

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

EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES
Uma Temática para o Ensino Médio

Edmundo Rodrigues Junior

Belo Horizonte
2008

Edmundo Rodrigues Junior

EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES
Uma Temática para o Ensino Médio

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ensino de Física na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Orientador (a): Prof.(a) Dr(a) Adriana Gomes Dickman.

Co-orientador (a): Prof.(a). Dr(a) Agneta da Silva Giusta

Belo Horizonte
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

R696e Rodrigues Júnior, Edmundo
Efeitos biológicos das radiações não-ionizantes : uma temática para o ensino médio / Edmundo Rodrigues Júnior. Belo Horizonte, 2008.
143f. : Il. + cartilha (53f.)

Orientadora: Adriana Gomes Dickman
Co-orientadora: Agnela da Silva Giusta
Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Acompanhado de cartilha: Possíveis efeitos das radiações não-ionizantes: radiação ultravioleta e microondas advindas do telefone celular

1. Efeitos de radiação. 2. Radiação não ionizante. 3. Ensino médio I. Dickman, Adriana Gomes. II. Giusta, Agnela da Silva. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. IV: Possíveis efeitos das radiações não-ionizantes: radiação ultravioleta e microondas advindas do telefone celular. V. Título.

CDU: 621.371



PUC Minas

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título: EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES: uma temática para o Ensino Médio

EDMUNDO RODRIGUES JÚNIOR

Dissertação defendida e aprovada pela seguinte banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Adriana Gomes Dickman - Orientadora (PUC Minas)
Doutorado em Física (UFMG)

Prof.^a Dr.^a Agnela da Silva Giusfa (PUC Minas)
Doutorado em Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano (USP)

Prof.^a Dr.^a Andréa Carla Leite Chaves – (PUC Minas)
Doutorado em Bioquímica / Imunologia (UFMG)

Prof.^a Dr.^a Maria Eugênia Silva Nunes (PUC Minas)
Doutorado em Física (UFMG)

Belo Horizonte, 24 de novembro de 2008.

A Deus, pelo apoio espiritual,

*A meus pais, Edmundo e Cristina e a D. Geralda,
pelo carinho.*

*A meus Irmãos, Breno e Thayse, pela amizade
eterna.*

A minha esposa Francislane, pela compreensão.

*A meus filhos, João Victor e Maria Clara, razões do
meu existir.*

AGRADECIMENTOS

À professora, Dr^a. Adriana Gomes Dickman e a professora Dr^a Agneta da Silva Giusta, pelo empenho e paciência com que se entregou ao trabalho de orientação desta dissertação.

À todos os professores e alunos que contribuíram para este trabalho.

Ao Pré Vestibular Einstein, em especial ao Náser e D. Julieta, pela oportunidade do emprego.

À Escola Pequeno Príncipe, e à Escola Estadual Clotilde Onofri Campos, pelos momentos de discussão dos problemas educacionais.

Ao IESI/FENORD (Instituto de Educação Superior integrado/Fundação Educacional Nordeste Mineiro), pelo apoio Financeiro.

Aos amigos Thiago e Saulo, pelo incentivo.

RESUMO

Este trabalho consiste no objetivo principal de construir uma cartilha multidisciplinar, para reduzir o ensino fragmentado, vigente em muitas escolas do ensino médio brasileiro. As disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática, são relacionadas através de textos e questões multidisciplinares. Para promover a integração entre essas disciplinas foi necessário a colaboração de professores e alunos desse nível da educação básica. A participação dos docentes e discentes aconteceu através de questionários de sondagens, elaborado a partir de um tema gerador: Possíveis Efeitos Biológicos das Radiações Não Ionizantes. A análise dessas sondagens apontou a necessidade de aprofundarem-se os estudos das radiações emitidas pelo celular e a radiação ultravioleta, temas fortemente relacionado ao cotidiano do aluno. O referencial teórico utilizado nessa dissertação são procedentes do enfoque CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade), onde se discute os impactos do desenvolvimento da ciência e da tecnologia na sociedade. Especificamente nesse trabalho estudou-se os efeitos biológicos do celular e da radiação ultravioleta no ser humano, mostrando malefícios e benefícios dessas ondas eletromagnéticas. Além disso procurou-se divulgar mecanismos de proteção contra essas radiações, incentivando atitudes extra classe nos estudantes.

Palavras-chave: Atitudes. Cartilha multidisciplinar. Ensino fragmentado. Radiação não ionizante.

ABSTRACT

This work has a main goal build a multidisciplinary book, to reduce the teaching fragmented, existing in many secondary Brazilian schools. The subjects of Physical, Chemistry, Biology, and Mathematics are related by texts and multidisciplinary. To promote the integration between these subjects, it was necessary the help of the teachers and students of that level of the basic education. The participation of teachers and students occurred by questions polls, elaborated by the generator theme: Possible Biological effects of non-ionizing radiation. The analysis of these polls, pointed to the need to deepen the studies of the radiation emitted by cellular and ultraviolet radiation, subjects strongly related to daily life of the student. The theoretical framework used in this dissertation are from the focus CTS (Science, Technology and Society), which discusses the impacts of the development Science, Technology in society. Specifically, this Work studied the human biological effects of the cellular radiation and ultraviolet radiation, showing evil and benefits of that eletromagnetics waves. Also, mechanisms of protection against such radiation was showed, encouraging extra class attitudes among students.

Key-words: Attitudes. Education fragmented. Multidisciplinary book. Non-ionizing radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Definição de radiação por alunos do Colégio Militar Tiradentes.....	32
Figura 2: Definição de radiação, segundo os docentes.	39
Figura 3: Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os docentes.	40
Figura 4: Coisas que não se relacionam à radiação, segundo os docentes.	40
Figura 5: Esquema ilustrando a transmissão de sinais de celulares.....	69
Figura 6: Uma pessoa falando pelo celular.....	70
Figura 7: Uma pessoa dormindo.....	71
Figura 8: Menino segurando um aparelho de celular.....	72
Figura 9: coração batendo	73
Figura 10: Pessoa doente	74
Figura 11: Técnico fazendo anotações	76
Figura 12: Pessoas falando pelo celular	77
Figura 13: Evolução do número de assinantes de telefone celular e taxa de incidência de câncer no olho de 1943 a 1993.....	79
Figura 14: Pessoa falando pelo celular	80
Figura 15: Pessoa próxima a uma torre de celular	82
Figura 16: Penetração da RUV na pele.....	84
Figura 17: Pessoa tomando banho de sol.....	85
Figura 18: Pessoas se bronzeando.....	86
Figura 19: Mecanismo do dano ao DNA causado pela RUV.....	88
Figura 20: Carcinoma de células basais	89
Figura 21: Carcinoma de células escamosas.....	89
Figura 22: Melanoma	90
Figura 23: Pterígio, invadindo a córnea.....	92
Figura 24: Pterígio: Um dia (esquerda) e uma semana (direita) após a cirurgia.	92
Figura 25: Catarata Crônica.	93
Figura 26: O índice UV e o que fazer	94
Figura 27: Quadro comparativo entre índice UV, tipos de pele e tempo de exposição.....	94

Figura 28: Relação entre índice UV, tempo máximo de permanência ao sol, sem protetor solar e tipo de pele.....	95
Figura 29: Hidrocortisona - forma sintética do cortisol.	97
Figura 30: Espectro contínuo de emissão de um corpo aquecido.....	99
Figura 31: Temperatura em Kelvin em função da temperatura em Celsius.	100
Figura 32: Exposição solar – peles moreno-clara e negra	102
Figura 33: Fórmula estrutural do ácido cítrico	103
Figura 34: Fórmula estrutural da cisteína.....	103
Figura 35: Pterígio.....	105
Figura 36 a e b: Ondas.....	107
Figura 37: Espectro Eletromagnético	108
Figura 38: bases nitrogenadas	115
Figura 39: Representação de uma molécula de DNA e suas bases nitrogenadas. A: plana e B-dupla-hélice.	115
Figura 40: Representação da glândula pineal.....	116
Figura 41: Glândula Supra Renal.....	117
Figura 42: Representação esquemática de um melanócito da epiderme, parcialmente cortado	118
Figura 43: Representação esquemática sem escala do coração em corte longitudinal, mostrando a localização dos nós sinoatrial e atrioventricular.	119
Figura 44: O olho humano.....	120
Figura 45: Representação esquemática da pele e suas camadas.....	121
Figura 46: Representação esquemática que mostra as quatro camadas da epiderme, um tecido epitelial estratificado pavimentoso.....	122
Figura 47: Aldeídos	124
Figura 48: Classe e grupos funcionais de alguns compostos orgânicos.	124

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1: Tipos de respostas fornecidas pelos alunos sobre o conceito de radiação.....	32
Gráfico 2: Ilustração dos exemplos de coisas relacionadas à radiação segundo os alunos.	33
Gráfico 3: Formas de proteção contra radiações sugeridas pelos alunos.	34
Gráfico 4: Número de alunos em função das disciplinas citadas que melhor explicam a radiação.....	35
Gráfico 5: Respostas dos professores sobre as formas de proteção contra radiação.....	41
Gráfico 6: Disciplinas que se relacionam com radiação na visão dos professores.....	41
Gráfico 7: Fontes de radiação ultravioleta, segundo os docentes	45
Gráfico 8: Respostas dos professores sobre a possibilidade da radiação de celular provocar câncer	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fascículos da “Ciência da Natureza”	19
Quadro 2: Tópicos discutidos no seminário sobre as radiações emitidas pelo telefone celular e ultravioleta	51
Quadro 3: Composição química de alguns produtos farmacêuticos.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os docentes.....	39
Tabela 2: Caracterização de radiação ionizante segundo os professores	43
Tabela 3: Exemplos de radiações ionizante e não-ionizante segundo os professores.....	44
Tabela 4: Definição de radiação ultravioleta segundo os professores	45
Tabela 5: Benefícios e malefícios da radiação ultravioleta segundo os professores.....	46
Tabela 6: Benefícios e malefícios da luz do Sol segundo os alunos.....	57
Tabela 7: Benefícios e malefícios da luz do Sol segundo os alunos após assistirem ao seminário.....	62
Tabela 8: Formas de proteção contra a radiação ultravioleta segundo os alunos, após assistirem ao seminário.....	63
Tabela 9: Níveis de referências de SAR, recomendados pela ANATEL.	81
Tabela 10: Distância de segurança em relação a algumas antenas de transmissão.	82
Tabela 11: Porcentagem de absorção da RUV de diferentes comprimentos de onda por partes do olho humano.....	90

LISTA DE SIGLAS

λ - Comprimento de Onda

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

CEMRF - Campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz

CTS - Ciência Tecnologia e Sociedade.

DNA - sigla em Inglês de ácido desoxirribonucléico

E - Intensidade de campo elétrico

FCC - sigla em inglês de comissão federal de comunicação.

GHz - Giga hertz

GSM - Global System Mobile

H - Intensidade de campo magnético

ICNIRP - Sigla em inglês da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações Não Ionizantes ("International Commission on Non Ionizing Radiation Protection")

IEGMP - sigla em inglês de Grupo internacional de Especialistas em Telefones Móveis

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IV - Infravermelho

K - Kelvin

MG - Minas Gerais

MHz - Mega hertz

Nm - nano-metro

°C - Graus celsius.

PUC/MG - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

RNI - Radiação não ionizante.

RUV - Radiação Ultravioleta.

S - Densidade de Potência

SA - Sigla em inglês de "Specific Absorption"

SAR - Taxa de absorção de energia por tecidos do corpo.

UVA - Ultravioleta A

UVB - Ultravioleta B

UVC - Ultravioleta C

LISTA DE ABREVIATURAS

Bio - Biologia

E.E. - Escola Estadual

EX. - Exemplo

Fis. - física

Mat. - matemática

Não Res. - Não respondeu

P. - página

PS. - Protetor Solar

Quim. - química.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa.....	17
1.2 Objetivos	22
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	22
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	22
1.3 Referencial teórico	22
1.3.1 <i>Digressão histórica</i>	23
1.3.2 <i>CTS e Educação</i>	25
1.3.3 <i>Abordagem CTS e Ensino Médio</i>	26
1.4 Metodologia	29
2 CONSTRUÇÃO DA CARTILHA	31
2.1 A caminho da definição do tema	31
2.2 O tema e sua abordagem.....	36
2.3 Análise das respostas dos docentes	38
2.4 Comparação entre as respostas fornecidas pelos alunos e professores....	47
2.5 Organização do seminário.....	48
3 SONDAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS E RESULTADOS	52
3.1 Análise dos dados do pré-teste	53
3.2 Análise dos dados.....	58
3.3 Discussão dos resultados	64
4 CARTILHA MULTIDISCIPLINAR	65
4.1 Possíveis efeitos das radiações não-ionizantes: radiação ultravioleta e microondas advindas do telefone celular.....	65
4.1.1 <i>Breve apresentação</i>	65
4.1.2 <i>Objetivos</i>	66
4.2 Procedimentos instrucionais	66
4.3 Avaliação.....	67
4.4 Conceitos básicos relacionados ao tema, por disciplina	68
4.5 Desenvolvimento do tema	69
4.5.1 <i>Efeitos biológicos da radiação emitida pelo celular em seres humanos</i>	69
4.5.1.1 <i>Celular altera o sono?</i>	71
4.5.1.2 <i>O telefone celular “esquenta a cuca”?</i>	72
4.5.1.3 <i>Sistema cardiovascular x celular</i>	73
4.5.1.4 <i>O celular pode alterar os níveis de cortisol e melatonina?</i>	75
4.5.1.5 <i>Câncer</i>	77
4.5.2 <i>Efeitos biológicos da radiação ultravioleta (ruv) do sol em seres humanos</i>	83
4.5.2.1 <i>Efeitos biológicos do Ultravioleta na PELE</i>	85
4.5.2.2 <i>Efeitos do ultravioleta nos OLHOS</i>	90
4.6 Questões multidisciplinares.....	96
4.7 Glossário por disciplina envolvida no tema	105
4.7.1 <i>Física</i>	105

4.7.2 Matemática.....	110
4.7.3 Biologia	114
4.7.4 Química	123
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
REFERÊNCIAS.....	134
APÊNDICE.....	140
Apêndice I	140
Apêndice II	141

1 INTRODUÇÃO

A forma como são ministrados os conteúdos de Física no Ensino Médio ainda é muito propensa à fragmentação. Geralmente, o professor não apresenta uma visão global dessa disciplina e não proporciona, ao discente, contextualização sociocultural dos conteúdos ministrados, não os reconhecendo, portanto, como uma construção humana num contexto cultural, social, político e econômico. Se isso ocorre dentro de uma mesma área, mais intensamente acontece entre as várias disciplinas que compõem o currículo escolar. As palavras de Salem elucidam a idéia contida neste parágrafo.

De modo geral, na atual estrutura educacional brasileira, desde os primeiros anos na escola primária, até os cursos superiores, o ensino se dá de modo extremamente fragmentado. As matérias são freqüentemente ensinadas como se constituíssem campos isolados de conhecimentos, sem relação uns com os outros, acarretando uma forte compartimentalização na mente dos estudantes. (SALEM, 1986, p.9).

Embora o texto acima tenha sido escrito na década de 80, as análises nele contidas aplicam-se fortemente aos dias atuais. Nas escolas particulares, devido à exigência do vestibular, que, muitas vezes, requer dos candidatos conhecimentos isolados, com a teoria distante da realidade dos mesmos, o professor assume somente a função propedêutica da educação básica, isto é, a de preparar os alunos para o ingresso no ensino superior. Na escola pública, o professor possui maior autonomia para selecionar os conteúdos de uma determinada disciplina. Entretanto, por insuficiência de formação, ou mesmo devido ao número excessivo de aulas que precisa lecionar para garantir sua sobrevivência, ele finda por não exercer tal autonomia no que se refere à realização de um trabalho de qualidade. Dessa forma, os professores não estabelecem objetivos a serem alcançados, não favorecem aos alunos visão geral dos conteúdos, considerando os aspectos tecnológicos, sociais e culturais da disciplina, e nem inovam suas estratégias de ensino, tendendo a conceber, conforme Hosoume, “[...] *Objetivos principais, como sendo o aprendizado de leis gerais em nível abstrato e, complementarmente, o desenvolvimento da capacidade de aplicação de tais leis*”. (HOSOUME, 1996, p.1).

1.1 Justificativa

A abordagem dos conteúdos, isoladamente, não consegue responder aos vários questionamentos provenientes do desenvolvimento tecnológico como, por exemplo, o que é ressonância magnética, ou, quais são os efeitos biológicos das radiações no corpo humano. Uma resposta mais abrangente exige conhecimentos cada vez mais articulados entre várias disciplinas como Física, Química, Biologia e Matemática. Giusta comenta a importância da abordagem interdisciplinar para responder a perguntas complexas, afirmando que,

[...] Cada vez mais, há insatisfação com o isolamento e a insuficiência das abordagens disciplinares para responder aos desafios da complexidade do mundo atual. Isto tem feito com que se retome seriamente o discurso da fragmentação do saber e que se procurem meios para a sua superação. (GIUSTA, 2000, p.1).

É importante salientar que é comum tratar-se superficialmente ou tangenciar conteúdos diversos, apenas para dizer que se está fazendo uma abordagem interdisciplinar. Neste sentido, o conhecimento da disciplina é essencial para a aprendizagem, como podemos perceber nas citações de Giusta e Japiassu.

[...] Não se contesta a complexidade do real, nem o fato de que o ponto de vista das ciências é indiscutivelmente particular e restritivo. Entretanto, evita-se o idealismo de decretar o fim das disciplinas ou subestimar as competências próprias delas. A interdisciplinaridade surge como saída com base no emprego de estratégias que conciliem essa competência própria dos diferentes domínios com a necessidade de aliança entre eles, no sentido de produzir uma visão menos mutiladora do real. (GIUSTA, 2000, p.2).

O ensino interdisciplinar se apresenta como o remédio mais adequado à cancerização ou à patologia geral do saber. No entanto, na medida em que a maioria das análises permanece superficial, os remédios propostos também não atingem o fundo das coisas. (JAPIASSU, 1976, p.31).

Embora existam muitas propostas pedagógicas sobre para que, para quem e como ensinar Física, muitas escolas de Ensino Médio valorizam apenas a transmissão de conteúdos estáticos e fragmentados e a conseqüente repetição de tais conteúdos pelos estudantes. Com essa atitude, torna-se mais difícil para o aluno interagir com o conteúdo, relacioná-lo ao seu cotidiano, e analisar as dimensões sociais e tecnológicas do conhecimento. Para uma aprendizagem que tenha sentido

para ele, é recomendável que se considerem sua experiência de vida e seus conhecimentos prévios, levando-o a ressignificá-los e a estabelecer conexão com os novos conhecimentos.

Muitas vezes, a cultura ou tradição da cidade ou da escola limita-nos na busca de alternativas para a melhoria do ensino. Por exemplo, muitas instituições escolares mantêm a carga horária de 50 minutos por aula, em turno único, reduzindo, dessa forma, a chance de um trabalho que permita ao professor respeitar o tempo de aprendizagem do discente. Assim sendo, o professor prepara sua aula de acordo com esse tempo restrito, utilizando constantemente uma pedagogia diretiva, não interativa, que prioriza a transmissão de conteúdos desconexos e provenientes, apenas, de resultados ou teorias já consagradas. Na maioria dos casos, o aluno não é conduzido a perceber, por exemplo, o caráter dinâmico e incompleto da ciência.

