

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação – Mestrado em Ensino de Ciências e
Matemática

Marcelo da Silva Vieira

ABORDAGEM GENÉTICA E IMUNOFISIOLÓGICA DOS SISTEMAS ABO E
RH PARA MELHOR COMPREENSÃO E ENSINO DA ERITROBLASTOSE FETAL

Belo Horizonte

2013

Marcelo da Silva Vieira

**ABORDAGEM GENÉTICA E IMUNOFISIOLÓGICA DOS SISTEMAS ABO E RH
PARA MELHOR COMPREENSÃO E ENSINO DA ERITROBLASTOSE FETAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em ensino de Biologia

Orientador: Dr. Fernando Costa Amaral

Coorientadora: Dra. Claudia de Vilhena Schayer Sabino

Belo Horizonte

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

V658a Vieira, Marcelo da Silva
Abordagem genética e imunofisiológica dos sistemas ABO e RH para
melhor compreensão e ensino da eritroblastose fetal / Marcelo da Silva Vieira.
Belo Horizonte, 2013.
108f.: il.

Orientador: Fernando Costa Amaral
Coorientadora: Claudia de Vilhena Schayer Sabino
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

1. Genética - Estudo e ensino. 2. Ciências biológicas. I. Amaral, Fernando
Ciosta. II. Sabino, Cláudia de Vilhena Schayer. III. Pontifícia Universidade
Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e
Matemática. IV. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 575.1

Marcelo da Silva Vieira

ABORDAGEM GENÉTICA E IMUNOFISIOLÓGICA DOS SISTEMAS ABO E RH PARA MELHOR COMPREENSÃO E ENSINO DA ERITROBLASTOSE FETAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, área de concentração: Ensino de Biologia.



Dr. Fernando Costa Amaral (Orientador) – PUC Minas



Dra. Claudia de Vilhena Schayer Sabino – PUC Minas



Dr. Henrique Paprock – PUC Minas

Belo Horizonte, 27 de junho de 2013

DEDICATÓRIA

A Janaína minha esposa e companheira, Ana Clara minha filha, aos meus pais José Atanásio Vieira e Francisca Gomes Vieira, meus irmãos Antônio José e Maurício (in memoriam) e minha irmã Juliana, presentes em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por me permitir adquirir conhecimentos e poder ter chegado até ao final dessa etapa de minha vida.

Ao meu colega Nelson pelo apoio e amizade durante nossa jornada no mestrado e pela ajuda na confecção desse trabalho, a professora Agneta (in memoriam) pela compreensão e pela amizade. Ao Professor Dr. Adilson Savi, da Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais, grande amigo, a minha eterna referência na busca do conhecimento.

Ao meu orientador Professor Dr. Fernando Costa Amaral pela paciência, cordialidade, amizade e conhecimento compartilhado nessa caminhada.

RESUMO

O ensino de Genética no ensino médio pode apresentar alguns problemas ou incompletudes em diversas de suas subunidades didáticas. A subunidade didática escolhida para ser investigada nessa dissertação é o ensino do Sistema Rh e a sua influência na Eritroblastose Fetal. Durante meus dezessete anos de magistério pude constatar de forma sistemática que essa subunidade didática apresentava algumas incompletudes nos livros didáticos e, em muitos aspectos, é mal interpretada por alunos do ensino médio e mesmo por muitos de meus colegas professores. Para além de minha própria experiência em sala de aula alguns relatos informais de colegas professores, que também ministravam esse conteúdo, foram coincidentes quanto aos questionamentos e dúvidas dos alunos. Com o objetivo de confirmar nossas suposições, sobre possíveis problemas de compreensão e, conseqüentemente, de ensino-aprendizagem dessa subunidade didática, numa primeira fase de pesquisa, elaboramos, aplicamos e analisamos questionários dirigidos a professores de biologia e alunos. A análise dessa subunidade em nove livros didáticos de biologia, referendados pelo PNLDEM, somada à análise dos questionários nos levou a constatar a necessidade embasamento de determinados conteúdos da imunologia e da Biologia molecular, capazes de dar suporte a uma aprendizagem significativa da subunidade. Este reconhecimento nos levou a produzir um material paradidático que pudesse dar suporte a professores e alunos.

Palavras-chave: Ensino. Genética. Ciências Biológicas.

ABSTRACT

The teaching of genetics in high school may have some problems or incompleteness in its numerous sub-teaching units. The sub-teaching unit chosen to be investigated in this thesis is the Rh system of education and its influence on fetal erythroblastosis. During my seventeen years of teaching could be included in a systematic way that this sub-teaching unit presented some incompleteness in textbooks and in many ways it is misunderstood by middle school students and even by many of my fellow teachers. Apart from my own experience in the classroom a few anecdotal reports of college professors who also teach this subject, as were coincidental to the questions and doubts of students. Aiming to confirm our assumptions about possible problems of understanding and, consequently, the teaching and learning of this sub-teaching unit in an initial phase of research, elaborate, apply and analyze questionnaires to teachers and students of biology. The analysis of this subunit in nine textbooks on biology, endorsed by PNLDEM, added to the analysis of the questionnaires led us to confirm the need basis of certain content of immunology and molecular biology, capable of supporting meaningful learning in the sub-unit. This recognition has led us to produce a material that could paradidactic support teachers and students.

Keywords: Teaching. Genetics. Biological Sciences.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de balanceamento das cargas cognitivas (Modelo Adaptado de Mayer (2001b)).....	28
Figura 2 - Questionário para professores folha 01	36
Figura 3 - Questionário para professores folha 02	37
Figura 4 - Questionário para alunos	38
Figura 5 – Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.....	64
Figura 6 – Diagrama mostrando as diversas possibilidades de doações sanguíneas compatíveis (que não devem produzir reações adversas) no Sistema ABO e Rh	67
Figura 7 - Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.....	87
Figura 8 - Tipos sanguíneos sistema ABO	88
Figura 9 - Tipos sanguíneos sistema ABO	89
Figura 10 - Mostra testes de hemoaglutinação <i>in vitro</i> para dois indivíduos diferentes.	90
Figura 11 - Macaco <i>Rhesus</i> e a sua relação com a descoberta do Fator Rh.....	91
Figura 12 - Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.....	92
Figura 13 - Determinação do Genótipos e Fenótipos do Sistema Rh	92
Figura 14 - Tipos de imunoglobulinas humanas.....	94
Figura 15 - Diferenciação de Hemólise da Hemoaglutinação	94
Figura 16 - Representação da Hemoaglutinação	95
Figura 17 - Resposta imunológica primária e resposta imunológica secundária.....	96
Figura 18 – Diagrama mostrando as diversas possibilidades de doações sanguíneas compatíveis (que não devem produzir reações adversas) no Sistema ABO e Rh	98
Figura 19 - Exclusões de paternidade e/ou maternidade	101
Figura 20 - Eritroblastose fetal	103
Figura 21 - Prevenção da Eritroblastose Fetal	105

Figura 22 - Determinação dos grupos sanguíneos sistema ABO.....	106
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Análise comparativa dos Sistemas Sanguíneos ABO e Rh em seus aspectos genéticos e imunológicos.....	65
Tabela 2 - Comparação das características do Sistema ABO e Sistema Rh	97
Tabela 3 - Possibilidades de cruzamentos o sistema ABO.	102

LISTA DE SIGLAS

CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade

DHRN – Doença Hemolítica do Recém Nascido

Fab – Sítio de ligação do antígeno

Fc – Fragmento constante

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

MEC – Ministério da Educação e da Cultura

IgM – imunoglobulina M

IgG – imunoglobulina G

IgA, IgE, IgD – Classes de imunoglobulinas

FcRn – Proteína receptora para IgG presente na placenta

PNLDEM – Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivo geral	19
1.3 Objetivos específicos	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Abordagem CTSA.....	20
2.2 Letramento científico	21
2.3 Teoria da carga cognitiva	24
2.4 A teoria da carga cognitiva e teoria cognitiva da aprendizagem multimídia.	26
2.5 A importância do estudo da teoria da carga cognitiva.....	29
3 ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS APLICADOS PARA PROFESSORES E ALUNOS	32
3.1 A análise dos dados do questionário aplicado aos professores	33
3.2 A análise dos dados do questionário aplicado aos alunos	40
3.3 Análise dos livros didáticos	42
4. A GENÉTICA NA BIOLOGIA	54
5. ELABORAÇÃO DO PRODUTO: MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR.	56
5.1 Pressupostos para a produção do material	56
6. TRABALHANDO COM O MATERIAL DIDÁTICO	58
7. DEPOIMENTO SOBRE O USO DO MATERIAL EM SALA DE AULA	70
8. CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE	79

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de minha carreira docente de aproximadamente dezessete anos trabalhando no Ensino médio com genética dos grupos sanguíneos, pude identificar, em sala de aula, e em conversas com outros professores, uma série de dificuldades na compreensão dessa unidade didática. Ao longo desse período, chamou-me a atenção, de forma recorrente, incompreensões e erros conceituais relativos à genética do Fator Rh e da imunofisiologia da Doença Hemolítica do Recém-nascido (DHRN), também denominada de Eritroblastose fetal.

Muitas das incompreensões e erros conceituais me foram revelados por questionamentos realizados por alunos ao longo da apresentação, do estudo e da resolução de problemas relativos a esses conteúdos.

Destacamos e discutimos, a seguir, alguns destes questionamentos, que serão analisados e respondidos ao longo desse trabalho:

- *“Se o indivíduo Rh^- produz anticorpos anti-Rh, ao doar sangue para um paciente Rh^+ estes anticorpos atacarão as hemácias do receptor?”*
- *“Hemólise e hemoaglutinação são a mesma coisa? Pois em lâminas nós observamos aglutinação e no feto com DHRN ocorre a hemólise.”*
- *“Por que os anticorpos anti-Rh passam para o feto enquanto os anticorpos anti-A e anti-B não passam?”*
- *“Se uma mãe é do sangue O e produz anticorpos anti-A e anti-B porque estes anticorpos não passam para o feto A ou B e destrói suas hemácias?”*
- *“Por que o primeiro feto Rh^+ de mãe Rh^- não sofre não é afetado pela DHRN?”*
- *“Por que é usado o termo vacinação quando se injeta anticorpos anti-Rh em mães Rh^- de crianças Rh^+ logo após o nascimento? Não seria uma soroterapia ou soro-prevenção?”*
- *“Um feto Rh^- não poderia passar anticorpos anti-Rh para sua mãe Rh^+ ?”*
- *“Será que o resultado positivo para o soro (anticorpos) anti-B (hemoaglutinação em lâmina) ocorre devido uma incompatibilidade sanguínea, indicando que o sangue testado do tipo A.”*

- *“Eu não entendo como o sangue de um indivíduo ditos Falsos O com genótipo $I^A I^B$ não aglutina com os antissoros anti-A e anti-B, e pode doar sangue para qualquer tipo sanguíneo do sistema ABO”*

Quando se analisa o contexto das perguntas anteriormente listadas, qualquer professor de Biologia independente do tempo que ministra conteúdos ou do perfil educacional de seus alunos já deve se deparado com as mesmas. Vamos esclarecê-las para que sirvam referencial para qualquer professor ou aluno que queira rever esses conteúdos e sanar suas dúvidas.

A análise desses questionamentos revelou-nos uma provável falta base imunológica e molecular, para explicar adequadamente e satisfatoriamente tais questões.

Como o objetivo demonstrar que nossas percepções sobre o que revelam os questionamentos elencados, em termos de conteúdos didáticos necessários ao adequado ensino-aprendizado da unidade didática (pré-requisitos), decidimos, ainda na introdução, realizar uma análise preliminar de cada uma das questões anteriormente enumeradas.

Com essa análise buscamos ainda encontrar apoio logístico para nossa pretensão de realizar pesquisa e produzir um material paradidático que possa contribuir para uma melhor compreensão da unidade didática.

Primeira pergunta: *“Se o indivíduo Rh^- produz anticorpos anti-Rh, ao doar sangue para um paciente Rh^+ estes anticorpos atacaram as hemácias do receptor?”*

É possível que a primeira reação de um professor quando se depara com esta pergunta é pensar que ele não trabalhou o conteúdo adequadamente e tenta explicar novamente para que o aluno tenha sua dúvida sanada. Muitas das vezes, faço aqui uma meia culpa, por mais que expliquemos o Fator Rh, parece que a nossa maneira de entender o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal, falta na maioria das dúvidas embasamento imunológico para a compreensão destas duas unidades didáticas.

Podemos explicar da seguinte forma: - quando se doa sangue nos hemocentros do país, as bolsas são centrifugadas e seus elementos são separados (glóbulos vermelhos, glóbulos brancos, plaquetas, anticorpos e etc.), pois a bolsa de sangue é muito valiosa e ao ser centrifugada, cada elemento presente no sangue será utilizado para cada deficiência que cada paciente apresentar. Quando o

paciente Rh⁺ receber o sangue Rh⁻ ele não receberá os anticorpos anti-Rh. Mas se ainda assim um aluno questionar se na amostra contiver anticorpos anti-Rh? O professor poderia responder que a quantidade de anticorpos na amostra de sangue seria muito pequena em comparação com o volume de sangue do receptor, além do mais, a pessoa que é Rh⁺ não produz anticorpos, caso contrário ela sofreria hemólise já que suas hemácias apresentam a proteína Rh (D).

Segunda pergunta: *“Hemólise e Hemoaglutinação são a mesma coisa?” Pois em lâminas nós observamos aglutinação e no feto com DHRN observamos a hemólise?”*

O fato é que na maioria dos livros de Biologia há uma certa confusão com relação a esses dois fenômenos, porém devemos salientar que são fenômenos distintos e vamos esclarecê-los a seguir: hemoaglutinação (aglutinação) ou reação a uma transfusão imprópria para o organismo receptor, bem como é o processo que nos permite realizar a tipagem sanguínea, seja para o Sistema ABO ou para o Sistema Rh. Na realidade há uma falta de embasamento imunológico para a compreensão e distinção destes dois fenômenos.

A hematoaglutinação (aglutinação) só ocorre quando há a presença do anticorpo para se determinar o grupo sanguíneo, não ocorrendo à destruição da hemácia, ou seja, haverá uma ligação do anticorpo à membrana da hemácia, produzindo os famosos “grumos” a reação típica de aglutinação em alguns livros ilustrada através de desenhos ou fotografias. Já o fenômeno de hemólise ocorre quando há uma reação de combate por parte do sistema imunológico do receptor quando o mesmo recebe uma transfusão de sangue incompatível com seu grupo sanguíneo.

Os anticorpos ou imunoglobulinas no caso da Eritroblastose fetal são do tipo IgG, as quais, induzem lise celular, citotoxicidade mediada por anticorpos e ativam a via clássica do Sistema Complemento, esta via é a consequente formação de proteínas que se auto ajustam como se fossem um daqueles brinquedos de encaixar e quando todas as proteínas da via do complemento se encontram presentes haverá a destruição das hemácias, ou seja, a hemólise. Outra forma de diferenciar esses dois fenômenos seria que a hemoaglutinação (aglutinação) ocorre fora do corpo do receptor (in vitro) e a hemólise ocorre dentro do corpo do receptor que recebe uma transfusão de sangue incompatível (in vivo).

Terceira e quarta perguntas: *“Por que os anticorpos anti-Rh passam para o feto enquanto os anticorpos anti-A e anti-B não passam?”*

“Se uma mãe é do sangue O e produz anticorpos anti-A e anti-B porque estes anticorpos não passam para o feto A ou B e destrói suas hemácias?”

Novamente neste caso há a falta de embasamento imunológico para responder esta pergunta. A resposta a essa questão deverá ser dada sequencialmente introduzindo para alunos e professores conceitos básicos de Imunologia e da Biologia Molecular, de forma que eles possam compreender do Fator Rh e o processo e o significado da Eritroblastose fetal.

Os anticorpos anti-A e anti-B produzidos por um paciente que recebeu uma transfusão de sangue incompatível, e na sua grande maioria são do tipo IgM, um anticorpo que mesmo presente no plasma sanguíneo materno não irá conseguir passar para o feto durante uma gestação, pois para que isso pudesse ocorrer seria necessário à presença de uma proteína placentária translocadora de anticorpos IgM para permitir a passagem desses anticorpos para a corrente sanguínea fetal.

A situação é completamente diferente quanto à passagem de anticorpos IgG para os quais existe normalmente na placenta uma proteína receptora, denominada FcRn, que é específica para a translocação de anticorpo IgG. Concluindo, os anticorpos anti-A e anti-B são do tipo IgM e portando não conseguem normalmente atravessar a placenta, enquanto anticorpos anti-Rh sendo do tipo IgG podem atravessá-la naturalmente.

Quinta pergunta: *“Por que o primeiro feto Rh⁺ de mãe Rh⁻ não sofre DHRN?”*

Novamente teremos falta de conhecimentos sobre Imunologia e Biologia Molecular para responder esta pergunta. Na realidade o que nós temos é que os anticorpos anti-Rh não são produzidos naturalmente, ou seja, é preciso que a pessoa portadora do sangue Rh⁻ tenha tido contato com o sangue Rh⁺ para que seu sistema imunológico produza anticorpos anti-Rh. Como o contato do sangue em grande quantidade suficiente do feto com a mãe se dá após o parto, somente depois de alguns dias é que esta mãe deverá produzir estes anticorpos. Como a produção de anticorpos é em escala exponencial, ou seja, a primeira dose que corresponderia com o contato com o sangue do feto ou uma transfusão de sangue Rh⁺, haveria uma pequena produção de anticorpos anti-Rh, no segundo contato que corresponderia

com uma segunda gravidez, haveria uma grande produção de anticorpos causando a Eritroblastose fetal.

Sexta pergunta: *“Por que é usado o termo vacinação quando se injeta anticorpos anti-Rh em mães Rh⁻ de crianças Rh⁺ logo após o nascimento? Não seria uma soroterapia ou soro prevenção?”*

Para responder esta pergunta consultamos várias fontes bibliográficas e em todas elas o termos encontrados para este procedimento de “vacinação anti-Rh” foram os seguintes: imunoprofilaxia anti-D, soroterapia anti-D. Na realidade o procedimento descrito erroneamente por vacinação é um equívoco que algumas pessoas fazem por desconhecer ou esquecer os conceitos de soro e vacina presentes em imunologia. A vacina é um procedimento profilático utilizado em caráter de prevenção, ou seja, a pessoa recebe os antígenos atenuados ou mortos e seu sistema imunológico irá produzir anticorpos com passar dos dias. O soro é um procedimento utilizado em caráter de urgência, ou seja, quando o antígeno vivo, já entrou em contato com o nosso organismo e não dá tempo do nosso organismo produzir anticorpos em tempo hábil.

A produção do soro é feita administrando o antígeno em doses crescentes a um animal, por exemplo, um cavalo com passar dos dias ele irá produzir anticorpos que já estão prontos para combater o antígeno, este procedimento era utilizado para produção de soro para a picada de cobras. Enquanto a durabilidade da vacina em alguns casos e de longos anos, os anticorpos presentes no soro duram apenas alguns dias, isso se deve ao fato destes anticorpos serem produzidos por outro organismo (o cavalo, por exemplo) e o nosso sistema imunológico reconhecer estes anticorpos como corpos estranhos e destruí-los. O termo correto a ser utilizado é soroterapia anti-D, pois os anticorpos já estão prontos e produzidos por outro ser vivo. Esta soroterapia tem de ser aplicada na gestante em até 72 horas após o parto, pois os anticorpos anti-D irão destruir todas as hemácias Rh positivas do feto que por ventura estiverem na circulação da mãe, evitando que a mesma produza anticorpos anti-Rh sendo, portanto sensibilizada.

Sétima pergunta: *“Um feto Rh⁻ não poderia passar anticorpos anti-Rh para sua mãe Rh⁺?”*

Essa pergunta também demonstra falta de conhecimentos de imunologia para sua resolução. Se o feto fosse Rh⁻ e sua mãe fosse Rh⁺ o aluno poderia pensar que se houvesse a passagem de hemácias Rh⁺, para o feto ele não seria capaz de

produzir anticorpos anti-Rh? O feto não possui sistema imunológico formado, ou seja, ele depende após o nascimento do aleitamento materno para se proteger contra os agentes infecciosos. Além do mais, o neonato possui um órgão chamado Timo que irá auxiliá-lo na produção de alguns anticorpos (e glóbulos brancos) para em conjunto com os do leite materno se proteger até que seu sistema imunológico se estabeleça.

Oitava pergunta: *“Será que o resultado positivo para o soro (anticorpos) anti-B (hemoaglutinação em lâmina) ocorre devido uma incompatibilidade sanguínea, indicando que o sangue testado do tipo A.”*

Conhecimentos básicos em imunologia facilitam o entendimento de questões como essa. O anticorpo anti-Rh, assim como os anticorpos anti-A e anti-B foram retirados de pessoas no primeiro caso Rh⁻, e os outros dois podem ser obtidos de várias formas, por exemplo: uma pessoa do grupo O produziria os dois anticorpos de uma só vez, uma pessoa do grupo A iria produzir anticorpo anti-B e outra pessoa do grupo B produziria o anticorpo anti-A.

Com base no que foi descrito nós verificamos que os soros são produzidos por outras pessoas a partir de doação de sangue, e que nada impeça que uma pessoa possa doar sangue e dele ser retirados os anticorpos anti-Rh, anti-A ou Anti-B. No caso da interpretação errônea dos alunos pode ser explicada pela confusão que eles fazem com relação à produção de anticorpos (aglutininas). A pessoa que é do sangue Rh⁺ apresenta na superfície de suas hemácias a proteína Rh (D), e não poderá produzir anticorpos, pois do contrário ela iria ser atacada pelos seus próprios anticorpos. A pessoa que é Rh⁻ não possui a proteína Rh (D) na superfície de suas hemácias, conseqüentemente ela produzirá anticorpos anti-Rh e estes não atacarão suas hemácias.

Quando o aluno faz a interpretação da tipagem sanguínea para o sistema ABO ele acredita que se o teste deu positivo (aparecimento de grumos) então ele acha que a reação é de incompatibilidade sanguínea, e deduz que o sangue ali testado é do tipo A. O que ele deveria pensar é que o anticorpo, por exemplo, aplicado no teste é anti-B ele é produzido por uma pessoa do grupo A ou O. Se o teste deu positivo (aparecimento de grumos) então é porque ali há a presença de hemácias com a proteína B na sua superfície e não fazer a analogia errônea de que “quem é do tipo A produz anticorpo anti-B”, nós não estamos analisando o anticorpo, mas, sim, o resultado do sangue no qual adicionamos o anticorpo.

Nona pergunta: *“Eu não entendo como o sangue de um indivíduo ditos Falsos O com genótipo $I^A I^B$ não aglutina com os antissoros anti-A e anti-B, e pode doar sangue para qualquer tipo sanguíneo do sistema ABO”*

Essa pergunta revela o desconhecimento da estrutura molecular dos antígenos A, B e H presentes na superfície das hemácias. Tais antígenos são formados pela ação sequencial de enzimas que adicionam carboidratos específicos para a formação do antígeno na superfície das hemácias. Chamamos de antígeno H quatro carboidratos que são ligados a um glicolípide da membrana dos eritrócitos.

É importante que os alunos compreendam que a adição de N-Acetil-Galactose pela enzima produto do gene I^A ou a adição de Galactose pela enzima produto do gene I^B dependem da presença dos quatro carboidratos anteriormente adicionados, ou seja, da atividade do produto de um gene autossômico denominado H. Assim, indivíduos hh, mesmo que $I^A I^B$ não apresentarão no glicocálice de suas hemácias os antígenos a serem reconhecidos pelos anticorpos anti-A e anti-B, *in vivo* ou nos testes de determinação sanguínea ABO *in vitro*, ao que denominamos Falso O. Mas se tais indivíduos identificados como do grupo O tiverem filhos como outro indivíduo do grupo O com genótipo HH ii, todos os descendentes desse casal terão sangue do tipo A ou do tipo B. A denominação de “Efeito Bombaim” se deve ao fato de da alta frequência do alelo **h** na população de Bombaim (Mumbai na Índia).

Tendo em mente que o conhecimento apresentado nos livros adotados nas escolas, estes são muitas vezes o único recurso didático em termos de conteúdo e forma de apresentação (estratégia pedagógica) utilizada pelos professores e alunos no processo ensino-aprendizagem, como fonte de informação e organização didática pedagógica para elaboração de aulas e nas resoluções de exercícios, o fato de muitas dessas dúvidas se repetirem com frequência com diferentes grupos ao longo dos anos nos levou a questionar a qualidade da abordagem desses conteúdos (textos, imagens, modelos explicativas, organização do conteúdo, etc.) nos livros didáticos.

Vale salientar nas pesquisas realizadas por nós que em todos os livros utilizados para essa finalidade não encontramos nenhuma abordagem, sistematização e organização que satisfizesse e sanasse todas as dúvidas apresentadas anteriormente. Em todos os livros analisados verificamos o emprego de informações simplificadas, carregadas de incompletudes, o uso de analogias

inadequadas, tornando os conteúdos resumidos e com explicações insuficientes e insatisfatórias para sanar os diversos problemas verificados.

Com base em conhecimentos pessoais, para além do livro didático, sempre procurei esclarecer essas dúvidas que de imediato não me pareciam um problema relevante, eu creditava a não compreensão pelos alunos, a uma falta de empenho e vontade de buscar sanar suas dúvidas por parte destes. A maioria dos professores acredita (inclusive eu, acreditava) que quando estamos apresentando um determinado conteúdo pelo simples fato de falarmos a mesma língua não haveria o menor problema de compreensão. Após conviver com os fatos expostos anteriormente e por sempre gostar de genética, me impulsionaram a investigar a origem dos problemas e rever minha postura pedagógica e propor uma unidade didática para facilitar a compreensão do Fator Rh e da ocorrência da Eritroblastose fetal (DHRN) para alunos e colegas professores.

