORI, Y. J.; HAMEIRI, M. Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: symbol, macro, micro and process aspects. Journal of Research in Science Teaching. v. 40, n.3, p. 278-302. 2003.
- FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. 2004. Análise de livros didáticos em ciências: entre as ciências de referência e as finalidades sociais da escolarização. Revista Educação em Foco. v. 8, n. 1, p. 65. 2004.
- FISHER, W. P. Reliability statistics. Rasch Measurement Transitions, v. 6, p.238. 1992.
- FOX, C. M.; JONES, J. A. Uses of Rasch modeling in counseling psychology research. Journal of Counseling Psychology. v. 45, p. 30-45. 1998.
- GRAYSON, D. J.; ANDERSON, T. R., CROSSLEY, L. G. A four-level framework for identifying and classifying student conceptual and reasoning difficulties. International Journal of Science Education. v. 23, p. 611-622. 2001.
- GROW, G. O. 1996. Serving the Strategic Reader - Cognitive Reading Theory and its Implications for the Teaching of Writing. Disponível via: <<http://www.longleaf.net/ggrow/StrategicReader/index.html>>. Acesso em: 26 dez. 2009.

- HAYS, R. D.; MORALES, L. S.; REISE, S. P. Item response theory and health outcomes measurement in the 21st Century. *Medical Care*, Sep. v. 38, n.9, p. 1128-1142. 2000.
- KELLY, R. M.; PHELPS, A. J.; SANGER, M. J. The effects of computer animation on student's conceptual understanding of a can-crushing demonstration at the macroscopic, microscopic and symbolic levels. *Chemical Educator*. v. 9, n.3, p. 184-189. 2004.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.
- LEPLEGE, A. E. Methodological issues in using the Rasch model to select cross culturally equivalent items in order to develop a Quality of Life index: the analysis of four WHOQOL-100 data sets (Argentina, France, Hong Kong, United Kingdom). *Journal of Applied Measurement*, v.1, p.372-392. 2000.
- LINACRE, J. M. Sample size and item calibration stability. *Rasch Measurement Transactions*. v. 7, n.4. p. 328. 1994. Disponível via: < <http://www.rasch.org/rmt/rmt74m.htm>. Acesso em 23 de jan. 2008.
- \_\_\_\_\_. A User's Guide to Winsteps Ministeps: Rasch-Model Computer Programs. 2008. Disponível em: <<http://www.rasch.org/memos.htm>>. Acesso em 14 abr. 2008.
- LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; PINO, J. C. 2007. Educação em Bioquímica: um programa disciplinar. Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. *Ciências e cognição*. v. 10. 147-155. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org>>. Acesso em: 18 mar. 2008.
- LOWE, R. Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*. v. 14, p.257-274, 2004.
- LOWE, R. K. Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*. v. 13, n.2, p.157-176, 2003.
- MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICININI, C. 2005. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, v. 57, n.4. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000400021&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000400021&script=sci_arttext)>. Acesso em: 17 mai. 2008.
- MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino e na aprendizagem de ciências, In: Moreira, A. (org.). *Atas do I Encontro de Pesquisa e Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, 23 de novembro, p. 294-299. 1996.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica Básica*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 386 p.

- MASTERS, G. N. Rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, v. 47, p.149-174. 1982.
- MATHEWSON, J. H. Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, v. 83, n.1, p. 33-54. 1999.
- MAYER, E. R. Meaningful learning from words and pictures: An educational psychology of multimedia. *American Psychological Association, Newsletter for educational psychologists*. v. 24, n. 2. 2001.
- MICHAEL, J. Misconceptions – what students think they know? *Advances in Physiology Education*. American Psychological Society. v. 26, p. 5-6. 2002.
- MONTESINOS, M. J. G. El Análisis de Reactivos con el Modelo Rasch: manual técnico A. Serie Medición y Metodología. 2008. 110f. Tese. Universidad de Sonora. Instituto Nacional para La Evaluacion de la Educacion. México, DF. 2008.
- MORAIS, W. R.; NAGEM, R. L. Imagens 3d virtuais no ensino de ciências: reconstruções de um modelo analógico do olho humano em aplicativo multimídia. In: III Encontro Nacional sobre Hipertexto. 29-31 de Outubro de 2009. Belo Horizonte, MG. Disponível via: <<http://www.ufpe.br/nehte/hipertexto2009/anais/g-l/imagens-3d-virtuais.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2010.
- MORENO, R.; MAYER, R. E. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity effects. *Journal of Educational Psychology*. v. 87. p. 319-334. 1999.
- MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; RODWELL, V. W. Harper: *Bioquímica Ilustrada*. 27 ed. São Paulo: McGraw Hill, 620 p. 2007.
- RICHARDSON, D. C.; RICHARDSON, J. S. Teaching molecular 3-D literacy. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. v. 30, n.1, p. 21-26. 2002.
- ROCHA, N. S. Avaliação do desempenho do WHOQOL-BREF em pacientes deprimidos provenientes de serviços de cuidados primários de diferentes países usando a análise de Rasch. 2008. 180f. Tese (Doutorado em Ciências Médicas: Psiquiatria). Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2008.
- ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. *Química Nova*. v. 31, n. 4, p. 921-923. 2008.
- RUSSELL, J. W.; KOMZA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous - Synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*. v. 74, n.3. p. 330-334. 1997.

- SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R.; GRAYSON, D.J. Student difficulties with the interpretation of a textbook diagram of immunoglobulin G (IgG). *Biochemistry and Molecular Biology Education*. v. 30, n. 2, p. 93-97. 2002.
- SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. v. 34, n.2. p. 94-102. 2006.
- SEBATA, C. E. Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular. 2006. 167 f. Tese (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências). Instituto de Física e Química. Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- SEUFERT, T. Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning Instruction*. v. 13. p. 227-237. 2003.
- SILVA, C. F.; MARTINS, M. I. A iconicidade em livros didáticos de física. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba. 2008. Disponível via: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0145-1.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2010.
- SILVA, H. C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L.; CASSIANO, W. S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. *Ciência e Educação*, v. 12, n. 2, p. 219-233. 2006.
- SIMS, E., O'LEARY, R., COOK, J.; BUTLAND, G. 2002. Visual literacy: what is it and do we need it to use learning technologies effectively? Disponível em: <[http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/ellen\\_sims\\_et\\_al.pdf](http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/ellen_sims_et_al.pdf)>. Acesso em 10 jan. 2008.
- SMITH, R. M. Fit analysis in latent trait measurement models. *Journal of Applied measurement*, v. 1, n.2, p.199-218. 2000.
- SMITH, R. M.; LINACRE, J.M.; SMITH, J. E.V. Guidelines for Manuscripts. *Journal of Applied Measurement*, v. 4, p. 198-204. 2003.
- SMITH, E. V., Jr. Evidence for the reliability of measures and validity of measure interpretation: a Rasch measurement perspective. *Journal of Applied Measurement*, v. 2, n. 3, p. 281-311. 2001.
- TENNANT, A.; PALLANT, J. F. Unidimensionality matters! (a tale of two Smiths?). *Rasch Measurement Transactions*, v. 20, n.1, p.1048-1051. 2006.
- TENNANT, A.; PENTA, M., et al. Assessing and adjusting for cross-cultural validity of impairment and activity limitation scales through differential item functioning within the framework of the Rasch model: the PRO-ESOR project. *Med Care*, v. 42, n. 1, Suppl, p.137-148. 2004.

- TRISTÁN, L. A. Análisis de Rasch para Todos: una guía para evaluadores educativos. CENEVAL, México, D.F. 2002.
- VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. Fundamentos de Bioquímica. Porto Alegre: ArtMed. 931 p. 2000.
- WARE, J. E.; Jr. BJORNER, J. B.; KOSINSKI, M. Practical implications of item response theory and computerized adaptive testing: A brief summary of ongoing studies of widely used headache impact scales. Medical care, v. 38, p.1173-1182. 2000.
- WRIGHT, B. D.; STONE, M. H. Best test design. Chicago: Mesa Press. 1979.
- WONG, E. ; UNGVARI G. S. ; LEUNG S. K., et al. Rating catatonia in patients with chronic schizophrenia; Rasch analysis of the Bush-Francis Catatonia Rating Scale. International Journal of Methods in Psychiatric Research, v. 16, n.3, p.161-70. 2007.
- WU, H-K.; KRAJCIK, J. S. Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: a case study of seventh grader's use of data tables and graphs. Journal of Research in Science Teaching. v. 43, n.1, p.65-95. 2006.

## 8. APÊNDICES

### Apêndice I. Tela de aceite para a utilização de dados na pesquisa

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

*Dissertação: "Desenvolvimento e validação de uma ferramenta para diagnóstico da literacia visual, contextualizada no estudo de vias metabólicas".*

*Orientador: Prof. Dr. Eduardo Galembeck*  
*Mestranda: Elaine Aparecida de Oliveira*

Este teste foi criado com a finalidade de obter dados que possibilitarão diagnosticar as habilidades de estudantes com a visualização de modelos bioquímicos fornecendo resultados que possam contribuir para uma melhoria das metodologias de ensino em bioquímica e qualidade dos modelos. Os dados decorrentes desse teste serão utilizados como parte de uma dissertação de mestrado desenvolvida pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

Ressaltamos que nenhum dado identificando o aluno será divulgado ou publicado.