Conforme as palavras de Nóvoa:

A burocracia de uma escola está organizada à volta do modelo do saber escolar. Isto pode ser verificado se considerarmos, por exemplo, o plano de aula, ou seja, uma quantidade de informação que deve ser cumprida no tempo de duração da aula. Mais tarde o aluno será testado para saber se a quantidade de informação foi transmitida de forma adequada. (NÓVOA, 1997, p.87).

Observa-se também a escassez de oportunidades do professor para apresentar suas propostas de ensino de qualidade, com aliança entre as áreas, o que requer tempo maior para sua efetivação. De acordo com minha experiência profissional esses projetos geralmente, ocorrem aos sábados letivos, não sendo garantida a participação de todos os alunos.

Por tais razões, fomos motivados a propor um material pedagógico, no formato de uma cartilha sobre possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes (microondas proveniente da telefonia celular e radiação ultravioleta) no corpo humano, a partir da convergência de contribuições das disciplinas já mencionadas, para uso em sala de aula. A estrutura dessa cartilha foi pensada para permitir ao professor trabalhar da forma proposta, mesmo no reduzido tempo de 50 minutos, que poderiam ser potencializados pelas inter-relações evidenciadas para melhor compreensão, por exemplo, da informação contida no trecho a seguir: para as radiações não-ionizantes, a profundidade de penetração em um tecido biológico é diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação.

Neste exemplo fica clara a relação entre os conhecimentos específicos de Física (comprimento de onda), de Biologia (tecidos biológicos) e de Matemática (proporcionalidade).

Podemos relacionar, também, a Física com a Química: “*Mann (1998) mostrou que os níveis de hidrocortisona em humanos são alterados quando expostos a um sinal “Global System Móvil” (GSM) de 900 MHz*”. Percebe-se, portanto, que um conteúdo de Física (frequência) altera o nível de um composto químico (hidrocortisona).

É sabido que a radiação não-ionizante está presente nos telefones celulares e nos raios solares (ultravioleta). Tomando esses dois exemplos, torna-se mais fácil relacionar a radiação em foco ao dia-a-dia do estudante, estabelecendo as conseqüências biológicas para a sua vida.

A idéia de construir um material destinado aos professores do Ensino Médio, que contemplasse uma educação multidisciplinar, a partir de temas relacionados ao cotidiano do discente, que se encontra nesta etapa da educação básica, surgiu dos desafios que encontrei durante a minha experiência como professor de Física. Assim, as descrições a seguir são procedentes das minhas atividades docentes em uma instituição privada e uma instituição pública da cidade de Teófilo Otoni-MG.

Em 2002, a partir de uma parceria entre a escola particular em que eu lecionava e as “Escolas Associadas”, instituição educacional direcionada para o Ensino Médio, foi que entrei em contato com um material que abordasse o ensino de Ciências com uma concepção integradora e voltada para a realidade do aluno.

O material chamado “Ciência da Natureza” é constituído por seis fascículos, divididos de acordo com as séries do Ensino Médio, como mostrado no quadro 1:

1º ano	Fascículo 1: O mundo da energia.
	Fascículo 2: Transportes, esportes e outros movimentos.
2º ano	Fascículo 1: Os astros e o Cosmo.
	Fascículo 2: Comunicação e informação.
3º ano	Fascículo 1: Radiações, materiais, átomos e núcleos.
	Fascículo 2: Toda física, hoje e através de sua história.

Quadro 1: Fascículos da “Ciência da Natureza”

Fonte: Escolas Associadas, 2001

Trabalhei com este material durante três anos consecutivos, percebendo nele, a beleza com que os conhecimentos da Física eram relacionados com o dia-a-dia dos educandos. Destacamos alguns trechos dos fascículos que ilustram a abordagem da Física do cotidiano do aluno e a sua integração com os saberes por meio de um enfoque multidisciplinar:

O primeiro contato que temos com os objetos se dá pela luz, radiação luminosa, com suas cores e brilho. Isso vale tanto para objetos com luz própria, como lâmpadas, velas, semáforos, telas de TV, Sol e outras estrelas, quanto para objetos iluminados, como roupas, livros, cartazes, nuvens, Lua, paisagens e também pessoas. A luz tem a ver ainda, com sentimentos e humores; luzes e fogos são festa, ao passo que o luto é negro. (RADIAÇÕES, MATERIAIS, ÁTOMOS E NÚCLEOS, 2001, p.3).

Esta relação com o cotidiano do discente não acontecia somente nos textos, mas também nas atividades propostas. Na atividade abaixo, retirada de um dos fascículos, esta relação é exemplificada na discussão sobre as aplicações tecnológicas das radiações na medicina, veja:

1. Informe-se com seus familiares sobre que tipo de equipamento de diagnóstico ou terapia mencionado no texto eles, ou seus conhecidos, já utilizaram e se conhecem seu princípio de funcionamento.
2. Amplie as informações obtidas entrevistando médicos e técnicos de laboratórios ou pesquisando em livros, revistas ou na internet.
3. Com seu professor e colegas de classe, elabore um painel que propicie uma ampla visão de como as radiações são aplicadas na medicina, ordenando as frequências utilizadas, medidas em hertz (Hz), em ordem crescente. (RADIAÇÕES, MATERIAIS, ÁTOMOS E NÚCLEOS, 2001, p.7).

A integração entre algumas disciplinas do Ensino Médio, também está presente nestes fascículos. Na citação seguinte é ressaltada a relação entre a Física e a Química na discussão sobre fontes de energia:

Nos temas e aspectos térmicos, por exemplo, ao tratarem de certos recursos energéticos, como carvão, biomassa ou derivados de petróleo, e na investigação de processos atmosféricos e ambientais em geral, a Química e a Física devem ser consideradas lado a lado para que se tenha uma visão mais completa das questões. (TODA A FÍSICA, HOJE E ATRAVÉS DE SUA HISTÓRIA, 2001, p.8).

O próximo trecho enfatiza a importância da Matemática no estudo da Física:

[...] a física é impensável sem os instrumentos matemáticos de que faz uso,

pois, mais do que para qualquer outra ciência, a principal linguagem da física é a matemática, não só o cálculo, mas a álgebra, a geometria, a estatística e muitas outras teorias. (TODA A FÍSICA, HOJE E ATRAVÉS DE SUA HISTÓRIA, 2001, p.8).

Apesar da beleza deste novo enfoque ao ensinar Física com uma visão integradora, considerando-se seus aspectos tecnológicos e sociais, os meus alunos não se adaptaram a essa maneira inovadora de conceber o ensino desta disciplina. Infelizmente, os alunos estão acostumados a receber informações prontas sobre fenômenos da Física, e em geral, estão preocupados com os tópicos que caem nas provas de ingresso às universidades. A maioria dos vestibulares não acompanha estas mudanças e ainda cobram conhecimentos isolados, distantes da realidade dos estudantes. Outros fatores contribuíram para o fracasso do método das escolas associadas como, por exemplo, a forma autoritária com que ele foi imposto na escola, a dificuldade de leitura apresentada pelos alunos, textos longos, a cobrança dos pais por resultados imediatos e a falta de um modelo que orientasse o professor a trabalhar com os fascículos.

A partir dessas experiências profissionais resolvi estudar mais, fazendo uma pesquisa extensa na internet e livros, para que adquirisse subsídios teóricos e práticos para a construção de uma cartilha, que orientasse o docente a promover uma integração entre as disciplinas da ciência da natureza a partir de situações ligadas à realidade do aluno.

A proposta da nossa cartilha se assemelha com a das escolas associadas, porém com algumas diferenças marcantes: Os textos não são longos, existe roteiro de plano de aula para auxiliar o professor, além disso, ela foi construída com a participação de docentes e discentes, por meio de questionários de sondagens.

Estou ciente que o vestibular ainda faz parte da realidade dos estudantes principalmente do ensino privado, e que ainda, a maioria desses vestibulares cobra conhecimentos fragmentados e descontextualizados, mas não podemos ser omissos na tentativa de abordar um ensino multidisciplinar. Além disso, o aluno não estará fugindo das matérias que normalmente são cobradas nesses exames de seleção como química orgânica, hormônios, tecidos, funções, ondas, etc., tópicos que integram a nossa cartilha.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Contribuir para promover o ensino articulado dos conhecimentos de Física, Química, Biologia e Matemática, por meio da construção de uma cartilha que explore a inter-relação entre estas disciplinas por meio do tema integrador.

1.2.2 Objetivos específicos

- relacionar as disciplinas de Física, Química, Biologia e Matemática priorizando o enfoque (CTS);
- identificar as fortes relações entre a Física, Química, Biologia e Matemática por meio do tema: Os possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes (micro ondas provenientes da telefonia celular e radiação ultravioleta);
- construir a cartilha, a partir dos conhecimentos prévios de docentes e discentes sobre o conteúdo abordado, priorizando o diálogo como elemento norteador.

Na próxima seção, faremos uma revisão da literatura. Em particular, busca-se justificar o porquê do uso da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) na Educação, especialmente no Ensino Médio.

1.3 Referencial teórico

O quadro teórico que busco nesta dissertação é procedente do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Nesse sentido são ventilados pontos importantes dos estudos em Ciência - Tecnologia – Sociedade e suas relações com o campo educacional. Inicialmente fazemos uma breve digressão histórica deste estudo, estabelecendo origens, vertentes e repercussões desta abordagem. Em seguida discutimos a abordagem CTS, como instrumento de implantação no âmbito

geral da Educação e do Ensino Médio. Nesse nível secundário, procuramos relacionar o enfoque CTS com os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM).

1.3.1 Digressão histórica

A década de 60 do século XX ficou marcada como um período no qual a sociedade começa a questionar os problemas políticos, econômicos e ambientais, decorrentes do desenvolvimento tecnológico. A guerra do Vietnã e o Projeto Manhattan propiciaram um olhar mais nevrálgico da sociedade em relação ao poder supremo da Ciência e Tecnologia. Esta reação buscava desenvolver uma consciência ambiental, ética e de qualidade de vida. Nesse sentido, enquanto uma corrente se preocupava com as conseqüências sociais provenientes do desenvolvimento tecnológico, outra defendia uma idéia da não neutralidade da ciência, dizendo que esta é repleta de valores.

Nesta mesma época, autores como Carson e Kuhn (1962) mostram um desconforto com o avanço da ciência e suas implicações para a sociedade: Carson se preocupa com os efeitos biológicos do inseticida DDT e Kuhn critica o modelo tradicional de ciência vigente na época. De acordo com este modelo, o desenvolvimento da ciência, tecnologia e sociedade apresentava uma seqüência linear e independente. Assim, o desenvolvimento da ciência propiciava o desenvolvimento da tecnologia, que era a responsável pelo desenvolvimento econômico, que por sua vez era o responsável pelo bem estar social. (GARCIA *et al*, 1996).

Após este período de críticas, ainda na década de 60 surgem os primeiros movimentos sociais, preocupados com os impactos ambientais decorrentes dos avanços da Ciência e Tecnologia, dentre os quais pode-se citar o “*Greenpeace*”, a “*Environmental Protection Agency*” (EPA) e a instrução de discentes universitários. Nesta mesma época, as universidades de Cornell e do Estado da Pensilvânia são as pioneiras em oferecer currículos interdisciplinares. Nestes currículos os conteúdos eram direcionados para a compreensão do trabalho científico e tecnológico, e procuravam alternativas para contenção dos impactos gerados por este avanço.

(CUTCLIFFE, 1990).

A busca por novas formas de compreender o progresso científico e tecnológico estava presente em várias partes do mundo. Assim, é comum dividir a origem das discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade nas tradições européia e americana. A primeira era constituída por acadêmicos, de diversas áreas do conhecimento, e procurava averiguar as influências da sociedade sobre o progresso científico e tecnológico, por meio de estudos teóricos sobre a origem e o desenvolvimento da ciência. Já a tradição americana (ou social) era formada por pacifistas, ativistas dos direitos humanos, associação de consumidores e estavam preocupados com os efeitos do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade e no meio ambiente. (GARCIA *et al*, 1996).

Atualmente, esta divisão está superada. Os estudos de CTS abrangem inúmeros programas filosóficos, sociológicos e históricos, e têm como objetivos combater a imagem da ciência como atividade pura e neutra, criticar a concepção neutra e aplicada da tecnologia e provocar a participação pública nas tomadas de decisões. Estas dimensões científica, tecnológica e social encontram respaldo no Projeto de Desenvolvimento Profissional de Educadores (PDP), uma proposta curricular de Física para o Ensino Médio: *“O sucesso científico e tecnológico de uma nação é um indicador do seu prestígio e de seu poderio no cenário internacional.”* (PDP, 2004, p.6).

Assim de acordo com este contexto deve-se capacitar indivíduos, técnica e cientificamente para que eles participem da criação ou da conservação de uma nação desenvolvida economicamente, capaz de estabelecer com facilidade relações comerciais com outros países. Observe que a dimensão científica e tecnológica revela-se através de propósitos econômicos, não sendo, portanto neutra.

O caráter social da ciência de acordo com os estudos atuais do CTS revela-se também no PDP:

Com freqüência os parlamentos e órgãos executivos tomam decisões sobre temas tais como a construção de usinas termonucleares, instalação de antenas de telefonia, barragens, sistemas de transporte, destino de resíduos radioativos. (PDP, 2004, p.6).

Este argumento mostra que as comunidades são convocadas a emitirem suas apreciações sobre decisões que envolvem temas científicos. Nesse sentido, verifica-

se que a participação da população em debates ou entrevistas, por exemplo, implica na necessidade de um entendimento mínimo de ciências.

Deve-se salientar também que o enfoque CTS possui caráter mutável, ele deve modificar-se para adequar-se ao desenvolvimento científico, tecnológico e social de uma determinada localidade. O enfoque CTS, na sociedade rural, geralmente se apresenta de forma diferente do enfoque na sociedade urbana, pois geralmente eles estão em contato com tecnologias diferentes.

1.3.2 CTS e Educação

A orientação educacional CTS permite inovações nos currículos de Ciência e Tecnologia em todos os níveis de ensino, de acordo com as novas finalidades educacionais e propostas de ensino para o século XXI. Sua implantação real e efetiva é possível pela modificação da prática docente e discente por meio de estratégias de ensino/aprendizagem que permitam uma análise, por exemplo, das possíveis consequências biológicas da instalação de antenas para telefonia celular próximas a áreas residenciais.

Este enfoque educacional CTS não pode contemplar apenas um relato de fatos, deve promover a atitude das pessoas, perante as questões tecnológicas. Assim defende-se o uso do CTS no âmbito educacional como uma forma de entendimento dos efeitos relacionados ao uso indiscriminado da tecnologia pela sociedade.

Segundo Aikenhead (2005), os primeiros autores a conceber o enfoque CTS na educação foram Jim Gateeher (1971) e Paul Hurd (1975). Em 1977, o Projeto Synthesis, mapeou as escolas americanas, com o objetivo de estabelecer uma visão global da educação em ciências nestas unidades de ensino. Para isso, foram realizadas entrevistas com professores e administradores de escola, e foram feitas observações em aula. A análise das respostas da pesquisa realizada contemplou quatro diretrizes para o ensino de Ciências: Ciência para a necessidade pessoal, Ciência para resolução de questões sociais, Ciência para escolha da carreira e Ciência para formação de cientistas. O resultado deste mapeamento do ensino de Ciências nos EUA, revelado pelo Projeto Synthesis, mostrou através da análise das

respostas dos gestores, professores e alunos, que estes concebiam a Ciência apenas para a formação de cientistas. Segundo Cruz, este resultado despertou a necessidade dos educadores estabelecerem diretrizes para que o ensino no país atingisse as outras três abordagens. (CRUZ, 2001)

As pesquisas educacionais CTS se alastraram, a partir desse período, não só nos EUA, mas também em outras partes do mundo. No final dos anos 70 e início da década de 80, era consenso entre os educadores em ciência acreditar na necessidade de criar mecanismos para modificar o ensino tradicional de ciências. O lema CTS foi inserido após reunião da IOSTE (sigla em inglês de Internacional Organization for Science and Technology Education) em 1982. Esta organização era constituída basicamente por educadores europeus.

Pinheiro destaca a existência de três enfoques CTS no âmbito educacional. O primeiro tipo “Enxerto CTS” é caracterizado pela inserção de temas CTS nas disciplinas de Ciências, discutindo e questionando a definição de ciência e tecnologia. No enfoque “Ciência e tecnologia por meio de CTS” o conteúdo científico é estruturado por meio do CTS. Essa estruturação pode acontecer numa só disciplina ou por meio de trabalhos multidisciplinares e interdisciplinares. E no enfoque “CTS puro” ensina-se ciência, tecnologia e sociedade, tendo o conteúdo científico papel subordinado. (PINHEIRO, 2007).

O nosso trabalho se aproxima mais do segundo enfoque CTS, pois nele procuramos estruturar conteúdos da Física às possíveis conseqüências biológicas do uso da tecnologia da telefonia celular e da exposição à radiação solar. Nesse sentido, busca-se explicar, com um foco multidisciplinar, os impactos causados no ser humano pelas radiações ultravioleta e microonda, e propiciar uma conscientização do estudante, despertando nele atitudes extra-muros, ensinando mecanismos de proteção contra essas radiações e também maneiras conscientes de se expor ao sol ou usar o aparelho celular.

1.3.3 Abordagem CTS e Ensino Médio

De acordo com Medina e Sanmartin (1990), quando se pretende incluir o enfoque CTS no contexto educacional é importante questionar constantemente as

formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza. Sua legitimação deve ser feita por meio do sistema educativo, pois só assim é possível contextualizar permanentemente os conhecimentos em função das necessidades da sociedade. Ainda de acordo com estes autores, o enfoque CTS deve combater a segmentação do conhecimento, em todos os níveis de educação e promover uma autêntica democratização do conhecimento científico e tecnológico, de modo que este não só se difunda, mas que se integre na atividade produtiva das comunidades de maneira crítica. (MEDINA E SANMARTIN, *apud* PINHEIRO, 2007).

O objetivo do Ensino Médio, anterior aos parâmetros curriculares nacionais do Ensino Médio (PCNEM), era direcionado, na maioria das vezes, para o vestibular. Desta forma, o foco educacional era para uma educação propedêutica voltada para o curso superior, com conteúdos muitas vezes descontextualizados, não considerando suas dimensões sociais, políticas e econômicas. Atualmente as diretrizes curriculares, propostas nos PCNEM, fornecem subsídios para promover a construção de um ensino integrado à sociedade, estabelecendo novos objetivos para o Ensino médio, que reforça e não exclui os objetivos do CTS:

Tínhamos um ensino descontextualizado, compartimentalizado e baseado no acúmulo de informações. Ao contrário disso buscamos dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender. (BRASIL, 1999 p.13).

Os conteúdos do Ensino Médio devem atender a população geral, fornecendo uma formação ampla, preparando indivíduos comprometidos a inserir-se e modificar a sociedade em que atua: “*O ensino médio é a etapa final de uma educação de caráter geral que situa o educando como sujeito produtor de conhecimento e participante do mundo do trabalho*”. (BRASIL, 1999, p.20).