1.1 Justificativa

Ao longo de nossa trajetória no magistério, às vezes nos deparamos com determinados conteúdos que nos chamam a atenção e nos deixam intrigados em sempre buscar algo mais. Algumas vezes, quando não conseguimos sanar a dúvida de imediato, deixamos para próxima aula (que nunca chega...), porém, algumas situações recorrentes em sala de aula, aliado aos relatos de colegas, me impeliram a aprofundar e buscar informações sobre o ensino do sistema Rh e sua relação com a Eritroblastose Fetal, para buscar solucionar essa pequena lacuna de conhecimento que poderá ter sido objeto de angústia por parte daqueles que não se cansam de aventurar pelos caminhos da pesquisa em ensino.

O ensino de genética sempre me pareceu simples e objetivo, porém, quando paramos para refletir sobre como determinados conteúdos são trabalhos, no ensino médio, nos vemos sempre obrigados a observar sempre estes mesmos conteúdos, sob a ótica do professor e quase nunca na perspectiva do aluno. As vezes o que nos parece simples e compreensível para um aluno que não pertence a nossa geração e também nem sempre “gosta” da nossa disciplina pode significar um empecilho no ensino-aprendizagem na sala de aula.

O ensino do Fator Rh e sua relação com a Eritroblastose Fetal podem ser considerados problemas que permeiam o conteúdo de genética no ensino médio. Relatos de alguns colegas professores, a própria fala dos alunos em sala de aula, demonstraram que a forma como esta unidade didática é trabalhada apresenta equívocos epistemológicos e também o momento em que ele é ensinado. Percebemos que alguns problemas são recorrentes e os entraves no aprendizado também. Normalmente o Fator Rh é trabalhado em sala de aula logo após o ensino do Sistema ABO, numa tentativa de se ganhar tempo e favorecer o aprendizado dos alunos. Quando analisamos esses dois sistemas em separado, percebemos que apesar de os mesmos estarem relacionados com a atuação do sistema imunológico eles apresentam diferenças marcantes.

No Sistema ABO a imunidade é nata enquanto para o Sistema Rh ela é inata. Os tipos de anticorpos relacionados as incompatibilidades são diferentes, enquanto o sistema ABO possui a IgM como anticorpo atuante no Sistema Rh é do tipo IgG. Na maioria dos casos a passagem de anticorpos do tipo IgG na Eritroblastose fetal apresenta receptores (FcRn) específicos para facilitar a passagem deste anticorpo para o feto e provocar essa incompatibilidade materno-fetal. Por se tratar de um problema de saúde pública importante e que provavelmente irá fazer parte da vida de qualquer aluno do ensino médio julgamos necessário investigar os problemas anteriormente relatados para facilitar o processo ensino-aprendizagem. A compreensão dessas particularidades envolvendo o Sistema ABO e o Sistema Rh necessitam de um embasamento de Biologia Molecular e Imunologia para que o aluno perceba essas diferenças e não se torne um entrave na compreensão dessa unidade didática.

Percebendo a importância desses conhecimentos que funcionam como pré-requisitos para a construção de um modelo explicativo esperamos, a partir dessa pesquisa e seu produto, contribuir para evitar interpretações errôneas, incompletas ou mesmo o uso de metáforas e analogias inadequadas: - Primeira coisa que o professor deverá esclarecer para seus alunos é que os anticorpos produzidos contra antígenos ABO são de um classe diferente quando comparados com aqueles produzidos contra o fator Rh.

Sabedores que a análise dos questionamentos não seriam suficientes para justificar a produção do material paradidático, caso esse assunto fosse adequadamente abordado pelos livros didáticos já disponíveis no mercado, e mais

utilizados pelas escolas no Brasil, decidimos verificar se as principais publicações de Biologia para o Ensino Médio, referendadas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do Ministério da Educação MEC (BRASIL 2006), abordam essa unidade didática em termos de conteúdo e forma.

1.2 Objetivo geral

Pesquisar o entendimento de professores e alunos do ensino médio sobre a genética do Fator Rh e sua relação com o possível desenvolvimento da Eritroblastose Fetal, através da elaboração, aplicação e análise de dois questionários para produzir um material paradidático com uma abordagem apoiada por conceitos de imunologia e biologia molecular, capaz de facilitar o processo ensino-aprendizagem dessa unidade didática.

1.3 Objetivos específicos

Elaborar questionários, para verificar o entendimento de professores e alunos do ensino médio sobre a genética do Fator Rh e sua relação com o possível desenvolvimento da Eritroblastose Fetal.

Aplicar os questionários e analisar as respostas para identificar possíveis dificuldades de compreensão desta unidade didática.

Produzir material paradidático, com base nos dados obtidos pela análise dos questionários e na análise dessa unidade didática em livros didáticos referendados pelo PNLD do MEC (BRASIL, 2004), que possibilite um melhor entendimento dessa unidade didática.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abordagem CTSA

A importância do ensino do Fator Rh e seu papel na manifestação da Eritroblastose Fetal no ensino médio remete-nos a necessidade de abordar adequadamente esses conteúdos por se tratar de um assunto de relevância em saúde pública no nosso país. Não podemos também descartar a que os avanços que a genética e a biologia molecular proporcionaram nas últimas décadas, uma melhoria na qualidade de vida da população, e compreender tais avanços significa, em muitos casos, se apropriar dos mesmos para exercer a cidadania.

Optamos por produzir o material de apoio com uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia Sociedade) por entender que esse referencial teórico fornece subsídios capazes de tornar o material paradidático contextualizado e mais próximo da realidade de alunos e professores.

Com o agravamento dos problemas ambientais e diante de discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade, cresceu no mundo inteiro um movimento que passou a refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Esse movimento levou a proposição, a partir da década de 1970, de novos currículos no ensino de ciências que buscaram incorporar conteúdos de CTS. Considerando que essas propostas incorporam uma perspectiva de reflexão sobre consequências ambientais, posteriormente elas passaram a ser denominadas também Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA quando se incluiu na cadeia das inter-relações CTS as implicações ambientais das e nas atividades Humanas.

Em tese, pode-se dizer que, pela sua origem, todo movimento CTSA incorpora a vertente ambiental à tríade CTS. Ocorre que discussões sobre CTS podem tomar um rumo que não, necessariamente, questões ambientais sejam consideradas ou priorizadas e, nesse sentido, o movimento CTSA vem resgatar o papel da educação ambiental (EA) do movimento inicial de CTS. Considerando, todavia, que a denominação mais usual tem sido CTS, no presente trabalho ela será mais empregada como de fato tem aparecido na literatura, sendo que a

denominação CTS será referida quando na análise desenvolvida se desejar enfatizar a perspectiva de saúde pública não envolvendo a EA.

A ênfase curricular no ensino de ciências proposta pelos educadores em ciência tem mudado em função de contextos sócio históricos. No final dos anos de 1950, em plena Guerra Fria, com o lançamento do primeiro satélite artificial – o Sputnik – houve, da parte dos Estados Unidos, uma corrida para apressar a formação de cientistas, o que levou à elaboração de projetos curriculares com ênfase na vivência do método científico, visando desenvolver nos jovens o espírito científico (Krasilchik, 1987). Naquela época, propunha-se uma educação científica para educação básica, no sentido de preparar os jovens para adquirir uma postura cientista, pensando e agindo no seu cotidiano como cientistas.

No final da década seguinte, com o agravamento de problemas ambientais, começou surgir uma preocupação dos educadores em ciência por uma educação científica que levasse em conta os aspectos sociais relacionados ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico. Foi assim que começou a surgir em diversos países, no final dos anos 1970 e no início da década seguinte, propostas curriculares para a educação básica com ênfase nas relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (Waks, 1990; Yager & Roy, 1993). Esses currículos apresentavam o conteúdo de ciências da natureza com enfoque nas ciências sociais. Tais propostas tinham uma perspectiva marcadamente ambientalista, apresentando uma visão crítica ao modelo de desenvolvimento; por isso, alguns a identificaram como Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

2.2 Letramento científico

O conceito de letramento científico no sentido da prática social está muito presente na literatura de educação científica. Enquanto alguns autores defendiam a educação para a ação social responsável, a partir de uma análise crítica sobre as implicações sociais da ciência e da tecnologia, outros passaram a defender a compreensão da natureza da atividade científica como aspecto central na educação científica. Assim, diferentes concepções e perspectivas foram sendo propostas sobre o que seria Alfabetização Científica/Letramento científico (AC/LC).

Em uma revisão sobre essas concepções, Norris e Philips (2003) identificaram os seguintes significados para essa educação: a) conhecimento do

conteúdo científico e habilidade em distinguir ciência de não ciência; b) compreensão da ciência e de suas aplicações; c) conhecimento do que vem a ser ciência; d) independência no aprendizado da ciência; e) habilidade para pensar cientificamente; f) habilidade de usar conhecimento científico necessário na solução de problemas; g) conhecimento necessário para a participação inteligente em questões sociais relativas à ciência; h) compreensão da natureza da ciência, incluindo as suas relações de cultura; i) apreciação do conforto da ciência incluindo apreciação e curiosidade por ela; j) conhecimento dos riscos e benefícios da ciência; ou k) habilidade para pensar criticamente sobre ciência e negociar com especialistas.

O que sobressai da leitura dos trabalhos de AC/LC, muitos dos quais estão na revisão de Norris e Philips (2003) sumarizada nos domínios anteriores é o fato de cada autor enfatizar determinados domínios, apresentando argumentos filosóficos diferentes para sustentar seu posicionamento. Esses autores, embora não coincidam com enunciados que caracterizam AC ou LC, em tese incluem sempre dois grandes grupos de categorias relativas à função social.

Nesse sentido, pode-se observar que os domínios das categorias de a) a e) anteriores se referem ao conhecimento e ao desenvolvimento de habilidades em relação à atividade científica. Já as categorias de f) a k) referem-se a conhecimentos, habilidades e valores relacionados à função social da atividade científica, incluindo categorias de natureza cultural, prática e democrática.

Esses dois domínios estão centrados no compreender o conteúdo científico e no compreender a função social da ciência. Apesar de serem enfatizados de formas diferentes pelos autores que discutem educação científica, eles estão inter-relacionados e imbricados. Pela natureza do conhecimento científico, não se pode pensar no ensino de seus conteúdos de forma neutra, sem que se contextualize o seu caráter social, nem há como discutir a função social do conhecimento científico sem uma compreensão do seu conteúdo. Afinal, como afirma Morin (2000), há um tecido interdependente e inter-retroativo entre o objeto e o seu contexto.

Isso, contudo, não tem sido a característica da educação científica na educação formal, que desde o ensino fundamental até a pós-graduação vem sendo abordada cada vez mais com fragmentação e especialização. Dessa forma, as discussões sobre educação científica muitas vezes acabam por priorizar um domínio em relação ao outro.

Sem querer propor uma dicotomia entre os domínios, nessa dissertação, caracteriza-se essa distinção adotando a mesma categorização que vem usando para alfabetização e letramento nas ciências linguísticas e em educação. Para Magda Soares (1998) o termo alfabetização tem sido empregado com sentido mais restritivo de ação de ensinar a ler e a escrever; o termo letramento refere-se ao “estado ou condição de quem não apenas sabe ler ou escrever, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam a escrita” (p.47).

De acordo com essa conceituação, uma pessoa alfabetizada, que sabe ler e escrever, pode não ser letrada, caso não faça uso da prática social de leitura, ou seja, apesar de ler, não é capaz de compreender o significado de notícias de jornais, aviso, correspondências, ou não é capaz de escrever cartas e recados. Isso é o que se tem chamado de analfabetismo funcional. Ao contrário, uma pessoa pode não ser alfabetizada, mas ser letrada se tiver contato diário com as informações do mundo da leitura e da escrita, por meio de pessoas que leem ou escrevem para ela notícias de jornal, as cartas ou recados (Soares, 1998).

Chassot (2000) considera inadequado o termo alfabetização, pois carrega a primazia da óptica ocidental da escrita alfabética, desconsiderando a linguagem de outras civilizações que adotaram escritas cuneiformica, hieróglifa e ideogrâmica. Todavia, Chassot (2000), em sua obra, acaba adotando o termo alfabetização, mencionando que letramento não está dicionarizado e que letrado apresenta conotações pernósticas. Krasilchik e Marandino (2004) entendem que o termo alfabetização científica já se consolidou na prática social, apesar da distinção entre alfabetização e letramento. Nesse sentido, elas consideram que a alfabetização já engloba a ideia de letramento.

A diferenciação entre alfabetização e letramento, na tradição escolar a alfabetização científica tem sido considerada na acepção do domínio da linguagem científica, enquanto que o letramento científico, no sentido do uso da prática social, parece ser um mito distante da sala de aula. Ao se empregar o termo letramento, busca-se enfatizar a função social da educação científica contrapondo-se ao restrito significado de alfabetização escolar.

Nesse sentido, a conceituação apresentada por Krasilchik e Marandino (2004) para alfabetização como “capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia” (p.26) corresponderia ao que se denomina aqui de letramento científico. Note-se que essa caracterização é também bem próxima do

que Chassot (2000) considerou alfabetização: “conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer um leitura do mundo onde vivem” (p.34).

Deve-se observar que, enquanto a alfabetização pode ser considerada o processo mais simples do domínio da linguagem científica e enquanto o letramento, além desse domínio da linguagem científica enquanto o letramento, além desse domínio, exige o da prática social, a educação científica almejada em seu mais amplo grau envolve processos cognitivos e domínios de alto nível. Shamos (1995) denominou letramento científico propriamente dito o processo que envolve um conhecimento mais aprofundado dos construtos teóricos da ciência e da sua epistemologia, com compreensão dos elementos da investigação científica, do papel da experimentação e do processo de elaboração dos modelos científicos. Letramento científico, nessa perspectiva, consiste na formação técnica do domínio das linguagens e ferramentas mentais usadas em ciência para o desenvolvimento científico. Para isso, os estudantes deveriam ter amplo conhecimento das teorias científicas e ser capazes de propor modelos em ciência. Isso exige não só o domínio vocabular mas a compreensão de seu significado conceitual e o desenvolvimento de processos cognitivos de alto nível de elaboração mental de modelos explicativos para processos e fenômenos. Esse domínio do letramento científico foi identificado por Shamos (1995) como *“true” scientific literacy* (letramento científico autêntico ou propriamente dito); por Laugksch (2000) como erudição ou competência.

2.3 Teoria da carga cognitiva

A história do homem com a natureza é um estado permanente de luta para produzir objetos que transponham as dificuldades impostas pelas forças naturais. O uso e a fabricação dos mais diferentes instrumentos fizeram o homem entrar numa dança entre as necessidades naturais e sua própria satisfação. Essa relação entre as necessidades e satisfação, do individual ou do coletivo, marca a história do desenvolvimento tecnológico.

No atual estágio de desenvolvimento tecnológico da sociedade contemporânea, as mudanças processam-se em uma velocidade muito grande. Estas mudanças estão ocorrendo no mundo inteiro e em todas as áreas, como afirma Morin “a sociedade está mudando em todos os países, em todas as instituições, em todos os campos” (2001, p.49).

As transformações estão cada vez mais presentes em todos os setores de atividades profissionais, tais como, industriais, comerciais, agrícolas e dos serviços, da administração, lazer entre outras. Fazemo-nos ganhar consciência de alterações significativas, por exemplo, nos conceitos de espaço (que está encurtado) e de tempo (que está muito acelerado), de centro e de periferia (que se aproximam potencialmente), de vizinhança (que não se restringe apenas ao prédio, à rua, ao bairro ou à zona em habitamos ou trabalhamos), de público e de privado (que se passam cada vez mais nos nossos quotidianos). As tecnologias nesta perspectiva, pela sua universalidade, não são apenas instrumentos de trabalho, de pesquisa ou comunicação. Elas contribuem para a nossa transformação como humanos e, portanto, para uma alteração profunda na nossa auto compreensão e das relações humanas.

No momento atual reveste-se, deste modo, de grande complexidade apresentando contradições e paradoxos inquietantes. Isso requer, sobre tudo, a necessidade de novos conhecimentos. Uma busca constante por orientações, procedimentos, qualificação, que, também, exigem uma maior atenção sobre os processos de interação com a tecnologia. Os quais estão alterando as relações afetivas, de negócios, trabalhos e em especial a educação. Este é um enorme desafio para educação de uma mudança do paradigma educacional frente a uma educação tecnológica que já se firma como realidade.

No uso de tecnologias na educação, a qualidade dos recursos de aprendizagem, das situações que se criam, dos ambientes que se desenvolvem, são essenciais para a ampliação do processo de aprendizagem, do envolvimento e da capacidade de interação dos alunos.

Atualmente, muitos recursos tecnológicos e midiáticos encontram-se a disposição da educação, mas muitos desses recursos ao invés de agregar qualidade ao processo ensino-aprendizagem, acabam confundindo, desestimulando ou até mesmo dispersando a atenção dos alunos. Saber escolher, ou construir um recurso tecnológico que venha ao encontro de uma boa educação passa ser um desafio para todos os elementos envolvidos em educação de uma geração ávida por todo tipo de tecnologia.

Diante do volume de informações, dos recursos de interação, de animação, de sons e cores, os quais, muitas vezes, fazem parte das soluções usadas em educação, torna-se importante um conhecimento mais amplo sobre o processo

cognitivo humano e de como a Teoria da Carga Cognitiva pode ajudar a potencializar a aprendizagem.

2.4 A teoria da carga cognitiva e teoria cognitiva da aprendizagem multimídia.

Segundo Nunes & Giraffa (2003), o processo cognitivo humano refere-se ao estudo do processamento humano de informações, ou seja, o estudo de como os seres humanos percebem, processam, codificam, estocam, recuperam e utilizam as informações. A estrutura cognitiva humana inclui três sistemas de memória: a memória sensorial, a memória de curta duração e a memória de longa duração, as quais trabalham juntas.

Estudos publicados, por George Miller, em 1956, referiam-se a um “número mágico” 7 ± 2 . Sobre o qual, o sistema cognitivo humano somente consegue processar um número limitado de informações que variam de 5 a 9 elementos por vez, ou seja, consegue-se assimilar, de maneira natural e satisfatória, de cinco a nove elementos de informação por vez. Uma vez excedidos esses limites, o raciocínio e a aprendizagem ficam abaixo do desempenho esperado, sobrecarregando a estrutura cognitiva.

Partindo desse pressuposto, pesquisas foram conduzidas por mais de 25 anos nos quais, com aporte de pesquisadores internacionais, vem se expandindo e refinando a regra do 7 ± 2 , chegando-se, atualmente, a um conjunto compreensível de princípios chamado de Teoria da Carga Cognitiva.

Essa teoria é devida a John Sweller (2003), psicólogo australiano, que dedica-se ao estudo dessa teoria que tem por definição ser um conjunto universal de princípios que resultam em um ambiente de aprendizagem eficiente e que consequentemente promovem um aumento na capacidade do processo de cognição humana. Princípios estes que tem como objetivo tornar a interação humana com a tecnologia mais alinhada com o processo cognitivo. Ela baseia-se em dezenas de estudos e pesquisas experimentais eficientes e, assim, conduzem a uma aprendizagem competente e melhor. Um ambiente de aprendizagem apropriado, de acordo com os princípios da Teoria da Carga Cognitiva, minimiza recursos mentais desnecessários, e em troca disso, coloca-os para trabalhar de modo a maximizarem a aprendizagem. Essa teoria aplica-se a todos os tipos de conteúdos, todos os tipos

de mídias, e a todos os estudantes, visto que, ela tem como fim saber como elabora-se as ferramentas de ensino-texto, imagens e áudio – aplicá-los a todo o conteúdo de ensino, bem como, as plataformas de aprendizagem à distância, no intuito de potencializar a aprendizagem e desenvolver habilidades flexíveis através da criação e uso de recursos e ambientes de aprendizagem que estejam em sintonia com o processo cognitivo humano.

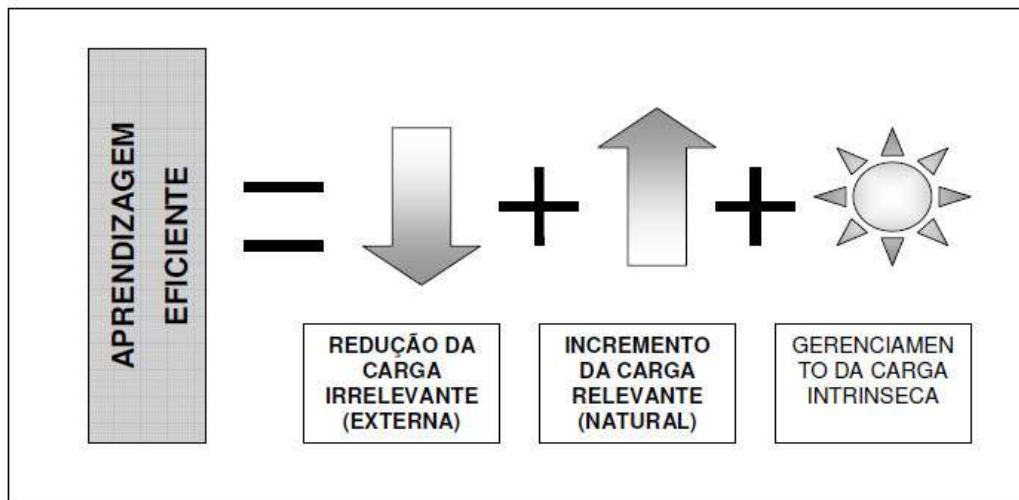
Segundo Sweller (2003), a aprendizagem se dá de maneira melhor quando o processo de informação estiver alinhado com o processo cognitivo humano, ou seja, quando o volume de informações oferecidas ao aluno for compatível com a capacidade de compreensão humana. Assim a Teoria da Carga Cognitiva, apoia-se na impossibilidade natural do ser humano em processar muitas informações na memória a cada momento.

Mayer (2001), que desenvolveu um referencial teórico para produção e avaliação de matérias multimídias denominado de Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia TCAM também aborda a necessidade de se levar em conta a carga cognitiva. Esse autor ressalta que normalmente quando se faz uso de recursos que utilizam mais de um canal de percepção ao mesmo tempo, como por exemplo, a visão e audição, é gerada sobrecarga cognitiva que pode levar a desorientação e até mesmo, ao desestímulo do usuário. É de se ressaltar que algumas formas de carga cognitiva são consideradas úteis, enquanto outras desperdiçam recursos mentais.

Segundo Mayer (2001b), na elaboração de conteúdos para materiais de ensino, deve-se levar em consideração os três princípios de carga cognitiva, que são: Carga cognitiva intrínseca (imposto pela complexidade do conteúdo do material de ensino), Carga cognitiva natural (Relevante) (imposto pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem), Carga cognitiva externa ao conteúdo (Irrelevante) (não interfere na construção e automação de esquemas, e, conseqüentemente desperdiça recursos mentais limitados que poderiam ser usados para auxiliar a carga natural). Intrínseca, natural e externa ao conteúdo, as formas de cargas cognitivas são adicionais.

Tendo em vista que a capacidade mental é limitada, para a aprendizagem de boa qualidade torna-se necessário um balanceamento dessas cargas, para que o processo de aprendizagem atinja um bom nível de eficiência como mostra a Fig. 1.

Figura 1 - Modelo de balanceamento das cargas cognitivas (Modelo Adaptado de Mayer (2001b))



Fonte: MAYER, 2001

Quando não se pode controlar a carga intrínseca associada com os objetivos da aprendizagem, pode-se controlá-la segmentando e arranjando em sequência o conteúdo de maneira que otimize a quantidade de elementos interativos a qualquer tempo. Por que interatividade significa que diversos elementos devem ser coordenados na memória do aluno para a realização de em uma série de atividades e isto pode causar-lhes sobrecarga.

A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) defende que a elaboração de materiais didáticos, principalmente os que utilizam multimídia, deve seguir alguns princípios para, assim, diminuir a sobrecarga cognitiva do aluno e potencializar seu aprendizado. São princípios defendidos por esta teoria:

- Princípio de Representação Múltipla: os alunos aprendem melhor quando combinam palavras e imagens, do que no momento em que se usam somente palavras;
- Princípio de Proximidade Espacial: esse princípio diz respeito à proximidade de palavras e imagens, ou seja, é quando palavras e imagens correspondentes estão próximas em vez de afastadas;
- Princípio da Não Divisão ou da Proximidade Temporal: nesse princípio tem-se apresentação de palavras e imagens simultaneamente em vez de sucessivamente, uma vez que a apresentação de um texto e de uma animação na mesma tela divide do aluno;

- Princípio das Diferenças individuais: sabe-se que estudantes com maior nível de conhecimento, sobre um determinado assunto e com grau maior de orientação espacial possuem maiores condições de organizar e processar seu próprio conhecimento ao interagir com o assunto;
- Princípio da Coerência: refere-se à exclusão de palavras ou sons não relevantes para o assunto. Quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória de trabalho para processar um número maior de conhecimento;
- Princípio da Redundância: nesse princípio, ressalta-se que o uso da animação e narração, quando usadas simultaneamente no processo de ensino, potencializa o conhecimento, diferente de quando usadas separadamente.

Estes princípios foram elaborados por Richard Mayer, professor e pesquisador da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara, dando continuidade à pesquisa sobre a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller, e provaram minimizar as sobrecargas cognitivas, potencializando, assim, o processo de aprendizagem.

2.5 A importância do estudo da teoria da carga cognitiva

Em uma sociedade competitiva, na qual se interage diariamente com os mais variados recursos tecnológicos, seja em casa, no trabalho ou no lazer, e a valorização do conhecimento está cada vez mais significativa, pode-se fazer uso dos princípios da Teoria da Carga Cognitiva para potencializar o processo de aprendizagem e de interação com a tecnologia. Não é apenas a educação que se defronta com novas tecnologias: essas estão impactando todo o universo social, e gerando novas dinâmicas, nas quais, o conhecimento torna-se gradativamente central.

A transformação envolve praticamente todas as áreas de atividade, economia, política, cultura e a própria organização do tecido social e de relações, além de provocar uma mudança radical na utilização de um recurso não-renovável, o tempo. A importância do estudo justifica-se no momento em que a sociedade, e os sistemas

de gestão do conhecimento que se desenvolvem em torno dela, necessitam aprender a utilizar novas tecnologias para transformar a educação, na mesma proporção em que estas tecnologias estão transformando o mundo que nos cerca. A transformação é de forma e de conteúdo.