Agradecemos pela sua colaboração com nossa pesquisa.

Você PERMITE que suas respostas sejam utilizadas para os fins de pesquisa descritos?

SIM

NÃO

Laboratório de Tecnologia Educacional  
Departamento de Bioquímica  
Instituto de Biologia - Caixa Postal nº 6109  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
CEP: 13083-970, Campinas, SP, Brasil

## Apêndice II. Teste piloto aplicado em 2007 - Itens e habilidades visuais

### Item 01\_07 (Habilidade visual 1 - H1)

**Questão 1** Observe a via metabólica hipotética

Quantas reações estão ocorrendo nesta via ?

7  
 6  
 3  
 9

REFAZER ENVIAR

### Item 02\_07 (Habilidade visual 2 - H2)

**Questão 2** Observe a via metabólica hipotética

Marque a opção correta:

K é substrato e produto da reação 3  
 N é substrato das reações 5 e 6  
 Y é produto das reações 1, 2 e 4  
 Y é produto apenas da reação 1

REFAZER ENVIAR

### Item 03\_07 (Habilidade visual 1 – H1)

**Questão 3** Representação das reações de uma via metabólica hipotética

Clique nas reações irreversíveis da via

REFAZER ENVIAR

### Item 04\_07 (Habilidade visual 4 – H4)

**Questão 4** Representação de uma via metabólica hipotética

Clique nos produtos finais da via metabólica

REFAZER ENVIAR

Item 05\_07 (Habilidade visual 4- H4)

**Questão 5** Observe a via metabólica hipotética

Qual o saldo final de ATPs da via metabólica?

6 4 2 0

REFAZER ENVIAR

Item 06\_07 (Habilidade visual 4 – H4)

**Questão 6** Observe o esquema simplificado de uma via metabólica

Clique no(s) produto(s) formado(s) na via metabólica devido ao bloqueio na situação X

REFAZER ENVIAR

Item 07\_07 (Habilidade visual 4 - H4)

**Questão 7** Observe o modelo hipotético representando o metabolismo degradativo

Clique nas substâncias que são oxidadas na via

REFAZER ENVIAR

Item 08\_07 (Habilidade visual 4 – H4)

**Questão 8** O modelo representa uma via metabólica cíclica hipotética

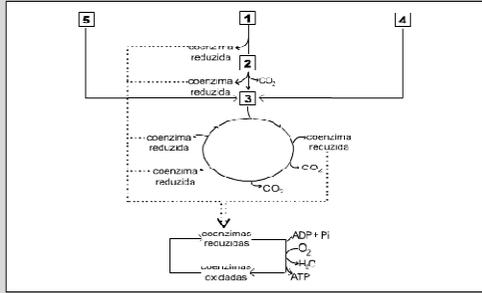
Iniciando-se o ciclo com uma molécula C5\* e 10 moléculas C2, quantas moléculas C5 seriam formadas após 10 voltas do ciclo?

10 1 0 2

REFAZER ENVIAR

**Item 09\_07 (Habilidade visual 4 - H4)**

**Questão 9** Observe o modelo hipotético representando o metabolismo degradativo



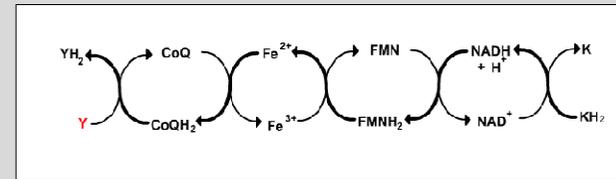
Qual o saldo final de ATPs formados na via pela oxidação dos compostos 1, 2 e 5 respectivamente?

- 2, 4 e 3
- 1, 1 e 3
- 5, 3 e 3
- 5, 4 e 3

REFAZER ENVIAR

**Item 10\_07 (Habilidade visual 5 - H5)**

**Questão 10** O modelo simplificado representa um sistema mitocondrial hipotético de transferência de elétrons

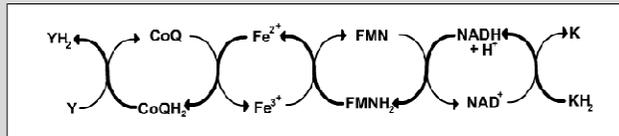


Observe o modelo e clique no composto receptor final de elétrons do sistema

REFAZER ENVIAR

**Item 11\_07 (Habilidade visual 5 - H5)**

**Questão 11** Representação de um sistema mitocondrial hipotético de transferência de elétrons



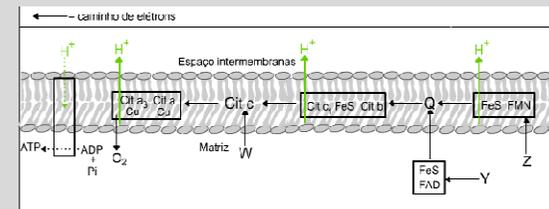
Qual o caminho percorrido pelos elétrons do composto inicial doador de elétrons até o receptor final?