A oferta de condições iguais de ensino para as pessoas, não é suficiente para despertar atitudes críticas nos discentes, principalmente em relação ao que se é ensinado. Muitos alunos se encontram em condições de passividade perante o ensino, em geral, por não perceber que a educação pode transformar a sua vida. Sabe-se, atualmente, que o mundo moderno necessita de profissionais dinâmicos, capazes de exercer ações integradoras, participando de equipes multidisciplinares. Um bom profissional deve apresentar facilidade de comunicação e saber dialogar com várias áreas do saber científico. Assim, não basta ao aluno adquirir somente o

conhecimento técnico de um determinado assunto específico, é necessário aprender a discernir sobre suas aplicações, para conseguir coerência com o conteúdo estudado. A Lei de Diretrizes e Bases reforça esta idéia, quando estabelece que: “*A educação escolar deverá vincular-se ao mundo de trabalho e à prática social*” (LDB, art. 1º, parágrafo segundo, p.4).

É preciso, portanto, apostar no professor mediador do conhecimento e em um currículo integrado que ofereça ao docente uma metodologia que provoque a inclusão dos alunos na sociedade, e não a sua exclusão.

Um dos caminhos para resolver esta questão é a inserção de temas integradores no currículo das escolas, seja no núcleo comum ou por meio da parte diversificada. Esses temas integradores buscam alertar a sociedade, por exemplo, sobre as conseqüências econômicas, políticas e sociais do uso exagerado da tecnologia. A construção desse conhecimento articulado ocorre por meio de um ensino que integre várias disciplinas, de preferência a partir de temas da realidade do discente. Supõe-se que o assunto escolhido – possíveis efeitos biológicos causados pelo telefone celular e pela radiação ultravioleta funcionem como elementos catalisadores do interesse dos estudantes, uma vez que os mesmos fazem parte de seu cotidiano.

Na construção da cartilha procurou-se observar os pontos destacados como essenciais no enfoque CTS no contexto educacional. Os assuntos abordados na cartilha foram escolhidos a partir da análise dos conhecimentos prévios de alunos e professores. Esta análise foi realizada por meio de questionários de sondagens que nos auxiliaram na identificação das suas preferências ou carências. A sugestão de uma abordagem integradora ou multidisciplinar dos conteúdos contribui para a redução da fragmentação do conhecimento. Finalmente, buscamos a democratização do conhecimento científico adotando uma abordagem crítica da ciência no cotidiano, contemplando as conseqüências biológicas decorrentes do uso da tecnologia.

Sabe-se que a sociedade atual está se tornando cada vez mais dependente da tecnologia e conseqüentemente da ciência, sendo comum o uso de telefones celulares contendo múltiplas funções, como recursos de e-mail, fotos etc., assim como o uso de câmara de bronzeamento artificial. No entanto, pouco se discute sobre os possíveis efeitos que as radiações do celular e ultravioleta provocam no organismo humano. Desta forma, percebe-se que a sociedade necessita, não

apenas de esclarecimentos sobre esse assunto, mas sim de atitude sobre o problema mencionado. Acredita-se que esta atitude só se consegue pela inserção de currículos integrados nas escolas, com o professor sendo o mediador do processo ensino-aprendizagem. O docente, então deve optar por uma metodologia que permita uma participação ativa dos estudantes, por meio de atividades em grupos e discussão sobre temas relacionados com o cotidiano.

1.4 Metodologia

A elaboração da cartilha multidisciplinar aconteceu em vários momentos. Em todas as etapas contamos com a participação de alunos e professores do Ensino Médio, cuja seriedade e envolvimento com a pesquisa em muito contribuiu para nos orientar durante a construção da cartilha.

A primeira etapa, anterior às sondagens, consistiu de conversas informais com professores e alunos sobre a importância de um ensino integrado e da preparação do espírito dos discentes, para que eles participassem efetivamente da pesquisa, respondendo adequadamente e com sinceridade as questões relativas às sondagens. Todos os alunos se interessaram pela tarefa, apresentando em certos momentos até um espírito de competição, para participar do trabalho. Os professores se mostraram receptivos à pesquisa.

Em seguida foram elaborados e aplicados questionários de sondagem a alunos do Ensino Médio. A análise das respostas dos alunos contribuiu para delimitação do tema integrador que seria abordado na cartilha, e elaboração da sondagem seguinte.

Na próxima etapa, o questionário de sondagem foi ampliado e aplicado a professores de Física e Biologia do Ensino Médio, que também participaram do seminário organizado sobre o tema. As respostas dos professores, juntamente com as discussões que ocorreram durante o seminário nos orientaram na definição final do tema, resultando também em sugestões para a sua abordagem em sala de aula, e reorganização do seminário.

No capítulo seguinte apresentamos em detalhes os passos seguidos durante a construção da cartilha, caracterizando a população pesquisada; discutindo a

elaboração dos questionários e seminário; o processo de coleta e análise de dados obtidos nas sondagens. No capítulo 3 descrevemos mais uma etapa da sondagem, na qual testamos o conhecimento dos alunos relativo aos conceitos básicos, e discutimos os resultados obtidos. No capítulo 4 apresentamos a cartilha multidisciplinar e a metodologia de uso sugerida, e no capítulo 5 concluímos o trabalho com as nossas considerações finais.

2 CONSTRUÇÃO DA CARTILHA

Neste capítulo descrevemos as etapas seguidas durante a construção da cartilha, mostrando não só os caminhos percorridos, mas, também, as decisões tomadas e as alterações necessárias para a formatação de um produto com consistência teórica e metodológica.

2.1 A caminho da definição do tema

Inicialmente elaboramos um questionário para verificar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Médio sobre o tema integrador e para nos orientar na definição dos subtemas que seriam abordados na cartilha.

A formulação das cinco questões que compuseram o referido questionário baseou-se na investigação de Ferreira sobre o ensino de física das radiações para jovens e adultos. (FERREIRA, 2005). O critério utilizado para essa formulação foi, principalmente, a relação das questões com o cotidiano do discente. Neste primeiro momento de sondagem, não houve restrição aos tipos de radiação (ionizante ou não ionizante), desta forma eram esperadas respostas dessas duas classificações. O questionário aplicado encontra-se no Apêndice I (itens a, b, c, d, e).

Participaram dessa etapa inicial vinte e quatro alunos do segundo ano do Ensino Médio do Colégio Militar Tiradentes, colégio este localizado em um bairro da periferia da cidade de Teófilo Otoni/MG. A organização e a disciplina dessa escola facilitaram a escolha da mesma para a realização da coleta de dados, feita pelo professor da classe em dezembro de 2006, quando, portanto, os alunos já tinham estudado o conteúdo programático ondas, tópico fundamental para o entendimento dos conceitos sobre radiação.

A primeira pergunta teve como objetivo verificar o nível de conhecimento dos alunos sobre o conceito de radiação. A análise das respostas nos mostrou que, apesar de aproximadamente 60% terem respondido que radiação são ondas eletromagnéticas (OEM), foi freqüente a associação de radiação com força, raios, reação química ou pilhas. Em alguns casos, foram citadas fontes de radiação sem a definição solicitada. Exemplo disso foi a resposta de uma aluna, expressa a seguir,

que não soube dizer o que era radiação, mas que citou o Sol como fonte.

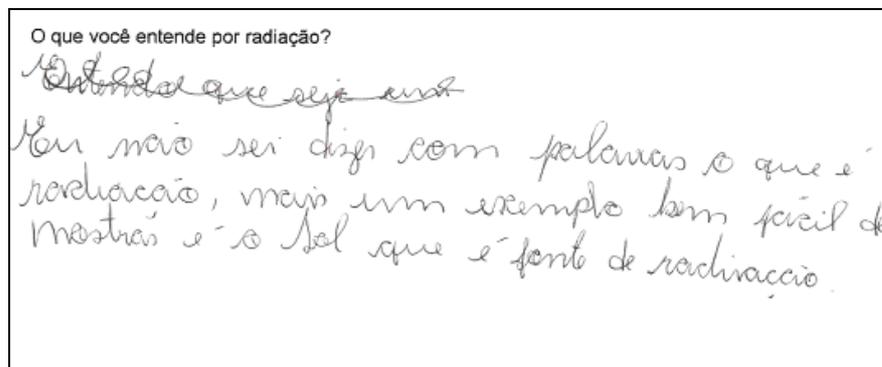


Figura 1: Definição de radiação por alunos do Colégio Militar Tiradentes
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

O gráfico abaixo mostra o tipo e a frequência das respostas fornecidas pelos alunos a essa primeira questão de sondagem:

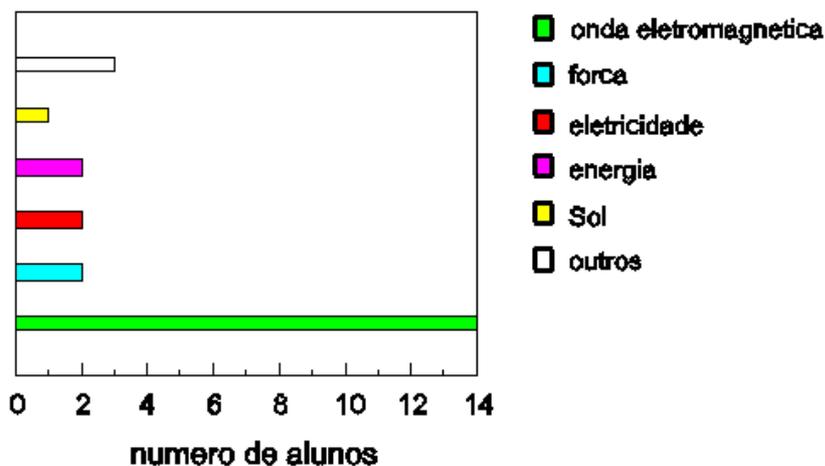


Gráfico 1: Tipos de respostas fornecidas pelos alunos sobre o conceito de radiação.
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Vemos que catorze alunos disseram que radiação são ondas eletromagnéticas; dois alunos associaram o conceito de radiação com força; dois alunos disseram que é eletricidade; dois disseram que radiação é energia, sem especificar o tipo; um aluno citou o Sol como exemplo; e três respostas foram classificadas na categoria “outros”, incluindo “reação química”; “raios”; e “transmissão de calor através da luz”.

A segunda pergunta procurou verificar a capacidade dos alunos de identificar materiais, objetos ou aparelhos relacionados com radiação. Os exemplos mais citados estão associados à radiação não-ionizante, aparecendo em 87,5% das

respostas. O gráfico 2 ilustra essas respostas. Dentre os objetos citados, vale mencionar o telefone celular, citado por 15 alunos; o forno de microondas por onze; o Sol e a televisão por oito; a antena parabólica e o rádio, cada um citado por cinco alunos. Em poucos casos foi explicado como a radiação ocorre.

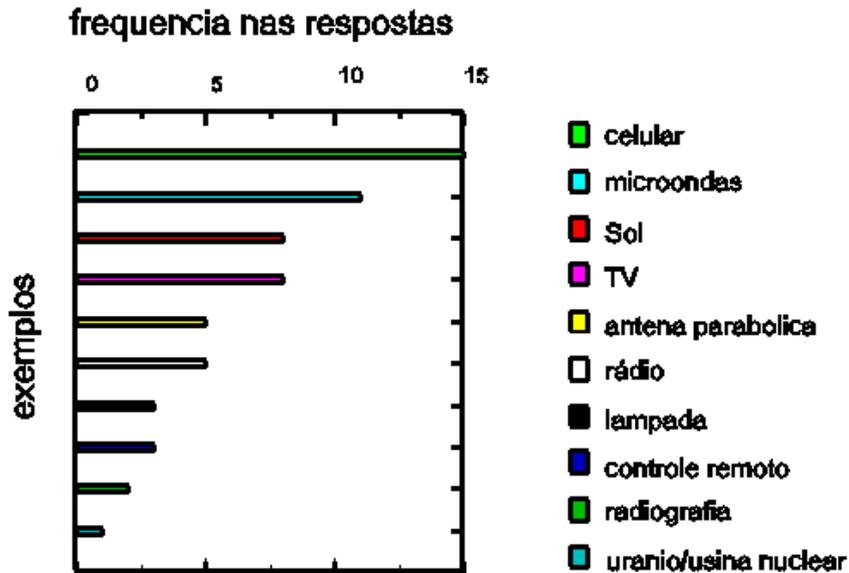


Gráfico 2: Ilustração dos exemplos de coisas relacionadas à radiação segundo os alunos.
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

As respostas dos alunos à terceira questão, sobre coisas não-relacionadas à radiação, podem ser classificadas em oito grandes grupos:

- **eletrodomésticos:** Geladeira, TV, ventilador, som, computador, vídeo-cassete, câmera;
- **roupas e acessórios:** camisa, chinelo, sapato, relógio;
- **móveis:** cadeira, armário, fogão;
- **meios de transporte:** carro, bicicleta;
- **seres vivos:** pessoas, árvores;
- **astros e fenômenos naturais:** sol, Lua, raios;
- **objetos:** boneca, tijolo, pedra, lápis, caneta, quadro negro, espelho, bola, lâmpada, calculadora;
- **materiais:** papel, vidro, madeira, borracha.

Outras respostas incluíram água, frutas, pedra preciosa e flutuação na água.

Os itens grifados indicam exemplos de coisas que estão direta ou indiretamente relacionados com radiação. A lâmpada e o Sol, citados por dois

alunos, emitem radiação eletromagnética; a TV, citada por quatro alunos, e o “som”, citado por três alunos, recebem sinais na forma de ondas eletromagnéticas. Vemos assim, que alguns alunos têm dificuldades em identificar a radiação em objetos ou aparelhos. Vale ressaltar que todos os objetos com temperatura acima do zero absoluto emitem radiação eletromagnética. No entanto, nenhum aluno chamou a atenção para este fato.

Nessa mesma linha, a quarta questão (item d do questionário), relativa a maneiras de se proteger das radiações, explorou a leitura que o grupo pesquisado tem sobre a presença de radiações no dia-a-dia. Esta pergunta foi deixada em aberto na intenção de englobar todas as respostas possíveis sobre radiação (ionizante e não-ionizante). Assim, a partir da análise das frases ou desenhos feitos, teríamos uma idéia da importância que tais tipos de radiação possuem na vida desses sujeitos.

Ao sugerir maneiras de se proteger contra a radiação, a maioria das respostas também era vinculada à radiação não-ionizante, o que se mostrou coerente com a observação anterior. Onze alunos sugeriram o uso de protetor solar, dois sugeriram o uso de guarda-sol e dois o uso de óculos escuros contra a radiação ultravioleta do Sol. Um aluno sugeriu evitar a radiação dos exames de raios X, um estudante disse para manter distância de fontes radioativas e dois estudantes disseram para utilizar roupas especiais. Apareceram nas respostas roupas de chumbo, referindo-se à proteção contra os raios X. Nenhum aluno mencionou que deveríamos nos proteger da radiação emitida pelo telefone celular.

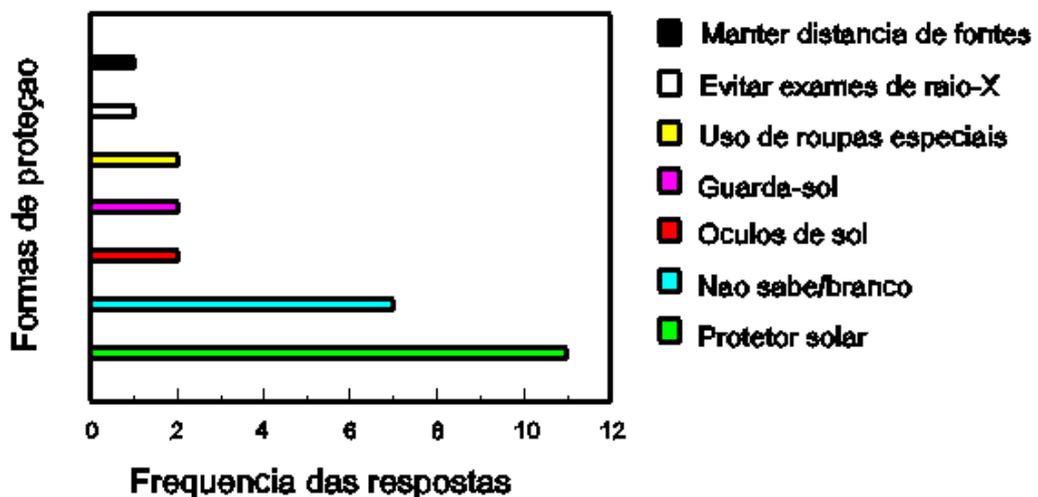


Gráfico 3: Formas de proteção contra radiações sugeridas pelos alunos.

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Na quinta e última questão, foi solicitado aos discentes que indicassem quais disciplinas escolares do Ensino Médio melhor explicariam os fenômenos relacionados à radiação. Pretendia-se, com este questionamento, verificar se os alunos eram capazes de identificar relações entre as várias disciplinas cursadas na escola e o tema proposto na discussão. As respostas dos alunos estão representadas no gráfico 4.

Os discentes indicaram a Física como a disciplina que melhor se relaciona com o tema, (87,5% das respostas). A conexão entre a Física e os fenômenos que envolvem radiação acontece, na opinião dos alunos, através dos conceitos de carga elétrica, cargas magnéticas e iônicas, ondas eletromagnéticas, energia e luz. A Química teve 62,5% das indicações, pelo fato de explicar os compostos radioativos, seguida da Biologia, com aproximadamente 46% das indicações, por tratar dos efeitos da radiação no corpo humano e da fotossíntese. 25% dos alunos apontaram a geografia, por estudar o dia-a-dia das pessoas, as fontes de matéria-prima, os locais mais radioativos e a radiação no solo. Apenas 4,2% (um aluno) indicou a Matemática, referindo-se aos cálculos relacionados com a quantidade de radiação. Um aluno (4,2%) não respondeu a pergunta.

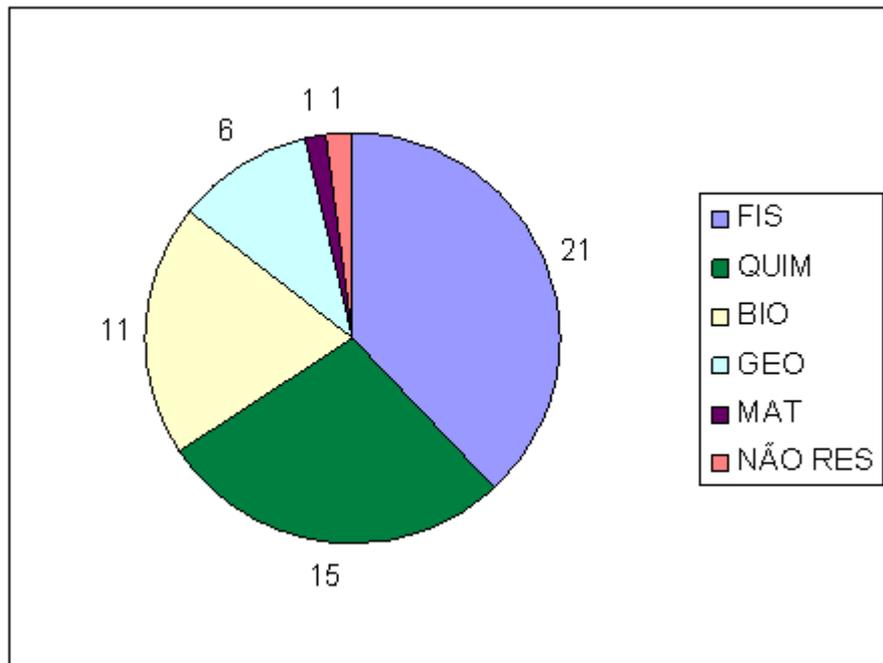


Gráfico 4: Número de alunos em função das disciplinas citadas que melhor explicam a radiação

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Podemos tecer um comentário geral sobre as respostas fornecidas pelos alunos: pode-se concluir que há indicação, por parte dos alunos, de vivência e um interesse maior pelas radiações não-ionizantes, estando a radiação proveniente da telefonia celular e a radiação ultravioleta, provinda do Sol, entre as mais citadas.