Tendo como foco a aprendizagem de seus alunos, os professores que trabalham com tecnologia e contam com os mais variados recursos de interação, tais como, internet, jogos, objetos de aprendizagem, podem-se valer da Teoria da Carga Cognitiva como um subsídio na escolha dos recursos mais apropriados para sua prática pedagógica. Fazendo assim, uma seleção de recursos mais apropriados que contribuam com o aprendizado de seus alunos. Transformando a interação com a tecnologia além de algo moderno e motivador, em um elemento que realmente potencialize os processos cognitivos dos alunos.

Estudos mostram que a carga cognitiva é um fator sempre presente na interação do homem com o computador, porque cada um dos elementos ou dos objetos da tela deve ser interpretado pelo usuário e conseqüentemente ocupa alguma energia mental do usuário. O importante é saber escolher um recurso que apresente uma carga reduzida e que possa maximizar o processamento do conhecimento que está sendo ensinado.

Alguns materiais disponíveis em sua maioria são bastante lúdicos e intuitivos, mas seguindo os princípios da Teoria da Carga Cognitiva, apresentam sobreposição de elementos, o que leva a sobrecarga cognitiva, e como resultado um baixo desempenho do processo cognitivo. Alguns apresentam carga cognitiva externa, que é a carga cognitiva relacionada à elaboração do projeto, causada pela superposição de texto e narração do mesmo, o que segundo a teoria causa uma sobrecarga cognitiva em função de ocupar dois canais de percepção (visão e audição) ao mesmo tempo e com informações redundantes, o que pode interferir negativamente no processo de aprendizagem. Também se verificou a presença de sobrecarga, causada pela narração contínua de atividades, ou seja, a narração não é interrompida quando é selecionada outra atividade, ficando a narração da atividade anterior como pano de fundo de outra atividade, que pode causar confusão no aluno. Percebe-se, também que em alguns objetos de aprendizagem a carga cognitiva é intrínseca, ou seja, relacionadas com o conteúdo apresentado, pois, em alguns casos, existe um excesso de informações redundantes, e também atividades que

não oferecem o feedback aos alunos, o que pode induzi-los a achar que realizaram acertadamente as atividades.

Segundo Tarouco (2006), a carga cognitiva externa pode ser minimizada pelo projetista do objeto, observando os princípios da teoria, já que uma interface complexa ou não-convencional que usa diferentes fontes, objetos, ferramentas da navegação e padrões de layout terá geralmente uma carga cognitiva elevada porque cada componente necessitará ser percebido e interpretado pelo aprendiz. Uma interface que use convenções padrão de texto, gráficos, navegação e layout será mais facilmente interpretada e conseqüentemente terá uma carga cognitiva muito mais baixa. Já a carga cognitiva interna, derivada do conteúdo em si, depois do objeto de aprendizagem pronto não pode ser reduzida, a não ser pela segmentação do material contido em um objeto de aprendizagem.

Também é necessário avaliar de forma apropriada a combinação dos diversos tipos de mídia disponibilizados pela tecnologia. Estudos recentes mostram que o sistema de cognição humana dispõe de entradas independentes para a informação visual e para a verbal. E ao se fazer uso de dois canais de percepção independentes no processo de ensino e aprendizagem, a carga cognitiva pode ser reduzida.

Segundo Mayer (2001), a redução da carga em decorrência do uso de dois canais de percepção ocorre apenas quando a informação presente nas diferentes modalidades não é redundante, pois ao contrário a carga cognitiva aumenta, ou seja, o uso de dois canais de percepção com objetivos complementares, como por exemplo, uma imagem e a narração de um texto, e não com o objetivo de repetição, como por exemplo, um texto escrito e a narração do mesmo. O objetivo de um bom layout para o uso educacional é reduzir a quantidade de energia direcionada à interação com o sistema, liberando assim a capacidade cognitiva para o processamento do que está sendo ensinado.

3 ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS APLICADOS PARA PROFESSORES E ALUNOS

Os questionários foram aplicados em 35 professores do ensino médio dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, alguns professores enviaram suas respostas via e-mail, outros, responderam de forma manuscrita. Após tabular os dados chegamos à conclusão que mais de 92% dos pesquisados apresentavam dificuldades em responder adequadamente a maioria das perguntas do questionário.

Com relação aos alunos, os questionários foram aplicados em 78 alunos do 3º ano do 3º ano do ensino médio do colégio Imaculados Conceição, alunos do professor Nelson e 55 alunos do 3º ano do colégio Salesiano de Belo Horizonte, do professor Marcelo. Analisando os dados demonstrou-nos que mais de 95% dos alunos apresentavam dificuldade de compreensão dos fenômenos relacionados com a compreensão da Eritroblastose fetal e sistema Rh. Tanto para os professores quanto os alunos além de responderem os questionários tomaram conhecimento do termo de consentimento livre esclarecido.

Com o objetivo de verificar se os questionamentos sobre a genética e a imunofisiologia dos Sistemas Sanguíneos ABO e Rh eram regra ou exceção para o corpo docente e discente de escolas particulares de Belo Horizonte, e se os pesquisados dominavam o conteúdo ou eram capazes de responder tais questões de maneira satisfatória, organizamos e aplicamos questionários que, partindo de perguntas mais abrangentes e menos complexas chegavam a questões mais específicas e mais complexas

A estrutura básica do questionário foi dividida em dois tópicos principais: Primeiro: Relativo a dados como, tempo de magistério e se já ministrou ou ministra o conteúdo de genética.

Segundo: Envolveu as concepções dos professores sobre o ensino do Fator Rh e sua relação com a Eritroblastose fetal.

As primeiras cinco perguntas não apresentaram maiores dificuldades nas respostas visto que as mesmas tinham como finalidade um caráter introdutório, convidando o respondente para responder as questões relativas ao questionário não estruturado.

A segunda fase da coleta de informações foi realizada com os estudantes que se dispuseram voluntariamente responder um questionário na tentativa de verificar o

grau de conhecimento a respeito do Fator Rh e da sua relação com a Eritroblastose fetal.

Utilizando análise dos questionários e da análise dos livros didáticos buscamos construir um material paradidático de apoio para os professores, mas que pode ser utilizado em sala de aula pelos alunos de forma com o acompanhamento do professor.

Para produção do material paradidático nós nos baseamos nas dúvidas e/ou incompletudes que alunos e professores apresentaram nessa pesquisa. Logo após a análise dos dados obtidos através dos questionários não estruturados, juntamente com nossa experiência frente a essa unidade didática, realizamos uma pesquisa e comparação com os diversos autores de livros didáticos abordam a apresentação do Sistema Rh e sua relação com a ocorrência da Eritroblastose fetal. Apesar de alguns livros tentarem introduzir conceitos de imunologia e biologia molecular, percebemos que esses conteúdos foram abordados apenas superficialmente, não sendo, em nossa análise, suficientes para resolver os problemas detectados sobre o ensino do sistema Rh e a Eritroblastose fetal.

Para produção do material de apoio, mais aprofundado, para os professores realizamos uma revisão bibliográfica dos principais livros de imunologia e biologia molecular para fornecer um material que os leve a compreender melhor esses conteúdos capacitando-os explicar de maneira mais efetiva os problemas relativos à compreensão do fator Rh e sua relação com a Eritroblastose fetal. Nesse material está presente toda a bibliografia consultada na expectativa de que o mesmo sirva também de estímulo para os professores se aprofundarem nesses conteúdos, que ao nosso entendimento são necessários para a compreensão dessa e de outras unidades didáticas relacionadas.

3.1 A análise dos dados do questionário aplicado aos professores

Após selecionar e registrar questionamentos e dificuldades de compreensão relatadas por alunos do ensino médio em sala de aula durante o desenvolvimento do conteúdo de Genética dos Grupos Sanguíneos, notadamente do Fator Rh e da Eritroblastose fetal, resolvemos investigar possíveis dificuldades de compreensão e/ou incompletudes relacionadas ao ensino aprendido dessa unidade didática.

Para além de minha própria experiência em sala de aula alguns relatos informais de colegas professores, que também ministravam esse conteúdo, foram coincidentes quanto aos questionamentos e dúvidas dos alunos.

Com o objetivo de confirmar nossas suposições, sobre possíveis problemas de compreensão e, conseqüentemente, de ensino-aprendizagem dessa unidade didática, numa primeira fase de pesquisa, elaboramos, aplicamos e analisamos questionários dirigidos a professores de biologia (VER ANEXO figuras 01 e 02) e alunos do ensino médio. (VER ANEXO figura 03). A análise das respostas obtidas por meio desses questionários puderam ainda orientar, em parte, a produção do material de apoio.

Os primeiros questionários, com questões abertas, foram dirigidos a um grupo heterogêneo aos professores do ensino médio de várias regiões do Brasil. A aplicação de questionários abertos tem sido defendida por vários pesquisadores. Hamilton (1996), argumenta, que o questionário escrito (não estruturado) permite uma análise mais precisa do pensamento sobre o assunto, possibilitando uma reflexão maior sobre a temática antes de expressarem sua opinião, conhecimento e/ou capacidade explicativa, de uma forma não dirigida.

As respostas dos questionários aplicados aos professores apoiam nossas suposições iniciais sobre a deficiências e dificuldades da grande maioria dos docentes pesquisados quanto à compreensão dessa unidade didática, quando desafiados a explicar aspectos relacionados como o ensino do Fator Rh e a sua relação com a Eritroblastose fetal. Estes resultados justificam nossa proposta de elaborar e testar um material de didático que possa subsidiar a prática docente, favorecendo a compreensão e explicação do conteúdo por parte de professores e alunos e abordagem capaz de sanar as dúvidas mais comuns

As primeiras cinco perguntas não apresentaram maiores dificuldades nas respostas, visto que as mesmas foram elaboradas com a finalidade de introduzir o assunto de forma que o questionário não apresentasse cunho intimidatório, ao contrário, que ele pudesse estimular o entrevistado a responder todas as questões propostas.

Porém a partir da sexta pergunta, quando nossa intenção era detectar os problemas de compreensão e/ou incompletudes no ensino do Fator Rh, e sua relação com a Eritroblastose fetal, algumas respostas confirmaram os problemas por nós detectados. No início deste trabalho chamamos atenção para o fato do ensino

do Fator Rh e a sua relação com a Eritroblastose fetal é necessário embasamento e o domínio de conceitos de imunologia e biologia molecular para responder as dúvidas durante o ensino-aprendizagem desta unidade didática.

As figuras 1, 2 e 3, a seguir, são referentes a um dos questionários aplicados aos professores. Esse questionário foi selecionado por ser representativo do padrão de resposta obtido na maioria dos questionário aplicados.

Figura 2 - Questionário para professores folha 01

CARO COLEGA VOCÊ ESTÁ SENDO CONVIDADO A PARTICIPAR DE UMA PESQUISA DE MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA QUE BUSCA IDENTIFICAR POSSÍVEIS PROBLEMAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E NO ENSINO DE GENÉTICA. O TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO GARANTE QUE VOCÊ NÃO SERÁ IDENTIFICADO.

DESDE JÁ OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO.... BOM TRABALHO!

Tempo de formado:
☐ 01 a 05 anos
☒ 05 a 10 anos
☐ 10 a 15 anos
☐ 15 anos ou mais

Você ministra ou já ministrou o conteúdo de genética? SIM ☐ NÃO ☒

QUESTÕES PROPOSTAS

01. Você sabe o que são os grupos sanguíneos? SIM ☒ NÃO ☐

Em caso positivo explique É o tipo de sangue que um indivíduo possui. Pode ser do tipo A, do tipo B, do tipo AB ou do tipo O e que traz informações genéticas daquela pessoa,

02. Você sabe qual importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos? SIM ☒ NÃO ☐

Em caso positivo cite pelo menos uma importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos Porque no caso de uma possível transfusão de sangue, se os grupos forem diferentes pode ocorrer problemas e levar o indivíduo a morte. Por isso não se recebe grupo sanguíneo diferente causando uma reação de incompatibilidade.

03. Você sabe o que é o sistema sanguíneo ABO? SIM ☒ NÃO ☐

Em caso positivo explique o que você entende - É o grupo sanguíneo da espécie humana. Está relacionado com a presença de um certo antígeno existente nas glóbulos vermelhos (os Aglutinogênios) e as Aglutininas presentes no plasma.

04. Você sabe o que é o sistema sanguíneo Rh? SIM ☒ NÃO ☐

Em caso positivo explique o que você entende - É o que determina se o grupo sanguíneo é positivo ou negativo.

Fonte: Questionário da pesquisa realizado pelo autor e orientador

Figura 3 - Questionário para professores folha 02

05. Você sabe qual a relação entre o sistema Rh e a Eritroblastose Fetal? **SIM (X) NÃO ()**
 Em caso positivo explique no caso da mãe ser Rh⁻ e o pai Rh⁺, o filho Rh⁺. Devido a incompatibilidade se levando a destruição das hemácias fetais.

06. Você saberia explicar o porquê da incompatibilidade entre mãe e feto no sistema Rh pode causar a Doença Hemolítica do Recém-nascido, enquanto que a incompatibilidade do sistema ABO não provocar problema semelhante? **SIM (X) NÃO ()**
 Em caso positivo explique Porque o organismo da mãe Rh⁻ não reconhece o feto Rh⁺ de filho e vai trabalhar contra, como se fosse um organismo estranho. Enquanto o feto ABO possui um tipo de memória biológica.

07. Você saberia explicar o porquê dos anticorpos anti-Rh passarem da mãe para o filho e os do sistema ABO não passarem? **SIM (X) NÃO ()**
 Em caso positivo explique vai de acordo com a herança genética de cada um. O sistema ABO traz genes importantes (ABO) (apresentar por herança) que vai formar a característica genética de um novo ser.

08. Você saberia diferenciar hematoaglutinação de hemólise? **SIM () NÃO (X)**
 Em caso positivo explique _____

09. Você saberia explicar o porquê das pessoas possuírem memória imunológica para o sistema ABO e não apresentarem a memória imunológica para o sistema RH? **SIM (X) NÃO ()**
 Em caso positivo explique Porque o organismo Rh⁻ reconhece o Rh⁺ como um corpo estranho enquanto o sistema ABO é herdado dos pais e traz informações genéticas daquela pessoa. Digo suas próprias informações baseadas nas que lhe foram herdadas.

10. Quando um indivíduo O Rh-negativo doa sangue para um AB Rh-positivo não estaria doando anticorpos anti-a, anti-b e anti-Rh? **SIM () NÃO (X)**
 Em caso positivo explique _____

Rh⁺ +
Rh⁻ +

Fonte: Questionário da pesquisa realizado pelo autor e orientador

Figura 4 - Questionário para alunos

Caro aluno você está participando de uma pesquisa que visa facilitar o ensino de Biologia no Ensino Médio. Não se preocupe, pois nem você nem sua escola serão identificados. Obrigado por responder esse questionário.

COM BASE EM SEUS CONHECIMENTOS RESOLVA AS QUESTÕES PROPOSTAS.

01. Você sabe o que são os grupos sanguíneos ? **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo explique São os diferentes tipos de hemótipos sanguíneos que existem na população

02. Você sabe qual importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos ? - **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo cite pelo menos uma importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos É importante saber pois talvez o indivíduo precise de fazer uma transfusão sanguínea, é importante que ele saiba seu tipo sanguíneo para que possa receber sangue compatível com o seu.

03. Você sabe o que é o sistema sanguíneo ABO? **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo explique o que você entende. É o sistema em que as proteínas são classificadas, incluindo as células sanguíneas. A, AB, B, O

04. Você sabe o que é o sistema sanguíneo Rh ? **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo explique o que você entende - É o sistema que classifica as proteínas em base da célula, Rh⁻ e Rh⁺.

05. Você sabe qual a relação entre o sistema Rh e a Eritroblastose Fetal? **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo explique Quando mãe está grávida se é Rh⁻ e o feto Rh⁺ ela produzirá anticóps Rh podendo causar a morte da mãe.

06. Você sabe explica o porquê da incompatibilidade no sistema Rh pode provocar a Eritroblastose fetal, ou Doença Hemolítica do Recém-nascido (DHRN), enquanto a incompatibilidade no o sistema ABO não provoca? **SIM (X)** **NÃO ()**

Em caso positivo explique Porque se a mãe for Rh⁻ e o feto Rh⁺ a mãe produzirá anticóps Rh podendo causar a morte da mãe.

A análise das respostas confirmaram que a maioria dos professores pesquisados apresentaram grande dificuldade de responder as questões de 06 a 10, sobre as quais segue nossa análise.

- 06.** “Você saberia explicar o porquê da incompatibilidade entre mãe e feto no sistema Rh pode causar a Doença Hemolítica do Recém-nascido, enquanto que a incompatibilidade do sistema ABO não provoca problema semelhante?
SIM () NÃO () Em caso positivo explique”

Essa pergunta apresentou um alto grau de dificuldade por parte de vários professores que não entenderam a pergunta e responderam-na como a condição básica para a ocorrência da Eritroblastose fetal. Aqui fica claro que os conceitos de imunologia e biologia molecular são mais do que necessário para a compreensão da incompatibilidade envolvendo a mãe e o feto no Fator Rh e incompatibilidade do sistema ABO não ocasionar um problema semelhante. No caso do sistema Rh o tipo de imunoglobulina (é IgG) é diferente do sistema ABO (é IgM), além do mais o anticorpos do Sistema ABO são produzidos naturalmente pelo nosso corpo, enquanto que os anticorpos para o Sistema Rh não são produzidos naturalmente, a gestante necessita ter um contato prévio para que a mesma possa produzir os anticorpos anti-Rh.

- 07.** “Você saberia explicar o porquê dos anticorpos anti-Rh passarem da mãe para o filho e os do sistema ABO não passarem? SIM () NÃO () Em caso positivo explique”

Essa questão apresentou maior dificuldade do que a anterior, mostrando que a maioria dos professores não tinha o embasamento de conhecimentos sobre imunologia e biologia molecular necessários para responder a essa pergunta. Vários professores deixaram de respondê-la por não saberem que os anticorpos IgG anti-Rh possuem receptores específicos na placenta, o que permite que esses anticorpos ultrapassem normalmente a barreira placentária e atingindo a corrente sanguínea do feto, onde se ligam aos Fatores Rh na superfície das hemácias fetais provocando a hemólise característica.

- 08.** “Você saberia diferenciar hematoaglutinação de hemólise?
SIM () NÃO () Em caso positivo explique”

A pergunta de número oito apresentou grau de dificuldade médio, visto que alguns não sabiam diferença entre hematoaglutinação (provocadas por anticorpos da classe IgM que normalmente são utilizados para a tipagem sanguínea in vitro ou

reação que ocorre fora do corpo humano) e da hemólise (provocadas por anticorpos da classe IgG com reação ocorrendo dentro do corpo humano). Alguns professores responderam acertadamente, ao estabelecerem a diferença entre hemólise e hemoaglutinação do ponto de vista fisiológico, mas não explicavam as razões moleculares que caracterizam as diferenças entre os dois processos.

09. “Você saberia explicar o porquê das pessoas possuírem memória imunológica para o sistema ABO e não apresentarem a memória imunológica para o sistema Rh? SIM () NÃO ()”

Esta pergunta apresentou um grau de dificuldade semelhante à questão de número 08, pois em ambas as perguntas estaria faltando para o professor os conhecimentos de imunologia para responder acertadamente que a imunidade para Sistema ABO é nata enquanto que a imunidade para o Sistema Rh é inata, ou seja, no neste Sistema a pessoa necessita ter contato prévio para que ela comece a produzir anticorpos anti-Rh.

10. “Quando um indivíduo O Rh-negativo doa sangue para um AB Rh-positivo não estaria doando anticorpos anti-a, anti-b e anti-Rh? SIM () NÃO ().”

Esta última pergunta apresentou um grau de dificuldade maior por parte dos professores pois, nos bancos de sangue quando um paciente está doando sangue no momento que a bolsa é enviada para o laboratório haverá um fracionamento da mesma, ou seja, o sangue é muito valioso para injetar todo o seu conteúdo em um paciente, pois cada um necessita de um dos componentes do sangue (plaquetas, hemácias, anticorpos, etc.). Caso uma pessoa fosse Rh⁻ os anticorpos anti-Rh seriam retirados da amostra e não haveria possibilidade da incompatibilidade.

3.2 A análise dos dados do questionário aplicado aos alunos

Da mesma forma que aplicamos um questionário não estruturado, dirigido aos professores, aplicamos um questionários semelhante aos alunos. Os resultados obtidos novamente confirmaram nossas suposições de que se a fonte (professor) apresenta problemas na compreensão do Fator Rh e no estabelecimento de uma relação com a Eritroblastose fetal, então, o receptor (aluno), também apresentará dificuldades de entendimento dessa unidade didática.

Percebemos através da análise dos resultados obtidos através dos questionários aplicados a alunos da 3ª série do ensino médio que os conhecimentos

de imunologia, biologia molecular e Genética são de fundamental importância para a compreensão dessa unidade didática.

Assim como no questionário destinado aos professores, os alunos foram convidados a participar de forma bem intuitiva e sem direcionamento (questionário não estruturado). As duas primeiras perguntas não apresentaram maiores dificuldade, pois sua finalidade era apresentar o tema para mais tarde aprofundarmos nas questões mais pertinentes.

“01. “Você sabe o que são os grupos sanguíneos? SIM () NÃO ()

Em caso positivo explique”

“02. “Você sabe qual importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos? - SIM () NÃO ()

Em caso positivo cite pelo menos uma importância prática de se determinar e conhecer os grupos sanguíneos dos indivíduos”

A partir das perguntas números 03 e 04 começaram a aparecer indicativos de incompletudes e/ou erros conceituais envolvendo os Sistemas ABO e Rh.

“03. “Você sabe o que é o sistema sanguíneo ABO? SIM () NÃO () caso positivo explique o que você entende.”

“04. “Você sabe o que é o sistema sanguíneo Rh? SIM () NÃO ()

Em caso positivo explique o que você entende.”

Frequentemente os alunos usam os conceitos básicos elementares de imunologia como aglutinina e aglutinogênio para explicar os sistemas, porém, vale salientar, que para maioria dos alunos do ensino médio não há diferenças entre os dois Sistemas sanguíneos (ABO e Rh) presentes no questionário.

As duas perguntas chave do questionário as de números 05 e 06 nos forneceram dados importantes para confirmar nossas suposições acerca do tema pesquisado.

05. “Você sabe qual a relação entre o sistema Rh e a Eritroblastose Fetal?

SIM () NÃO () Em caso positivo explique.”

06. “Você sabe explica o porquê da incompatibilidade no sistema Rh pode provocar a Eritroblastose fetal, ou Doença Hemolítica do Recém-nascido (DHRN), enquanto a incompatibilidade no o sistema ABO não provoca? SIM () NÃO ()

Em caso positivo explique”

Na pergunta de número 05 muitos alunos deixaram de estabelecer uma relação entre o fator Rh e a Eritroblastose fetal para apenas citar a possibilidade de

ocorrência. Esse comportamento evidencia para nós a falta dos conceitos de imunologia e sua importância para o entendimento desta incompatibilidade sanguínea.

A análise das respostas à pergunta 06 evidencia que a maioria dos alunos teve dificuldade de responder, devido à falta embasamento imunológico de que no Sistema ABO a imunidade é ocorre naturalmente após o nascimento enquanto que no Sistema Rh a imunidade só se desenvolve se houve um contato prévio, com sangue que contenha o fator Rh.

3.3 Análise dos livros didáticos

Ao fazermos uma análise sobre a adoção dos livros didáticos de Biologia, referentes à subunidade didática abordada nessa dissertação, nas principais escolas particulares de Belo Horizonte e também de outros livros referendados pelo PNLDEM obtivemos os seguintes resultados: o colégio Arnaldo, colégio Marista Dom Silvério, colégio Maximus, colégio Regina Pacis, colégio Santa Dorotéia e o colégio São Thomaz de Aquino adotam o livro AMABIS; MARTHO, 2006. O colégio Loyola, colégio Santa Marcelina, colégio Colibri Master, colégio Sagrado Coração de Maria, colégio Nossa Senhora da Piedade e Colégio São Francisco de Assis adotam o livro UZUNIAN; BIRNER, 2012. O colégio Santa Maria, colégio Logosófico, colégio Padre Eustáquio e colégio Batista Getsêmani adotam o livro LOPES, 2008.

Durante o nosso trabalho pesquisamos os principais livros utilizados no ambiente de sala de aula a maioria referendado pelo MEC no PNLDEM. Ao longo de nossa análise sobre o ensino do sistema Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal percebemos que a maioria dos livros utilizados pelos alunos e professores no ensino médio do Brasil não seria suficiente para explicar as diversas dúvidas e incompletudes na compreensão dessas unidades didáticas, verificada pela aplicação dos nossos questionários. Percebemos que mesmo com a utilização de todos os livros não seriam suficientes para sanar e responder as perguntas elaboradas com base nas dificuldades de professores e alunos. Para demonstrar a pertinência da afirmação anterior, apresentamos a seguir, de forma bem sucinta, como essas unidades didáticas são abordadas nos livros do ensino médio.

A análise sobre o livro AMABIS; MARTHO, 2006 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: revela que os autores descrevem, não

como ocorre a Eritroblastose Fetal, mas, ele já começa descrevendo quais são as possibilidades de ocorrência desta incompatibilidade sanguínea (Transfusão sanguínea sangue Rh positivo; quando uma mulher Rh negativa gera um filho Rh positivo). O autor se restringe a citar que para o fator Rh e o grupo MN não existem naturalmente os anticorpos no sangue das pessoas, ao contrário do que ocorre no sistema ABO.

Embora este seja um dos poucos autores que busca introduzir conceitos básicos de imunologia nessa unidade didática, ele não aprofunda o suficiente para subsidiar a compreensão dos mecanismos imunofisiológicos envolvidos nessa incompatibilidade sanguínea. Nos parece que o autor acredita que qualquer professor de Biologia deve ter conhecimento razoável sobre imunologia para prosseguir nas explicações necessárias a compreensão da incompatibilidade sanguínea, ao citar que após a mãe ser sensibilizada, ela cria uma memória imunológica na qual pode haver a produção de grandes quantidades de anticorpos anti-Rh rapidamente.