- Y, CoQ, Fe<sup>2+</sup>, FMN, NADH + H<sup>+</sup>, K
- KH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>, FMN, Fe<sup>2+</sup>, CoQH<sub>2</sub>, YH<sub>2</sub>
- Y, CoQ, Fe<sup>3+</sup>, FMN, NAD<sup>+</sup>, K
- KH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>, FMNH<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, CoQH<sub>2</sub>, YH<sub>2</sub>
- YH<sub>2</sub>, CoQH<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, FMNH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>, KH<sub>2</sub>

REFAZER ENVIAR

**Item 12\_07 (Habilidade visual 5 - H5)**

**Questão 12** Observe o modelo hipotético representando o transporte mitocondrial de elétrons e os sítios de inibição



A entrada de elétrons no sistema mitocondrial ocorre inicialmente através da oxidação de:

- Y e Z
- Y, Z e W
- Z
- ADP + Pi
- Y
- W

REFAZER ENVIAR

**Item 13\_07 (Habilidade visual 5 - H5)**

**Questão 13** Observe o modelo hipotético representando o transporte mitocondrial de elétrons e os sítios de inibição

No modelo representado, qual(is) o(s) sítio(s) de inibição paralisa(m) completamente a transferência de elétrons até o aceitador final?

3, 4 e 5   
  2   
  1 e 3   
  1   
  4 e 5

REFAZER ENVIAR

**Item 14\_07 (Habilidade visual 4 – H4)**

**Questão 14** O esquema hipotético representa vias de degradação e de biossíntese

O caminho da via de biossíntese está representado pelas reações em:

Azul   
  Vermelho   
  Azul e Vermelho

REFAZER ENVIAR

**Item 15\_07 (Habilidade visual 4 – H4)**

**Questão 15** Representação simultânea do metabolismo de biossíntese e de degradação de compostos carbonados

O gasto energético para sintetizar duas moléculas referentes ao produto final é de:

4 ATPs e 0 GTP   
  2 ATPs e 1 GTP   
  2 ATPs e 2 GTPs   
  4 ATPs e 2GTPs

REFAZER ENVIAR

**Item 16\_07 (Construir esquemas\*)**

**Questão 16** Uma enzima X é ativada por fosforilação por ATP. Monte um esquema que represente a reação de ativação desta enzima

Clique e arraste os componentes

NAD<sup>+</sup>

C(=O)OCC(=O)[O-]

Pi

NADH

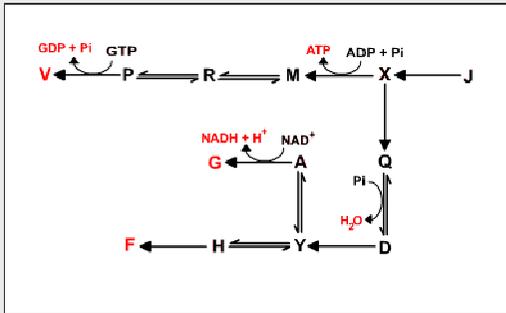
C(=O)OCC(=O)[O-]

LIMPAR ENVIAR

\* Habilidade não considerada na pesquisa

Item 17\_07 (Habilidade visual 4 – H4)

Questão 17 Representação de vias metabólicas hipotéticas



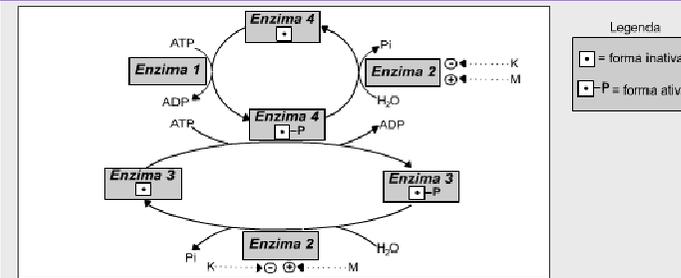
Clique em todos os produtos finais da via

REFAZER

ENVIAR

Item 18\_07 (Habilidade visual 6 – H6)

Questão 18 Esquema hipotético representando dois tipos diferentes de regulação enzimática (X e Y)



Identifique as enzimas que sofrem esses dois tipos diferentes de regulação (X e Y)