Embora muitos alunos tenham mostrado que se preocupam com a proteção contra a radiação ultravioleta emitida pelo Sol, notamos que nenhum deles mencionou que devemos nos proteger da radiação emitida pelo telefone celular. Embora, os alunos tenham mostrado que possuem uma idéia razoável dos aspectos relacionados a cada disciplina, a relação entre radiação e as várias disciplinas também pode ser mais explorada; pois, aproximadamente metade dos alunos apenas indicou as disciplinas sem, contudo, justificar sua escolha.

2.2 O tema e sua abordagem

A segunda parte do trabalho foi realizada com colegas do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG) e que também são professores da rede pública de Belo Horizonte - MG, ou lecionam em cidades do interior desse estado. Esta etapa contou com a carga horária disponibilizada para a disciplina “Física para Ciências Biológicas”, cujos alunos matriculados eram professores de Física e Biologia.

Participaram do questionário de sondagem e seminário onze professores de Física e três de Biologia. A carga horária disponibilizada (três horas-aula) permitiu que fossem abordados, além dos efeitos biológicos causados pela radiação emitida pelo celular e ultravioleta, os efeitos biológicos de outros tipos de radiações não-ionizantes, como, por exemplo, as ondas de rádio, microondas e linhas de transmissão.

É importante observar que durante o seminário ocorreram muitas discussões oriundas de dúvidas devido ao desconhecimento ou esquecimento, por parte dos docentes de muitos efeitos biológicos das radiações advindas, principalmente, do celular e do ultravioleta. Vale também salientar que essa amostra de docentes contribuiu significativamente para a definição do tema abordado na cartilha, sinalizando a necessidade de aprofundar seus conhecimentos principalmente sobre

radiações emitidas pelos telefones celulares e radiação ultravioleta. Desta forma priorizou-se, na elaboração da cartilha, o tema “Possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes: radiação ultravioleta e microondas advindas do telefone celular”, por despertarem maior interesse dos professores nesta etapa da pesquisa. Estes testes foram realizados em janeiro de 2007.

Foi realizada também uma sondagem com professores do Ensino Médio da cidade de Teófilo Otoni, no estado de Minas Gerais (MG). Dois professores de Física responderam ao questionário de sondagem, nesta cidade. Para nos adequarmos à disponibilidade de tempo dos docentes, a pesquisa com os professores de Física desta etapa foi realizada em outubro de 2006. Foi consultado também um professor de química e um de matemática. O diálogo com esses dois grupos de professores, aconteceu, no entanto, através de conversas informais, devido a indisponibilidade de tempo desses docentes.

O número maior de professores de Física e Biologia em relação aos de Matemática e Química, ocorreu, porque a idéia inicial seria relacionar apenas as disciplinas de Física e Biologia. Tendo por base o tema escolhido para a dissertação: Possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes, enfatizaríamos os efeitos biológicos (parte da Biologia) estabelecendo conexões com a radiação (parte da Física), embora saibamos que radiação também envolva a Química e Matemática.

No entanto, como o objetivo deste trabalho é a integração entre os conteúdos das disciplinas e não a sua dissociação ou fragmentação, durante o desenvolvimento da pesquisa foi inevitável a participação de docentes de Química e Matemática, pela necessidade sugerida na análise de gráficos e compreensão de formas estruturais de alguns compostos orgânicos. No momento de realização da pesquisa foi possível conversar apenas um professor de Matemática e um professor de Química; no entanto esses profissionais colaboraram significativamente com o presente trabalho.

Nessa segunda sondagem o questionário foi ampliado envolvendo agora questões mais específicas sobre radiação não-ionizante. Nosso objetivo é obter informações sobre o grau de conhecimento de professores do Ensino Médio a respeito do tema integrador. Nesta etapa do trabalho foi fundamental identificar a preferência, interesse e curiosidade dos professores por alguns dos tipos de radiação não-ionizante apresentados.

Como um dos objetivos da cartilha é fornecer as informações necessárias para capacitar os professores a ministrar aulas sobre radiações não-ionizantes, a ampliação do questionário se justifica com base na necessidade de identificar os pontos a serem reforçados sobre o assunto, informação essencial para o planejamento da cartilha.

O questionário, composto por quatorze questões, está disponível no Apêndice I, e foi respondido por 16 professores, sendo treze físicos e três biólogos.

Os objetivos das cinco primeiras questões são os mesmos que apresentamos na sondagem feita junto aos alunos. Gostaríamos de ter uma idéia do nível de conhecimento dos professores sobre o conceito de radiação em geral, e tipos de proteção conhecidas.

2.3 Análise das respostas dos docentes

Esta etapa contém a análise das cinco primeiras perguntas do questionário (itens a, b, c, d, e, do apêndice I) e também das questões específicas necessárias para o entendimento dos conceitos e efeitos biológicos relacionados à radiação de celular e ultravioleta (itens f, g, h, i, j, l, do apêndice I).

Em relação ao item a: “O que você entende por radiação?”, treze professores responderam que são ondas eletromagnéticas, correspondendo a 81% do total. Quatro mencionaram emissão de partículas (alfa e beta) e ondas eletromagnéticas, mostrando ter uma visão mais completa do conceito. Um professor de Física respondeu “energia emitida por uma fonte de luz”, resposta que restringe o termo radiação à faixa em torno da luz visível, podendo englobar radiação infravermelha e ultravioleta. Um professor de Biologia disse que é “emissão de partículas radioativas por elementos radioativos”. Um outro não soube conceituar radiação, embora tenha citado exemplos de fontes de radiação. Abaixo mostramos a resposta dada por esse professor. É interessante observar que ele menciona o telefone celular como fonte de radiação, e confessa não saber qual tipo de radiação está associada a esse aparelho.

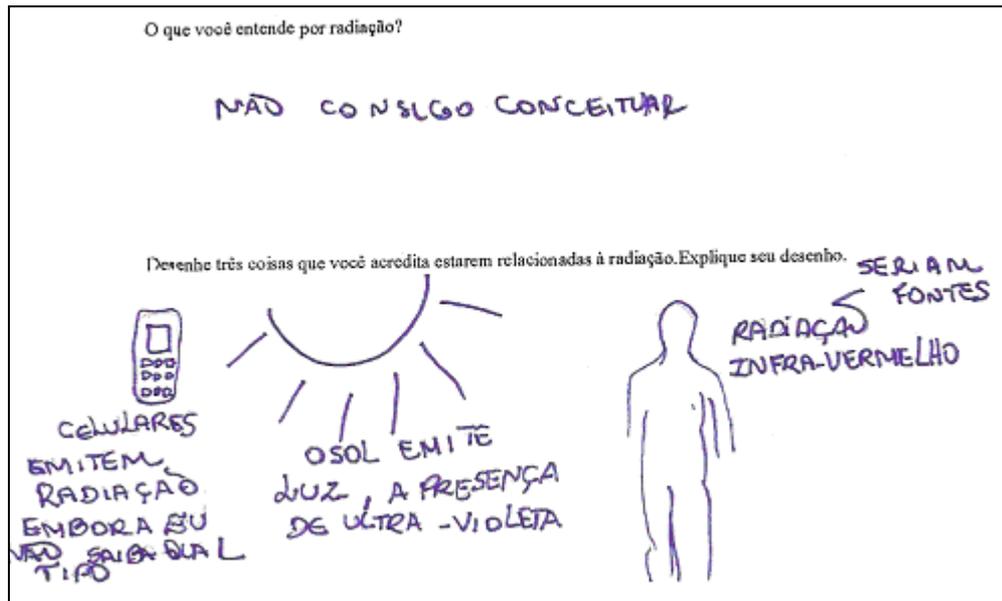


Figura 2: Definição de radiação, segundo os docentes.

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Nos exemplos de coisas relacionadas à radiação item b, do apêndice I, temos entre os mais citados o Sol e o telefone celular, conforme mostra a tabela 1. Apenas três professores, dois de Física e um de Biologia, mencionaram radiações ionizantes – núcleos radioativos, como exemplo. A maioria dos exemplos, como se pode constatar, é de radiações não-ionizantes.

TABELA 1
Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os docentes

Coisas relacionadas à radiação	Freqüência dos exemplos nas respostas
Sol	10
Telefone celular	6
Microondas e Seres vivos	4
Antenas de rádio, Vela, Lâmpadas, Desintegração e bombardeamento nuclear	3
Televisão, Luz visível	2
Descargas atmosféricas, Linhas de transmissão, Radiação infravermelha e Carvão vegetal	1

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Sete professores, sendo um de Biologia, afirmam que não existem contra-exemplos (item c do apêndice I); tudo que existe emite radiação. Cinco professores mencionaram objetos, água, roupa, plantas, madeira, papel, casa, balde, moeda etc. Um professor de Física mencionou a atração gravitacional como contra-exemplo e outro explicou que seriam “todos os elementos ou substâncias não radioativas, que não se desintegram por emissão de radiação.” Dois professores de Física deixaram

a questão em branco. É interessante observar a resposta de um professor de Física que afirmou que “os objetos não emitem calor”, como mostrado abaixo. Concepção errônea, uma vez que todos os objetos a uma temperatura acima do zero absoluto emitem radiação infravermelha.

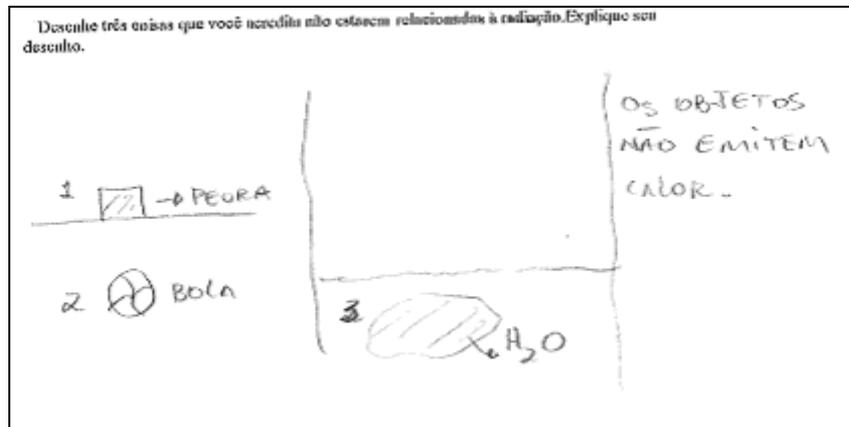


Figura 3: Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os docentes.
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Uma professora de Biologia hesita ao responder a questão e apesar de indicar três objetos que não emitiriam radiação, ela confessa a dúvida:

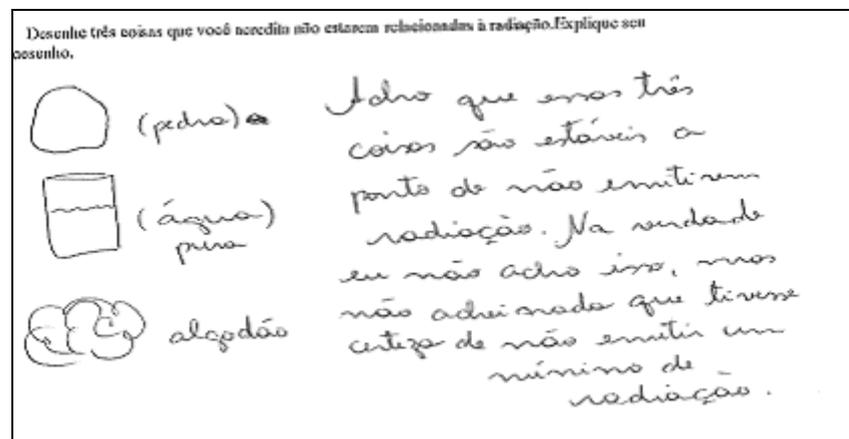


Figura 4: Coisas que não se relacionam à radiação, segundo os docentes.
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Dentre as formas de se proteger das radiações (item d do apêndice I), a mais citada foi vestimenta de chumbo (9) contra os raios-X e raios gama, seguido pelo uso de protetor solar (8) contra a radiação ultravioleta (RUV). O número entre parênteses indica a freqüência do item nas respostas. O uso de materiais para blindagem, como abrigo com paredes de concreto, apareceu três vezes. Dois citaram o uso de óculos escuros com filtro. E, com um voto cada, aparecem: uso de roupas claras contra a radiação infravermelha, distância de fontes emissoras de radiação, salas com paredes

metálicas (rádio e TV), embora, neste último item, o professor afirme que não é necessária proteção contra a radiação em que o rádio e TV operam. Três deixaram em branco. O gráfico 5, ilustra as respostas dadas pelos professores.

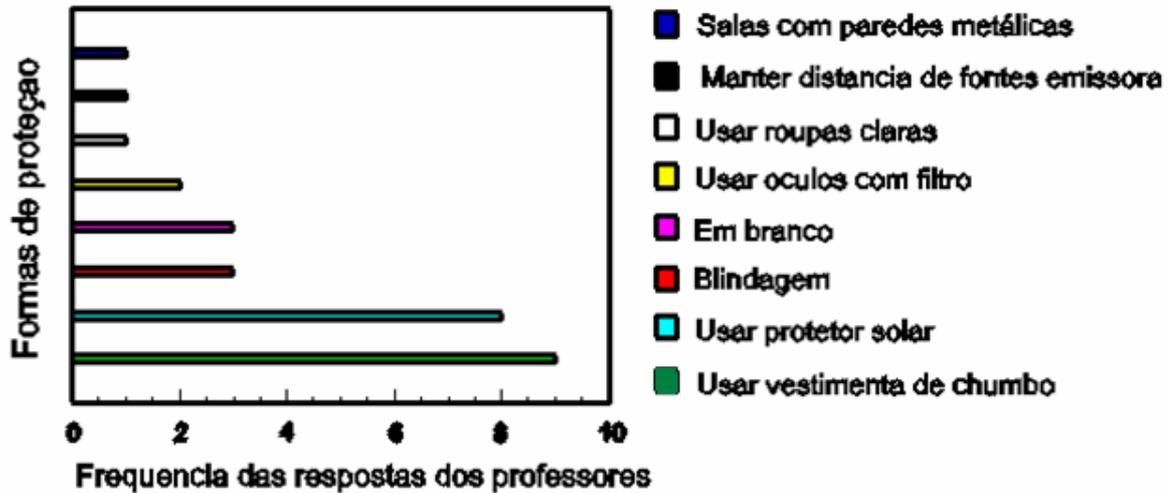


Gráfico 5: Respostas dos professores sobre as formas de proteção contra radiação
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Em relação ao item e , os professores indicaram as disciplinas escolares que estão relacionadas com os fenômenos envolvendo radiação na seguinte ordem: Biologia (13); Física e Química (12); Matemática (8); Geografia (7); História (1); todas (1) e em branco (1). O número entre parênteses indica a frequência do item nas respostas. O gráfico da figura 10 ilustra os resultados.

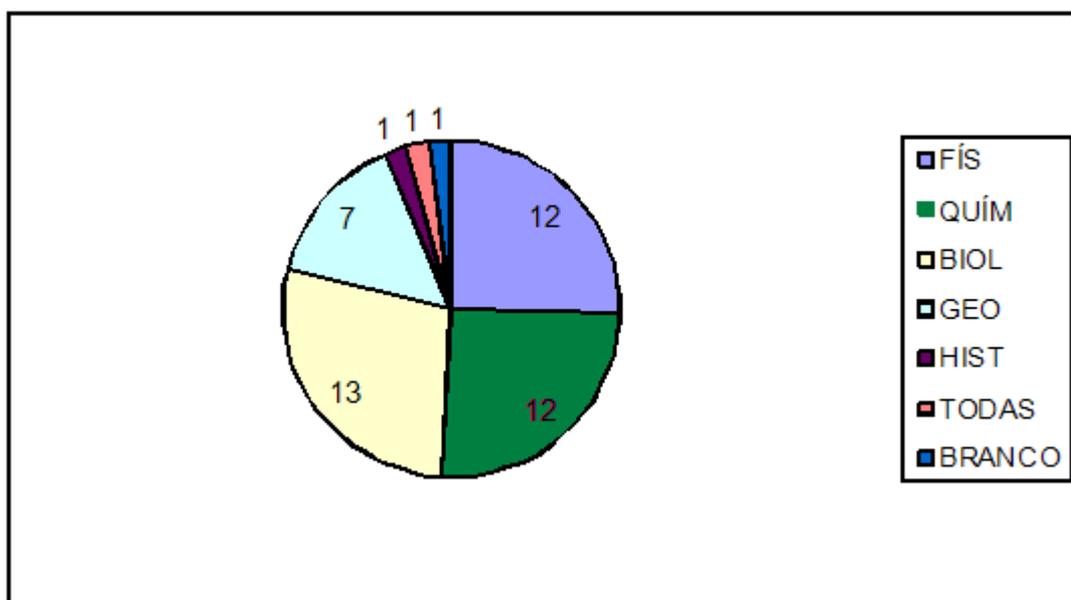


Gráfico 6: Disciplinas que se relacionam com radiação na visão dos professores
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

81% dos professores consultados acreditam que a Biologia é a disciplina que melhor se relaciona com os fenômenos que envolvem radiação por estudar o seu uso na medicina, mutações genéticas e os seus efeitos sobre os seres vivos. Em segundo lugar vem a Física e a Química empatadas (75% cada). A Física é importante, na visão dos professores, por explicar os efeitos e as fontes de radiação, estudar modelos para a emissão de radiação, além de definir radiação, estudar ondas eletromagnéticas, estrutura da matéria e interação da matéria com radiação. A Química é importante por estudar desintegração de elementos químicos, estrutura dos átomos, fontes de emissão e elementos radioativos. Alguns professores percebem uma sobreposição entre a Física e a Química, principalmente no estudo da emissão e fontes, estrutura da matéria e definição de radiação. Segundo os professores, a matemática é utilizada na manipulação das equações, cálculo de dosagem em tratamentos, determinação da meia-vida, decaimento. A Geografia, com 44% das indicações, sobressai-se na localização de regiões que contenham rochas com elementos radioativos, *global position system* (GPS), no estudo dos danos ao meio ambiente e à camada de ozônio, regiões afetadas pela radiação. As respostas “todas” e História que foram fornecidas por apenas um professor (6% dos casos), ficaram sem explicação. A resposta “todas” é meio confusa, pois não se sabe se o professor quis se referir a todas as disciplinas da grade curricular do Ensino Médio, ou se a todas as disciplinas sugeridas na própria pergunta.

Prosseguimos agora com a análise das respostas dos professores às questões mais específicas do questionário aplicado, itens f, g, h, i, j e l, do Apêndice I.

Enquanto nesta primeira parte não fizemos nenhuma restrição quanto ao tipo de radiação abordado, as perguntas subseqüentes foram elaboradas no sentido de explorar as diferenças entre as radiações ionizantes e não-ionizantes e a discriminação desses tipos de radiação. Explorou-se, também, o grau de conhecimento dos professores em relação a alguns tipos específicos de radiação não-ionizante, como radiação ultravioleta, microondas, radiação infravermelha, luz visível etc. Outro ponto discutido nesta sondagem foi a possibilidade das radiações não-ionizantes causarem algum tipo de benefício ou malefício à saúde humana. Em particular, a pergunta polêmica se “o uso do telefone celular causa câncer” foi elaborada com o objetivo de estabelecer os conhecimentos prévios dos professores a respeito do assunto, uma vez que é muito comum o uso dessa tecnologia e pouco se conhece a respeito de seus possíveis efeitos biológicos, sinalizando para também

possíveis proteções contra a radiação emitida por esse aparelho.