O livro LINHARES, Sérgio; GEWANDSNAJDER, Fernando, 2007 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: descreve como ocorre a DHRN demonstrando as possibilidades de ocorrência (criança Rh positivo e mãe Rh negativo), explicando o porquê da não ocorrência no primeiro filho. Esse autor explica também os sintomas característicos da Eritroblastose fetal. No início da unidade há explicação da Eritroblastose fetal um quadro com os genótipos e fenótipos das pessoas com relação ao fator Rh

O autor descreve alguns sintomas característicos da Eritroblastose fetal, o problema gerado pela destruição das hemácias da criança Rh positivo, com a consequente produção do pigmento bilirrubina, que pode, em casos extremos, depositar no cérebro, provocando surdez e deficiência mental. Em casos mais graves pode haver aborto espontâneo. O autor chama atenção para o fato da criança Rh positiva poderá ser salva através da troca gradativa de seu sangue por Rh negativo. As novas hemácias Rh negativas não serão destruídas e, após algum tempo, quando forem substituídas naturalmente por hemácias Rh positivas da própria criança, os anticorpos da mãe que passaram para criança já terão sido eliminados. O livro aparece um quadro Aplique seus conhecimentos com o título **Proteção natural contra a Eritroblastose fetal**. Neste quadro ele relata que a ocorrência da Eritroblastose fetal é inferior à que se devia esperar. Um dos motivos

é a proteção natural dada por uma incompatibilidade no sistema ABO. Por exemplo, no caso de uma mãe do grupo O e uma criança do grupo A, quando as hemácias A e Rh positivas da criança chegam ao organismo materno, elas serão destruídas pelas aglutininas anti-A existentes no plasma da mãe. Essa destruição ocorre antes que o mecanismo de produção de anticorpos anti-Rh seja desenvolvido pelo organismo materno. Neste mesmo quadro o autor coloca uma série de perguntas para que o aluno aplique os conhecimentos aprendidos com a leitura do texto explicativo. Há duas perguntas relativas à prevenção da Eritroblastose fetal: “a administração de soro com anticorpos anti-Rh em uma mãe Rh negativo logo após o parto para evitar a produção de anticorpos anti-Rh?” E logo a seguir lança outra pergunta sobre “... não seria prático injetar o soro durante a gravidez?”, e se utiliza dessas questões para demonstrar que essa aplicação poderia causar um problema no feto.

Em seu livro LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho, 2008a - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: a autora descreve a ocorrência da Eritroblastose fetal demonstrando as possibilidades de aparecimento da incompatibilidade sanguínea, mulheres Rh negativas sensibilizadas anteriormente. Esta sensibilização poderá ocorrer por transfusão de sangue Rh positivo ou gestação anterior de um filho Rh positivo. No livro há também um quadro sintetizando os genótipos e fenótipos das pessoas para o fator Rh.

A autora explica que após 15 a 20 dias de contato com as hemácias Rh positivas do feto a mãe desenvolve os anticorpos anti-Rh. Caso um recém-nascido apresente Eritroblastose fetal deve ser imediatamente submetido a uma transfusão de sangue, recebendo sangue do tipo Rh negativo, pois nele não há hemácias com fator Rh, pois nele não há o fator Rh que possam ser destruídas pelos anticorpos recebidos pela mãe. Como as hemácias são células anucleadas, elas têm pouca duração. Assim, após certo tempo as hemácias recebidas da transfusão morrem e são substituídas por outras, produzidas pelo próprio indivíduo. Essas novas hemácias possuem fator Rh, pois o indivíduo apresenta o alelo que determina a produção desse antígeno. Contudo não havendo mais anticorpo que recebeu da mãe, ele pode viver sem problemas com seu sangue. Atualmente a Eritroblastose fetal é prevenida injetando-se na mãe Rh negativo soro contendo anticorpos anti-Rh logo após o nascimento do primeiro filho Rh positivo. A aplicação do soro contendo anti-Rh logo em seguida ao parto provoca a destruição das hemácias que passam

do filho para o sangue da mãe, evitando, assim, a produção de anticorpos anti-Rh pela mãe. Essa prática deve ser repetida depois de cada parto, a fim de diminuir a sensibilização da mãe contra o fator Rh. A frequência observada de Eritroblastose fetal é, no entanto, menor que a esperada. Um dos motivos importantes para a redução da ocorrência dessa doença é a incompatibilidade do grupo sanguíneo do sistema ABO entre a mãe e feto. Assim, se o filho é do grupo A e a mãe é do grupo B, o sangue do filho não é compatível com o da mãe, e vice-versa. Neste caso, se há hemácias do filho, portadoras de um antígeno para o qual existe no sangue da mãe um anticorpo correspondente, passarem para o sangue da mãe, elas serão imediatamente destruídas; não haverá tempo para se formar o anticorpo anti-Rh e a mãe não será sensibilizada. Dessa forma, quando há incompatibilidade no sistema ABO, a frequência de Eritroblastose fetal é bastante reduzida. Essa explicação está incorreta do ponto imunológico, uma vez que as pessoas não apresentam naturalmente elevados níveis de anticorpos anti-A e anti-B, mas por serem naturalmente sensibilizadas para aglutinogênios A e B, possuindo memória imunológica, são capazes de responderem mais rápida e intensamente aos antígenos A e B do que ao fator Rh.

No livro UZUNIAN, Armênio; BIRNER, Ernesto, 2012 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: os autores descrevem as condições necessárias para o aparecimento dessa incompatibilidade sanguínea (crianças Rh positivas filhas de mães Rh negativas), nessas condições, se houver passagem de hemácias fetais contendo o fator Rh para o sangue materno, há sensibilização, que passa a produzir anticorpos anti-Rh. Ao cruzarem a placenta, esses anticorpos atingem a corrente sanguínea do feto e provocam a ruptura de hemácias fetais (hemólise). De um modo geral a Eritroblastose fetal ocorre a partir da segunda gestação de crianças Rh positivas de mães Rh negativo. Os autores descrevem uma perspectiva histórica explicando o procedimento realizado pelos cientistas ainda citam a proporção de pessoas na população que são Rh positivas (85%) e as que são Rh negativas (15%). Os autores explicam que ao contrário do que ocorre no grupo AB, os anticorpos anti-Rh não são naturais. Essa afirmação anterior contém um relevante erro conceitual: - Os anticorpos anti-Rh são tão naturais quanto os anti-A e anti-B, mas o que ocorre é que as pessoas que não são previamente sensibilizadas pelo fator Rh não apresentam células de memória imunológica capazes de produzir rapidamente anticorpos anti-Rh. Isso quer dizer

que sua produção deve ser decorrente de uma sensibilidade prévia. Assim, se uma pessoa Rh negativa receber sangue Rh positivo em uma primeira transfusão, ela será sensibilizada e produzirá anticorpos anti-Rh (na verdade desenvolverão memória imunológica anti-Rh). No caso de haver uma segunda transfusão de sangue Rh positivo, poderá ocorrer destruição das hemácias no organismo receptor, revelando incompatibilidade.

Com relação ao tipo de herança os autores descrevem como ela ocorre: três pares de genes estão envolvidos na herança do fator Rh, tratando-se, portanto, de um caso de alelos múltiplos. Para simplificar, no entanto, considera-se o envolvimento de apenas um desses pares para produção do fator Rh, motivo pelo qual passa a ser um caso de herança mendeliana simples. Há no livro uma tabela mostrando os genótipos e fenótipos do sistema Rh. Os autores colocam numa caixa texto uma observação sobre a criança envolvida nos casos de Eritroblastose fetal: “Na Eritroblastose fetal, a criança é sempre heterozigota (Rr), o gene r é herdado da mãe (rr) e o R é proveniente do pai (R_).” Há no texto um comentário sobre a forma de prevenir a ocorrência da Eritroblastose fetal:

“Atualmente, para se evitar a Eritroblastose fetal, imediatamente após o primeiro parto, a mãe recebe uma injeção de soro contendo anticorpos anti-Rh que destruirão as hemácias Rh positivas do feto que eventualmente tenham passado para o sangue dela. Assim, a mãe deixará de ser sensibilizada e, em uma segunda gravidez, o feto não correrá risco de ter a doença.”.

No livro JUNIOR, César da Silva; SASSON, Sezar, 2007 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: os autores começam um parágrafo descrevendo a relação entre o fator Rh e a Eritroblastose fetal:

“O fator Rh é responsável pela doença do recém-nascido chamada Eritroblastose fetal (DHRN, ou doença hemolítica do recém-nascido). As hemácias do feto sofrem destruição, o que acarreta uma série de consequências. A Eritroblastose fetal relacionada ao Rh ocorre apenas em um tipo de situação: mãe Rh negativa gerando filho Rh positivo. A explicação é a seguinte: a placenta, pela qual ocorrem as trocas de substâncias entre a mãe e filho, normalmente só permite a passagem de plasma”.

Esse é um erro conceitual grave, pois o plasma contém diversas proteínas, dentre elas alguns tipos de anticorpos (por exemplo, IgM) que não atravessam naturalmente a placenta. É o caso dos anticorpos anti-A e anti-B que se passassem da mãe para fetos do grupo A, B ou AB poderiam causar sérios problemas de incompatibilidade sanguínea.

Muitas vezes, porém, há rompimento dos finos capilares placentários, com passagem de hemácias do embrião (deveriam os autores escrever feto, em lugar de embrião) com fator Rh para a mãe Rh negativa. Como resultado, a mãe produz (os autores deveriam escrever que a mãe poderá produzir) anticorpos anti-Rh. Como essa produção é lenta, geralmente o primeiro filho Rh positivo não nasce afetado pela doença. Em uma segunda gravidez, se o feto é de novo Rh positivo, os anticorpos anti-Rh da mãe penetram na sua circulação e começam a destruir suas hemácias. Esse filho manifestará a Eritroblastose fetal. A genética do Fator Rh: Considera-se, de forma simplificada, que um único par de genes R (dominante) e r (recessivo) condicione o caráter. Os indivíduos Rh positivos serão, portanto, RR ou Rr. Os homozigotos recessivos (rr) serão Rh negativos. São portanto, alelos simples (e não alelos múltiplos).

Na realidade, a herança do sistema Rh é mais complexa. Foram descobertos três antígenos diferentes C, D e E, podendo estar presentes no indivíduo isolada ou simultaneamente. Somente as pessoas com o antígeno D são consideradas Rh positivas; esse antígeno está presente na população com maior frequência. Assim, mais de um gene, provavelmente uma série de genes alelos múltiplos, condicionam esse sistema.

Os autores dão ênfase à perspectiva histórica citando os cientistas descobridores. Eles utilizam uma caixa texto com título Mais Saúde, explicando a prevenção da Eritroblastose fetal:

“Quando uma criança nasce com Eritroblastose fetal, substitui-se gradualmente seu sangue Rh positivo por sangue Rh negativo. Isso objetiva eliminar aos poucos os anticorpos anti-Rh que a criança recebeu da mãe; mesmo que ainda reste uma pequena quantidade de anticorpos eles não reagem com as hemácias Rh negativas doadas. Evidentemente, após alguns meses essas hemácias são destruídas e substituídas por hemácias Rh negativas fabricadas pela própria criança. Conhecer os grupos Rh dos

pais pode ajudar a diminuir o problema da sensibilização da mãe. Quando uma mulher Rh negativa tem seu primeiro filho Rh positivo, injeta-se nela o soro anti-Rh, logo após o parto. Esse soro destrói as hemácias Rh positivo que ela possa ter adquirido do filho. Essa medida reduz consideravelmente a sensibilização da mãe, que costuma ocorrer em maior escala justamente por ocasião do parto. Dessa forma, um segundo filho Rh positivo poderá nascer sem a doença. É óbvio que, nos partos subsequentes, as mesmas medidas devem ser tomadas.”

O livro LAURENCE, J., 2005 - **Relações entre o fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: Durante a leitura do capítulo não se encontra uma relação direta entre o fator Rh e a Eritroblastose fetal, o autor descreve o tipo de herança relativo ao fator Rh e na página 617 e coloca duas caixas textos com os seguintes dizeres: Leituras – Eritroblastose fetal. Nestas duas caixas textos, aí sim, o autor faz a conexão entre Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal.

O autor compara a produção de anticorpos no sistema ABO e no fator Rh, demonstrando que no caso do fator Rh a produção de anticorpos não é imediata e nata, mas a mãe precisa ser sensibilizada para que ele comece a produzir sua imunidade. O autor destaca a importância para que o exame de determinação do fator Rh deva ser realizado por laboratórios especializados. Durante a explicação da ocorrência da Eritroblastose fetal o autor chama atenção para o fato do segundo filho for Rh positivo, deve ser submetido ao procedimento de **exsanguinotransfusão**, ou seja, ao mesmo tempo em que seu sangue é retirado, é transfundido outro, necessariamente Rh negativo. Esse novo sangue, não contendo o antígeno Rh, não sofre hemólise que poderia ser causada pelos anticorpos ainda presentes que aos poucos vão diminuindo, durante esse processo. A criança que for geneticamente Rh positivo, produzirá continuamente sangue com hemácias portadoras do fator Rh e dentro de aproximadamente cem dias, tempo de duração média das hemácias, seu sangue não mais conterá as hemácias recebidas na transfusão.

Após a leitura sobre a Eritroblastose Fetal o autor deixa algumas perguntas para os alunos resolverem e discutirem entre eles.

O livro MACHADO, Sídio, 2003 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose Fetal**: O autor descreve a genética do Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose Fetal. Há uma caixa texto com o título **“de olho no contexto - como se formam as aglutininas anti-Rh”** nesta explicação o autor determina a relação

entre a ocorrência da Eritroblastose fetal e também a diferença da produção de anticorpos no sistema ABO e do Fator Rh.

Há uma caixa texto na página 409 com o título **“Biodescoberta! A herança do fator Rh é polialélica:”** Pesquisas sobre a herança do Fator Rh mostraram que não existe somente um antígeno do Rh, mas vários que podem ser identificados por anticorpos específicos. Desse modo, os cientistas concluíram que o sistema Rh constitui um caso de herança múltipla (polialélica) determinada por uma série de três pares de genes C, c, D, d, E e e, cujos locos, muito próximos, se localizam no cromossomo 1. No entanto, somente as pessoas com o gene D são Rh positivo porque esse gene tem mais atividade antigênica que os outros. Concluímos que um indivíduo cDE/cdE será Rh positivo porque seu genótipo possui o gene D que origina o antígeno D. Se um indivíduo tem genótipo CdE/Cde é Rh negativo, pois não possui o gene D, logo não produz o antígeno D.” Há no texto explicação sobre o genótipo e fenótipo das pessoas com relação ao fator Rh.

O autor explica o Fator Rh como sendo polialélica, demonstrando as possibilidades de um indivíduo ser Rh positivo ou negativo. O autor descreve como ocorre as transfusões de sangue com relação ao fator Rh inclusive utilizando uma tabela para facilitar a compreensão pelo aluno. Durante a explicação da formação de anticorpos o autor delimita o tempo para a produção de anticorpos (dois meses). Há na página 410 outra caixa texto com o título **“de olho no contexto – Como tratar e prevenir a Eritroblastose fetal?”** O tratamento consiste em substituir-se o sangue Rh positivo da criança por sangue Rh negativo. Esse procedimento médico é feito através da técnica de exossanguíneo-transfusão na qual a criança troca pequenos volumes de sangue até perfazer a quantidade de 400 mL no período de 90 minutos. O procedimento é repetido várias vezes nas primeiras semanas para evitar que o pigmento bilirrubina (derivado da hemoglobina liberado durante a hemólise) deposite-se no sistema nervoso, visto que esse acúmulo pode destruir os neurônios. Para acelerar a destruição da bilirrubina, a criança faz sessões de fototerapia, que consiste em exposição da superfície corpórea à luz ultravioleta. Em 1968 foi criado o método eficaz de prevenção da Eritroblastose fetal. Para evitar que a mãe Rh negativo seja “sensibilizada” e produza anticorpos contra hemácias Rh positivo, ela recebe uma injeção intramuscular de imunoglobulina anti-D (exemplo: RhoGam, Materngam) um tipo de gamaglobulina, nas primeiras 72 horas após o nascimento do filho Rh positivo.

O livro CHEIDA, Luiz Eduardo, 2002 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose fetal**: O autor narra como se dá o aparecimento da Eritroblastose Fetal classicamente como mãe Rh negativa e criança Rh positiva. Chama a atenção que o autor descreve que: “Por ocasião de um problema ou mesmo durante o primeiro parto, o sangue da criança Rh positiva mistura-se com o sangue com o sangue da mãe, estimulando-a a produzir anticorpos anti-Rh. Essa produção é muito lenta e em baixa quantidade, o que garante o nascimento sadio para essa primeira criança. Mas agora, sensibilizada, a mãe continuará produzindo anticorpos anti-Rh. Caso engravide de novo e esse segundo filho também Rh positivo, ela agora terá volume suficiente de anticorpos para atingir as hemácias desse feto, destruindo-as. A destruição de hemácias (hemólise) justifica o nome da doença: doença hemolítica do recém-nascido. A hemólise no feto causa anemia (redução das hemácias do sangue) e icterícia (depósito de bilirrubina produzida no fígado a partir da hemoglobina destruídas nos tecidos, deixando a pele e as mucosas amareladas). Em razão da anemia, os órgãos produtores de sangue do feto passam a trabalhar intensamente, procurando compensar a perda das hemácias. Assim, acabam por liberar na circulação células sanguíneas imaturas, os eritroblastos, daí o nome Eritroblastose Fetal. Com isso, pode haver morte do feto (dentro do útero) ou morte do recém-nascido (após o nascimento). Quando a mãe de sangue Rh negativo tem um filho recém-nascido Rh positivo, deve receber vacina de **soro anti-Rh**, até o terceiro dia após o parto. A vacina destrói as hemácias do feto Rh positivas que ainda circulam na mãe, cessando a estimulação da produção de anticorpos. Assim, ela poderá ter outros filhos Rh positivos, pois não apresentará anticorpos.”

O autor descreve detalhadamente os sintomas da Eritroblastose fetal, demonstrando a origem do nome Doença hemolítica do recém-nascido, através do lançamento de eritroblastos, células imaturas ocasionando as complicações circulatórias no feto e no recém-nascido. O autor ainda chama a atenção para prevenção contra a Eritroblastose fetal através da injeção de soro anti-Rh nas mães em até três dias. O autor ainda demonstra através de cruzamentos as proporções genotípica e fenotípica para Fator Rh. O autor quando explica os principais sintomas da Eritroblastose Fetal tais como anemia, icterícia e o lançamento dos eritroblastos na corrente sanguínea, podendo ocasionar a morte dentro do útero ou após o

nascimento. Há no livro também menção a prevenção da Eritroblastose Fetal através da injeção de soro anti-Rh logo após o parto.

O livro SOARES, José Luís, 1999 - **Relações entre o Fator Rh e a ocorrência da Eritroblastose Fetal**: “No entanto, o gene D é que determina a produção da maior parte dos antígenos, sendo, assim, o verdadeiro responsável pelas reações antígeno X anticorpo observadas no sangue com relação ao fator Rh. Por essa razão, pessoas com genótipos **CCddEE**, **CcddEE**, **CCddEe** e outros, nos quais o par D não possui gene dominante, revelam-se Rh negativo. Já os portadores de genótipos como **ccDdee**, **CcDdEe**, **CCDDEE** e outros pela presença do D dominante, mostram-se Rh positivos. Isso justifica uma tendência dos hematologistas modernos de chamar o sistema Rh de Sistema D, de se referir ao **antígeno Rh** como **antígeno D**, bem como de substituir o nome anticorpo anti-Rh por anticorpo anti-D.”

“Um problema muito importante relacionado ao sistema Rh refere-se à incompatibilidade feto-materna. Quando a mãe tem sangue D negativo e gera um filho D positivo, o seu organismo sofre, notadamente por ocasião do parto (no descolamento da placenta), uma invasão de hemácias fetais que contêm o antígeno D (estranho a ela). A partir dessa ocasião, passa a haver a produção e acúmulo dos anti-D no sangue materno. Em gestações posteriores, com filhos D positivos, os anticorpos maternos atravessam a barreira placentária, alcançando a circulação do feto. Do choque entre anticorpos e o antígeno das hemácias fetais, decorre a hemólise do sangue da criança (destruição das hemácias).

A hemoglobina se espalha pelo sangue e lentamente se acumula, como um pigmento amarelo, na pele, provocando icterícia (pele amarela). Num mecanismo de defesa, a medula óssea vermelha do feto começa a lançar na circulação dele células jovens da linhagem vermelha – os eritroblastos. Daí, o nome da doença – Eritroblastose fetal. Quando a criança revela um quadro de Eritroblastose fetal não muito acentuada, ainda pode ser salva por meio da exo-sanguíneo transfusão, técnica que consiste em substituir gradualmente todo o seu sangue por sangue D negativo. Isso dará tempo para o organismo da criança de destruir as aglutininas recebidas da mãe, até que venha a formar novas hemácias D positivas. Nos casos mais graves, a criança nasce profundamente edemaciada (inchada) e o índice de mortalidade é praticamente de 100%.

Deve-se ter em mente, entretanto, que nem sempre ocorre incompatibilidade Rh em casais em que o marido é Rh positivo e a esposa é Rh negativo. É preciso admitir que o marido possa ser homozigoto ou heterozigoto. Neste último caso, há 50% de probabilidade de nascerem filhos Rh negativos, iguais a mãe, sem que surja nenhum problema de incompatibilidade materna-fetal

Hoje, nos casos de mulher D negativo com filho D positivo, aplica-se na mãe, dentro de 72 horas após o parto, uma dose única de anticorpo anti-D humano, que vai determinar a destruição das hemácias D positivas do feto que invadiram o organismo essas hemácias invasoras, o organismo materno por ocasião do deslocamento da placenta. Destruídas essas hemácias invasoras, o organismo da mulher não mais sentirá a necessidade de produzir anticorpos anti-D. como os anticorpos que ela recebeu por via injetável são heterólogos (fabricados por outro organismo, não o dela), serão metabolizados e destruídos ao fim de um tempo. Assim, a paciente não conterà no seu sangue nenhum anticorpo anti-D que possa criar problemas em futuras gestações.

Há um caso excepcional de mulheres D negativas que geram filhos D positivos sem formar aglutinina anti-D, que é explicado em função de incompatibilidade feto-materna com relação ao sistema ABO. Por exemplo: - Se a mãe é A negativo e o filho B positivo, quando houver invasão de hemácias fetais no organismo materno, essas hemácias B serão destruídas pelos anticorpos anti-B da mãe. E nessa destruição, também o antígeno Rh ou D das hemácias fetais será eliminado da circulação desincumbindo-se o organismo da mulher da tarefa de produzir os anticorpos anti-D.” Há no texto uma caixa texto com a proporção de indivíduos Rh positivos e negativos em diversas populações e grupos étnicos no mundo.

O autor descreve a importância dos cientistas na descoberta do Fator Rh (Landsteiner e Weiner) e cita também outros cientistas (Fisher e colaboradores) para determinar correta do genótipo dos indivíduos para o fator Rh. O autor narra o tempo necessário para se administrar os anticorpos anti-D na mãe, dentro de 72 horas, para evitar a sensibilização da mesma. Ele ainda narra o fato da proteção natural contra a Eritroblastose fetal quando se tem um casal A Rh negativo e o pai é B Rh positivo, levando a destruição das hemácias e consequentemente do antígeno D. Há no livro do autor uma tabela mostrando a proporção de pessoas em diversas populações e grupos étnicos para o fator Rh. O autor coloca numa caixa texto na

página 386 com os seguintes dizeres: “o anticorpo anti-D injetado na mulher logo após o parto é obtido do soro de mulheres Rh negativas sensibilizadas ao fator D ou Rh. A aplicação desse produto só é válida se feita logo no primeiro parto de filho Rh positivo. Depois que a mulher produz anticorpos anti-D, esta espécie de “vacina” não mais nenhum sentido.” Em outra caixa texto o autor escreve: “A produção de anticorpos (função imunitária) é variável, na sua eficiência, de indivíduo para indivíduo. Portanto, essa produção de anticorpos anti-D pode estar diminuída numa mulher D negativa que tenha gerado filho D positivo, tornando-se viáveis novas gravidezes com filhos D positivos sem grandes complicações. Essa seria outra explicação para não ocorrência da DHRN nos casos em que, pela lógica, seria inevitável o seu acontecimento.”

4. A GENÉTICA NA BIOLOGIA

A genética é a ciência da hereditariedade; constitui o ramo da biologia que estuda o mecanismo de transmissão dos caracteres de uma espécie, passados de uma geração para outra, além das variações que ocorrem nesse processo, fator importante na evolução dos organismos.

Os temas a ela associados, como transgênicos, a clonagem, o Projeto Genoma Humano, os testes de paternidade e maternidade, determinação dos Sistemas ABO e RH, dentre outros foram e são comumente enfocados pela mídia. Eles provocam impactos por causa das perspectivas que abrem em relação à sua aplicabilidade prática e geram polêmicas e sentimentos que vão da apreensão e do temor até a euforia, às vezes exagerada.

A genética, nome proposto por Willian Bateson no início do século XX, destina-se ao entendimento da herança e variação das características biológicas, ou seja: a explicação tanto para as semelhanças quanto para a variação entre os indivíduos é o foco de estudo da Genética como ciência. Esse campo do conhecimento é tido por alguns autores como *a mais básica de todas as disciplinas biológicas e o campo fundamental da Biologia, pelo seu caráter unificador, o qual integra todos os conceitos e informações biológicas*. (MAYR, 1998).

As recentes descobertas no campo da genética ultrapassam os limites acadêmicos e seus conhecimentos provocam implicações em toda a sociedade. Em 1988, Amabis já apontava para as transformações pelas quais a disciplina de genética vinha passando:

“A genética é a disciplina que, dentro da biologia, tem sofrido importantes mudanças nos últimos tempos, tanto em seus aspectos tecnológicos quanto conceituais. A transformação por que tem passado essa disciplina pode ser encarada como uma verdadeira revolução científica: após ter causado profundas modificações em conceitos biológicos fundamentais, suas contribuições ultrapassam os círculos acadêmicos e se difundiram rapidamente por amplos setores da sociedade, com sérias implicações de ordem social, moral e econômica.”