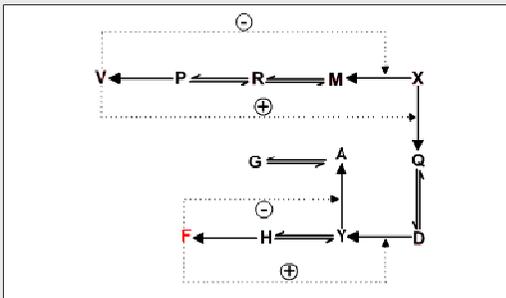
- Reg X: enzimas 3 e 4 - Reg Y: enzima 2
- Reg X: enzima 2 - Reg Y: enzima 4
- Reg X: enzimas 1 e 2 - Reg Y: enzima 3
- Reg X: enzima 1 - Reg Y: enzimas 2 e 3

REFAZER

ENVIAR

Item 19\_07 (Habilidade visual 6 – H6)

Questão 19 Representação de vias metabólicas hipotéticas



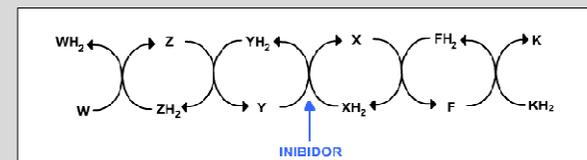
Clique no produto final que têm a síntese aumentada mediante as regulações alostéricas representadas nas vias

REFAZER

ENVIAR

Item 20\_07 (Habilidade visual 5 - H5)

Questão 20 O modelo hipotético representa um sistema mitocondrial de transporte de elétrons



Suponha-se que foi introduzido um inibidor como indicado no modelo, nesta situação ocorrerá no sistema:

- acúmulo de XH<sub>2</sub>
- acúmulo de YH<sub>2</sub> e X
- acúmulo de XH<sub>2</sub> e Y
- acúmulo de Y

REFAZER

ENVIAR

Item 21\_07 (Habilidade visual 5 - H5)

**Questão 21** Esquema de uma via hipotética de biossíntese

Após 4 voltas do ciclo, o composto final sintetizado terá:

C<sub>24</sub>     C<sub>20</sub>     C<sub>8</sub>     C<sub>32</sub>

REFAZER    ENVIAR

Item 22\_07 (Construir esquemas\*)

**Questão 22** Clique e arraste os compostos em azul na via metabólica para montar um esquema que represente o metabolismo oxidativo

coenzimas reduzidas	ADP + Pi	O <sub>2</sub>	Nutriente	ATP
coenzimas oxidadas	H <sub>2</sub> O	coenzimas reduzidas	coenzimas oxidadas	coenzimas reduzidas

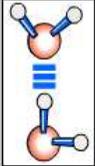
REFAZER    ENVIAR

\* Habilidade não considerada na pesquisa

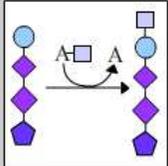
## Apêndice III. Teste piloto aplicado em 2008 – Itens e habilidades visuais

### Item I28\_08 - Habilidade visual 1 (H1)

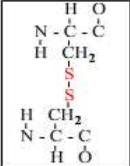
**Questão 1** - Qual das representações abaixo refere-se a uma reação química?



(a)



(b)



(c)

$X + Y + Z = W$ 

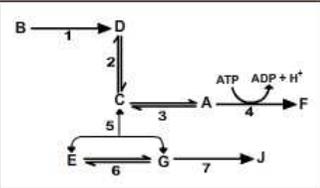
(d)

a
  b
  c
  d
  Nenhuma das representações

CONCLUIR

### Item I03\_08 - Habilidade visual 1 (H1)

**Questão 2** - Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:



2, 3 e 6  
 1, 4 e 7  
 1, 4, 5 e 7  
 2, 3, 5 e 6  
 Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I29\_08 - Habilidade visual 2 (H2)

**Questão 3** - Qual das alternativas abaixo melhor define o papel de substratos e produtos participantes das reações químicas I, II e III?

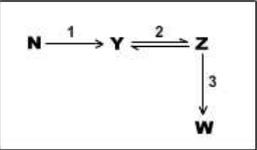
$$X \xrightarrow{I} Y \rightleftharpoons_{II} Z \xrightarrow{III} K$$

Todos os compostos são substratos e produtos  
 Os compostos X e K são substratos e produtos  
 Os compostos Y e Z são substratos e produtos  
 Os compostos Y e K são substratos  
 Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

### Item I02\_08 - Habilidade visual 2 (H2)

**Questão 4** - Analise substratos e produtos das reações abaixo e marque a opção correta:

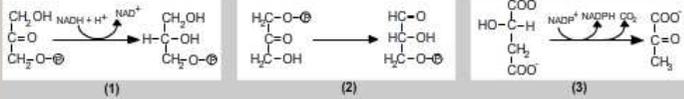


Y é substrato das reações 1 e 2, como também produto das reações 1 e 2  
 W é substrato da reação 3  
 Z é substrato e produto da reação 3  
 N é produto da reação 1  
 Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