As respostas mais citadas pelos professores, ao caracterizarem radiações ionizantes, são apresentadas na tabela 2.

TABELA 2
Caracterização de radiação ionizante segundo os professores

Radiação ionizante	Freqüência das respostas dos docentes
Produz ionização de moléculas/substâncias, produzindo íons, cátions, radicais livres.	7
Interage com a matéria provocando modificações.	3
Não sabe.	3
Pode retirar elétrons dos átomos formando íons.	2
Radiação ionizante possui maior comprimento de onda.	1

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

De acordo com os dados da pesquisa, apenas dois professores, um de Física e outro de Biologia, caracterizaram completamente a radiação ionizante. Sete professores, sendo apenas um de Biologia, disseram que a radiação ionizante é aquela que produz íons ou ioniza o meio no qual se propaga, sem especificar o que significa produzir íons. Três professores disseram que a radiação ionizante interage com a matéria provocando alterações em sua estrutura, sem especificar quais. Apenas um professor de Física respondeu incorretamente, dizendo que o comprimento de onda da radiação ionizante é maior. Na verdade, quanto menor o comprimento de onda, maior a energia da radiação e maior a possibilidade dessa radiação ser ionizante em um dado meio.

A caracterização das radiações não-ionizantes foi feita a partir da negação da resposta dada para a radiação ionizante, e em alguns casos, foi acrescentado um detalhe. Analisando as outras respostas dadas à radiação não-ionizante, percebemos a presença de vários conceitos errôneos, como, por exemplo, um professor de física acredita que este tipo de radiação não interage com a matéria. Foi dito que a radiação não-ionizante possui um comprimento de onda menor, o que não corresponde à verdade, pois radiações ionizantes possuem freqüências maiores e conseqüentemente comprimentos de onda menores se comparados às não-ionizantes. Finalmente, outro professor de física disse que a radiação não-ionizante é aquela que se propaga no vácuo sem quebrar moléculas em íons. Os dois tipos de radiação podem propagar-se no vácuo caso sejam ondas eletromagnéticas. De uma forma geral, podemos afirmar que os professores encontraram maior dificuldade em definir radiações não-ionizantes.

Os exemplos de radiação ionizante e não-ionizante citados pelos professores são mostrados na tabela 3. O número entre parênteses indica a frequência de respostas. Constata-se que cinco professores não souberam indicar exemplos de radiação ionizante e sete não souberam indicar exemplos de radiação não-ionizante, dentre estes, dois professores da Biologia. Apenas um professor de física citou erradamente “partícula alfa” como exemplo de radiação não-ionizante.

TABELA 3
Exemplos de radiações ionizante e não-ionizante segundo os professores

Radiação ionizante	Radiação não-ionizante
Raios gama (9); Raios-x (7); Ultravioleta (5); Raios cósmicos (2); Partículas alfa (2); Partículas beta (2); Descargas atmosféricas (1); Campos elétricos altos (1); Lâmpada fluorescente (1); Plasma (1); Não sabe / Em branco (5).	Radiação térmica (9); Luz visível (6); Microondas (4); Ondas de rádio (3); Ultravioleta (2); TV, UHF (2); Partículas alfa (1); Não sabe / Em branco (7).

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Os professores indicaram a radiação ultravioleta tanto como ionizante e não-ionizante, mas não especificaram o meio. A classificação “ionizante” e “não-ionizante” depende do meio de propagação. A radiação ultravioleta é capaz de ionizar a ionosfera, sendo considerada como ionizante em relação à atmosfera, e classificada como não-ionizante em relação ao tecido biológico.

É interessante observar, de acordo com a tabela 3, que nenhum professor indicou o telefone celular como exemplo de radiação não-ionizante, embora ele tenha sido bastante citado nas respostas sobre coisas relacionadas com a radiação.

Ao serem questionados sobre o conceito de radiação ultravioleta (RUV), nove professores de Física disseram que ultravioleta é uma radiação com frequência maior que a luz visível. Dentre esses, dois disseram que são ondas eletromagnéticas com frequência maior do que a luz visível. Dois professores de Física caracterizam radiação ultravioleta a partir do comprimento de onda, dizendo que este é menor do que o comprimento de onda da luz visível. Os conceitos estabelecidos por esses dois grupos de docentes, estão parcialmente corretos, pois existem outros tipos de radiação ou ondas eletromagnéticas que possuem uma frequência acima (ou comprimento de onda abaixo) da luz visível e da radiação

ultravioleta, como por exemplo, os raios X e raios γ . Outras respostas obtidas: “radiação com frequência aproximadamente igual à luz solar” e “radiações emitidas por ondas eletromagnéticas” dos professores de Biologia; “radiação com comprimento de onda pequeno” e “radiação com frequência entre $10^{15} \text{ Hz} < f < 10^{17} \text{ Hz}$ ” dos professores de Física. Com exceção da última resposta, que situa corretamente a faixa de frequência da radiação ultravioleta, as outras respostas não caracterizam, completamente, esse tipo de radiação pela generalidade da definição, podendo ser aplicada a outros tipos de radiação. Um professor de Biologia não soube conceituar. Uma síntese das respostas é mostrada na tabela 4.

TABELA 4
Definição de radiação ultravioleta segundo os professores

O que é radiação ultravioleta?	Freqüência das respostas
Radiação com frequência maior do que a luz visível	9
Radiação com comprimento de onda menor do que a luz visível	2
Radiação com comprimento de onda muito pequeno	1
Radiação com frequência entre $10^{15} \text{ Hz} < f < 10^{17} \text{ Hz}$	1
Radiação com frequência da ordem da luz solar	1
Radiação emitida por ondas eletromagnéticas	1
Não sabe conceituar	1

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Sobre as fontes de radiação ultravioleta, os professores mencionaram principalmente o Sol (12); luz branca artificial (6); lâmpadas incandescentes (1); estrelas (1); corpos extremamente aquecidos (1); bombas atômicas (1); luz negra de neônio. Três professores de Física não citaram exemplos de fontes de RUV.

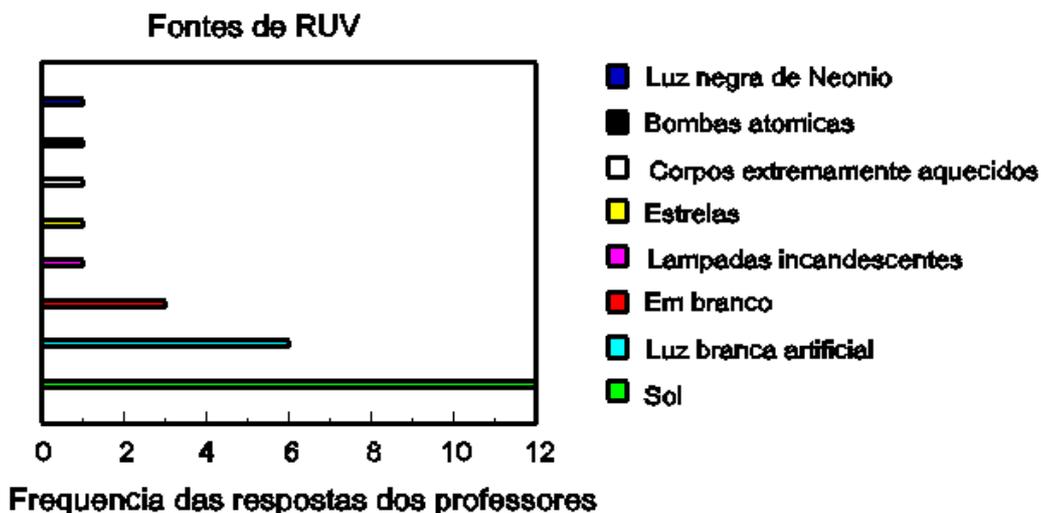


Gráfico 7: Fontes de radiação ultravioleta, segundo os docentes

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Ao serem perguntados sobre os tipos de radiação ultravioleta, oito professores mencionaram os tipos UVA e UVB; cinco professores afirmaram que não conhecem nenhum tipo de radiação ultravioleta, e apenas três professores de Física responderam corretamente à pergunta, mencionando os três tipos UVA, UVB e UVC, classificados segundo o seu poder de penetração na pele. (RODITI, 2005).

Os professores acreditam que os malefícios causados pela radiação ultravioleta são caracterizados, principalmente, por lesões no tecido epitelial: câncer de pele, queimaduras, insolação e necrose. Um professor citou a possibilidade de formação de íons no organismo, classificando-a como radiação ionizante. Apenas três professores citaram os benefícios da radiação ultravioleta, além de mencionar que pode provocar câncer de pele e causar danos ao material genético provocando tumores. Dentre esses, dois professores, um de Biologia e um de Física, explicaram que a radiação ultravioleta promove a ativação da pró-vitamina D e da melanina. Outro professor citou que a radiação ultravioleta é necessária para suprir algumas funções do corpo, mas não especificou quais. Na tabela 5 são mostradas as respostas à essa questão, note que o número entre parênteses indica a frequência de respostas dos docentes.

TABELA 5
Benefícios e malefícios da radiação ultravioleta segundo os professores

Benefícios da RUV	Malefícios da RUV
Promover a ativação da pró-vitamina D e da melanina (2); Necessária para algumas funções (1).	Câncer (14); Queimaduras (4); Insolação (1); Necrose do tecido epitelial (1).

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Indagados se a telefonia celular causa câncer, seis professores responderam apenas não, dois acreditam que não, exceto se houver exposição por longo tempo; três professores disseram que não há comprovação científica e quatro disseram que não sabiam. Apenas um professor de Física afirmou que sim: “o celular provoca câncer em qualquer situação”. O resultado pode ser visualizado no gráfico abaixo:

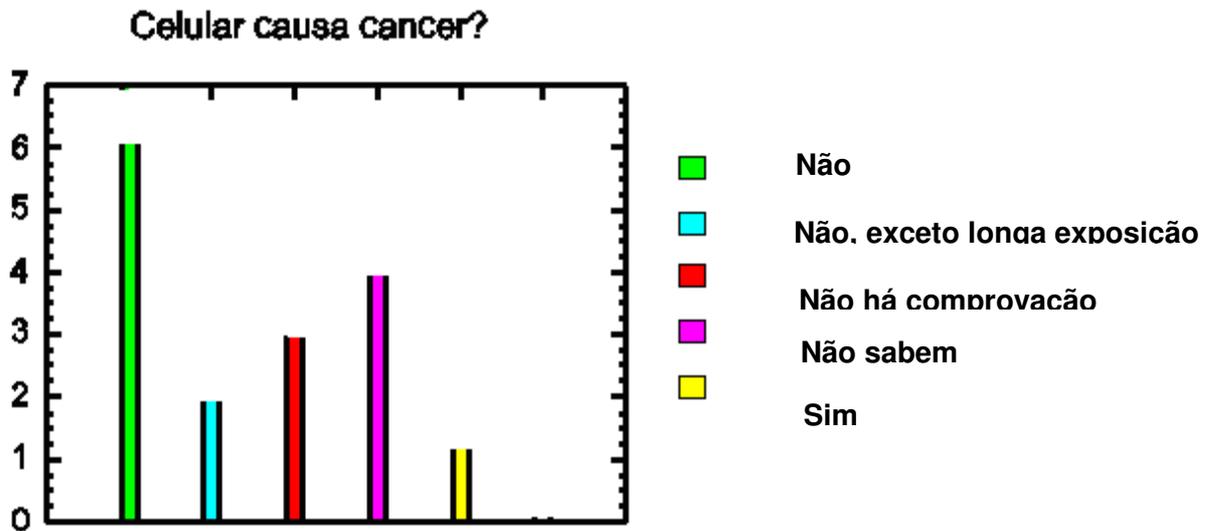


Gráfico 8: Respostas dos professores sobre a possibilidade da radiação de celular provocar câncer

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

2.4 Comparação entre as respostas fornecidas pelos alunos e professores

É interessante fazer um paralelo entre as respostas dadas pelos alunos e professores às cinco primeiras perguntas (questões comuns aos dois grupos). A maioria dos discentes e docentes, associou o termo radiação a ondas eletromagnéticas, fato que atesta a coerência entre professores e alunos nas escolas, ou seja, os alunos responderam de acordo com o conhecimento repassado pelos professores que, como ficou demonstrado, na sua maioria associa radiação a ondas eletromagnéticas.

Considerando a definição do termo radiação como “propagação de energia proveniente da emissão de partículas ou ondas eletromagnéticas” (RODITI, 2005), vemos, portanto, que apenas quatro professores mostraram possuir uma visão totalmente correta do conceito de radiação (emissão de partículas ou de ondas eletromagnéticas). As outras respostas revelam apenas uma visão parcial de radiação, isto é relataram que radiação era apenas caracterizada pela emissão de radiação ou que era proveniente apenas ondas de ondas eletromagnéticas.

No que diz respeito aos exemplos de coisas relacionadas à radiação, também os professores e alunos fizeram referência, na sua maioria, a fontes de radiação não-ionizante, principalmente o sol e o celular. Podemos concluir, com base na

análise das respostas, que tanto professores como alunos percebem que estamos mergulhados nas radiações não-ionizantes.

É importante observar a diferença entre as respostas dadas pelos professores e alunos nos contra-exemplos. Aproximadamente, 50% dos professores reconhecem que qualquer objeto, ou seres vivos, que se encontram a uma temperatura acima do zero absoluto emitem radiação eletromagnética. Nenhum aluno mostrou reconhecer esse fato.

Nas formas de se proteger das radiações, o grupo de professores, diferentemente dos alunos, faz referência tanto às radiações ionizantes quanto às radiações não-ionizantes. Talvez, este fato indique um maior contato do grupo dos docentes com tal tipo de radiação por meio de exames de diagnóstico. Também, nesse grupo, percebemos que não se faz referência à proteção contra à radiação emitida pelo telefone celular.

Ao indicar as disciplinas que estão relacionadas ao tema integrador, concluímos que os professores, em geral, têm uma boa visão das inter-relações entre as disciplinas mencionadas, reconhecendo o domínio de atuação de cada uma.

Os dois grupos indicam um envolvimento maior com as radiações não-ionizantes, embora o grupo de professores tenha citado várias maneiras de se proteger das radiações ionizantes. Podemos afirmar que, em geral, os professores tiveram dificuldades para definir a radiação ultravioleta, não souberam caracterizá-la quanto ao tipo, nem especificar os seus benefícios para o ser humano, mostrando fragilidade do conhecimento a respeito do assunto.

2.5 Organização do seminário

Após responder ao questionário de sondagem, os docentes participaram de um seminário sobre o tema: “Efeitos Biológicos das Radiações Não-Ionizantes”.

Este seminário foi elaborado a partir de uma pesquisa exaustiva em livros, artigos e *sites* na *internet*, cuja bibliografia pode ser verificada em anexo. Estas informações foram recolhidas no início de janeiro de 2007 e o seminário realizado ao final de janeiro deste mesmo ano. O público alvo escolhido para assistir ao curso,

foram os colegas do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da PUC Minas. A razão para a escolha desta amostra foram duas:

- os participantes e eu cursamos a mesma disciplina do Mestrado em Ensino de Física, a saber “Física para Ciências Biológicas”. Desta forma, a nossa interação durante a disciplina favoreceu a participação deles no seminário. Esta primeira parte contou com onze professores de Física e três professores de Biologia. Eles mostraram-se muito receptivos ao professor/mediador do seminário;
- os companheiros de trabalho são professores do Ensino Médio, tendo, portanto, experiência e sustentação teórica para opinar sobre o curso, fornecendo dicas para aprofundar ou corrigir os conceitos apresentados.

Após a aplicação do questionário de sondagem, foi ministrado, no mesmo dia, o seminário sobre os efeitos biológicos das radiações não-ionizantes. Este seminário, aplicado a esta amostra inicial, abordou vários tipos de radiação não-ionizantes, como por exemplo, microondas, ondas de rádio, ultravioleta etc. O seminário foi desenvolvido numa perspectiva problematizadora ou dialética, entendendo-se desta forma, que o conhecimento deva ser aprimorado ou compreendido como uma construção social. Os participantes poderiam interromper a qualquer instante para dar sugestões ou fazer críticas e assim o fizeram.

Na avaliação do seminário, todos os colaboradores foram unânimes em acreditar que este abordava muita informação e pouco conteúdo. A partir deste encontro, considerando-se evidentemente as opiniões dos colegas e os dados das sondagens anteriores restringiu-se o tema da dissertação com o objetivo de aprofundar em alguns tipos de radiação e não apenas tangenciar vários conteúdos superficialmente.

Embora uma primeira indicação para os temas escolhidos tenha sido obtida durante a análise da sondagem feitas aos alunos e professores, foi nesta etapa que se estabeleceu como objeto de estudo da dissertação, os possíveis efeitos biológicos da radiação emitida pela telefonia celular (microondas) e da radiação ultravioleta. As razões para a escolha destes dois tipos de radiação como elementos norteadores do trabalho, ocorreu de forma distinta: A radiação emitida pelo celular (microondas) foi a que obteve menor participação dos professores que estavam presentes nesta etapa da pesquisa, indicando uma falta de conhecimento dos mesmos sobre o assunto. Assim, percebemos a necessidade de aprofundar este tema na cartilha interdisciplinar que seria construído para a utilização dos

professores. Por outro lado, os conceitos que envolvem a radiação ultravioleta, bem como alguns dos seus efeitos biológicos como o câncer de pele, eram mais familiares aos professores. Todavia, muitos docentes que participaram desta etapa da sondagem mostraram desconhecimento sobre os diferentes tipos de câncer de pele e outros efeitos biológicos advindos deste tipo de radiação, como o pterígio. Os professores mostraram também uma fragilidade a respeito dos conceitos básicos relacionados com este tipo de radiação.

Após as dicas dos colaboradores, este seminário foi reformulado, contemplando, então apenas as radiações emitidas pelo celular e ultravioleta. Este novo seminário, submetido à reformulação, foi aplicado ao restante da amostra, a saber: dois professores de Física, um professor de Biologia, um professor de Química e um professor de Matemática, todos da cidade de Teófilo Otoni.

É importante salientar a participação efetiva dos docentes no seminário, fornecendo opiniões sobre o assunto lecionado e dicas sobre metodologias de ensino do tema em sala de aula. Por exemplo, o professor de Química nos orientou a fazer uma pesquisa sobre medicamentos que contenham queratina, e, a partir daí, construir uma questão interdisciplinar envolvendo os efeitos da radiação ultravioleta sobre esse composto. O professor de matemática contribuiu com análises de gráficos. Desta forma, docentes de campos do conhecimento afins contribuíram efetivamente para a construção da cartilha multidisciplinar. Acredita-se que apenas será possível trabalhar de forma integrada, através do diálogo entre professor/professor, aluno/aluno e professor/aluno. A comunicação entre os indivíduos possibilita uma relação consistente entre os conceitos das diversas disciplinas, proporcionando um ensino integrado e articulado.