Amabis, 1998.

Nessas situações, a escola tem o papel importante, servindo como um local no qual se faz uma releitura dos fatos noticiados, as vezes de forma equivocados ou veiculados com conceitos errôneos, fornecendo aos alunos os conhecimentos necessários para que os mesmos possam compreender o mundo e participar efetivamente dele.

5. ELABORAÇÃO DO PRODUTO: MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR.

Ao propormos o material de apoio, com base na análise das respostas obtidas nos questionários e em levantamento do tratamento desses assuntos em livros didáticos do ensino médio, devemos esclarecer os seguintes pontos:

O ensino do tanto do Sistema ABO quanto do Sistema Rh necessita de uma nova abordagem necessitando de uma ampliação dos conhecimentos de Biologia Molecular e Imunologia para o ensino e a compreensão da Eritroblastose Fetal;

Descrever os tipos de imunidades presentes nos Sistemas ABO e Rh (nata e inata) para favorecer a compreensão da Eritroblastose Fetal;

Diferenciar os fenômenos hematoaglutinação e hemólise quando da análise de incompatibilidades “em vivo” e “em vitro”.

5.1 Pressupostos para a produção do material

Este material foi desenvolvido tendo como subsídios a análise das respostas obtidas nos questionários aplicados para professores e alunos, bem como no levantamento e análise de materiais bibliográficos pertinentes ao assunto.

Este material didático tem por finalidade fornecer subsídios para que o professor possa esclarecer as possíveis dúvidas, suas e de seus alunos, em relação ao Sistema Rh e sua relação com a Eritroblastose Fetal. Para alguns um primeiro contato com fatos e conceitos de imunologia e de biologia molecular, para outros uma revisão aprofundada e atualizada que procura esclarecer (explicar) os fenômenos e conceitos dessa unidade didática à luz da “nova biologia” (pcn+) esse material não pretende ser fechado, muito aprofundado (teoria da carga cognitiva) ou muito complexo, pois a proposta é que ele seja eficiente em esclarecer as dúvidas mais frequentes, e possibilitar a elaboração e acomodação de modelos explicativos por parte de professores e alunos. Esperamos ainda que esse material paradidático venha a representar o aprimoramento do conteúdo e da abordagem dessa unidade nos livros didáticos referendados pelo (PNLEM). (Implantado em 2004, pela Resolução nº 38 do FNDE, o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio).

É de se destacar que o professor deve tomar cuidado no que diz respeito ensino dos aspectos relativos à herança dos grupos sanguíneos, pois quem já está no magistério há muitos anos sabe que um simples conteúdo de biologia pode gerar consequências inesperadas. Há casos nas escolas que os pais possuem filhos adotados e não contaram para o filho esse fato e às vezes pode ser um momento rico de estreitar uma relação ou em outros provocar um atrito de consequências imprevisíveis. Para aquele professor que nunca vivenciou esse tipo de situação e não quer passar por uma situação inusitada, deve-se perguntar a orientadora educacional se por acaso há algum caso de filho adotado na escola (ela também pode não ter ciência do fato), mas isso não deve ser um empecilho para que o professor exerça sua função na sala de aula, afinal biologia é vida, e a vida tem dessas coisas...

Esse material didático tem como objetivo servir de subsídio para que o professor possa facilitar as dúvidas descritas ao longo dessa dissertação. Levando-se em conta os três principais tipos de carga cognitiva: **Carga cognitiva intrínseca** (imposto pela complexidade do conteúdo de ensino), **Carga cognitiva natural (Relevante)** (imposto pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem), **Carga cognitiva externa ao conteúdo irrelevante** (não interfere na construção e automação de esquemas e, conseqüentemente desperdiça recursos mentais limitados que poderiam ser usados para auxiliar a carga natural).

Cabe ao professor antes de aplicá-lo aos alunos realizar todas as tarefas de modo que ele perceba como a Carga cognitiva é importante para o desenvolvimento da aprendizagem nos alunos e também professores que desejam produzir materiais de qualidade para atingir seus objetivos de maneira efetiva. Tendo em vista que a capacidade mental é limitada, para aprendizagem de boa qualidade torna-se necessário um balanceamento dessas cargas (Intrínseca, Natural e Extrínseca).

6. TRABALHANDO COM O MATERIAL DIDÁTICO

Sugerimos aos professores que, antes de começar com a clássica explicação da organização e funcionamento do Sistema ABO, seria interessante abrir informalmente uma discussão com os alunos, com perguntas instigadoras do tipo: - “Qual é o seu tipo sanguíneo?”. Assim que as respostas fossem sendo dadas, o professor deveria lançar outra pergunta: “Qual a importância de se saber o nosso tipo sanguíneo?” ou “Por que algumas transfusões de sangue podem levar à morte?”. Esta contextualização inicial poderia produzir um clima favorável para o surgimento de novos questionamentos e exposições de conhecimentos e experiências prévias demonstrando a importância do estudo dessa unidade didática. Cabe aqui salientar que cada professor tem uma realidade e que não existe uma fórmula única ou ideal para se dar uma aula, e esse material apresenta apenas uma sugestão de como fazer diferente e obter um resultado eficiente.

Após chamar os alunos para a aula o professor deveria fornecer materiais acessórios (caso livro não possua as informações) para que os alunos possam começar a trabalhar os conceitos importantes de imunologia para facilitar a compreensão. Juntamente com esse material deveria dividir a turma em grupos e fornecer um texto com uma situação do dia-a-dia envolvendo uma transfusão de sangue em um hospital.

Situação 1

“José da Silva era um trabalhador da construção civil e sofreu um acidente, sendo imediatamente socorrido pelos atendentes do SAMU. Porém, surgiu um problema de ordem operacional, José da Silva era empregado de uma grande construtora e estava lotado em outro empreendimento da empresa, ele apenas fora requisitado para substituir um colega que estava adoentado, todas as suas informações como endereço, cargo, telefones de parentes estavam na outra obra. José da Silva havia caído de certa altura e durante o acidente ele havia perdido muito sangue. Ao longo do atendimento deu para perceber que os atendentes do SAMU **ministraram uma bolsa de soro** colocaram na ambulância transferindo-o para o pronto socorro mais próximo. O encarregado da obra, então se deslocou para o hospital para prestar não só solidariedade, mas também as informações necessárias para o restabelecimento de José. O encarregado chegou praticamente junto com ambulância, numa conversa preliminar com o médico de plantão lhe foi perguntado: “O senhor é parente da vítima?” Ele respondeu que não era seu parente que apenas estava representando a empresa é que outra pessoa estava trazendo todas as informações necessárias. O médico faz uma nova pergunta: **Saberia nos dizer pelo menos o seu tipo sanguíneo?** O encarregado respondeu que infelizmente não tinha conhecimento. De posse dessas informações o médico, transferiu José para o interior da sala de emergência e prestou o atendimento...”

Perguntas iniciais (que podem ser respondidas oralmente, em discussão na sala de aula, ou se preferir os alunos poderiam responder na própria folha do material):

01. Qual a importância de se saber o grupo sanguíneo de José?

Resposta - A importância seria para facilitar o atendimento médico hospitalar evitando problemas relacionados com a incompatibilidade sanguínea que podem levar o paciente ao óbito.

b) Por que os atendentes do SAMU ministraram uma bolsa de plasma em José?

Resposta - Os atendentes ministraram a bolsa de plasma porque numa situação de emergência os atendentes podem não obter informações sobre o grupo sanguíneo do paciente, podendo haver uma administração de sangue incompatível provocando complicações hematológicas. A administração do plasma é feita para evitar a incompatibilidade e fornecer líquido para restabelecer o volume perdido e facilitar a circulação no paciente evitando complicações principalmente no cérebro.

c) Como o médico deve proceder quando não se sabe o tipo sanguíneo de um paciente e que necessita de uma transfusão sanguínea de emergência?

Resposta - Nesse caso o médico pode administrar uma bolsa contendo o sangue doado por um paciente doador universal, ou seja do grupo O.

SUGESTÕES DE QUESTÕES A SEGUIR DEVEM SER RESPONDIDAS PELOS ALUNOS PARA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZADO

(Discussões e respostas em grupo) com base no material Paradidático de Imunologia, previamente fornecido caso o livro didático não possua o conteúdo.

a) Defina o que vem a ser Antígeno.

Qualquer substância que quando introduzida em um organismo induza a produção de anticorpos.

b) Defina o que vem a ser Anticorpo.

São denominados de imunoglobulinas, gamaglobulinas ou anticorpos. São proteínas que se formam na presença de antígenos.

c) Os anticorpos são todos iguais?

Não os anticorpos apesar de muito parecidos são diferentes sendo classificados em **IgG**, **IgA**, **IgM**, **IgD** e **IgE**. Sendo que esses mesmos anticorpos podem apresentar subtipos (haplotipos IgG1, IgG2). Cada tipo de anticorpo é específico de determinado antígeno, e o que geralmente varia é a extremidade que se liga ao antígeno que é denominada de cadeia leve.

d) O que vem a ser imunidade nata?

É o tipo de imunidade na qual o paciente não necessita ter o contato prévio para que o combate ao antígeno se processe.

e) O que vem a ser imunidade inata?

É o tipo de imunidade na qual o paciente necessita ter o contato prévio para que o combate ao antígeno se processe.

Situação 2

Com base no que foi trabalho por você nas situações anteriores produza um material no qual estejam explicitados os cuidados que uma gestante deve tomar para a mesma tenha uma gestação tranquila evitando os problemas relativos à incompatibilidade sanguínea relativa ao sistema Rh. Com intuito de organizar suas ideias tente seguir o roteiro abaixo para facilitar sua confecção.

a) Durante uma primeira consulta o médico pede à gestante que realize uma série de exames: urina, sangue, entre outros. Qual o propósito do médico e pedir o exame de sangue da gestante?

Resposta esperada: Identificar o tipo sanguíneo da gestante

b) Ainda durante a consulta o médico também pede ao marido da gestante que também realize um exame de sangue. Qual o propósito da realização deste exame no marido?

Resposta esperada: Identificar o tipo sanguíneo do Marido para que possa saber se durante a gestação pode haver incompatibilidade sanguínea entre a mãe e o feto.

c) De posse dos resultados dos exames de sangue do casal, quais seriam as considerações que médico poderia fazer para o casal com relação à incompatibilidade do fator Rh?

Resposta esperada: O médico de posse dos resultados deve fazer as seguintes considerações:

Se a mãe for Rh⁻: Se o marido for Rh⁻ não haverá problema de incompatibilidade sanguínea entre a mãe e o feto; se o marido for Rh⁺ poderá haver incompatibilidade entre a mãe e o feto nas seguintes situações: se a mulher estiver tendo sua segunda gestação e o primeiro filho for Rh⁺, ou, se a gestante já tiver sido submetida a uma transfusão de sangue Rh⁺ ela poderá apresentar incompatibilidade sanguínea mesmo que seja a primeira gestação.

Se a mãe for Rh⁺: Se o marido for Rh⁺ ou Rh⁻ não haveria incompatibilidade entre a mãe e o feto.

d) Analise a situação proposta:

No laboratório de qualquer hemocentro do país ocorre o procedimento de tipagem sanguínea. Retira-se uma amostra de sangue do paciente ou doador e aplicam-se sobre o mesmo os soros anti-A, anti-B e anti-Rh. A reação verificada na lâmina recebe que nome?

Resposta esperada: O nome do processo é hemoaglutinação, visto que no teste de tipagem sanguínea há somente a presença do anticorpo para se determinar o grupo sanguíneo não ocorrendo a destruição da hemácia, produzindo os “grumos” reação típica de aglutinação presentes na maioria dos livros didáticos.

e) Através do exame de sangue o médico pode saber o tipo sanguíneo do casal com relação aos Sistemas ABO e Rh. O conhecimento do sistema ABO da gestante seria importante para um procedimento cirúrgico como uma cesariana, porém, no caso de um parto normal o médico só levaria em consideração o Sistema Rh. Você saberia explicar a razão deste tipo de análise pelo médico?

Resposta esperada: Quando há um parto normal o médico leva em consideração apenas a análise do Sistema Rh por causa da Doença Hemolítica do Recém Nascido ou Eritroblastose fetal. Pois conforme visto nas alternativas anteriores a mãe sendo Rh⁻ e o pai sendo Rh⁺ poderá haver complicações relativas (descritas anteriormente as situações possíveis) ao sistema Rh entre a mãe o feto. Não há necessidade de se levar em consideração o Sistema ABO, pois, não haverá administração de sangue a gestante evitando as complicações hematológicas.

f) Levando em consideração o Sistema Rh, qual seria a situação (combinação de tipos sanguíneos) que poderiam levar a gestante a desenvolver a Eritroblastose fetal?

Resposta esperada: Se a mãe for Rh⁻: Se o marido for Rh⁻ não haverá problema de incompatibilidade sanguínea entre a mãe e o feto; se o marido for Rh⁺ poderá haver incompatibilidade entre a mãe o feto nas seguintes situações: se a mulher estiver tendo sua segunda gestação e o primeiro filho for Rh⁺, ou, se a gestante já tiver sido submetida a uma transfusão de sangue Rh⁺ ela poderá apresentar incompatibilidade sanguínea mesmo que seja a primeira gestação, outra situação possível seria através de um descolamento da placenta.

g) A gestante analisada poderia sofrer Eritroblastose fetal na primeira gravidez? Justifique sua resposta.

Resposta esperada: Sim. Se ela for submetida a uma transfusão de sangue antes da primeira gestação, ou se ela tiver um descolamento da placenta através de um traumatismo.

h) Suponha que a gestante tenha tido um parto normal e logo em seguida lhe fora ministrado soro contendo anticorpos anti-Rh (ou anti-D) o que você poderia inferir sobre os genótipos da mãe, do pai e da criança?

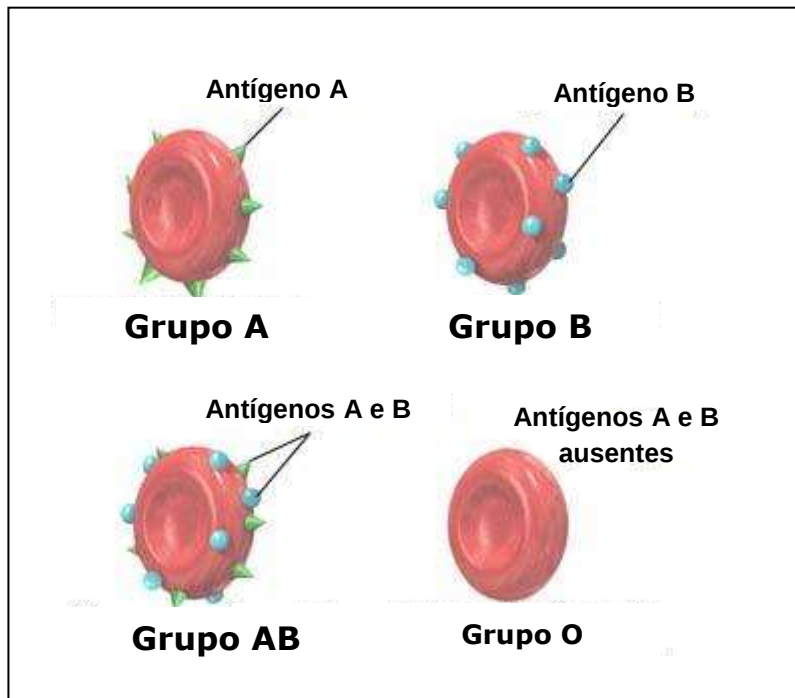
Resposta esperada: Se na gestante foi administrado o soro contendo anticorpos anti-Rh (ou anti-D), ela só pode ser rr, visto que os anticorpos administrados iriam destruir as hemácias da criança (Rr) antes da gestante ser sensibilizada. O pai deverá ser RR ou Rr.

i) Qual seria a finalidade de ministrar soro contendo os anticorpos anti-Rh para a gestante logo após o parto?

Resposta esperada: A finalidade de administração do soro seria a destruição das hemácias (Rh⁺) da criança na corrente sanguínea da mãe, através dos anticorpos impedindo que a mesma seja sensibilizada e comece a produzir anticorpos anti-Rh ou anti-D.

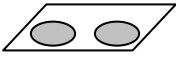
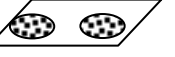
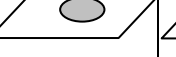
As constituições moleculares e algumas características diferenciais dos sistemas sanguíneos ABO e Rh estão reunidas na tabela abaixo. Tais esquemas não são suficientes para uma aprendizagem ampla e significativa (por ser uma abordagem restrita), mas se prestam principalmente à revisões e consultas.

Figura 5 – Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.



Fonte: Adaptado de LOPES, Maria Graciete Camarata, 2008

Tabela 01 - Análise comparativa dos Sistemas Sanguíneos ABO e Rh em seus aspectos genéticos e imunológicos

	Sistema ABO				Sistema Rh	
GENÓTIPOS	<i>ii</i>	<i>I^A I^A</i> <i>ou</i> <i>I^A i</i>	<i>I^B I^B</i> <i>ou</i> <i>I^B i</i>	<i>I^A I^B</i>	<i>rr</i>	<i>RR</i> <i>ou</i> <i>Rr</i>
FENÓTIPOS (Grupos)	O	A	B	AB	Rh-negativo	Rh-positivo
ANTÍGENOS	Nem a Nem b	Somente a	Somente b	Ambos a e b	Ausência de Fator Rh na superfície das hemácias	Presença de Fator Rh na superfície das hemácias
POSSIBILIDADE DE SER SENSIBILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE ANTICORPOS	SIM anti-a anti-b	SIM Somente anti-b	SIM Somente anti-a	NÃO	SIM anti-Rh	NÃO
RESULTADO DA TIPAGEM SANGUÍNEA IN VITRO	 - -	 + -	 - +	 + +	 -	 +

Fonte: elaborada pelo autor e orientador

Com base na tabela construída para os Sistemas sanguíneos ABO e Rh pudemos iniciar as explicações acerca da genética e da ocorrência das incompatibilidades sanguíneas nos dois sistemas.

Sistema ABO

Conforme a tabela acima podemos perceber que diferentes antígenos podem ser componentes do glicocálice da membrana plasmática da hemácia. E é com base na ausência ou na presença de determinado antígeno que podemos determinar (por teste in vitro) o grupo sanguíneo apresentado por um indivíduo:

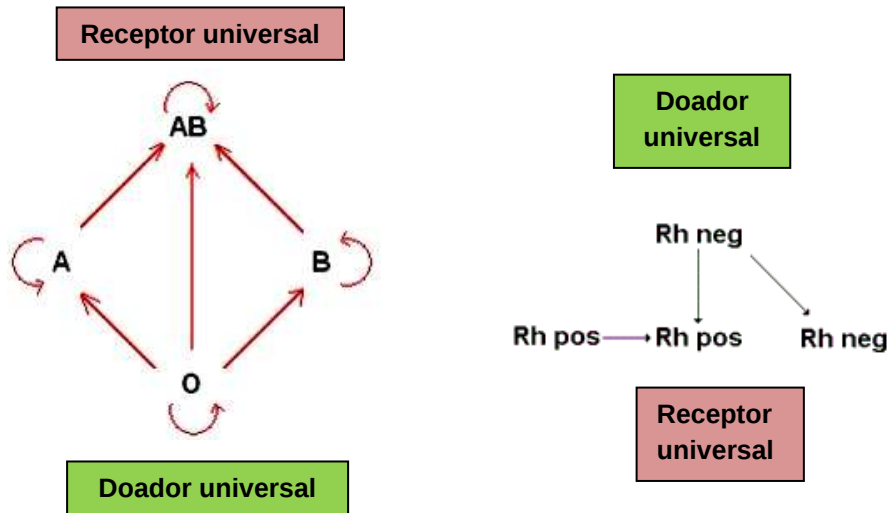
Grupo A: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias o antígeno A, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-A, mas pode produzir anticorpos anti-B no seu plasma.

Grupo B: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias o antígeno B, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-B, mas pode produzir anticorpos anti-A no seu plasma.

Grupo AB: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias ambos os antígenos A e B, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-A, ou anticorpos anti-B no seu plasma.

Grupo O: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo não apresenta nenhum dos dois tipos de antígenos (nem A nem B) na membrana plasmática das suas hemácias. Porém, ele pode produzir os dois tipos de anticorpos (aglutininas) anti-A e anti-B no seu plasma.

Figura 6 – Diagrama mostrando as diversas possibilidades de doações sanguíneas compatíveis (que não devem produzir reações adversas) no Sistema ABO e Rh



Fonte: Adaptada de PORTAL SÃO FRANCISCO, 2012

RELAÇÕES DE TRANSFUSÕES:

Com base nas informações da tabela e das figuras anteriormente mostradas (**Fig. 06 e Fig. 07**) podemos estabelecer os seguintes esquemas de doação:

Grupo A: pode doar sangue para indivíduos dos tipos A e AB, pois conforme visto por você eles possuem o antígeno A nas membranas das suas hemácias e produzem anticorpos anti-B

Grupo B: pode doar sangue para indivíduos dos tipos B e AB, pois conforme visto por você eles possuem o antígeno B nas membranas das suas hemácias e produzem anticorpos anti-A

Grupo AB: pode doar sangue para indivíduos do tipo AB, pois conforme visto por você eles possuem os antígenos A e B nas membranas das suas hemácias e NÃO produzem anticorpos de nenhum tipo, por esse motivo são denominados de Receptores Universais, ou seja, podem receber sangue de todos os tipos sanguíneos.

Grupo O: pode doar sangue para indivíduos dos tipos O, A, B e AB, pois conforme visto por você, eles NÃO possuem os antígenos A e B nas membranas das suas hemácias, por esse motivo são denominados de Doadores Universais, pois

podem doar sangue para qualquer tipo sanguíneo, e produzem anticorpos anti-A e anti-B.

TIPAGEM SANGUÍNEA

A tipagem sanguínea e levantamento de possíveis condições do doador que possam afetar a qualidade do sangue a ser doado são requisitos preliminares ao processo de doação. Vale ressaltar que mesmo após a coleta uma pequena fração do sangue doado é utilizada para a pesquisa da qualidade do material doado.

No processo de doação de sangue em hemocentros do país, quando se faz a coleta, por doador, aproximadamente 500 mL de sangue em uma bolsa apropriada (estéril e contendo anticoagulante), esta é enviada para o laboratório e então pode ser fracionada, separando diferentes constituintes do sangue para atender às demandas específicas. As hemácias, as plaquetas, o plasma e seus componentes podem ser separados e administrados de acordo com a necessidade dos pacientes. O sangue pode também ser integralmente transfundido para pacientes que sofrem perdas significativas de sangue.

É importante ressaltar que o sangue coletado de um indivíduo do grupo O (doador universal) não apresenta naturalmente altos níveis plasmáticos de anticorpos anti-a ou anti-b. Na realidade estes indivíduos apresentam naturalmente memória imunológica para os antígenos A e B, mas para apresentarem altas concentrações de anticorpos anti-a e anti-b ele precisariam ser previamente ter recebido pequenas quantidades não significativa para a determinação de

O que devemos pensar é que quando uma pessoa, por exemplo, pertence ao tipo sanguíneo A doa seu sangue, ele será fracionado e a pessoa que receber suas hemácias não estará recebendo os seus anticorpos anti-B, não havendo comprometimento do receptor.

Sistema Rh

Para analisar o Sistema Rh, nós temos conforme mostrado na tabela anterior dois tipos sanguíneos:

Rh negativo: NÃO apresenta a proteína D ou Rh na superfície de suas hemácias e produz anticorpos anti-Rh ou anti-D.

Rh positivo: apresenta a proteína D ou Rh na superfície de suas hemácias e NÃO produz anticorpos anti-Rh ou anti-D.

Da combinação entre o Sistema ABO e o fator Rh, podemos encontrar os chamados receptores e doadores universais. Logo os indivíduos do tipo AB⁺ (AB, Rh positivo) são os Receptores Universais e os indivíduos do tipo O⁻ (O ou Zero, Rh negativo) são os Doadores Universais.

7. DEPOIMENTO SOBRE O USO DO MATERIAL EM SALA DE AULA

O depoimento abaixo foi escrito pelo professor Nelson Fernandes, que utilizou o material produzido em suas aulas no ensino médio em diversas turmas em duas escolas particulares, de Belo Horizonte, nas quais ele leciona:

“Ao aplicar o produto desenvolvido pelo professor Marcelo em sua dissertação de mestrado, percebi que os alunos tiveram um crescimento cognitivo superior ao de uma aula tradicional. Notei que os alunos incorporaram de um tipo de conhecimento científico e técnico que pode ser imediatamente usado em sua vida cotidiana e que os mesmos estariam munidos de informações que os tornariam críticos a respeito dos desdobramentos envolvendo a teoria relacionada ao sistema sanguíneo Rh e a Eritroblastose fetal.

Os alunos, após a aplicação do produto, foram estimulados a refletir sobre as possibilidades e aplicações dos conhecimentos científicos relacionados à descoberta do sistema Rh humano e seus desdobramentos. Tal metodologia de ensino propiciou uma forma contextualizada e aplicada da produção do conhecimento, com características mais transdisciplinares do que disciplinares visto que o ensino de Biologia esbarra hoje em assuntos que, além de novos, necessitam receber diferentes tratamentos metodológicos e didáticos. Sendo a Biologia uma ciência dinâmica e em constante evolução, é de suma importância um trabalho contextualizado e voltado para a formação de pessoas críticas e entendedoras dos vários símbolos e facetas do mundo biológico.

Percebi que a metodologia de ensino proposta procurou quebrar uma abordagem internalista e altruísta da ciência, levando a uma discussão de suas condições de produção, divulgação e aplicação frisando que a tecnociência tem repercussão direta na vida das pessoas. Ao término da aula os alunos mostraram-se preparados para tomada de decisão sobre situações práticas que requeriam determinado conhecimento e aplicação da tecnociência relacionada ao sistema sanguíneo Rh humano.”