**Item I30\_08 - Habilidade visual 3 (H3)**

**Questão 5** - Analise as reações químicas e definições abaixo. Marque a opção correta de acordo com os esquemas:



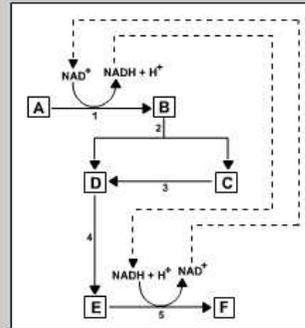
Reações: **Isomerização** = Rearranjos intramoleculares  
**Óxido-redução** = Transferência de elétrons juntamente com a transferência de  $H^+$   
**Fosforilação** = Transferência de grupamento fosfato (P)

- Nas reações 1 e 2 ocorreu fosforilação
- Nas reações 1 e 3 ocorreu óxido-redução
- Na reação 3 ocorreu isomerização
- Somente na reação 2 ocorreu fosforilação
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

**Item I31\_08 - Habilidade visual 4 (H4)**

**Questão 6** - Num tubo de ensaio foram adicionadas todas as enzimas necessárias para que ocorram as reações da via metabólica abaixo. Qual(is) o(s) composto(s) deve(m) ser adicionado(s) para: a) iniciar a via b) para manter a via em funcionamento

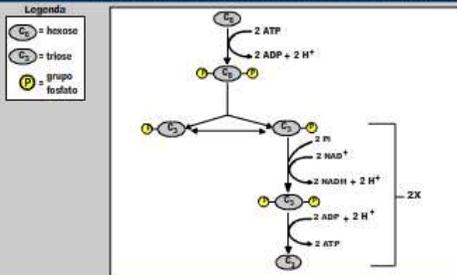


- Iniciar: Somente A  
Manter: A e  $NAD^+$
- Iniciar: A, B, C, D, E  
Manter: A, B, C, D, E, F
- Iniciar: A,  $NAD^+$ ,  $NADH + H^+$   
Manter: A,  $NAD^+$ ,  $NADH + H^+$
- Iniciar: A e  $NAD^+$   
Manter: Somente A
- Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

**Item I05\_08 - Habilidade visual 4 (H4)**

**Questão 7** - Observe a via metabólica hipotética. Com relação ao gasto e produção de ATPs na via é correto afirmar que:

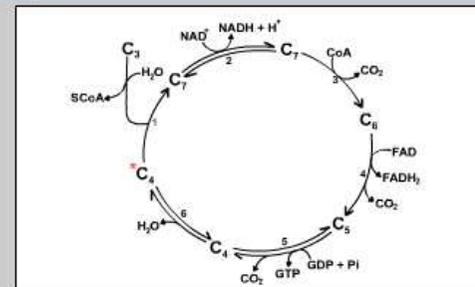


- São consumidos 2 ATPs e produzidos 4 ATPs
- São consumidos 2 ATPs e produzidos 2 ATPs
- É consumido 1 ATP e produzidos 2 ATPs
- São consumidos 0 ATPs e produzidos 4 ATPs
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

**Item I08\_08 - Habilidade visual 4 (H4)**

**Questão 8** - O esquema representa uma via metabólica hipotética. Iniciando-se o ciclo na reação 1 com uma molécula  $C_4$  e 10 moléculas  $C_3$ , quantas moléculas  $C_4$  haverá ao final de 10 voltas do ciclo?

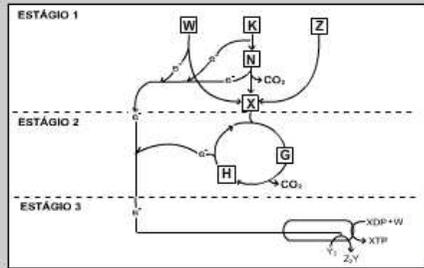


- 9
- 1
- 10
- 0
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

### Item I07\_08 - Habilidade visual 5 (H5)

**Questão 9** - O esquema representa reações seqüenciais que ocorrem em vias oxidativas hipotéticas. De acordo com o modelo, quais compostos são oxidados?