Abaixo relacionamos os tópicos discutidos no seminário sobre as radiações emitidas pelo telefone celular e ultravioleta, na sua versão final:

- Radiação não-ionizante: conceito e tipos.
- Radiação ionizante: conceito e tipos.
- Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.
- Frequência e comprimento de onda.
- Espectro eletromagnético.
- Absorção específica e taxa de absorção específica.
- Exposição controlada e não controlada.
- Restrições básicas.
- Normas e recomendações.
- CELULAR: conceito, geração e transmissão, tecnologia analógica e digital, antenas de transmissão, distância de segurança.
- Efeitos biológicos dos celulares em seres humanos: sono, câncer no cérebro, câncer no olho, alteração no cortisol, melatonina. Alterações no sistema cardiovascular.
- ULTRAVIOLETA: conceito e tipos.
 - Efeitos biológicos do ultravioleta em seres humanos: visuais: catarata, degeneração macular, pterígio; na pele: síntese de vitamina D, reação foto alérgica, reação fito-foto dermatite, câncer de pele.
 - Questões multidisciplinares envolvendo os efeitos biológicos produzidos pelo celular e pela radiação ultravioleta, por meio da inter-relação entre conceitos básicos de Física, Biologia, Matemática e Química.

Quadro 2: Tópicos discutidos no seminário sobre as radiações emitidas pelo telefone celular e ultravioleta

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

3 SONDAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS E RESULTADOS

Apresentamos neste capítulo, as etapas seguidas durante a sondagem feita junto aos alunos, em relação aos conhecimentos básicos ligados ao tema da cartilha, os resultados obtidos e nossas conclusões.

Após a construção da cartilha (que ainda não foi aplicada aos alunos) e elaboração do seminário, sentimos a necessidade de verificar o grau de conhecimento dos alunos em relação aos conceitos básicos, que surgem durante a discussão dos possíveis efeitos biológicos da radiação ultravioleta proveniente do Sol e da radiação microonda emitida pelo telefone celular. Para tal, elaboramos um questionário com perguntas diretas sobre os conceitos básicos da Física, como por exemplo, potência, energia, ondas eletromagnéticas e mecânicas, e da Biologia, glândula supra-renal, glândula pineal, hormônios cortisol e melatonina, linfócitos e camadas da pele. Este questionário inclui também perguntas sobre os efeitos biológicos que, na opinião dos alunos, a radiação ultravioleta e o telefone celular poderiam causar no ser humano.

Participaram desta etapa da pesquisa oito alunos, cursando o segundo ano do Ensino Médio do Colégio Militar Tiradentes. Vale ressaltar que alguns desses alunos também participaram da primeira sondagem.

A coleta de dados para essa etapa aconteceu em três momentos distintos: os estudantes responderam a algumas questões preliminares. Posteriormente, no mesmo dia, participaram de um curso (seminário) sobre os possíveis efeitos das radiações não-ionizantes – telefonia celular e radiação ultravioleta. Após o seminário, os discentes responderam às mesmas questões preliminares. Esta última etapa teve como objetivo verificar a assimilação do conteúdo discutido durante a apresentação do seminário, verificando também a evolução da construção do conhecimento pelos discentes, por meio da comparação das respostas dadas nos questionários respondidos antes e após o seminário.

O questionário dessa etapa foi formulado tendo como base os resultados obtidos nas sondagens anteriores e a escolha do tema integrador: Possíveis Efeitos Biológicos das Radiações Não-ionizantes. O questionário, que se encontra no apêndice II, pode ser dividido em dois grupos, apresentando questões sobre os conceitos básicos de Física e Biologia que permeiam o tema discutido, e questões

específicas sobre as radiações emitidas pelo telefone celular e ultravioleta.

As questões relacionadas aos conceitos básicos foram incluídas com o objetivo de coletar dados que fornecessem informações sobre o conhecimento prévio dos alunos a respeito desses conceitos. Percebemos a importância em desenvolver inicialmente os conceitos básicos, preparando os alunos para a posterior integração entre as disciplinas.

O segundo grupo de questões aborda as radiações ultravioleta e microondas (telefonia celular), e os possíveis efeitos que estas podem ter sobre os seres humanos. As questões foram elaboradas, sempre que possível, explorando a proximidade com o cotidiano do aluno.

Apresentamos nas seções seguintes as perguntas, as respostas dadas pelos estudantes e a análise feita.

3.1 Análise dos dados do pré-teste

GRUPO 1: Conceitos básicos

a) O que você entende por potência? Qual a unidade correspondente?

Sete alunos relacionaram potência com força: “potência é força”, “força da energia”, “força ou capacidade”, “o tamanho da força”, “força ou energia aplicada em alguma atividade ou movimento”. Um aluno respondeu que potência serve para indicar ou medir a quantidade de energia, sem maiores especificações. Um aluno não respondeu. Três alunos indicaram corretamente que a unidade para a medida de potência é o Watt, dois alunos disseram que é o Joule (unidade de energia), e três não responderam a essa parte da questão.

Vemos, portanto, que o conceito de potência, energia gasta para realizar um determinado trabalho por unidade de tempo, é confundido com o conceito de força pela maioria dos alunos.

b) O que você entende por energia? Qual a unidade correspondente?

Dentre os cinco alunos que responderam a essa questão, quatro deles definiram energia como força. Três alunos disseram simplesmente que energia é

“força”; enquanto um disse que “energia é força que gera trabalho”. Um aluno associou energia com “um tipo de combustível produzido pela força da água, do Sol etc”. Três alunos deixaram a questão em branco. Apenas dois alunos indicaram as unidades usadas para medir energia, um indicou corretamente o Joule e o outro indicou o Volt, unidade de diferença de potencial elétrico.

Os alunos também confundem os conceitos de energia e força.

c) Defina freqüência.

Quatro alunos disseram que não sabem definir freqüência e um deixou em branco. Entre os que definiram temos: “intensidade em que a onda é recebida ou aplicada”; “podem ser o tempo e ondas que se movimentam no ar, como ondas de rádio”; “é uma onda radioativa transmitida a certos aparelhos, rádio, por exemplo”. Fica claro que nenhum dos alunos pesquisados sabe o que é freqüência.

d) Defina comprimento de onda.

Cinco alunos disseram que não sabem conceituar comprimento de onda. Um aluno disse que é “o tipo da onda”; outro disse que é “sua capacidade até onde ela pode chegar”; e outro disse que é a “extensão das ondas eletromagnéticas”. Analogamente, os alunos também não têm idéia do que seja comprimento de onda.

e) Qual a fórmula que relaciona v , f e λ ?

Quatro alunos disseram que não sabem; três não responderam; e um escreveu que $f = c/v$. O único aluno que respondeu a questão confundiu a expressão matemática $v = \lambda f$ com a expressão que define o índice de refração de um meio.

f) Qual a velocidade da luz?

Três alunos disseram corretamente que a velocidade da luz $c = 3 \times 10^8$, mas não mencionaram a unidade, que seria metros por segundo (m/s). Dois alunos disseram que não sabiam. Entre as respostas incorretas citamos: 3.000.000 m/s; um bilhão por minuto e 3.600.000.

g) Diferencie onda eletromagnética de onda mecânica.

Quatro alunos disseram que não sabem diferenciar onda eletromagnética de onda mecânica e três deixaram a questão em branco. Um disse que onda

eletromagnética é a onda de um aparelho ao outro pelo ar e não sabe o que é onda mecânica. Portanto, nenhum aluno soube responder a questão.

h) Defina:

- Glândula supra-renal

Quatro alunos não souberam responder e um deixou em branco. Dois disseram que “são glândulas dos rins que filtram o sangue”, e um disse que “é a glândula responsável pela produção das emoções e sentimentos”.

A maioria dos alunos não soube responder a questão (62,5%). Dentre as respostas dadas, dois alunos relacionaram a glândula com os rins, na verdade a glândula supra-renal se localiza na parte superior dos rins. E confundiram a sua função com a função dos rins de filtrar o sangue. Apenas um aluno se referiu à sua função “produção das emoções e sentimentos”.

A glândula supra-renal é responsável pela secreção do hormônio cortisol, conhecido como o “hormônio do estresse”. Essa denominação decorre do fato desse hormônio ser produzido pelo corpo em altos níveis durante brigas ou preparação para brigas, e também é responsável por várias mudanças relacionadas ao estresse no corpo. Além dessas funções, o cortisol atua no metabolismo da glicose, no nível de açúcar no sangue, pressão sanguínea, função imunológica e resposta inflamatória.

- Glândula pineal

Sete alunos disseram que não sabem o que é a glândula pineal, e um disse que é uma glândula do ser humano. Podemos afirmar, portanto, que nenhum aluno sabe o que é a glândula pineal.

- Cortisol

Sete alunos disseram que não sabem o que é cortisol e um deixou em branco. Nenhum aluno sabe o que é cortisol.

- Melatonina

Três alunos não sabem o que é melatonina e um deixou em branco. Três disseram que “fica na pele e determina a cor desta”, e um disse que é “uma substância da pele que a protege dos efeitos solares”.

Metade dos alunos não respondeu à questão. O restante confundiu

melatonina, hormônio produzido pela glândula pineal cuja principal função é regular o sono, com melanina, relacionada à pigmentação e proteção da pele contra os danos da radiação ultravioleta.

- Linfócitos

Três alunos não sabem o que são linfócitos, um deixou em branco. Dois disseram que são “componentes do sangue humano”, um disse que “é algo que o ser humano possui”, e um disse que “são glândulas que eliminam substâncias imunológicas no corpo”.

Metade dos alunos não sabe o que são linfócitos. Apenas um aluno respondeu parcialmente a questão, pois os linfócitos são células, e não glândulas, que atuam na defesa do organismo.

- Cite as camadas da pele

Um não soube. Dois disseram “derme, epiderme e hipoderme”; dois disseram “derme e epiderme”; um disse “gordura, derme e epiderme”; um disse “epiderme e epitelial”; e um disse “tecido epitelial”.

Apenas dois alunos responderam corretamente: derme e epiderme. A hipoderme é a camada abaixo da derme e contém gordura não é considerada parte da pele. A epiderme é constituída pelo tecido epitelial e a derme pelo tecido conjuntivo.

GRUPO 2: Telefone celular, radiação ultravioleta e seus efeitos

i) Cite os malefícios e benefícios da luz do Sol.

Na tabela 6 mostramos os benefícios e malefícios da luz do Sol citados pelos alunos, os números entre parênteses indicam a frequência dos itens nas respostas. Os alunos acreditam que a luz do Sol causa câncer de pele, além de queimaduras, insolação, alergias e manchas na pele. Três alunos não citaram nenhum benefício. Apenas um especificou a ativação da melanina, enquanto outro mencionou apenas “vitamina E”. Outras respostas incluíram a “energia fornecida na pele”; e um aluno menciona que há benefício, mas não especifica qual.

TABELA 6
Benefícios e malefícios da luz do Sol segundo os alunos

Benefícios da luz do Sol	Malefícios da luz do Sol
Em branco (3); Manter a oleosidade natural da pele (1); Promover a ativação de algumas propriedades do corpo (melanina) (1); Faz bem aos ossos, unhas e pele (1); Vitamina E, melhora doenças respiratórias (1).	Câncer de pele (5); Queimaduras (2); Insolação (2); Doenças de pele (1); Alergias e manchas na pele (1).

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

j) O que é radiação ultravioleta? Tipos?

Quatro alunos responderam que radiação ultravioleta é a “radiação emitida através dos raios solares”; três disseram que são “os raios do Sol”; e um disse não saber. Quando perguntados sobre os tipos de radiação ultravioleta, seis alunos disseram não saber, um respondeu incorretamente “tipo solar” e apenas um citou dois dos três tipos existentes “UVA e UVB”.

Apesar da maioria dos alunos associarem a radiação ultravioleta com a sua fonte principal, o Sol, nenhum deles foi capaz de caracterizar essa radiação.

k) É preciso se proteger da radiação ultravioleta? Como?

Seis alunos disseram que é preciso se proteger contra a radiação ultravioleta, um disse que não sabe e outro deixou em branco. Entre as precauções citadas está o uso de filtro solar (5); óculos escuros (3); boné (2); além de evitar horários em que a quantidade de radiação UV é maior (2). Os números entre parênteses indicam a frequência dos itens nas respostas.

l) Celular provoca câncer?

Três alunos acreditam que celular não provoca câncer, e três acreditam que sim. Um deixou em branco e um mostrou ter dúvida sobre o assunto.

m) As antenas e celulares provocam algum efeito biológico? Qual?

Cinco alunos acreditam que antenas e celulares afetam o organismo e dois dizem que não. Um aluno deixou em branco. Dentre os efeitos biológicos foram citados: afeta a audição (1); provoca câncer (3), ataque cardíaco (1), diabetes (1), e lesões (1).

n) É preciso se proteger de ambos? Como?

Quatro alunos acreditam que devemos nos proteger dos celulares e antenas, e dois acreditam que não. Um deixou em branco e outro disse não saber responder a questão.

Segundo os alunos deve-se evitar o uso do telefone celular em carros, por causa da reflexão pelas partes metálicas (ambientes fechados); usar o aparelho somente quando necessário; e evitar dormir próximo ao telefone celular.

É interessante observar que na primeira sondagem, os alunos não mencionaram nenhum tipo de proteção contra a radiação emitida pelo telefone celular. Mas, quando perguntados diretamente sobre o assunto, metade dos alunos afirmaram que devemos nos proteger dessa radiação.

3.2 Análise dos dados

Após participarem do seminário, os alunos responderam ao questionário novamente. Na ocasião em que responderam ao questionário, os oito alunos estavam cursando o terceiro ano do Ensino Médio.

GRUPO 1: Conceitos básicos

a) O que você entende por potência? Qual a unidade correspondente?

Cinco alunos continuaram dizendo que potência é uma força; “uma força da radiação”; “a força intensidade, quantidade”. Dois disseram que potência “é usada para medir a força da energia”, ou “para medir energia”. E um aluno confundiu com a notação “potência de 10”. Percebemos que os alunos, mesmo após terem assistido ao seminário, continuaram a confundir os conceitos de potência e força.

Em relação à unidade, houve um retrocesso, apenas dois alunos indicaram a unidade de potência correta, o Watt e três indicaram o Joule, unidade de energia.

b) O que você entende por energia? Qual a unidade correspondente?

Dois alunos associaram energia com radiação; um aluno associou energia com carga recebida; outro disse que é “luz convertida em trabalho”; e outro que é

“força exercida sobre um átomo”. Um aluno continuou afirmando que “energia é força”. Dois alunos não responderam à questão.

Novamente, apenas um aluno indicou a unidade de energia corretamente, o joule. As outras respostas incluíram o volt (1), unidade de potencial elétrico, o watt (3), unidade de potência e o hertz (1), unidade de frequência.

c) Defina frequência.

Um aluno disse que não sabe definir frequência e dois deixaram em branco. Entre os que definiram temos: “intensidade da onda”; “capacidade de alcance”; “ritmo em que as ondas incidem”; “velocidade que os raios radioativos tendem a chegar a um ponto”. Um aluno escreveu apenas que “J/s = Hz”, o que não é verdade. Com exceção da resposta que associa o ritmo das ondas com frequência, que mostra uma tendência à associação correta, as outras respostas mostram que os alunos continuam tendo dificuldades com este conceito.

d) Defina comprimento de onda.

Dois alunos disseram que é “a distância entre duas cristas”; três disseram que é “a distância de uma onda a outra”; um disse que é “a distância que uma onda de radiação pode alcançar”; e outro disse que é “a distância de um ponto ao outro”. Um disse que não sabia responder. Nesse caso, dois alunos responderam corretamente a questão, e três tangenciaram a resposta correta, se considerarmos que estes alunos associaram corretamente comprimento de onda a uma distância.

e) Qual a fórmula que relaciona v , f e λ ?

Dois alunos disseram que não sabem; três não responderam. Dentre as respostas temos: $f = J/s = m$; $v = d/\lambda$ e $f = d v$. Nenhum aluno foi capaz de reproduzir a relação $v = \lambda f$.

f) Qual a velocidade da luz?

Quatro alunos disseram que $c = 3 \times 10^8$, mas não mencionaram a unidade. Dois alunos disseram que a luz não se propaga no vácuo. Um aluno disse “que a mesma velocidade que ela se propaga na natureza”, e um aluno disse que não sabia.

Nesse item, apesar do aumento do número de alunos que mencionaram

corretamente o valor da velocidade da luz, três alunos mostraram-se confusos a respeito das propriedades de propagação da luz. A luz propaga-se no vácuo, e sua velocidade depende do meio no qual ela se propaga.

g) Diferencie onda eletromagnética de onda mecânica.

Quatro alunos responderam corretamente que ondas mecânicas precisam de um meio/composto para se propagar e as ondas eletromagnéticas não precisam. Um aluno inverteu os papéis. Um aluno disse que ondas mecânicas são não-ionizantes, não tiram elétrons do átomo e a onda eletromagnética é ionizante. Um deixou em branco e outro disse que não sabe.

A onda eletromagnética pode ser ionizante ou não, dependendo da sua energia e do meio no qual se propaga.

h) Defina:

- Glândula supra-renal

Seis alunos responderam que “fica acima dos rins”, dentre essas respostas alguns indicaram sua função: produz emoções e sensações como o estresse; responsável pela filtração, pressão arterial e açúcar no sangue; um aluno respondeu que é uma glândula localizada sobre o rim e produz o cortisol; um aluno disse que esqueceu.

Apesar de apenas um aluno ter dado uma resposta completa, indicando sua localização e tipo de hormônio que produz, percebemos uma melhora na localização da glândula supra-renal pelos alunos após assistirem ao seminário.

- Glândula pineal

Apenas um aluno respondeu corretamente dizendo que é “a glândula responsável pela produção de melatonina”, e dois alunos associaram a glândula à função da melatonina, dizendo que é “a glândula do sono”. Três alunos confundiram essa glândula com a supra-renal, dizendo que é “o local onde o cortisol é produzido”. Um aluno disse que já ouviu falar na glândula pineal, mas não disse o que é, e um deixou em branco.

- Cortisol

Um aluno respondeu que cortisol é o hormônio produzido pela glândula supra-

renal, enquanto quatro alunos citaram algumas de suas funções no organismo: “o cortisol aumenta a pressão arterial e o açúcar no sangue” (3 alunos); “substância que aumenta/diminui a quantidade de açúcar no sangue” (1 aluno). As outras respostas mostram a confusão feita pelos alunos: “substância produzida pela glândula pineal”; “glóbulos brancos produzidos pela pineal”. Um aluno disse que não prestou atenção na explicação. Percebemos uma melhora nas respostas em relação ao questionário respondido antes do seminário.

- Melatonina

Dois alunos responderam parcialmente a questão afirmando que a melatonina é: “Secreção produzida pela glândula pineal”; “produzida no cérebro com função de causar sono”. Duas respostas incompletas indicam uma associação correta: “glândula do sono”; “fica no cérebro e é conhecida como a célula do sono”. Nas respostas subseqüentes, dois alunos confundiram a melatonina com o cortisol e a melanina, respectivamente: “substância produzida pela supra-renal”; “substância que quando atingida pelo sol libera uma substância”. Um aluno não prestou atenção e outro disse que não sabia responder. Ainda assim, podemos afirmar que houve uma melhora no desempenho dos alunos, em relação ao questionário anterior.