8. CONCLUSÃO

Constamos pelo presente pesquisa que os livros didáticos adotados pela maioria das escolas e referendados pelo PNLDEM do MEC apresentam deficiências com relação aos conteúdos abordados na subunidade didática: o ensino do Sistema Rh e sua relação com a ocorrência da Eritroblastose Fetal.

A forma tradicional de ensino e aprendizagem dessa subunidade didática tanto por parte dos professores quanto dos alunos apresentam pequenas incompletudes, criando lacunas de conhecimento dificultando a compreensão desses conteúdos. Durante esse trabalho verificamos que os conhecimentos de Biologia molecular e Imunologia são fundamentais para o entendimento dessa subunidade didática, sanando a maioria das dúvidas apresentadas, de acordo com os resultados obtidos através dos questionários não estruturados. Sem esse embasamento dificilmente alunos e professores conseguiriam perceber a diferença quanto a passagem de anticorpos via placenta, verificada com relação ao **Sistema Rh**, causando a incompatibilidade materno-fetal observada na Eritroblastose Fetal e também não seriam capazes de identificar o receptor **FcRn** responsável pelo transporte do anticorpo **IgG** pela placenta em comparação com os anticorpos do tipo **IgM** responsáveis pela imunidade do **Sistema ABO**.

Cabe também salientar que nossa pesquisa apenas abordou os aspectos epistemológicos relativos à ensino-aprendizagem do **Sistema Rh** e sua relação com a ocorrência da Eritroblastose Fetal. Essa subunidade didática ainda precisa ser investigada sob outros focos tais como: o uso das imagens como elemento facilitador/dificultador; os gêneros dos discursos utilizados pelos professores e alunos durante o processo de ensino-aprendizagem, entre outros. A investigação dessa e de outras subunidades didáticas ainda estão apenas no início de uma rica experiência para professores que desejam investigar e compartilhar conhecimentos de conteúdos revisitados.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Abul K.; LICHTMAN, Andrew H. **Imunologia Celular e Molecular**. 5a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia das populações** 2a. ed. Moderna, p.48 – 50.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Fundamentos da Biologia moderna**. 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2006

BARROS, Marta Duarte de; KULESZA, Tereza M.; SAMPAIO, Magda M. S. Carneiro. **Pape do leite materno na defesa do lactente contra infecções**. Revisões & Ensaios. Instituto da criança Prof. Pedro Alcântara do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 1982, p. 88 - 102. São Paulo

BARROS, Marta Duarte de. **Desenvolvimento do Sistema imunitário no ser humano**. Revisões & Ensaios. Instituto da criança Prof. Pedro Alcântara do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 1981, 197 - 207p. São Paulo

BENJAMINI, Eli; COICO, Richard; SUNSHINE, Geoffrey. **Imunologia** 4a.ed. Guanabara Koogan, p. 34 - 38.

BENJAMINI, Eli; COICO, Richard; SUNSHINE, Geoffrey. **Imunologia** 4a.ed. Guanabara Koogan, p. 177 - 179.

BIOMEDICINA PADRÃO Disponível em:
<<http://www.biomedicinapadrao.com/2011/02/teste-de-coombs-indireto.html>>
acessado em 02/02/2012

BRASIL, Ministério da Educação (MEC) Fundo Nacional de Educação. (FNDE) Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio PNLDEM 2004, Resolução nº 38 do FNDE 2004

BRASIL, Ministério da Educação MEC Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) PORTARIA Nº 501, DE 14 DE FEVEREIRO DE 2006. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/port501_pnlem.pdf>

CAVALCANTE, Francimary de Oliveira. **Presença de aloanticorpos eritrocitários em gestantes Rh negativo, atendidas na fundação de hematologia e hemoterapia do Amazonas**, 2005, 102f. Dissertação (mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

CHASSOT, Ático. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

CHEIDA, Luiz Eduardo. **Biologia Integrada**. v. único. São Paulo: Editora FTD, 2002. p. 317 - 318.

FIOCRUZ. **CECAL (Centro de Criação de Animais de Laboratório)**. Disponível em:< <http://www.cecal.fiocruz.br/content/rhesus>>. Acesso em 02/02/2012

FLORIZANO, A. A. Tulher; FRAGA, O. O. **Os desafios da enfermagem frente aos avanços da Hemoterapia no Brasil**, Revista Meio Ambiente Saúde, 2007. P. 282 - 295. Minas Gerais, Manhuaçu.

JANEWAY, Charles A.; TRAVES, Paul; WALPORT, Mark; SHLOMCHIK, Mark J. **Imunobiologia** 6a.ed. Artmed, p. 695 - 696.

JUNIOR, César da Silva; SASSON, Sezar. **Biologia** v. único 4a.ed. São Paulo: Editora Saraiva, p. 525 - 526. 2007.

JUNQUEIRA, Pedro C.; ROSEMBLIT, Jacob; HAMERSCHLAK, Nelson. História da Hemoterapia no Brasil, 2000. **Revista da Sociedade Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, 2005. p. 201 - 207.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de ciências. Temas Básicos de educação e ensino**. Ed. EPU. São Paulo, 1987.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LAUGKSCH, Rüdiger C. **Scientific literacy: a conceptual overview**. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 71- 94, 2000.

LAURENCE, J. **Biologia**. V. único. 1a.ed.São Paulo: Editora Nova Geração. 2005. p. 615 - 617.

LEONILDA. Blog pedagógico. Disponível em:<<http://professoraleonilda.wordpress.com/>>. Acessado em 02/02/2012

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje**. v.3 ed. São Paulo: Editora Ática, p. 70 - 73.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Volume Único**. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2007.

LOPES, Maria Graciete Camarata, 2008 **Grupos sanguíneos: Conheça a determinação genética dos grupos do sistema ABO**. Disponível em:<<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/grupos-sanguineos-conheca-a-determinacao-genetica-dos-grupos-do-sistema-abo.htm>> acesso em: 02/02/2012

LOPES, Sônia. **Bio3** 1a.ed Saraiva p. 92 - 93.

LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho; ROSSO, Sérgio. **BIO Volume 3**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho. **BIO Volume Único**. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

MACHADO, Sídio. **Biologia para o ensino médio**. Volume Único 1. São Paulo: Editora Scipione, 2003. p. 408 - 410.

MAYER, Richard. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.

MAYER, Richard. **Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding**. Journal of Educational Psychology. Vol. 93, Nº 1, p. 187-198. 2001b.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Unb. 1998.

MIELOMAMULTIPLO.ORG. Disponível em: <<http://www.mielomamultiplo.org/?tag=o-que-sao-imunoglobulinas>>. Acessado em 02/02/2012

MILLER, G. A. "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information". *Psychological Review* **63** (2): 1956, p. 81 – 97.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2000

NORRIS, S. P., & PHILLIPS, L. M. **How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy**. *Science Education*, 87, 2003, p. 224-240.

NUNES, Marcelo; GIRAFFA, Lúcia. **A educação na ecologia digital**. PPGCC/FACIN, PUCRS, 2003.

OLIVEIRA, Rosana Rossi de. **Imunohematologia e transfusões sanguíneas**, 2003, 60f. Monografia (Pós-graduação Latu-sensu em Imunologia Clínica)

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Série Imunologia Básica para Imunizações**, Módulo 1 Imunologia Geral, 1996. 30p.

PAULINO, Wilson Roberto. **Biologia Atual**. V. 3. 14a ed. Ática, p. 101 - 103.

PORTAL DE BIOLOGIA. Disponível em:
<http://portaldebiologia12.blogspot.com.br/2011_01_01_archive.html>. Acessado em 02/02/2012

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Tipos de sangue**. Disponível em:
<<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/corpo-humano-sistema-cardiovascular/tipos-de-sangue.php>> acesso em 02/02/2012.

PUC MINAS vestibular 2009. Disponível em
<http://www.pucminas.br/documentos/vestibular_bh_02_2009_area_01.pdf>

ROITT, Ivan M.; DELVES, Peter J. **Fundamentos de imunobiologia** 10a.ed. Guanabara Koogan, p. 339 - 342.

ROSEN, Fred S.; GEHA, Raif S. **Estudo de casos em imunologia** 3a.ed. Artmed, caso 22, p. 157- 162.

SÁ, Cynthia Amaral Moura. **Doença Hemolítica Perinatal pelo fator Rh: experiência de 10 anos do Instituto Fernandes Figueira**, 2006, 66f. Dissertação (mestrado em saúde da criança) Instituto Fernandes Figueira da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ.

SHAMOS, Morris Herbert. **The myth of scientific literacy**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

SANMARTÍN, José (Eds.). *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social*. Barcelona: Anthropos; Leioa (Vizcaya): Universidad del País Vasco, 1990. p. 42-75.

SOARES, José Luís. **Biologia no terceiro milênio** 2.1a.ed. Scipione, 1999. p.384-386.

SOARES, Magda. **Letramento: um tema em três gêneros**. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.

STITES, Daniel P; TERR, Abba I.; PARSLow, Tristam G. **Imunologia médica** 9a.ed. Guanabara Koogan, p. 215 - 222.

STITES, Daniel P; TERR, Abba I.; PARSLow, Tristam G. **Imunologia médica** 9a.ed. Guanabara Koogan, p. 475 - 482.

SWELLER, John. **Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist**. LEA, Inc., 2003.

TAROUÇO, L. M. R. (2006). **Alfabetização visual para a redução da sobrecarga cognitiva em material educativo digital**. In: Pereira, Alice Terezinha Cybis; Santos, Neri dos; Ulbricht, Vania Ribas (Org.). *Ambientes hipermidiáticos* (p. 37-48). Rio de Janeiro: Ciência Moderna.

UNIVERSIDADE DE ÉVORA. **Gravidez uma abordagem imunológica**. Disponível em: < http://evunix.uevora.pt/~sinogas/TRABALHOS/2000/imuno00_gravidez.htm> acessado em 02/02/2012

UZUNIAN, Armênio; BIRNER, Ernesto. **Biologia**. v. Único. 3.. ed. Harbra, p. 924 - 926.

UZUNIAN, Armênio. BIRNER, Ernesto. **Biologia Volume Único**. 4. ed. São Paulo: Editora Harbra, 2012

YAGER, Robert E.; ROY, R. **STS: most pervasive and most radical of reform approaches to "science" education**. In: YAGER, Robert E. (Ed.). *The science, technology, society movement*. Washington: National Science Teachers Association - NSTA, 1993. p. 7-13.

WAKS, Leonard J. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. *In*: MEDINA, Manuel;**

APÊNDICE

MATERIAL PARADIDÁTICO

AO PROFESSOR

Porque, para quem e para que foi produzido esse material paradidático

Prezado colega, ao trabalhar em sala de aula a genética dos sistemas sanguíneos ABO e Rh, e sua relação com a Eritroblastose Fetal, é possível que você já tenha ouvido dos alunos alguns dos questionamentos que destacamos a seguir, e mesmo outros tantos a respeito desse tema.

- *“Se o indivíduo Rh^- produz anticorpos anti-Rh, ao doar sangue para um paciente Rh^+ estes anticorpos atacarão as hemácias do receptor?”*
- *“Hemólise e hemoaglutinação são a mesma coisa? Pois em lâminas nós observamos aglutinação e no feto com DHRN ocorre a hemólise.”*
- *“Por que os anticorpos anti-Rh passam para o feto enquanto os anticorpos anti-A e anti-B não passam?”*
- *“Se uma mãe é do sangue O e produz anticorpos anti-A e anti-B porque estes anticorpos não passam para o feto A ou B e destrói suas hemácias?”*
- *“Por que o primeiro feto Rh^+ de mãe Rh^- não sofre não é afetado pela DHRN?”*
- *“Por que é usado o termo vacinação quando se injeta anticorpos anti-Rh em mães Rh^- de crianças Rh^+ logo após o nascimento? Não seria uma soroterapia ou soro-prevenção?”*
- *“Um feto Rh^- não poderia passar anticorpos anti-Rh para sua mãe Rh^+ ?”*
- *“Será que o resultado positivo para o soro (anticorpos) anti-B (hemoaglutinação em lâmina) ocorre devido uma incompatibilidade sanguínea, indicando que o sangue testado do tipo A.”*
- *“Eu não entendo como o sangue de um indivíduo ditos Falsos O com genótipo $I^A I^B$ não aglutina com os antissoros anti-A e anti-B, e pode doar sangue para qualquer tipo sanguíneo do sistema ABO”*

A análise desses e de outros questionamentos mais comuns proferidos por alunos do ensino médio em relação ao aprendizado dos sistemas ABO e Rh, e sua relação com a Eritroblastose Fetal, foi realizada como parte de uma pesquisa realizada no corpo de minha dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Para confirmar se tais questionamentos eram respondidos pela prática docente ou pelo livro didático, nós elaboramos e aplicamos questionários para alunos e professores. A análise das respostas a esses questionários, bem como um levantamento sobre o tratamento desses assuntos em livros didáticos do ensino médio nos convenceu que tanto os livros didáticos pesquisados como o tratamento dado ao assunto em sala de aula não eram suficientes para o esclarecimento adequado das dúvidas levantadas.

Acreditando que o ensino tanto do Sistema ABO quanto do Sistema Rh, normalmente trabalhados no capítulo de genética, necessitam de novas abordagens nas quais sejam aplicados conhecimentos de Biologia Molecular e Imunofisiologia para melhor compreensão e ensino dessa unidade didática, optamos pela elaboração desse material de apoio didático-pedagógico.

Pretendemos que esse material paradidático seja utilizado para estudar os tipos de imunidades (nata e inata) ligadas aos Sistemas ABO e Rh, apresentando as diferentes classes de anticorpos envolvidos com os reconhecimentos dos antígenos ABO e Rh e sua relação com os fenômenos de hematoaglutinação *in vitro* ou *in vivo* e hemólise *in vivo*, bem como esclarecedor das possíveis passagens de antígenos e anticorpos através da placenta e sua relação com a Eritroblastose fetal.

Esse material não pretende ser conclusivo ou fechado que não permita a reelaboração ou a adição de conteúdos e modelos afins, nem tão aprofundado e complexo a ponto de representar uma sobrecarga cognitiva que possa interferir na compreensão ou desanimar o leitor. Nossa intenção não é outra que não seja a de cativar o leitor e ser eficiente em esclarecer dúvidas mais frequentes com relação ao Sistema Rh e sua relação com a Eritroblastose Fetal, à luz da “nova biologia”, como preconizado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+).

Produzido como requisito e parte de uma pesquisa realizada no Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da PUC Minas, esse material didático tem por finalidade fornecer subsídios para que professores possam esclarecer possíveis

dúvidas, suas e de seus alunos, possibilitando reelaborações e acomodações de modelos explicativos para o assunto tratado.

A ELABORAÇÃO DO MATERIAL

Como foi produzido esse material paradidático

Sabendo que muitos professores elaboram seu próprio material didático a partir de materiais disponíveis, principalmente na “REDE”, achamos conveniente ressaltar que a elaboração de tais materiais, também denominados “Objetos de Aprendizagem” (OAs), ganha muito em qualidade educacional quando é pautada em alguns pressupostos já estabelecidos por teorias de ensino-aprendizado.

Assim, a elaboração desse material não se baseou apenas pela apresentação do conteúdo proposto.

Certos de que vários elementos relacionados à estrutura formal e à dinâmica de apresentação têm importância capital no processo de aprendizado, procuramos elaborar esse material com base na **Teoria da Carga Cognitiva TCC** (SWELLER, 2003) que defende a elaboração de materiais didáticos que não represente sobrecarga cognitiva para o aluno, potencializando seu aprendizado, bem como em alguns dos princípios da **Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia TCAM** (MAYER, 2001 e MAYER, 2001b) que norteiam a preparação e a avaliação de objetos de aprendizagem.

São alguns dos princípios defendidos pela TCAM, e por nós utilizados para a elaboração do material paradidático:

- **Princípio de Representação Múltipla:** os alunos aprendem melhor quando combinam palavras e imagens, do que no momento em que se usam somente palavras;
- **Princípio de Proximidade Espacial:** esse princípio diz respeito à proximidade de palavras e imagens, ou seja, é quando palavras e imagens correspondentes estão próximas em vez de afastadas;
- **Princípio da Não Divisão ou da Proximidade Temporal:** nesse princípio tem-se apresentação de palavras e imagens simultaneamente em vez de sucessivamente, uma vez que a apresentação de um texto e de uma animação na mesma tela divide do aluno;

- **Princípio das Diferenças individuais:** sabe-se que estudantes com maior nível de conhecimento, sobre um determinado assunto e com grau maior de orientação espacial possuem maiores condições de organizar e processar seu próprio conhecimento ao interagir com o assunto;
- **Princípio da Coerência:** refere-se à exclusão de palavras ou sons não relevantes para o assunto. Quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória de trabalho para processar um número maior de conhecimento;
- **Princípio da Redundância:** nesse princípio, ressalta-se que o uso da animação e narração, quando usadas simultaneamente no processo de ensino, potencializa o conhecimento, diferente de quando usadas separadamente.

Um "TOQUE" que pode ser útil

Sempre que se fala sobre o ensino dessa unidade didática é oportuno destacar que o professor deve tomar cuidado no que diz respeito ensino dos aspectos relativos à herança dos grupos sanguíneos, pois quem já está no magistério há muitos anos sabe que esse conteúdo da biologia pode gerar consequências inesperadas.

Há casos nas escolas que os pais possuem filhos adotados aos quais não revelaram tal fato. Descobrir pelo estudo dos grupos sanguíneos sua condição de adotado pode representar para alguns alunos um momento de amadurecimento e de possibilidade de estreitar relações familiares, contudo, para outros essa descoberta pode provocar conflitos internos e externos, que em alguns casos podem requerer acompanhamento psicopedagógico para o aluno em questão.

O professor que nunca vivenciou esse tipo de situação pode ser surpreendido e não estar preparado para dar uma resposta satisfatória em um determinado momento conflituoso. Melhor seria que ele estivesse preparado e se possível alertado pela orientadora educacional sobre possíveis casos de filhos adotados dentre aqueles que são seus alunos, mas isso não deve ser um empecilho para que o professor desempenhe sua função na sala de aula e trabalhe sempre com a verdade, afinal biologia é vida, e a vida tem dessas coisas...

UMA SUGESTÃO

SEMPRE QUE POSSÍVEL CONTEXTUALIZE, SOCIALIZE E MOTIVE.

Sugerimos aos professores que, antes de começar com a clássica explicação da organização e funcionamento do Sistema ABO, seria interessante abrir informalmente uma discussão com os alunos, com perguntas instigadoras do tipo: - “Qual é o seu tipo sanguíneo?”. Assim que as respostas fossem sendo dadas, o professor deveria lançar outra pergunta: “Qual a importância de se saber o nosso tipo sanguíneo?” ou “Por que algumas transfusões de sangue podem levar à morte?”.

A contextualização inicial normalmente cria um clima favorável que, ao despertar a curiosidade, motiva para a participação efetiva e afetiva. Podem surgir novos questionamentos e exposições de conhecimentos e experiências prévias que contribuem para demonstrar a importância do estudo dessa unidade didática.

Cabe aqui salientar que cada professor tem uma realidade e que não existe uma fórmula única ou ideal para se dar uma aula, e esse material apresenta apenas uma sugestão de como se pode proceder para obter resultados desejados.

A DESCOBERTA DO SISTEMA ABO

No início do Século 20, o imunologista austríaco, Karl Landsteiner, observou que o soro do sangue de determinados indivíduos ao ser adicionado ao sangue de outros, provocava a aglutinação das hemácias. Através de vários “cruzamentos” sanguíneos (testes *in vitro*) o pesquisador pôde determinar os quatro tipos (grupos) sanguíneos do sistema ABO.

Landsteiner percebeu que as hemácias ou glóbulos vermelhos do sangue podem ter, ou não, em suas membranas, dois tipos de **antígenos, A e B**, e que diferentes indivíduos pode apresentar um dentre os quatro tipos de hemácias:

- **A** → apresentam apenas antígeno A;
- **B** → apresentam apenas antígeno B;
- **AB** → apresentam antígenos A e B;
- **O** → não apresentam nenhum dos dois antígenos.

No plasma desses indivíduos podem existir, ou não, dois tipos de **anticorpos: Anti-A e Anti-B**.

- **O indivíduo de sangue tipo A** não produz anticorpos Anti-A, mas é capaz de produzir anticorpos Anti-B, uma vez que o antígeno B lhe é estranho;
- **O indivíduo de sangue tipo B** não produz anticorpos Anti-B, mas é capaz de produzir anticorpos Anti-A, uma vez que o antígeno A lhe é estranho;
- **O indivíduo AB** não produz nenhum dos dois anticorpos pois os dois antígenos lhe são familiares;
- **O indivíduo O** é capaz de produzir anticorpos Anti-A e Anti-B, pois não apresenta em suas hemácias antígenos A e B.

UM PEQUENO HISTÓRICO SOBRE AS TRANSFUSÕES

A primeira transfusão precedida da realização de provas de compatibilidade, foi realizada em 1907, por Reuben Ottenber, porém este procedimento só passou a ser utilizado em larga escala a partir da Primeira Guerra Mundial (1914-1918).

Em 1914, Hustin relatou o emprego de citrato de sódio e glicose como uma solução diluente e anticoagulante para transfusões, e em 1915 Lewisohn determinou a quantidade mínima necessária para a anticoagulação. Desta forma, tornavam-se mais seguras e práticas as transfusões de sangue.

Idealizado em Leningrado, em 1932, o primeiro banco de sangue surgiu em Barcelona em 1936 durante a Guerra Civil Espanhola.

Após quatro décadas da descoberta do sistema ABO, um outro fato revolucionou a prática da medicina transfusional, a identificação do fator Rh, realizada por Landsteiner.

No século XX, o progresso das transfusões foi firmado através do descobrimento dos grupos sanguíneos; do fator Rh; do emprego científico dos anticoagulantes; do aperfeiçoamento sucessivo da aparelhagem de coleta e de aplicação de sangue, e, do conhecimento mais rigoroso das indicações e contra indicações do uso do sangue.

Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/transfusao.../transfusao-sanguinea.p...

ANTÍGENOS PRESENTES NAS HEMÁCIAS (OS ANTÍGENOS SANGUÍNEOS)

Diferentes antígenos podem ser componentes do glicocálice da membrana plasmática das hemácias. E é com base na ausência ou na presença de determinado antígeno que podemos determinar (por teste *in vitro*) o grupo sanguíneo apresentado por um indivíduo.

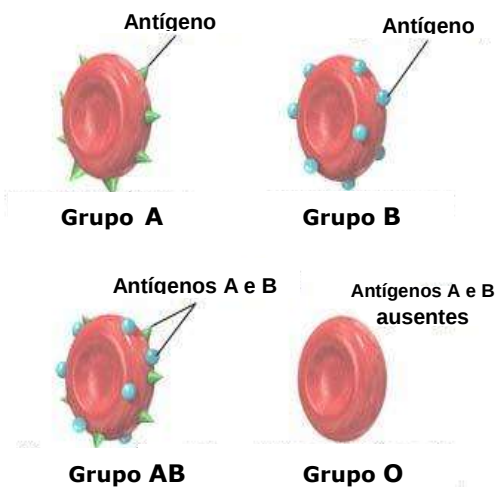
UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Antígeno para quem?

RESPOSTA PODERIA SER:

- O QUE APARECE NA SUPERFÍCIE DAS HEMÁCIAS DE UM INDIVÍDUO SÓ É ANTÍGENO PARA OUTRO INDIVÍDUO CUJO ORGANISMO DESCONHECE TAL MOLÉCULA (glicolípide; glicoproteína ou proteína).
- É DIZER QUE, EM ALGUNS CASOS, UM INDIVÍDUO FENOTIPICAMENTE (tipo sanguíneo) INCOMPATÍVEL É CAPAZ DE REAGIR IMUNOLOGICAMENTE A OUTRO TIPO DE SANGUE, E POR ISSO NÃO DEVE RECEBÊ-LO EM SEU ORGANISMO.
- ANTÍGENO É CORPO ESTRANHO PARA UM DETERMINADO ORGANISMO.

DESCREVENDO OS GRUPOS SANGUÍNEOS DO SISTEMA ABO

Figura 7 - Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.



As representações simbólicas dos antígenos A e B na superfície de hemácia pode ser uma estratégia didática para incrementar o ensino desse conteúdo.

Contudo, o professor deve estar atento, e utilizar recorrentemente os mesmos símbolos selecionados para trabalhar com as suas turmas, pois variações representam sobrecarga cognitiva desnecessária.

As representações dos anticorpos devem apresentar complementaridade como os símbolos escolhidos para os antígenos.

Fonte: Adaptado de LOPES, Maria Graciete Camarata, 2008

Grupo A: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias o antígeno A, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-A, mas pode produzir anticorpos anti-B no seu plasma.

Grupo B: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias o antígeno B, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-B, mas pode produzir anticorpos anti-A no seu plasma.

Grupo AB: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo apresenta na membrana plasmática de suas hemácias ambos os antígenos A e B, e consequentemente ele não deve produzir anticorpos (aglutininas) anti-A, ou anticorpos anti-B no seu plasma.

Grupo O: o indivíduo que possui esse tipo sanguíneo não apresenta nenhum dos dois tipos de antígenos (nem A nem B) na membrana plasmática das suas

hemácias. Porém, ele pode produzir os dois tipos de anticorpos (aglutininas) anti-A e anti-B no seu plasma.

UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Se os indivíduos do grupo O produzem anticorpos anti-A e anti-B, ao doarem sangue para um paciente AB não é de se esperar que a transfusão fizesse mal ao receptor?