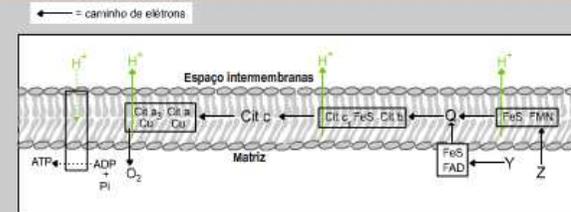
Compostos oxidados são aqueles que sofrem perda de elétrons

- W, K, Z, N, X, G e H
- W, K, N
- W, K, Z, N
- W, K, N e H
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I12\_08 - Habilidade visual 5 (H5)

**Questão 10** - O modelo abaixo representa um sistema dinâmico de transporte de elétrons do metabolismo oxidativo. É correto afirmar que os compostos doadores de elétrons para a via são:

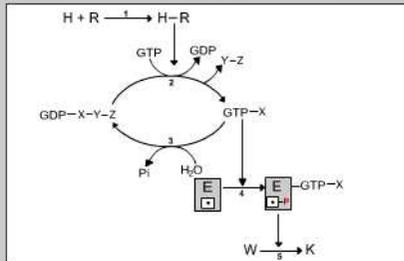


- O<sub>2</sub>
- ADP + Pi
- Z e Y
- ATP
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I32\_08 - Habilidade visual 6 (H6)

**Questão 11** - O esquema representa uma via de sinalização celular. De acordo com os eventos apresentados é correto afirmar que:



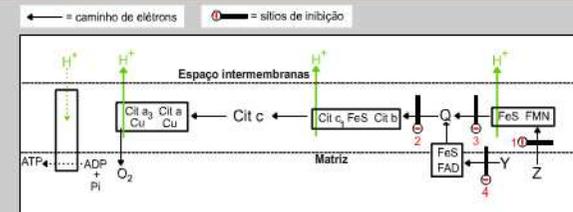
**Legenda**  
 E = Forma inativa da Enzima  
 E-P = Forma ativa da Enzima  
 H = Hormônio  
 R = Receptor  
 H-R = Complexo Hormônio-Receptor  
 X-Y-Z = Subunidades de uma proteína

- Na reação 4 o GTP-X se liga à enzima provocando sua ativação. Estando ativada ela catalisa a reação 5 formando K a partir de W
- Na reação 2 a presença do H-R mantém unidas as subunidades X-Y-Z ao GDP
- Na reação 3 a ausência de H-R dissocia as subunidades Y-Z e permite a ligação GTP-X
- O GTP-X é uma enzima que catalisa a reação 4
- Todas as alternativas acima estão incorretas

CONCLUIR

### Item I13\_08 - Habilidade visual 6 (H6)

**Questão 12** - O modelo hipotético representa reações seqüenciais de uma via oxidativa. Em qual sítio de inibição a transferência de elétrons até o aceptor final é completamente paralisada?

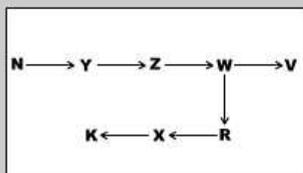


- Sítio 3
- Sítio 4
- Sítio 2
- Sítio 1
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

### Item I23\_08 - Habilidade visual 1 (H1)

Questão 1 - De acordo com o esquema abaixo estão sendo representadas:

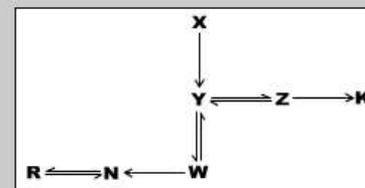


- 3 reações químicas
- 8 reações químicas
- 7 reações químicas
- 2 reações químicas
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

### Item I01\_08 - Habilidade visual 1 (H1)

Questão 2 - Quantas reações químicas estão ocorrendo na via metabólica hipotética representada abaixo?

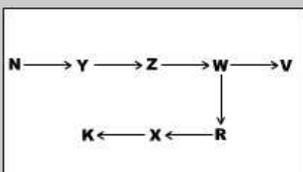


- 7
- 6
- 3
- 9
- Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

### Item I24\_08 - Habilidade visual 2 (H2)

Questão 3 - Observe os substratos e produtos representados no esquema. De acordo com o modelo é correto afirmar que:

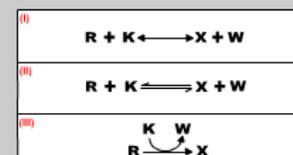


- V é substrato e produto
- N é substrato e produto
- Y, Z, W, R, X são substratos e produtos
- K e V são substratos
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I25\_08 - Habilidade visual 2 (H2)

Questão 4 - Qual das alternativas abaixo melhor define o papel dos compostos participantes das reações químicas I, II e III?