- Linfócitos

Seis alunos relacionaram corretamente os linfócitos com o sistema de defesa do corpo: “tipos de glóbulos brancos que pertencem ao sistema imunológico no sangue” (3); “componente do sangue responsável pela defesa do corpo” (1); “glóbulos brancos” (1); “faz parte do sistema imunológico do corpo” (1). Um aluno disse que não prestou atenção, e um respondeu erradamente que são “glândulas com a função de controlar”. Nesse item também percebemos um desempenho melhor dos alunos após assistirem ao seminário.

- Camadas da pele (citar)

Sete alunos disseram “derme, epiderme e hipoderme”; e um disse “endoderme, derme e epiderme”. Apesar da uniformidade das respostas, as camadas da pele são derme e epiderme.

GRUPO 2: Telefone celular, radiação ultravioleta e seus efeitos

i) Cite os malefícios e benefícios da luz do Sol.

A tabela 7 relaciona os benefícios e malefícios da luz do Sol citados pelos alunos após assistirem ao seminário. Os números entre parênteses indicam a frequência das respostas.

TABELA 7
Benefícios e malefícios da luz do Sol segundo os alunos após assistirem ao seminário

Benefícios da luz do Sol	Malefícios da luz do Sol
Transformação dos raios solares em vitamina D que ajudam no crescimento e fortalecimento do tecido ósseo (5); Bronzeamento (3); Fortalece os ossos (1).	Câncer de pele (6); Queimaduras (4); Pterígio (2); Enrugamento (2); Catarata (1); Insolação (1); Problema na pele e ossos (1); Envelhecimento precoce da pele (1).

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Comparando com as respostas do pré-teste, vemos que após o seminário os alunos mostram um melhor desempenho ao mencionar os malefícios e benefícios da luz do Sol, ampliando os exemplos citados.

j) O que é radiação ultravioleta? Tipos?

Seis disseram que é a radiação transmitida pela luz solar. Um disse que são “raios que possuem ondas eletromagnéticas”, e um disse que é “uma radiação não-ionizante emitida por vários aparelhos que usamos no dia-a-dia”. Seis alunos mencionaram corretamente os três tipos de radiação ultravioleta, UVA, UVB e UVC, um aluno mencionou apenas dois tipos, UVA e UVC, e outro aluno provavelmente trocou a letra “C” pela letra “S”, respondendo UVA, UVB e UVS.

Nesse item percebemos que houve uma melhora em relação ao pré-teste, pois a maioria dos alunos associou corretamente radiação ultravioleta com a sua fonte principal, o Sol, e mencionou os tipos existentes que a classifica. No entanto, nenhum aluno caracterizou a radiação ultravioleta.

k) É preciso se proteger da radiação ultravioleta? Como?

Sete alunos disseram que é importante se proteger contra a radiação ultravioleta e um deixou em branco. As formas de proteção citadas estão

relacionadas na tabela X abaixo.

TABELA 8
Formas de proteção contra a radiação ultravioleta segundo os alunos, após assistirem ao seminário

Formas de proteção	Frequência das respostas
Usar protetor solar;	4
Usar roupas adequadas;	4
Usar chapéu;	3
Usar óculos escuros;	3
Evitar o sol de 10 às 16h;	1

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Nesse item, com exceção da última resposta na qual o aluno provavelmente cometeu um engano dizendo que devemos “tomar sol das 10h às 16h”, os alunos mostram que entendem a necessidade de proteção contra a radiação ultravioleta, ampliando as maneiras de precaução citadas.

l) Celular provoca câncer?

Os oito alunos responderam que não. Provavelmente foram influenciados pela discussão durante o seminário sobre os resultados não-conclusivos das pesquisas a respeito do assunto.

m) As antenas e celulares provocam algum efeito biológico?

Os oito alunos responderam que sim. Entre os efeitos biológicos citados temos, “alteração no cérebro (a pessoa fica mais ativa, energética)” (3); “perda de memória (2)”; “alteração no sono (1)”; “insônia, tonteira, dor de cabeça (1)”.

As respostas refletem alguns sintomas mencionados no seminário, contidos na cartilha.

n) É preciso se proteger de ambos? Como?

O grupo novamente ficou dividido ao responder essa questão. Três alunos afirmaram que não é preciso se proteger das radiações emitidas por telefones celulares ou antenas, alegando que os efeitos sobre o organismo são mínimos, e este logo se restabelece. Cinco alunos afirmaram que é necessária a proteção, sugerindo: usar o celular a dois centímetros da cabeça (5); evitar contato freqüente e próximo (2); controlar o uso de celulares junto às crianças (1). Os números entre parênteses indicam a freqüência dos itens nas respostas.

3.3 Discussão dos resultados

As respostas dos alunos ao primeiro questionário (antes de assistir ao seminário) mostram uma fragilidade destes em relação aos conceitos básicos de Física e de Biologia abordados pelas perguntas do Grupo 1. Uma análise comparativa dos dados obtidos antes e após a participação no seminário, mostra que houve pouco progresso dos alunos na assimilação dos conceitos básicos de Física. No entanto, estes mesmos alunos tiveram um melhor desempenho na assimilação dos conceitos básicos de Biologia. Talvez, o fato de os conceitos de Biologia estarem fortemente marcados na discussão dos possíveis efeitos que a radiação não-ionizante pode causar no ser humano, evidenciando sensações e sintomas comuns a todas as pessoas, facilite a assimilação destes por parte do aluno.

A análise comparativa dos dados do Grupo 2, cujas perguntas abordaram os efeitos biológicos e maneiras de proteção contra as radiações não-ionizantes, mostra que houve uma melhora significativa na assimilação destes itens, que foram discutidos durante o seminário. Este fato é confirmado pela ampliação do número e variedade de exemplos citados pelos alunos nas respostas.

Concluimos assim, que a assimilação de conhecimentos é mais efetiva quando o assunto apresentado está mais próximo da realidade do aluno. Este resultado sugere a necessidade de se planejar uma aula ou seminário de maneira que os conceitos básicos apresentados estejam envolvidos na discussão de temas relacionados com o cotidiano do aluno.

Em relação ao uso da cartilha sobre os possíveis efeitos biológicos das radiações advindas da telefonia celular (microondas) e do Sol (ultravioleta), vemos que é importante preparar os alunos, apresentando e definindo os conceitos básicos de física envolvidos no tema, durante a discussão propriamente dita. Como conseqüência do fraco desempenho dos alunos frente aos conceitos básicos, verificado nas respostas aos questionários aplicados antes e após o seminário, decidimos elaborar um glossário, que foi anexado à Cartilha. O glossário contém definições sucintas dos conceitos básicos e termos usados em Física, Biologia, Química e Matemática. Esperamos, dessa maneira, facilitar o trabalho do professor no preparo da aula.

4 CARTILHA MULTIDISCIPLINAR

4.1 Possíveis efeitos das radiações não-ionizantes: radiação ultravioleta e microondas advindas do telefone celular

Esta cartilha foi elaborada com a intenção de contribuir para a formação integral de nossos alunos do Ensino Médio, por meio do enfoque conhecido como CTS, isto é, pelo esforço de relacionar Ciência, Tecnologia e Sociedade. Assim, a abordagem que será feita, aqui, centra-se em questões do dia-a-dia das pessoas, que, acreditamos, torna os conteúdos escolares mais atraentes para o estudante. Nessa direção, serão apresentados estudos dos conceitos e das conseqüências biológicas, para os seres humanos, da radiação emitida pelo telefone celular e da radiação ultravioleta provinda do Sol, numa perspectiva de articulação das disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza. Busca-se, também, conscientizar da importância de se proteger dessas radiações.

Espera-se que esta cartilha contribua para que o aluno compreenda os riscos e benefícios que a aplicação de um conhecimento científico pode trazer para a sua existência e para a sociedade, capacitando-o a questionar, decidir e atuar sobre questões que envolvam conhecimentos de Ciência e Tecnologia.

Para que o aluno desenvolva essas qualidades em relação às implicações do desenvolvimento científico e tecnológico, o professor deve propiciar espaços para discussão do assunto em sala de aula, superando a concepção do aluno como mero receptor de informação para investir em suas possibilidades de tornar-se cidadão consciente e apto a tomar decisões. Este estímulo pode vir, por exemplo, por meio de debates, teatros, pesquisas de campo ou entrevistas.

Desejo, enfim, que a cartilha em foco venha ao encontro das pretensões de educadores em proporcionar ao seu alunado uma visão integradora da Física, Química, Biologia e Matemática.

4.1.1 Breve apresentação

Este material é composto, fundamentalmente, de textos científicos baseados

em resultados recentes de pesquisas envolvendo os efeitos biológicos da radiação emitida por telefones celulares e pela radiação ultravioleta do Sol, cuidando-se para que tais textos não sejam demasiadamente longos ou complexos. Em algumas situações, podem-se utilizar transparências, *power point* ou vídeos da *Internet*. Simultaneamente, para um melhor entendimento do material, os alunos poderão consultar o glossário disponível ao final desta cartilha, cujos objetivos encontram-se expressos a seguir.

4.1.2 Objetivos

OBJETIVOS GERAIS

- Aplicar os conhecimentos científicos aprendidos com o uso da cartilha situação do cotidiano
- Assumir uma maior consciência dos problemas ligados ao desenvolvimento tecnológico, adotando uma atitude responsável, para se proteger das conseqüências biológicas relacionadas ao uso do celular e da exposição à radiação solar.
- Reduzir o ensino fragmentado da Física por meio de um ensino multidisciplinar para explicar os efeitos das radiações não ionizantes, principalmente através da resolução de questões que envolvem os conceitos da Física, Química, Matemática e Biologia.

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS A SEREM DESENVOLVIDAS

- Analisar e comentar textos, identificando seu conteúdo, definindo os termos específicos e situando-os no contexto do aluno.
- Alertar o aluno sobre o caráter incompleto das pesquisas relacionadas aos efeitos da radiação emitida pelo telefone celular.
- Construir sínteses (na forma de resumos ou comentários) sobre o material estudado.
- Promover oportunidades para que o aluno desenvolva atitudes de diálogo e discussão, trabalhando em equipe.
- Incentivar o discente a expressar sua opinião perante situações-problema.

PÚBLICO ALVO: Professores do Ensino Médio.

4.2 Procedimentos instrucionais de uso da cartilha

A aula deverá ser expositiva dialogada. Sugerimos que o professor utilize a seguinte seqüência de procedimentos:

1. preparar perguntas relacionando o assunto a ser abordado a situações do cotidiano, no sentido de despertar o interesse dos alunos;
2. expor o assunto de forma dialógica;
3. apresentar uma situação aos alunos e pedir que cada um elabore um resumo, descrevendo a situação e indicando os tópicos de Física, Biologia, Matemática e Química a ela relacionados, ou seja, que ajudariam a compreendê-la;
4. separar a turma em grupos e pedir que discutam suas respostas, até que cada grupo elabore um resumo representando suas idéias;
5. discutir as idéias da turma, solicitando que um representante de cada grupo apresente as conclusões sobre a situação a que o grupo chegou; é recomendável que se anotem no quadro as conclusões dos grupos;
6. distribuir textos sobre o assunto para cada grupo fazer uma leitura;
7. descrever a situação, abordando os tópicos relacionados à disciplina que representam, focalizando a relação com as demais; nesse caso, seria bastante enriquecedor se um professor de cada disciplina mencionada acima pudesse assumir o conteúdo de sua área (descrever a situação do ponto de vista da disciplina que ele ministra);
8. pedir aos alunos que revisem seus resumos e façam uma segunda discussão, comparando as novas conclusões com as conclusões anteriores anotadas no quadro, explicando quaisquer discrepâncias que houver. Fazer uma síntese das conclusões.

4.3 Avaliação

Sugerimos que a avaliação seja diversificada, buscando verificar conhecimentos, procedimentos e habilidades do educando tais como: falar em

público, resolver questões escritas, participar de teatros, etc.

- discussão dos textos e resolução das questões multidisciplinares, através de trabalhos em grupos ou individuais. Para a avaliação em grupo, poderão ser considerados itens como a organização do grupo, pontualidade, oratória, material utilizado na apresentação e clareza dos fatos abordados;
- realização de debate, teatro, e palestras por especialistas. Elaboração de resenhas sobre os temas discutidos;
- aplicação de prova escrita individual, contendo questões objetivas e discursivas.
- estabelecimento dos critérios de correção da prova;
- discussão sobre as questões que os alunos erraram na avaliação escrita. Esta correção deverá ser feita em sala de aula com a ajuda do professor e/ou colegas;
- sugestão de tópicos a serem avaliados nos trabalhos em grupos.

4.4 Conteúdos básicos relacionados ao tema, por disciplina

Física

Energia, Potência, Ondas, Radiação Ionizante e suas Fontes, Radiação Não Ionizante e suas Fontes, Temperatura/Calor, Óptica Geométrica, dualidade onda/partícula.

Matemática

Função, Proporcionalidade, Potência de 10.

Biologia

Glândulas supra-renal e pineal, Hormônios, Circulação sanguínea, Fibras colágenas elásticas, estrutura cardíaca, Sono, Estresse, Sistema imunológico, Linfócitos, DNA, Olho humano, Tecidos, Câncer.

Química

Radicais livres, Compostos orgânicos, Funções orgânicas, Estrutura do átomo, Transições eletrônicas, Ligações químicas, Condutividade elétrica e térmica, Íons, Elétrons de valência.

4.5 Desenvolvimento do tema

4.5.1 Efeitos biológicos da radiação emitida pelo telefone celular em seres humanos.

O telefone celular é um aparelho que emite ondas eletromagnéticas, especificamente microondas (radiação não-ionizante), geralmente na frequência de 900 MHz. O aparelho emite um sinal para a Estação de Rádio Base (ERB), mais próxima do usuário. Esta por sua vez envia o sinal para a Central de Comutação e Controle (CCC), que o direciona, por meio de antenas para o telefone receptor, que pode ser outro aparelho celular ou telefone fixo, como ilustra a figura 5.

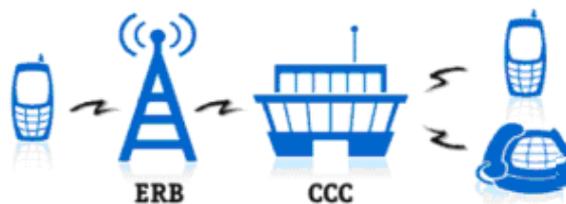


Figura 5: Esquema ilustrando a transmissão de sinais de celulares.

Fonte: www.vivo.com.br, 2008

Tipos de aparelhos celulares

Os aparelhos celulares classificam-se em analógicos ou digitais. No sistema analógico a voz é enviada e reproduzida por inteiro (DynaTAC 8000x da motorola de 1983). No sistema digital a voz é convertida em sinais digitais que são transmitidos em “pacotes” (V600, V555m da motorola e LG 5400). Ambos funcionam apenas em áreas específicas.

Tecnologia digital x analógica

Qualidade de transmissão: os celulares digitais transmitem uma qualidade de voz melhor, em comparação com o analógico.

Manutenção da ligação: tanto a tecnologia digital quanto a analógica apresenta interrupções totais ou parciais do sinal quando encontram obstáculos como túneis e morros, por exemplo. A diferença é que o telefone analógico “avisa” ao usuário, por meio de interferências destrutivas, que o sinal vai ser interrompido, enquanto que o sinal digital simplesmente desaparece.

Recursos: a tecnologia digital possui um número maior de recursos que a analógica. Com a primeira, pode-se enviar e-mail, brincar de joguinhos ou até mesmo consultar um calendário.

Bateria: a bateria do analógico resiste, no máximo, a duas horas de conversação e um dia em espera sem uso, enquanto que a bateria do celular digital agüenta três horas e meia de uso e até três dias sem conversação.

Sigilo: no sistema digital o sigilo é maior, pois não ocorre linha cruzada e a clonagem é mais difícil.

O uso de telefones celulares prejudica a saúde das pessoas?



Figura 6: Uma pessoa falando pelo celular

Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Quando estamos falando ao telefone celular, principalmente com um amigo, parente, namorado ou namorada, dificilmente pensamos nos efeitos que a energia vinda desse aparelho pode provocar no ser humano, não é mesmo? Nesta cartilha, como já dito, encontram-se resultados de algumas pesquisas recentes sobre efeitos

biológicos do celular nas pessoas, que ajudam a entender o que há de mito ou verdade sobre o assunto e a esclarecer essa polêmica pergunta: **celular causa câncer?**

Efeitos biológicos x efeitos a saúde

Efeito biológico é qualquer alteração biológica produzida no organismo, capaz de provocar ou não, problemas de saúde. A exposição de seres humanos à radiação na faixa de frequência do celular propicia efeitos biológicos como, por exemplo, mudanças na velocidade de reação das ondas cerebrais durante o sono. Porém, isto não significa que esta alteração seja prejudicial à saúde do indivíduo. O sistema imune elimina as células modificadas pela radiação .

4.5.1.1 Telefone celular altera o sono?



Figura 7: Uma pessoa dormindo.
Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Na Universidade de Zurique foram realizadas pesquisas sobre os efeitos da exposição à radiação emitida pelos telefones digitais (GSM). Voluntários saudáveis foram expostos à densidade de potência de $0,5 \text{ W/m}^2$ enquanto dormiam. Testes experimentais noturnos ocorreram em dois dias. Os voluntários eram expostos aleatoriamente durante a primeira ou a segunda noite. Após a exposição, eles disseram que se sentiram mais dispostos no dia seguinte. Estudos similares (ainda na Universidade de Zurique) foram realizados posteriormente com voluntários submetidos a uma densidade de potência de $0,2 \text{ W/m}^2$. Um SAR máximo de $0,6 \text{ W/kg}$ foi medido na parte traseira do pescoço, valor bem abaixo do limite recomendado pela ANATEL (2 W/kg). Percebe-se, de acordo com este último

resultado, que a radiação emitida pelo aparelho de celular não interferiu no sono das pessoas. No entanto, recentemente, um jornal de grande circulação nacional, mostrou que pesquisas realizadas por pesquisadores norte-americanos sugeriram que a radiação emitida por celulares pode prejudicar o sono das pessoas:

O trabalho de especialistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Estados Unidos, expôs 71 homens e mulheres, com idades entre 18 e 45 anos, à radiação do celular enquanto dormiam. Os cientistas observaram que as fases iniciais do sono foram diretamente afetadas e que outras, importantes para a recuperação dos desgastes, sofridos durante o dia, também foram prejudicadas pelas radiações. A mesma pesquisa indicou também que, pessoas que dormem com o celular muito próximo do corpo sofrem mais dores de cabeça” (ESTADO DE MINAS, 2008).

Pode-se tecer um comentário sobre os resultados das pesquisas realizadas sobre a alteração do sono devido à radiação do aparelho celular. O estudo realizado em Zurique mostrou que a radiação advinda do celular não altera o sono das pessoas, enquanto que a realizada nos Estados Unidos indicou uma alteração do sono, principalmente na sua fase inicial. Esses resultados contraditórios podem indicar que as pesquisas ainda não são conclusivas. Pesquisas indicam que a exposição à radiação de celular diminui a produção de melatonina, hormônio responsável pelo sono, produzido na glândula pineal. A fonte consultada não revela a tecnologia (GSM ou analógico) e nem a potência do aparelho usadas nos testes.

4.5.1.2 O telefone celular “esquenta a cuca”?



Figura 8: Menino segurando um aparelho de celular

Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Experiências realizadas no Reino Unido e as pesquisas de Gandhi¹ apontam um acréscimo de temperatura, proveniente da radiação do telefone celular.