E A RESPOSTA PODERIA SER:

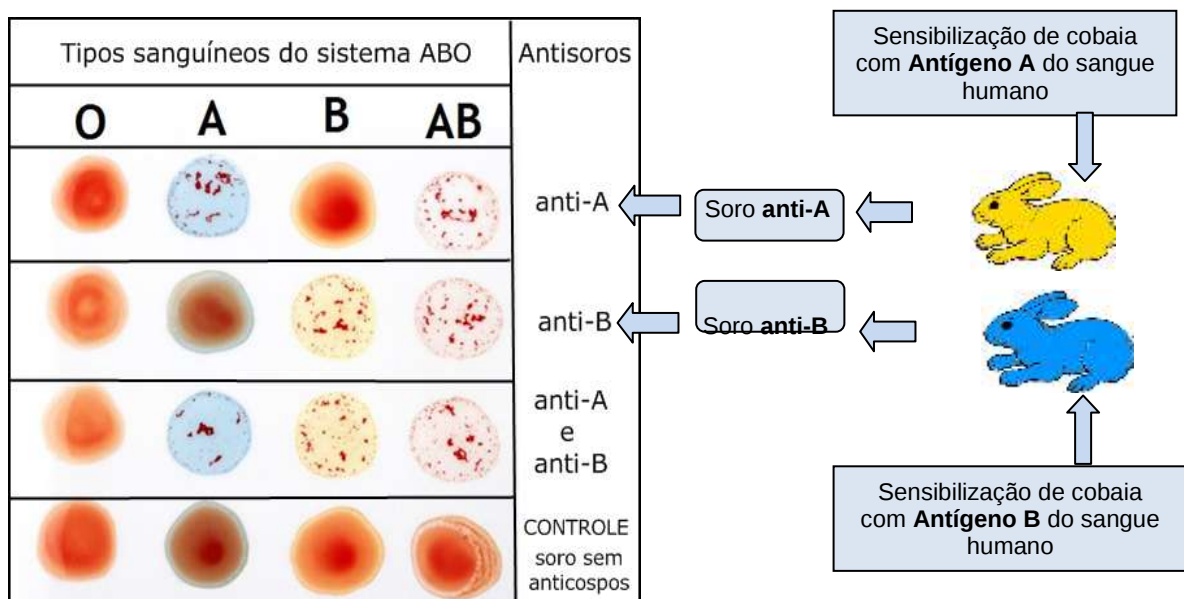
- Indivíduos do grupo O desenvolvem naturalmente memória anti-A e anti-B, mas a produção e a presença de anticorpos contra os antígenos (aglutininas) A e B no plasma sanguíneo depende de estimulação recente de células de memória.

DETERMINAÇÃO DOS GRUPOS SANGÜÍNEOS ABO E RH

Anticorpos específicos (produzidos em cobaias sensibilizadas com os antígenos do sistema ABO e Rh) são capazes de se ligar e aglutinar apenas as hemácias que apresentam o correspondente antígeno em sua superfície.

As figuras a seguir mostram as possíveis reações de hemoaglutinação por teste *in vitro*, para a determinação do grupo sanguíneo a partir de amostras (gotas) de sangue de diferentes indivíduos.

Figura 8 - Tipos sanguíneos sistema ABO



Fonte: PORTAL DE BIOLOGIA, 2011

EXERCÍCIOS

Antes de seguir em frente, recomendamos que o professor desafie os alunos a identificarem os tipos sanguíneos a partir dos resultados apresentados abaixo, para verificar se os mesmos compreenderam o princípio do teste. VEJA O EXEMPLO

Figura 9 - Tipos sanguíneos sistema ABO

SORO anti-Rh	SORO anti-A	SORO anti-B	SORO anti-A anti-B	Tipo sanguíneo determinado pela AGLUTINAÇÃO das hemácias
				
				
				
				

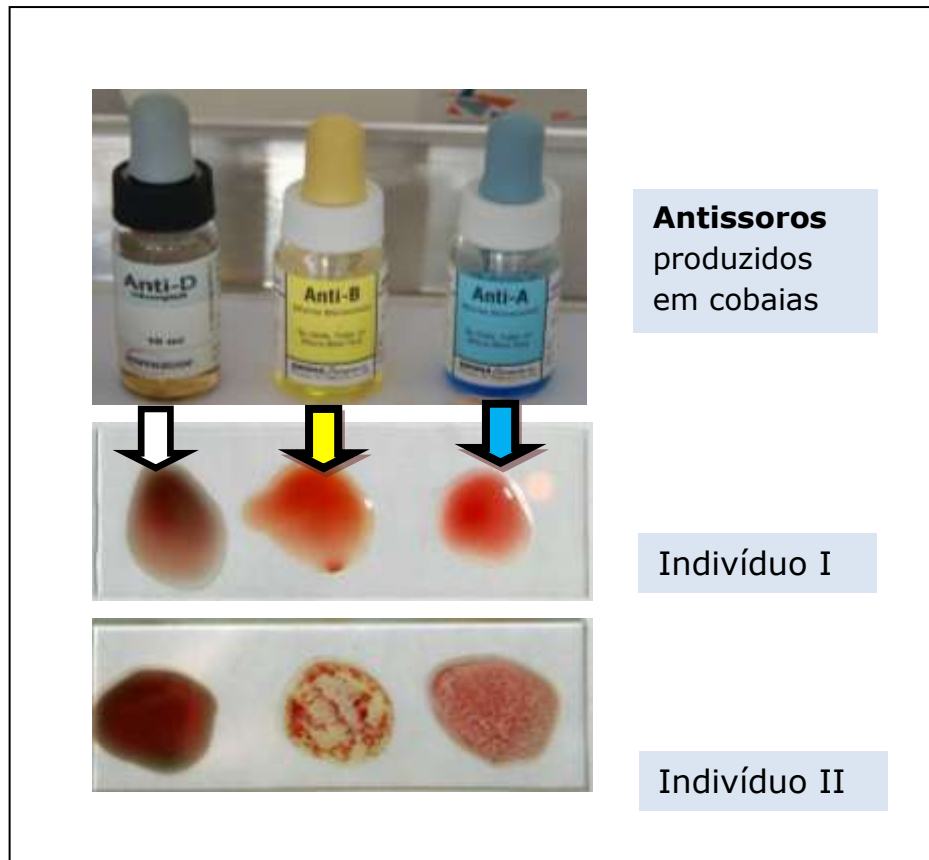
IDENTIFIQUE OS GRUPOS SANGÜÍNEOS ANALISANDO OS RESULTADOS APRESENTADOS
O esquema sugerido pode ser montado em cartolina ou projetado no quadro.

O -	O +
A -	A +
B -	B +
AB -	AB +

Fonte: PORTAL DE BIOLOGIA, 2011

Exercícios com questões discursivas podem ser úteis na verificação da utilização de conceitos para a resolução de problemas, revelando a apropriação e acomodação modelos mentais pelos alunos. VEJA O EXEMPLO A SEGUIR

Figura 10 - Mostra testes de hemoaglutinação *in vitro* para dois indivíduos diferentes.



Fonte: adaptada de RESENDE, Rosane Santos, 2012

Com base nos resultados dos testes responda a que se pede:

01. Determine os tipos sanguíneos dos indivíduos I e II Nos Sistemas ABO e Rh.

Indivíduo	TIPO SANGUÍNEO sistema ABO	TIPO SANGUÍNEO sistema Rh
I		
II		

02. Porque o indivíduo I não pode doar sangue para o Indivíduo II?

- _____

03. Porque o indivíduo II não pode doar sangue para o Indivíduo I?

- _____

04. Tratando-se de teste realizado para mãe e filho afetado por Eritroblastose Fetal, defina quem é a mãe e que é o filho.

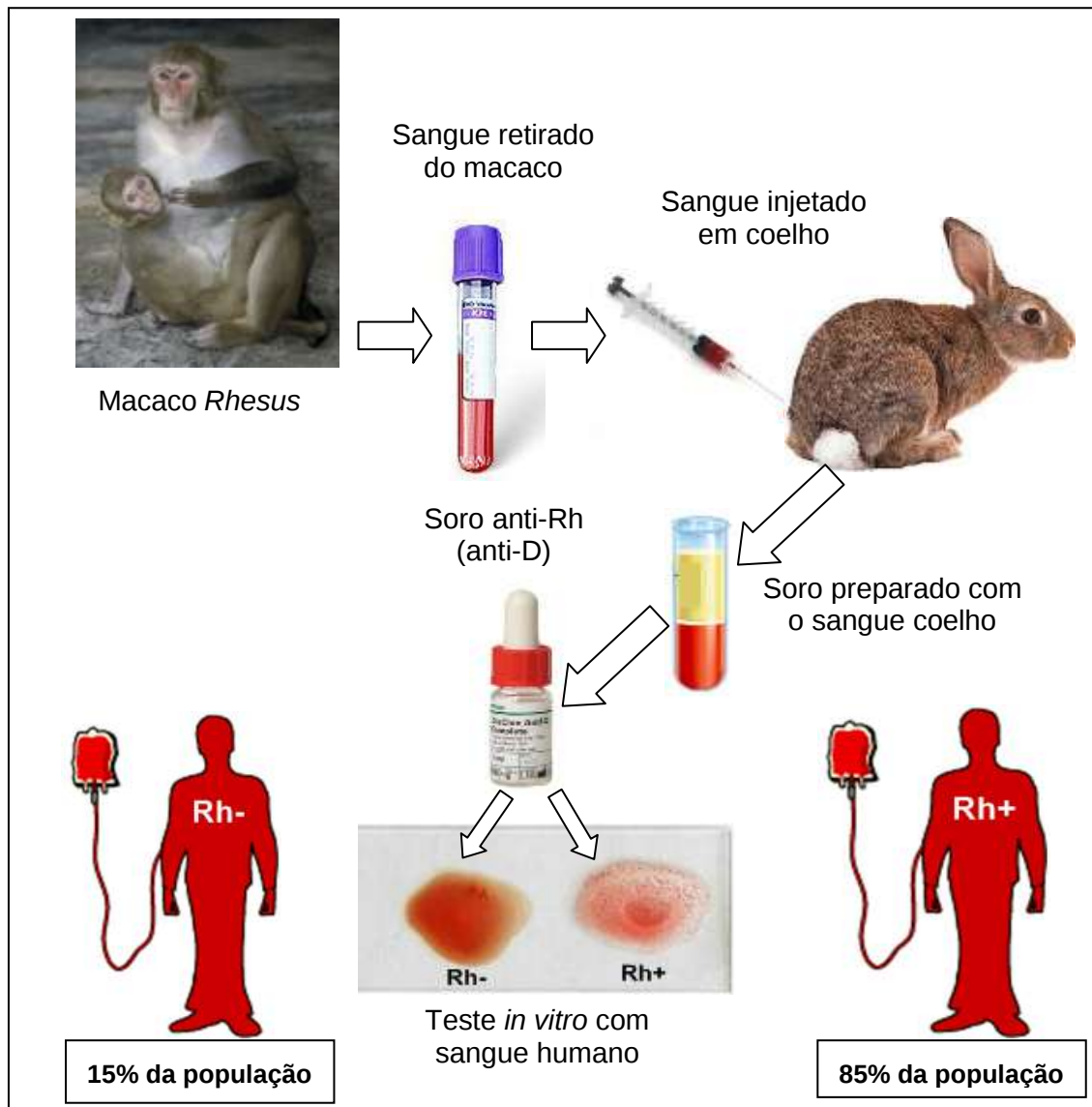
Mãe - _____ Filho - _____

SISTEMA SANGUÍNEO RH

Os grupos sanguíneos do sistema Rh de humanos foram descobertos, em 1940, por Landsteiner e Wiener a partir do sangue de macaco do gênero *Rhesus*. Algum tempo após injetar o sangue desse macaco em coelhos, havia produção de anticorpos para combater as hemácias introduzidas. O soro produzido a partir do sangue dos coelhos que continha anticorpos anti-Rh (ou anti-D) que poderia aglutinar as hemácias do macaco.

A FIGURA A SEGUIR PODE SER UTILIZADA PARA SE CONTAR ESSA HISTÓRIA.

Figura 11 - Macaco *Rhesus* e a sua relação com a descoberta do Fator Rh.

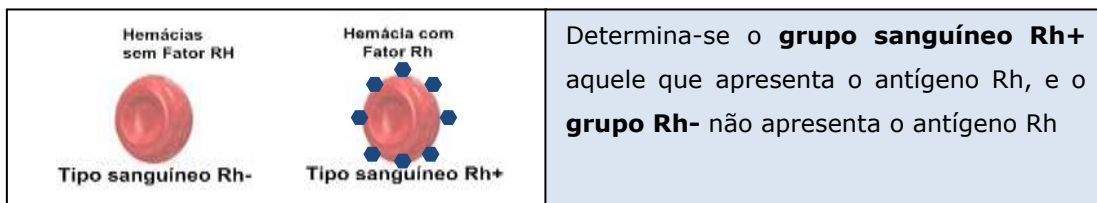


Fonte: adaptado da FIOCRUZ. CECAL (Centro de Criação de Animais de Laboratório), 2012

DICA DIDÁTICA - A apresentação simultânea de narrativa oral e imagens (baixa carga cognitiva ou baixa densidade informativa) é, normalmente, mais eficiente para o ensino-aprendizado, do que a leitura de texto e figura contíguos. A explicação para isso é que informações orais e visuais entram em nosso sistema nervoso através de canais diferentes.

Testando por hemoaglutinação *in vitro* o sangue de muitos indivíduos da espécie humana, Landsteiner verificou que, ao misturar gotas de sangue dos indivíduos com o soro contendo anti-Rh, cerca de 85% dos indivíduos testados apresentavam aglutinação e 15% não apresentavam.

Figura 12 - Representação dos antígenos determinantes dos grupos sanguíneos do Sistema ABO.



Fonte: Adaptado de LOPES, Maria Graciete Camarata, 2008

Figura 13 - Determinação do Genótipos e Fenótipos do Sistema Rh

Genótipo	Grupo	Hemácias	Plasma
DD ou Dd	Rh+	Com antígeno Rh	Sem anticorpos anti-Rh
dd	Rh-	Sem antígeno Rh	Com anticorpos anti-Rh se recebeu hemácias c/ antígeno Rh



Como interpretar essa informação?

Fonte: LEONIDA, 2012

No plasma sanguíneo humano não ocorre “naturalmente” a memória, não havendo produção rápida e intensa de anticorpos anti-Rh pela estimulação antigênica, como acontece no sistema ABO. Essa memória pode ser desenvolvida se uma pessoa do grupo Rh-, receber sangue de uma pessoa do grupo Rh+, por transfusão ou por via placentária.

Uma dúvida possível é: - O que significa “naturalmente”?

Os alunos normalmente aceitam, mas não compreende muito bem porque, somente o segundo feto Rh+ está sujeito à Eritroblastose Fetal.

E A UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Porque os indivíduos A, B ou O apresentam “naturalmente” memória anti-B; anti-A ou ambas, enquanto indivíduos Rh- só desenvolverão memória anti-Rh após serem previamente sensibilizadas por sangue Rh+?

E A RESPOSTA PODERIA SER:

Os seres humanos possuem uma microbiota natural, ou seja, microorganismos que vivem em seu organismo. Dentre esses microorganismos há um grupo de bactérias que possuem em sua superfície oligossacarídeos semelhantes aos antígenos A e B do sistema ABO...

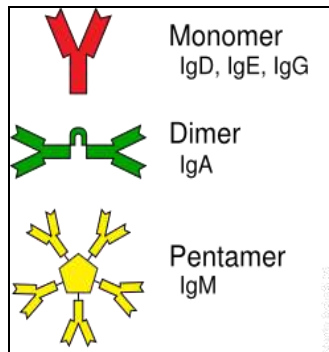
Por isso, pessoas que não apresentam nas hemácias os antígenos A (grupo B) ou não apresentam os antígenos B (grupo A), ou mesmo o que não apresentam nenhum dos dois antígenos (grupo O), podem ser sensibilizadas (imunizados) por essas bactérias, o que os leva a desenvolver memória imunológica contra qualquer desses antígenos, ou contra ambos, mesmo sem ter nunca tido recebido sangue de outro indivíduo. O mesmo não acontece para o antígeno D, também denominado Fator Rh.

“Hemólise e Hemoaglutinação são a mesma coisa? Em lâminas nós observamos hemoaglutinação e no feto com Eritroblastose ocorre a hemólise.”

HEMOAGLUTINAÇÃO E HEMÓLISE SÃO FENÔMENOS DIFERENTES

Nosso organismo produz diferentes tipos ou classes de anticorpos (VER ABAIXO, AS REPRESENTAÇÕES e PROPRIEDADE DE CADA CLASSE) que, de uma maneira geral, atuam em diferentes tipos de respostas imunológicas adaptativas, as quais se somam sequencial ou simultaneamente para manter a homeostase no organismo.

Figura 14 - Tipos de imunoglobulinas humanas

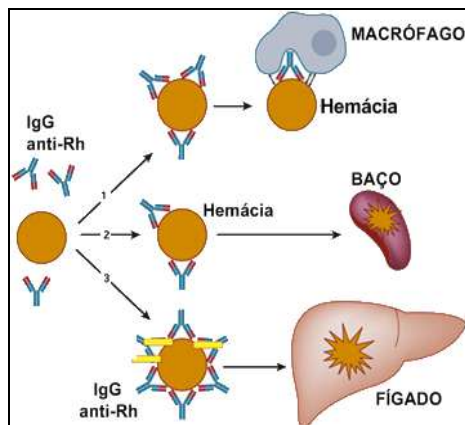


<u>IgA</u>	Encontrado em áreas de mucosas, como os intestinos, trato respiratório e trato urogenital, prevenindo sua colonização por patógenos.
<u>IgD</u>	Funciona principalmente como um receptor de antígeno nas células B.
<u>IgE</u>	Se liga à alérgenos e desencadeia a liberação de histaminas dos. Também protege contra vermes parasitas.
<u>IgG</u>	Proporciona a principal imunidade baseada em anticorpos contra os patógenos que invadem o corpo. É o único tipo de Ig que o bebê recebe da mãe
<u>IgM</u>	Expressa na superfície das células B. Elimina patógenos nos estágios iniciais da imunidade mediada pelas células B antes que haja IgG suficiente

Fonte: adaptado de MIELOMAMULTIPLO.ORG, 2012

Para diferenciar **HEMÓLISE** de **HEMOAGLUTINAÇÃO** nós abordaremos alguns aspectos estruturais e algumas das diferentes propriedades de apenas dois dos anticorpos acima citados: classe **IgG** (com estrutura monomérica) e classe **IgM** (com estrutura pentamérica).

Figura 15 - Diferenciação de Hemólise da Hemoaglutinação

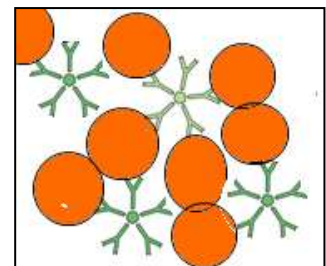


A figura ao lado mostra que anticorpos da classe **IgG** ao se ligarem nas hemácias acarretam sua fagocitose por macrófagos e sua **HEMÓLISE** no fígado e no baço.

A figura ao lado mostra que anticorpos da classe **IgM** ao se ligarem entre hemácias acarretam sua **HEMOAGLUTINAÇÃO** que pode ser:

in vitro – no teste positivo em lâmina.

in vivo – decorrente de reação transfusional imprópria.



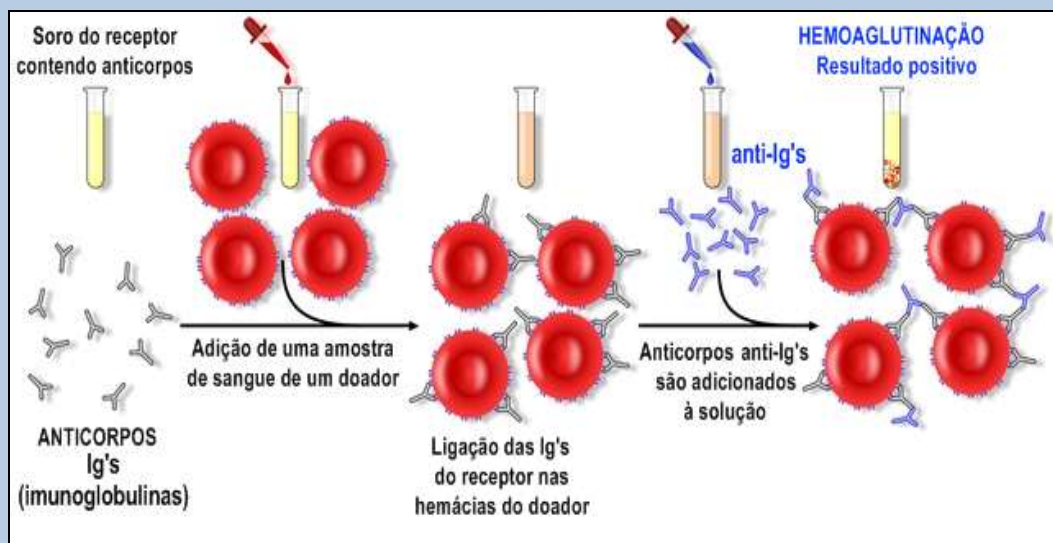
Fonte: figuras desenhadas pelo orientador

Figura 16 - Representação da Hemoaglutinação

É BOM QUE O PROFESSOR TAMBÉM SAIBA QUE...

A HEMOAGLUTINAÇÃO também pode ser obtida usando-se anticorpos IgG contra antígenos da superfície de hemácias, mas nesses casos um segundo anticorpo contra a região Fc da IgG (região oposta à região de reconhecimento antigênico da imunoglobulina).

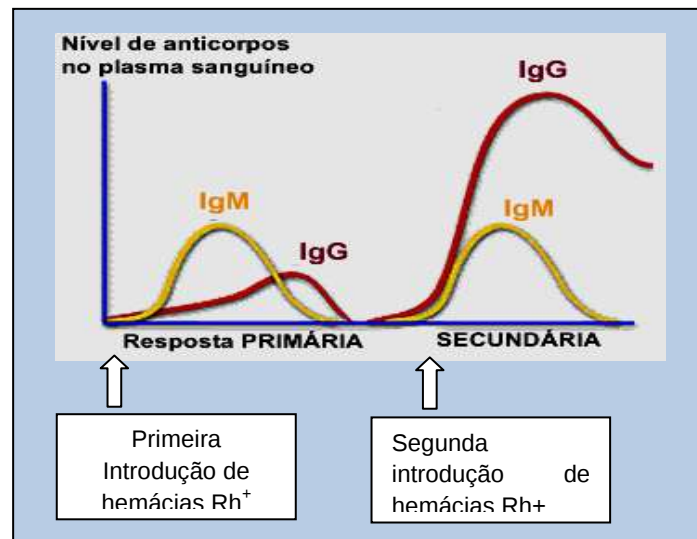
Os anticorpos anti-IgG podem se ligar simultaneamente em dois anticorpos que estão ligados nas hemácias, aglutinando-as.



Fonte: adaptada de BIOMEDICINA padrão, 2012

Outro aspecto importante para se compreender melhor o processo determinante da Eritroblastose Fetal, é a diferenciação das respostas imunológicas adaptativas primárias e secundárias, não somente quanto à rapidez e intensidade, mas também quanto a classes de anticorpos envolvidos.

Figura 17 - Resposta imunológica primária e resposta imunológica secundária

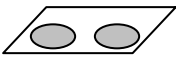
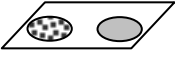
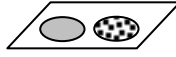
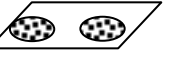
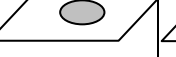


Fonte: adaptada de ROITT, página 8.14

ASPECTOS GENÉTICOS E IMUNOLÓGICOS DOS SISTEMAS SANGUÍNEOS ABO E RH.

As constituições moleculares e algumas características diferenciais dos sistemas sanguíneos ABO e Rh estão reunidas na tabela abaixo. Tais esquemas não são suficientes para um ensino-aprendizagem ampla e significativa (por ser uma abordagem restrita), mas se prestam principalmente à revisões e consultas.

Tabela 2 - Comparação das características do Sistema ABO e Sistema Rh

	Sistema ABO				Sistema Rh	
GENÓTIPOS	<i>ii</i>	<i>I^A I^A</i> <i>ou</i> <i>I^A i</i>	<i>I^B I^B</i> <i>ou</i> <i>I^B i</i>	<i>I^A I^B</i>	<i>rr</i>	<i>RR</i> <i>ou</i> <i>Rr</i>
FENÓTIPOS (Grupos)	O	A	B	AB	Rh-negativo	Rh-positivo
ANTÍGENOS	Nem a Nem b	Somente a	Somente b	Ambos a e b	Ausência de Fator Rh na superfície das hemácias	Presença de Fator Rh na superfície das hemácias
POSSIBILIDADE DE SER SENSIBILIZADO PARA A PRODUÇÃO DE ANTICORPOS	SIM anti-a anti-b	SIM Somente anti-b	SIM Somente anti-a	NÃO	SIM anti-Rh	NÃO
RESULTADO DA TIPAGEM SANGUÍNEA IN VITRO	 - -	 + -	 - +	 + +	 -	 +

Fonte: produzida pelo autor e orientador

Com base na tabela construída para os Sistemas sanguíneos ABO e Rh, podemos explicar acerca da biologia molecular e da imunologia, explorando as compatibilidades e as incompatibilidades sanguíneas nos dois sistemas.

Conhecer as compatibilidades e incompatibilidade é fundamental para:

- a segurança para o receptor nas transfusões
- para a exclusão de paternidade e de maternidade

- para a compreensão da Eritroblastose Fetal.
- para a compreensão da prevenção da Eritroblastose Fetal.

TRANSFUSÕES RECOMENDADAS (ABO E RH)

Embora esse não seja um aspecto cuja abordagem seja difícil ou complicada, alguns alunos costumam, mesmo após abordagem competente do professor, apresentar dúvidas capazes de deixá-lo inseguro na resolução de problemas.