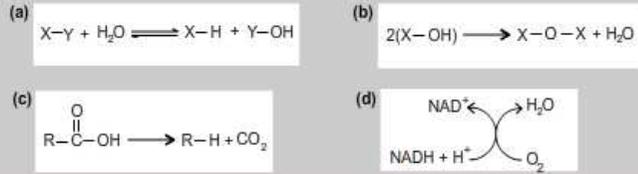


- R e K são produtos nos esquemas I, II e III
- R é substrato e produto nos esquemas I, II e III
- X e W são substratos nos esquemas I, II e III
- X e W são produtos nos esquemas I, II e III
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

### Item I26\_08 - Habilidade visual 3 (H3)

**Questão 5** - Os esquemas abaixo representam tipos de reações químicas. De acordo com os modelos é correto dizer que:

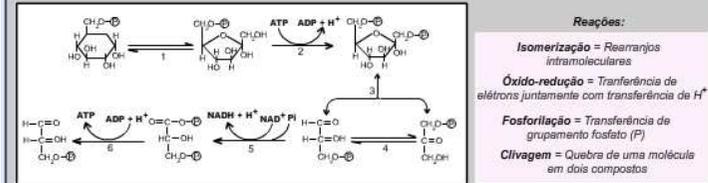


- Na reação (c) o  $CO_2$  incorpora-se ao substrato formando o produto final
- Na reação (a) ocorreu a quebra do substrato e incorporação de grupamentos de  $H^+$  e  $OH^-$  formando o produto
- Na reação (b) a adição de  $H_2O$  provocou a quebra do substrato
- Na reação (d) o  $NAD^+$  é o composto inicial doador de elétrons à  $H_2O$  formando um composto reduzido, o  $NADH + H^+$ . A  $H_2O$  reduz-se a  $O_2$ , que é o aceptor final de elétrons.
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

### Item I27\_08 - Habilidade visual 3 (H3)

**Questão 6** - De acordo com as reações químicas apresentadas na via metabólica hipotética abaixo é correto dizer que:

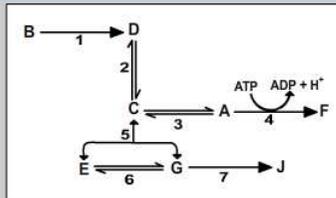


- Na reação 3 ocorreu fosforilação
- Na reação 5 ocorreu isomerização
- Nas reações 2 e 6 ocorreu óxido-redução
- Na reação 1 ocorreu clivagem e na reação 4 ocorreu fosforilação
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I04\_08 - Habilidade visual 4 (H4)

**Questão 7** - Observe os substratos e produtos da via metabólica hipotética abaixo e marque a opção correta:

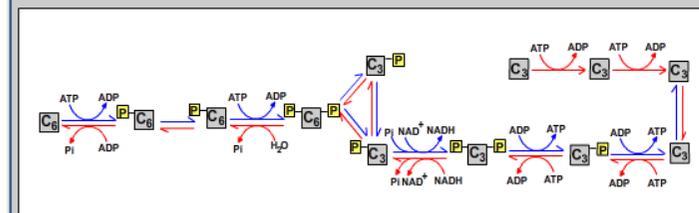


- Somente J é produto final da via
- F, J,  $ADP + H^+$  são produtos finais da via
- Somente E, F e J são produtos finais da via
- Somente F e J são produtos finais da via
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

### Item I15\_08 - Habilidade visual 4 (H4)

**Questão 8** - O esquema representa vias antagonísticas de síntese e degradação. De acordo com as representações é correto afirmar que são gastos:



- 0 ATPs na degradação e 4 ATPs na síntese
- 4 ATPs na degradação e 2 ATPs na síntese
- 2 ATPs na degradação e 4 ATPs na síntese
- 2 ATPs na degradação e 0 ATPs na síntese
- Todas as alternativas acima estão incorretas

CONCLUIR



## 9. ANEXO

### Declaração de autorização do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

#### DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o conteúdo de minha dissertação/tese de Mestrado/Doutorado intitulada **Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico da literacia visual, contextualizada no estudo de vias metabólicas:**

( ) não se enquadra no § 3º do Artigo 1º da Informação CCPC 01/08, referente a bioética e biossegurança.

( X ) tem autorização da(s) seguinte(s) Comissão(ões) de Bioética ou Biossegurança\*:  
Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob Protocolo(s) nº 244/2008.

\* Caso a Comissão seja externa à UNICAMP, anexar o comprovante de autorização dada ao trabalho. Se a autorização não tiver sido dada diretamente ao trabalho de tese ou dissertação, deverá ser anexado também um comprovante do vínculo do trabalho do aluno com o que constar no documento de autorização apresentado.

  
\_\_\_\_\_  
Aluno: ELAINE APARECIDA

  
\_\_\_\_\_  
Orientador: EDUARDO EDEMACK

Para uso da Comissão ou Comitê pertinente:

( ) Deferido ( ) Indeferido

Nome:  
Função:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Carmo Sílvia Bertoni  
Vice-Presidente do  
Comitê de Ética em Pesquisa  
UNICAMP  
Número: 20055-5