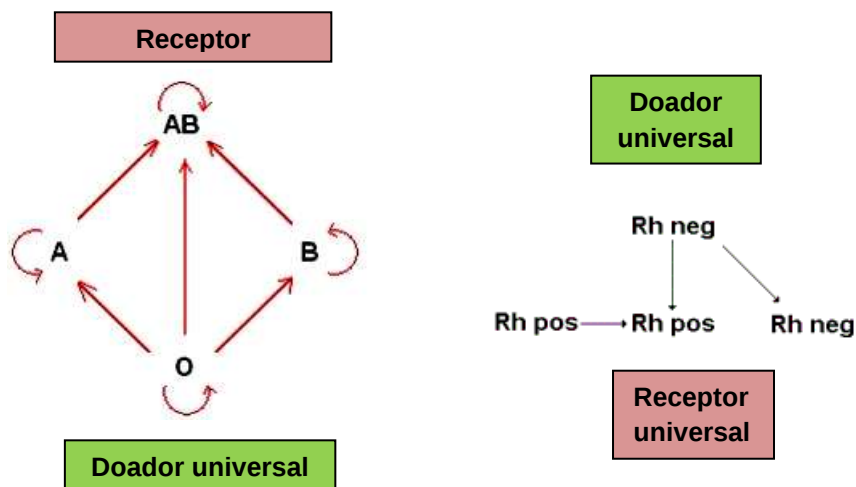
UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Se os indivíduos do grupo O produzem anticorpos anti-A e anti-B, ao doarem sangue para um paciente AB não é de se esperar que a transfusão fizesse mal ao receptor?

E A RESPOSTA PODERIA SER:

- Indivíduos do grupo O desenvolvem naturalmente memória anti-A e anti-B, mas a produção e a presença de anticorpos contra os antígenos (aglutininas) A e B no plasma sanguíneo depende de estimulação recente de células de memória.

Os diagramas mostram as diversas possibilidades de doações sanguíneas compatíveis (que não devem produzir reações adversas) no Sistema ABO e Rh.

Figura 18 – Diagrama mostrando as diversas possibilidades de doações sanguíneas compatíveis (que não devem produzir reações adversas) no Sistema ABO e Rh



Fonte: Adaptada de PORTAL SÃO FRANCISCO, 2012

Com base nas informações da tabela e dos diagramas apresentados anteriormente podemos estabelecer os seguintes esquemas de doação, que não represente risco para a saúde do doador:

Grupo A: pode doar sangue para indivíduos dos tipos A ou AB, pois conforme visto por você eles possuem o antígeno A nas membranas das suas hemácias e produzem naturalmente grandes quantidades anticorpos anti-B, caso haja o estímulo apropriado.

Grupo B: só pode doar sangue para indivíduos dos tipos B ou AB, pois tais indivíduos possuem o antígeno B nas membranas das suas hemácias e produzem naturalmente grandes quantidades anticorpos anti-A, caso haja o estímulo apropriado.

Grupo AB: só pode doar sangue para indivíduos do tipo AB pois, conforme visto, tais indivíduos possuem os antígenos A e B nas membranas das suas hemácias e NÃO produzem anticorpos de nenhum tipo, por esse motivo são denominados de “**Receptores Universais**”, ou seja, podem receber sangue de todos os tipos sanguíneos ABO.

Grupo O: pode doar sangue para indivíduos dos tipos O, A, B e AB pois, conforme visto, eles NÃO possuem os antígenos A e B nas membranas das suas hemácias, sendo por esse motivo são denominados de “**Doadores Universais**”, mas podem produzir naturalmente anticorpos anti-A e anti-B, caso haja o estímulo apropriado (não quer dizer que tenham anticorpos circulantes capazes de afetar o receptor).

Grupo Rh⁻: por não possuírem Fator Rh em suas hemácias esses indivíduos podem doar sangue tanto para Rh⁺ como para Rh⁻, desde que não haja incompatibilidade ABO.

Grupo Rh⁺: por possuírem Fator Rh em suas hemácias esses indivíduos só podem doar sangue para indivíduos Rh⁺

O ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - o que pode acontecer com um indivíduo que recebe em sua corrente circulatória (por transfusão) sangue contendo antígenos (aglutininas)?

E A RESPOSTA PODERIA SER:

O organismo do receptor, após algum tempo (dependendo em parte da memória imunológica), poderia reagir produzindo anticorpos capazes de se ligarem as hemácias recebidas, provocando sua aglutinação, com consequências graves e normalmente fatais.

CONSEQUÊNCIAS PARA O RECEPTOR DE TRANSFUSÕES IMPRÓPRIAS

O Box abaixo pode ser útil para se explicar um dos possíveis efeitos de transfusões impróprias (contraindicadas).

Reação do organismo a transfusões contraindicadas

Existem em nosso sangue certos tipos de glóbulos brancos, chamados linfócitos, cuja função é produzir proteínas especiais denominadas anticorpos. Quando microrganismos ou substâncias estranhas, denominadas genericamente antígenos, penetram em nosso corpo, os linfócitos entram em ação e passam a produzir anticorpos contra os invasores. Em geral, a reação do anticorpo com o antígeno acaba causando a destruição ou a inativação dos antígenos.

Essa reação de defesa é fundamental para proteger nosso organismo contra o constante assédio de microrganismos causadores de doenças. Mas a reação contra as hemácias recebidas, não provoca simplesmente a eliminação destas células do nosso organismo. Anticorpos da classe IgM (as propriedades desses anticorpos serão abordadas posteriormente) ao se ligar entre as hemácias, provoca sua aglutinação, que por sua vez bloqueia pequenos vasos sanguíneos, com consequências devastadoras e normalmente fatais.

Outro efeito indesejado de uma transfusão imprópria é a Eritroblastose Fetal que pode ocorrer para filhos de mulheres Rh- que receberam transfusão prévia com sangue Rh+.

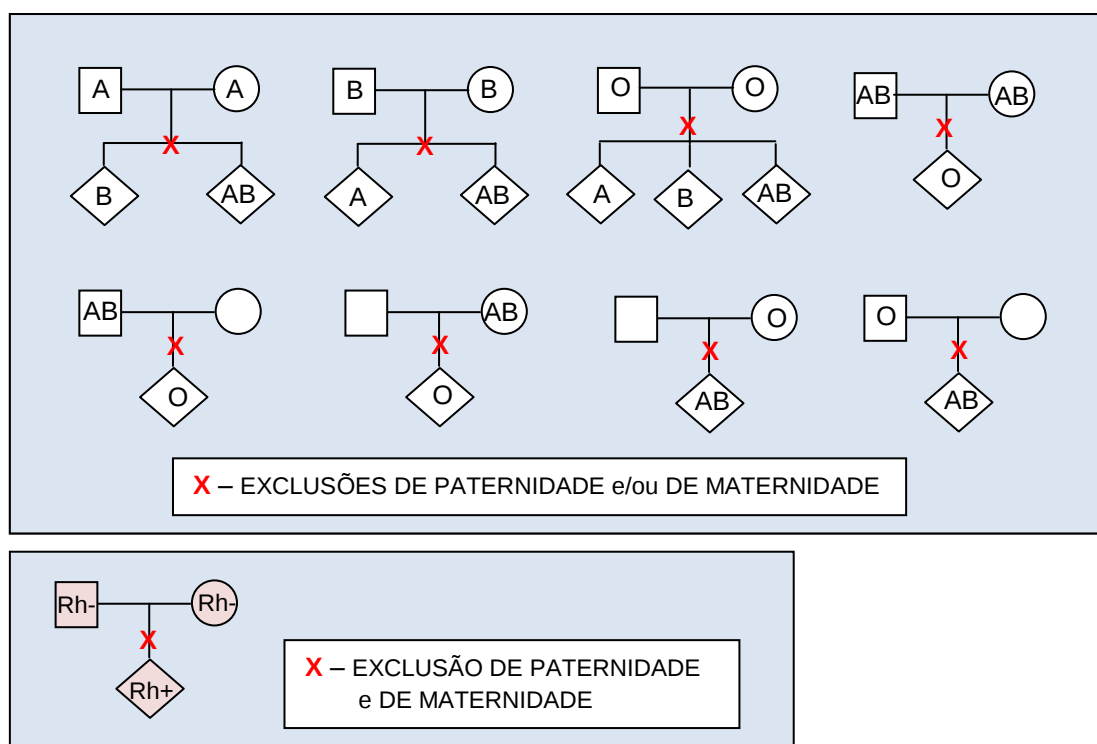
O esquema de doações recomendadas é apresentado de forma simplificada nesse trabalho, uma vez que a abordagem de variantes antigênicas e possíveis tendências autoimunes podem gerar sobrecarga cognitiva desnecessária, devendo ser abordada apenas na formação superior.

EXCLUSÕES DE PATERNIDADE E DE MATERNIDADE.

O princípio de exclusão genética é bastante simples: - os filhos não devem apresentar genes que não sejam originados do casal tido como progenitor.

Nos esquemas abaixo representamos (ATRAVÉS DE HEREDOGRAMAS) os fenótipos dos vários grupos de casais e os fenótipos de indivíduos que NÃO poderiam ser seus filhos. As exclusões podem ser: - somente de paternidade; somente de maternidade; ou ambas.

Figura 19 - Exclusões de paternidade e/ou maternidade



Fonte: Elaborada pelo autor e orientador

Outro esquema revela todas as possibilidades de cruzamentos no sistema ABO e todos os possíveis dos filhos resultantes. Os tipos sanguíneos não mostrados para os filhos devem ser considerados impossibilidades genéticas.

Tabela 3 - Possibilidades de cruzamentos o sistema ABO.

		Tipo sanguíneo do pai				Tipo sanguíneo dos Filhos
		A	B	AB	O	
Tipo Sanguíneo da mãe	A	A ou O	A,B, AB ou O	A, B, ou AB	A ou O	
	B	A,B, AB ou O	B ou O	A, B, ou AB	B ou O	
	AB	A, B, ou AB	A, B, ou AB	A, B, ou AB	A ou B	
	O	A ou O	B ou O	A ou B	O	

Fonte: tabela feita pelo autor e orientador

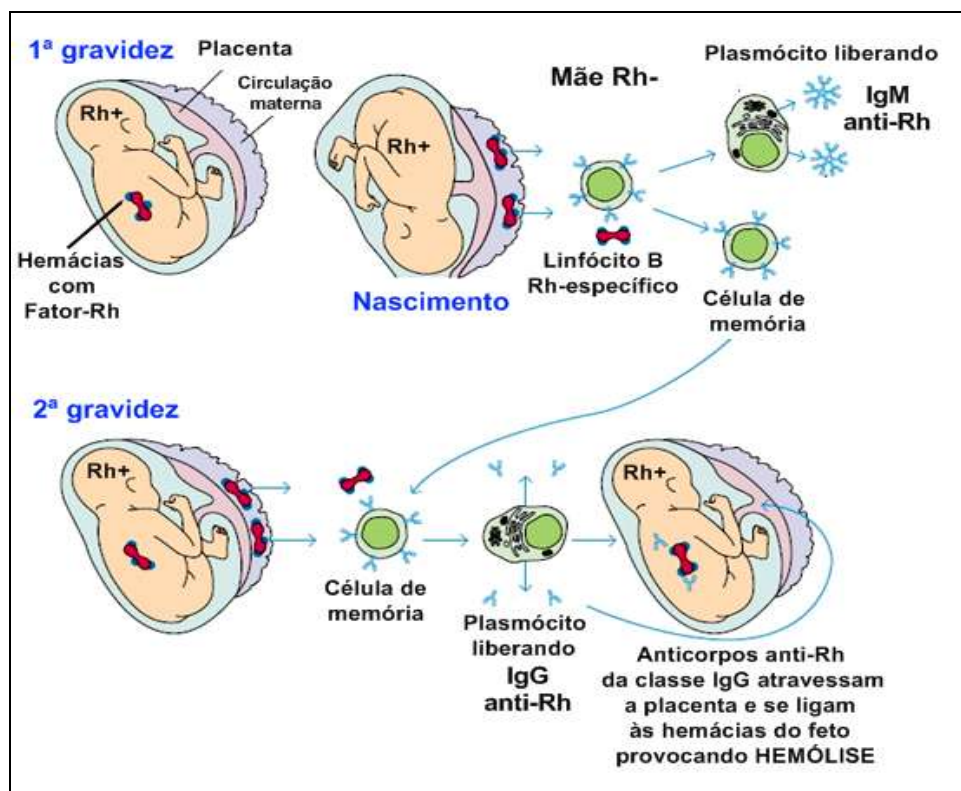
ERITROBLASTOSE FETAL (DOENÇA HEMOLÍTICA DO RECÉM NASCIDO - DHRN)

A Eritroblastose Fetal, também denominada Doença Hemolítica do Recém-nascido (por incompatibilidade Rh), surge quando uma mãe Rh- que já tenha gestado um filho Rh+ (ou que já tenha entrado em contato com sangue Rh+, durante uma transfusão sanguínea inadequada) dá à luz uma criança com sangue Rh+.

No final da primeira gestação, principalmente no parto, pequenas frações de sangue fetal, podem ultrapassar a barreira placentária para a corrente sanguínea da mãe. O organismo materno ao entrar em contato com hemácias do concepto, produz anticorpos contra os antígenos Rh existentes nas hemácias fetais. Dizemos que essa mãe foi sensibilizada e desenvolveu memória anti-Rh. Essa sensibilização também pode ser produzida por transfusão acidental de sangue Rh+.

Numa segunda gestação de feto Rh+, a passagem de sangue fetal para a mãe desencadeia uma resposta imunológica secundária caracterizada por rápida e intensa produção de anticorpos anti-Rh, da classe IgG, que podem transpor a placenta e causar hemólise do sangue do segundo filho.

Figura 20 - Eritroblastose fetal



Fonte: Adaptada da UNIVERSIDADE ÉVORA

FIGURA - Seleccionamos e modificamos a figura, removendo da mesma o excesso de informações que poderiam representar para os alunos uma sobrecarga cognitiva dispensável. Mantivemos elementos suficientes (não excessivos) que nos permitissem explicar com mais propriedade o desenvolvimento da Eritroblastose Fetal, e responder as dúvidas mais frequentes.

DICA DIDÁTICA – Conhecer o significado de termos científicos facilitar o ensino-aprendizado.

O QUE SIGNIFICA ERITROBLASTOSE FETAL?

A designação de DOENÇA HEMOLÍTICA DO RECÉM-NASCIDO é relativamente fácil de compreender, mas o significado do termo ERITROBLASTOSE FETAL não é tão obvio para muitos professores e para a maioria dos alunos secundaristas.

A presença de grande quantidade ERITROBLASTOS, que são células nucleadas precursoras de ERITRÓCITOS (hemácias) no sangue do feto ou do recém-nascido, indica que a sua medula óssea (responsável pela produção dos eritrócitos) está liberando estas células na corrente sanguínea, antes que ocorram as etapas necessárias à produção de eritrócitos maduros.

Essa liberação, para a corrente sanguínea, de células imaturas (eritroblastos) normalmente ocorre devido a estimulação excessiva da medula óssea vermelha decorrente da presença de uma

INCOMPATIBILIDADE MATERNO-FETAL NO SISTEMA ABO. (PODE IMPEDIR A SENSIBILIZAÇÃO MATERNA POR HEMÁCIAS RH+)

A sensibilização materna nem sempre acontece e é menos comum quando o feto apresentar antígenos A ou B e a mãe não os possui. Isso ocorre devido à rápida reação anti-A ou anti-B da mãe que destrói as hemácias fetais antes que essas possam encontrar e desencadear a ativação (seleção clonal) de linfócitos específicos anti-Rh da mãe.

E A UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Por que os anticorpos anti-Rh passam para o feto enquanto os anticorpos anti-A e anti-B não passam?

OU: - “Se uma mãe é do sangue O e produz anticorpos anti-A e anti-B porque estes anticorpos não passam para o feto A ou B e destroem suas hemácias?”

E A RESPOSTA PODERIA SER:

Os anticorpos anti-A e anti-B são da classe IgM e os anti-Rh são da classe IgG é o único tipo de imunoglobulina que atravessa a placenta. A transferência é mediada por proteína de membrana (dita IgG-translocase) que reconhece especificamente a região Fc da IgG.

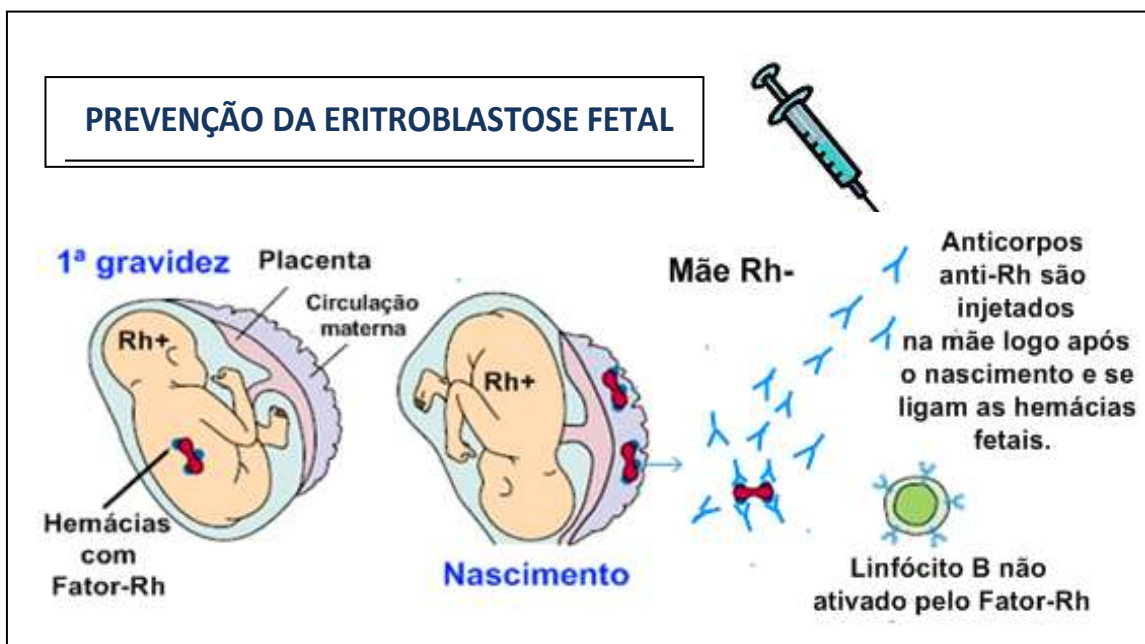
OUTRO ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - Um feto Rh- não poderia passar anticorpos anti-Rh para sua mãe Rh+?

E A RESPOSTA PODERIA SER: Os fetos produzem inicialmente anticorpos da classe IgM, que não passam pela placenta.

PREVENÇÃO “VACINAL” DA ERITROBLASTOSE FETAL

Trata-se de uma soroterapia na qual, anticorpos anti-Rh, produzidos em cobaias, são injetados na corrente sanguínea de mãe Rh- logo após o nascimento de filho Rh+. O objetivo desse procedimento é o de destruir (imunologicamente) hemácias fetais, antes que as mesmas possam induzir resposta e provocar o desenvolvimento de memória anti-Rh.

Figura 21 - Prevenção da Eritroblastose Fetal



Fonte: Adaptada da UNIVERSIDADE ÉVORA

UM ALUNO PODERIA PERGUNTAR: - “Por que é usado o termo *vacinação* quando se injeta anticorpos anti-Rh em mães Rh⁻ de crianças Rh⁺ logo após o nascimento? Não seria uma soroterapia ou soro-prevenção?”

E A RESPOSTA PODERIA SER: Essa soroterapia é também denominada “vacinação” em decorrência de sua utilização preventiva (profilática) no desenvolvimento de memória anti-Rh, e deve ser repetida após cada gestação de criança Rh⁺ de mãe Rh⁻.

FALSO O (FALTA DO ANTÍGENO H OU “EFEITO BOMBAIM”)

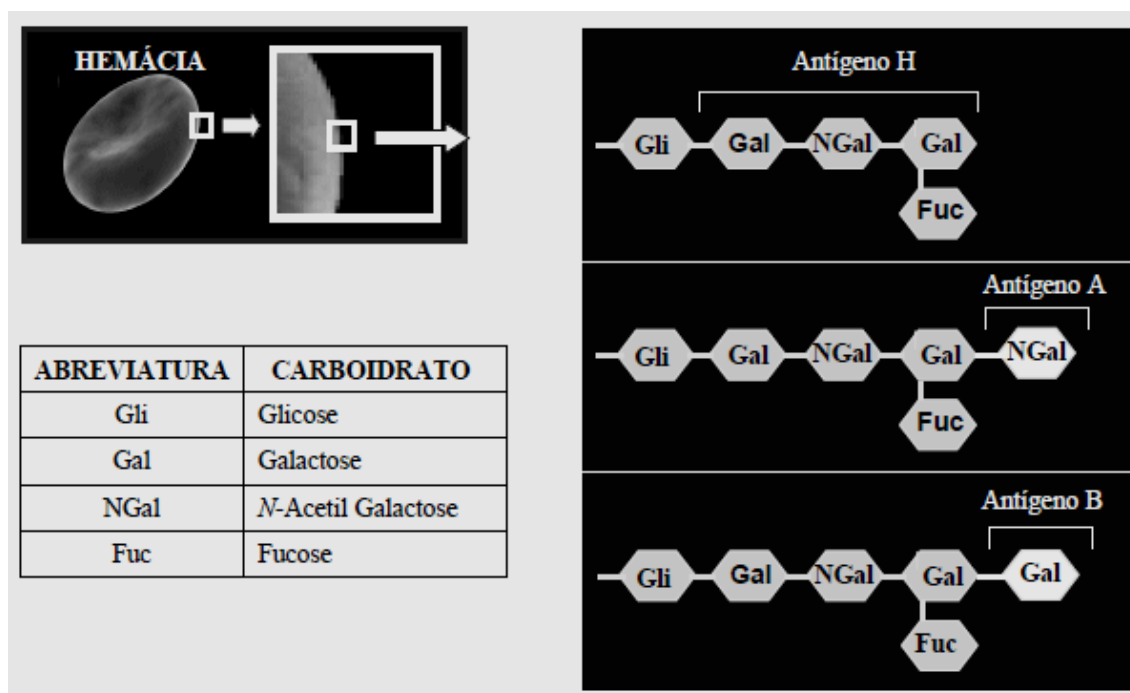
Um esquema útil para se estudar a determinação antigênica do sistema ABO e compreender o Falso O

A composição de carboidratos no glicocálice de hemácias, mostrado no esquema abaixo, representam **AGLUTINOGENIOS (antígenos)** que determinam os grupos sanguíneos do Sistema ABO.

A síntese do **antígeno H** depende da presença de pelo menos um **gene autossômico dominante H** no genoma do indivíduo e é indispensável para a adição do **antígeno A** e/ou do **antígeno B**, pelos produtos dos genes **I^A** e **I^B**, respectivamente.

- Indivíduos **HH ii** ou **Hh ii** pertencem ao **grupo O**.
- Indivíduos **HH I^Ai** ou **Hh I^AI^A** pertencem ao **grupo A**
- Indivíduos **HH I^Bi** ou **Hh I^BI^B** pertencem ao **grupo B**
- Indivíduos **HH I^AI^B** ou **Hh I^AI^B** pertencem ao **grupo AB**
- Indivíduos **hh I^AI^A; I^Ai; I^BI^B; I^Bi; I^AI^B; ii** são **Falsos O**

Figura 22 - Determinação dos grupos sanguíneos sistema ABO



Fonte: Vestibular PUC Minas, 2009

A reação de determinação do grupo sanguíneo *in vitro* (com anticorpos **anti-A** e **anti-B**) dá resultado negativo para os indivíduos homozigotos recessivos (**hh**), mesmo que esses sejam portadores dos genes **I^A** e/ou **I^B**. Tais indivíduos são chamados de “**Falsos O**”.

É importante que os alunos compreendam que a adição de **N-Acetil-galactose** pela enzima produto do **gene I^A** ou a adição de **galactose** pela enzima produto do **gene I^B** dependem da presença dos quatro carboidratos anteriormente adicionados, ou seja, da atividade do produto de um **gene autossômico denominado H**.

Assim, indivíduos **hh**, mesmo que **I^A I^B** não apresentarão no glicocálice de suas hemácias os antígenos a serem reconhecidos pelos anticorpos anti-A e anti-B, *in vivo* ou nos testes de determinação sanguínea ABO *in vitro*. Mas se tais indivíduos identificados como do grupo O tiverem filhos com outro indivíduo do grupo O com genótipo HH ii, todos os descendentes desse casal terão sangue do tipo A ou do tipo B. É por esse motivo que se denomina o genótipo hh como Falso O. A denominação de “Efeito Bombaim” se deve ao fato de a alta frequência do alelo **h** na população de Bombaim (Mumbai na Índia).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos que o presente material tenha contribuído para o ensino-aprendizado significativo dos Sistemas Sanguíneos ABO e Rh e sua relação com a Eritroblastose Fetal, preenchendo algumas lacunas (genéticas e imunofisiológicas) que, de acordo com o levantamento de questionamentos mais comuns de alunos e professores, podem representar obstáculos ao ensino-aprendizado da unidade didática.

A pesquisa que nos levou a propor a produção desse paradidático foi estimulada, não apenas pelo levantamento de deficiências e dúvidas de alunos e professores, mas também, e em grande parte, pela análise da abordagem desses conteúdos em livros didáticos adotados pela maioria das escolas e referendados pelo PNLDEM do MEC. Pudemos nessa pesquisa perceber que tais livros didáticos, considerados de alta qualidade didático-pedagógica, apresentavam deficiências com relação aos conteúdos abordados na subunidade didática.

Sugerimos ainda que o professor elabore e/ou selecione questões relativas (bancos de questões estão normalmente disponíveis na “REDE” e em recursos multimídia fornecidos juntamente com o livro didático) a esse conteúdo que possam ser aplicadas aos alunos para a verificação da efetividade do processo de ensino-aprendizado.

Por fim, agradecemos a todos vocês que se utilizaram desse material, e nos colocamos à disposição quaisquer esclarecimento que nos seja requerido, assim como agradeceríamos caso nos encaminhassem CRÍTICAS e SUJESTÕES.

O Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da PUC Minas

Endereço: Av. 31 de Março, Acesso 9 - prédio 20 - sala 210 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte/MG - CEP: 30535901

Telefone geral: (31) 3319-4552

fcamaral@pucminas.br

marcelovieira.bio@hotmail.com