Nos testes feitos no Reino Unido foi medida a temperatura da pele de um grupo de adultos, durante uma chamada de celular com duração de 30 minutos. Os resultados mostram um aumento máximo de temperatura de 2,3° C do lado da cabeça em que o celular foi apoiado. Um comitê holandês, que dita limites de exposição à radiação emitida pelo telefone celular, analisou os dados e suspeita que houve uma falha nos procedimentos de medida. O comitê acredita que houve uma influência direta das ondas eletromagnéticas emitidas pelos celulares sobre os instrumentos de medida utilizados. Nenhum acréscimo de temperatura foi verificado com o telefone desligado.

Gandhi verificou um aumento de 0,1 a 0,2°C da temperatura no cérebro e no olho em consequência da presença de um telefone celular, valor bem abaixo do limite aceitável de 1°C.

Como se pode constatar a radiação emitida pelo telefone móvel aumenta a temperatura dos tecidos biológicos. Entretanto, esses acréscimos são atenuados pela circulação do sangue e pelo suor. Deve-se, portanto, limitar o uso de aparelhos celulares pelas crianças, principalmente porque seus tecidos auditivos e oculares ainda estão em desenvolvimento e possuem poucos vasos sanguíneos.

4.5.1.3 Sistema cardiovascular x Telefone Celular



Figura 9: coração batendo
Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

¹ (Par 01, *apud* Gezondheidsraad 2002, p.38). (Gan01, *apud* Gezondheidsraad 2002, p.39).

O telefone celular pode alterar os ritmos cardíacos ou prejudicar o funcionamento de marca-passos?

Não há nenhuma evidência para afirmar que campos eletromagnéticos originados de telefones móveis produzam algum efeito sobre o sistema cardiovascular de voluntários saudáveis. A exposição ao sinal do telefone móvel parece não influenciar as variações naturais do ritmo cardíaco. Algumas pesquisas indicam uma possível influência na pressão sanguínea³. Entretanto, cientistas provaram que as alterações eram devidas à ação direta do campo eletromagnético no equipamento de medição.

Apesar disso, os usuários de marca-passo precisam ter cuidado. Com relação ao uso desse instrumento ou outros dispositivos médicos, o manual de instruções de um aparelho celular alerta:

É possível que haja interferências na função de equipamentos médicos, como por exemplo, próteses auditivas e marca-passos. Deve-se manter uma distância mínima de 20 cm entre o marca-passo e o celular. Ao telefonar, coloque o celular no ouvido oposto ao do marca-passo. Para mais informações consulte seu médico. (SIEMENS, p.3).



Figura 10: Pessoa doente
Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

A radiação emitida por aparelhos celulares, motores elétricos, soldadores elétricos e linhas de transmissão pode interferir no funcionamento normal desses

aparelhos. Entretanto, os marca-passos atuais estão sendo blindados para diminuir a interferência de qualquer tipo de radiação.

4.5.1.4 O telefone celular pode alterar os níveis de cortisol e melatonina?

Qual a relação existente entre telefone celular e hormônio?

Voluntários saudáveis³ foram expostos durante o sono a um sinal GSM de 900 MHz com uma densidade de potência de $0,2 \text{ W/m}^2$. A cada 20 minutos, foi feito exame de sangue para verificar as concentrações de cortisol e melatonina. Somente uma mudança no nível do cortisol foi encontrada - um aumento pequeno na primeira hora de exposição, voltando ao nível normal após esse tempo. Os autores justificam tal comportamento como uma adaptação do corpo ao sinal emitido.

Radon² determinou a concentração de vários hormônios, incluindo melatonina e cortisol na saliva de humanos. Estes foram expostos a um sinal GSM com uma densidade de potência de 1 W/m^2 por quatro horas, tendo por resultado um SAR máximo de $0,025 \text{ W/kg}$ na cabeça. Devido às variações diárias dos níveis desses hormônios, a exposição ocorreu durante o dia e a noite. Os investigadores concluíram que não houve alteração na concentração de nenhum dos hormônios presentes na saliva dos voluntários, após a exposição ao sinal de celular.

As pesquisas de Gezondheidsraad³ mostraram uma alteração no nível de cortisol de pessoas saudáveis. A escassez desse hormônio, ou excesso dele, pode propiciar o aparecimento de duas moléstias: A doença de Addison e a Síndrome de Cushing.

A doença de Addison, cujo nome é uma homenagem ao inglês Thomas Addison que a descobriu em 1885, surge devido a baixa produção de cortisol pelas glândulas supra-renais. Ela atinge uma a duas pessoas a cada cem mil, sendo, portanto uma doença rara. Os principais sintomas desta doença são o emagrecimento, perda de apetite, fraqueza muscular, náuseas, vômitos, irritabilidade e depressão.

A síndrome de Cushing é caracterizada por uma produção excessiva de cortisol pelas glândulas supra-renais. Entre os sintomas estão o aumento de peso, o

² (Rad01, *apud* GEZONDHEIDSRAAD, 2002 p.57).

depósito excepcional de gordura na parte superior do corpo e no pescoço, excesso de apetite e sede, bem como o aumento da produção de urina. Esta síndrome pode ter como causa um tumor nas glândulas supra-renais, geralmente benignos ou por ingestão de medicamentos que contenham cortisona ou seus derivados. Esta síndrome pode aparecer tanto em seres humanos como em cães.

De Sèze³ investigou se a exposição à radiação emitida por telefones celulares digitais teria algum efeito sobre o nível de melatonina no sangue. Os voluntários foram expostos a campos eletromagnéticos de 900 MHz ou 1800 MHz com potência máxima. Esta exposição foi feita duas horas por dia, durante cinco dias por semana em quatro semanas. Os valores do SAR encontrados no local da cabeça, onde foi apoiado o celular, estavam entre 0,1 e 0,3 W/kg. Foi realizado um exame de sangue quatro vezes por dia em intervalos de três horas, antes, durante e após o período da exposição. Em nenhum desses períodos foi encontrada uma anomalia nas variações diárias do nível de melatonina no sangue.



Figura 11: Técnico fazendo anotações

Fonte: minas.vivo.com, 2008.

Restrições básicas são limites estabelecidos para exposição a campos eletromagnéticos variáveis no tempo, baseadas diretamente nos efeitos conhecidos à saúde. As restrições básicas para exposição à radiação emitida pela telefonia celular ou outras formas de radiação não-ionizantes são ditadas no Brasil pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), de acordo com normas internacionais estabelecidas por órgãos como, por exemplo, a “International Commission Non-Ionizing Radiation Protection” (ICNIRP) a “International Radiation

³ (DeS99, *apud* GEZONDHEIDSRAAD, 2002, p.57).

Protection Association” (IRPA) a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a “Federal Communications Commission” (FCC). No item 4.5.1.5, encontram-se alguns limites estabelecidos por alguns desses órgãos, tanto para telefones celulares quanto para antena de celulares, Confira!

4.5.1.5 Câncer

Telefone celular dá câncer?

O debate atual sobre a possibilidade das radiações emitidas pelos celulares provocar câncer se intensificou nos últimos anos, devido ao aumento do número desses aparelhos. Esta discussão foi levantada após uma reclamação de um habitante da Flórida, em 1993, que atribuiu à radiação emitida pelo celular o desenvolvimento de um tumor cerebral em sua esposa. Nesta época não se conhecia praticamente nada sobre os efeitos adversos causados pela exposição regular (a curto ou longo prazo) a estes campos eletromagnéticos. Desde então, a sociedade demonstra muito interesse em relação à segurança destes telefones móveis. De acordo com Moulder, apud Sabbatini (2007), a radiação emitida pelas antenas de celulares não possui energia suficiente para quebrar a molécula de DNA.

Discutimos, a seguir, alguns tipos de câncer e sua possível relação com o uso do telefone celular.

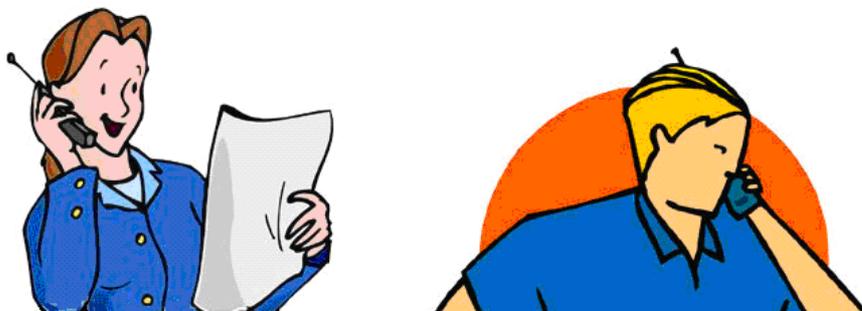


Figura 12: Pessoas falando pelo celular

Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Câncer no cérebro

Estudos epidemiológicos investigaram uma possível relação entre o uso do telefone móvel e o desenvolvimento de tumor cerebral. Hardell⁴ elaborou um estudo envolvendo 209 pacientes que apresentavam tumor cerebral. Uma análise desses tumores não indicou nenhuma ligação entre a utilização do telefone móvel e o crescimento dos mesmos, tanto para telefones analógicos quanto para digitais. Johansson⁵ monitorou um grupo de 420.000 usuários de telefone móvel de 1982 a 1995. Neste grupo, a probabilidade de desenvolver tumores cerebrais não diferiu daquela da população dinamarquesa como um todo. Nenhuma correlação foi encontrada com o tempo médio da chamada, duração do uso do telefone, idade no começo da utilização do telefone celular, ou tipo do telefone (analógico ou digital).

Recentemente uma pesquisa realizada em Tóquio também afastou a suspeita de que a radiação emitida pelo celular provoca ou aumenta o risco de câncer no cérebro. O estudo comparou 683 pessoas saudáveis a 322 pacientes com câncer no cérebro.

A última edição do British Journal of cancer, revista especializada, publicada na Inglaterra, reproduz os resultados da primeira pesquisa completa até agora sobre os efeitos no homem do uso regular de telefones celulares. E o resultado é tranqüilizador, garantem seus autores, acadêmicos da Universidade Médica de Mulheres do Japão. O estudo mostrou que não há qualquer indício de que os usuários do aparelho estejam correndo risco maior de desenvolver câncer no cérebro. Trata-se de um trabalho científico pioneiro de avaliação dos efeitos dos níveis de radiação do celular em diferentes partes do cérebro humano. (ESTADO DE MINAS, 2008).

Câncer no olho

Estudos realizados por cientistas alemães⁶ indicaram que o uso do celular aumenta o risco relativo de melanoma ocular. Diante destes estudos é razoável acreditar que ocorrerá aumento da incidência deste tipo de câncer no decorrer do tempo, pois o número de assinantes de telefone celular aumenta cada vez mais⁷. De acordo com a ANATEL, o Brasil atingiu em 2007, cem milhões de usuários de telefones móveis.

⁴ (Har99, *apud* GEZONDHEIDSRAAD, 2002, p.51).

⁵ (Joh01, *apud* GEZONDHEIDSRAAD, 2002, p.53).

⁶ (STANG, 2001, *apud* BOICE, 2002, p.23).

⁷ (INSKIP 2001, *apud* BOICE, 2002, p.23).

Para testar essa hipótese, a avaliação da incidência de melanoma ocular foi correlacionada com o número de assinantes de telefones celulares na Dinamarca⁸. Veja figura 13.

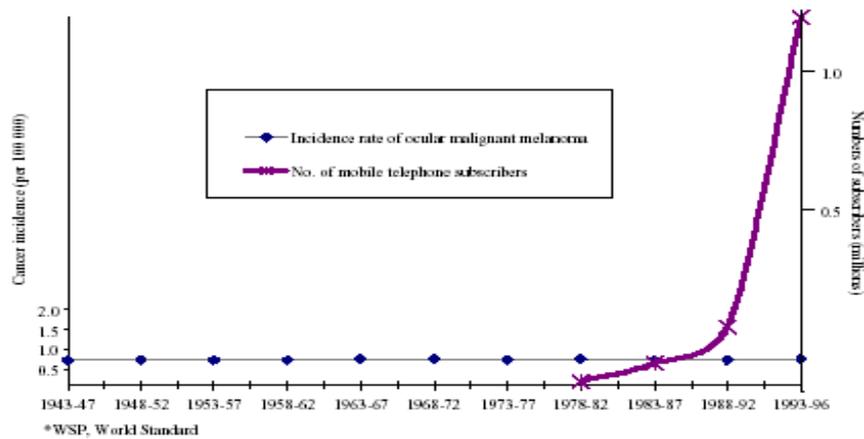


Figura 13: Evolução do número de assinantes de telefone celular e taxa de incidência de câncer no olho de 1943 a 1993.

Fonte: Boice, 2002.

Observa-se, de acordo com o gráfico, um aumento significativo do número de assinantes de telefone celular a partir de 1987. Por outro lado, percebe-se que a taxa de incidência de câncer no olho permaneceu constante durante todo o período analisado. É importante observar que a tecnologia de celular é recente se comparada com o aparecimento de câncer no olho. Não podemos inferir sobre comportamento das curvas azul e vermelha, para longos períodos de tempo (a partir do ano de 1996) ou seja, de acordo com esse gráfico não é possível afirmar se o câncer no olho está relacionado com o número de assinantes de aparelhos móveis. No entanto, o IEGMP acredita que crianças são mais suscetíveis à influência de campos eletromagnéticos, e estabelece o limite de exposição máxima de 1,6 W/kg de tecido no olho, para crianças de até 16 anos.

Outros sintomas

Vários estudos foram realizados a respeito dos efeitos biológicos em usuários de telefone móvel, como por exemplo, dor de cabeça, tontura etc. Observa-se, no entanto que estes sintomas são muito gerais, podendo ter outros tipos de origem,

⁸ (Johansen. 2002, *apud* BOICE 2002, p.23).

não estando, portanto, associado necessariamente à radiação microonda emitida pelo celular.

Outro fator significativo que pode resultar em malefícios à saúde humana é o calor excessivo gerado no corpo, devido à exposição à radiação emitida pelo celular. Embasados em dados científicos, obtidos com animais em laboratório e voluntários humanos, observou-se que a variação máxima de temperatura, para que não se desenvolva riscos à saúde humana, é de 1oC.

Como se proteger das radiações do telefone celular?



Figura 14: Pessoa falando pelo celular
Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Alguns cuidados em relação ao uso do celular são pertinentes para atenuar os possíveis efeitos da radiação emitida por esse aparelho. Confira:

- Limitar o uso do aparelho de celular pelas crianças.
- Trocar de orelha constantemente ao falar no celular.
- Evitar colocar o telefone celular próximo ao local de dormir.
- Manter distância de no mínimo dois metros das antenas de celulares (estações de rádio – base).
- Manter uma distância mínima de 20 cm entre o marca-passo e o aparelho de celular.
- Colocar o telefone celular no ouvido oposto ao local onde se encontra o marcapasso.

Quais os valores de SAR permitidos para telefones celulares?

As restrições básicas para as radiações emitidas pelos aparelhos celulares e estações de rádio-base (antenas) são estabelecidas de acordo com a densidade de potência (S) e a taxa de absorção específica (SAR). A ANATEL, através da resolução 3003/2002, estabelece normas aceitáveis em relação aos níveis de radiação para trabalhadores na área, ou seja, pessoas que estão em contato constantemente com fontes de radiação e o público em geral. Recomenda-se para trabalhador da área um SAR médio de 0,4 W/kg, e para a população em geral, 0,08 W/kg. Esses dados são uma média para exposição do corpo todo.

Em relação à exposição parcial do organismo, a ICNIRP e a ANATEL definem outros valores para o SAR. Para a população geral, foi proposto um SAR de 2 W/kg para a cabeça e 4 W/kg para a mão que segura o aparelho de celular. Os valores correspondentes para trabalhadores na área são 10 W/kg para a cabeça e 20 W/kg para a mão. É importante salientar que esses números foram estabelecidos para adultos saudáveis. Crianças, idosos e pessoas doentes devem ser expostos a doses menores de radiações. A tabela abaixo resume os níveis de referência regulamentados pela ANATEL.

TABELA 9
Níveis de referências de SAR, recomendados pela ANATEL.

Características da Exposição	Faixa de Radiofrequência	SAR média do corpo inteiro (W/kg)	SAR Localizada (cabeça e tronco) (W/kg)	SAR localizada (membros) (W/kg)
Exposição ocupacional ou controlada (trabalhadores da área)	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Exposição da população em geral ou não controlada	10MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Fonte: Agência nacional de telecomunicações, 2002

É perigoso morar perto das torres de celular?



Figura 15: Pessoa próxima a uma torre de celular
Fonte: minas.vivo.com, 2008.

A OMS estabelece uma distância limite que as pessoas devem manter das antenas de transmissão sem perigo para a sua saúde.

Tabela 10:
Distância de segurança em relação a algumas antenas de transmissão.

TIPOS DE ANTENA	DISTÂNCIA À ANTENA
Telefonia móvel (Celular)	1-2 m
TV altas frequências	15 m
Rádio FM	30 m
TV UHF	40 m

Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Observe que podemos chegar a um ou dois metros da torre de telefonia celular sem preocupação com algum malefício à saúde. Para se ter uma idéia, o limite estabelecido, por exemplo, para a rádio FM, são 30 m. Além disso, a densidade de potência das antenas de celulares diminui bastante com a distância. Por exemplo, para uma distância de 30 a 40 m, distância típica da antena a residências, a densidade de potência cai para a faixa entre 0,0001 e 0,00005 mW/cm², em comparação a 0,02 mW/cm², próximo à antena.

Esses valores encontram-se bem abaixo do nível recomendado pela FCC, de $1,2 \text{ mW/cm}^2$. Com base nessas informações, podemos concluir que morar perto de antenas transmissoras não causa malefícios à saúde humana.

4.5.2 Efeitos biológicos da radiação ultravioleta (RUV) do sol em seres humanos

A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética cuja frequência varia entre $3 \times 10^{14} \text{ Hz}$ e $7,5 \times 10^{15} \text{ Hz}$, ou com comprimento de onda compreendido entre 100 nm e 400 nm, lembrando-se que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. As fontes desta onda eletromagnética são o Sol (fonte natural) e lâmpadas de aquário e bronzamento (fontes artificiais).

Existem três tipos de radiação ultravioleta:

- UVA (λ variando entre 315 - 400 nm): Faixa caracterizada por possuir menor energia. Os raios UVA provenientes do Sol atingem a superfície da Terra em grandes quantidades. São produzidos artificialmente e muito utilizados em boates, conhecidos popularmente como luz negra.
- UVB (λ variando entre 280 - 315 nm): 90% dos raios UVB provenientes do Sol são absorvidos pela camada de ozônio, pelo vapor de água, oxigênio e dióxido de carbono presentes na atmosfera. É conhecido comumente como luz eritematogênica, pois provoca eritema (queimadura da pele).
- UVC (λ variando entre 100 - 280 nm): São os raios mais danosos aos tecidos biológicos, sendo que 99% são absorvidos pela atmosfera, e apenas 1% atinge a superfície da Terra. Os raios UVC também recebem o nome de radiação germicida.

A emissão da radiação ultravioleta pode ocorrer através de espectros contínuos ou discretos, dependendo da fonte. Um espectro é a representação da intensidade ou irradiância de uma onda eletromagnética em função de seu comprimento de onda ou frequência.

Os espectros contínuos são obtidos pela emissão de radiação por todos os objetos, pois eles estão sempre à temperatura maior que o zero absoluto, $T > 0 \text{ K}$.

Quanto maior a temperatura do corpo, mais radiação ultravioleta estará presente no espectro de emissão.

Os espectros discretos são caracterizados pela emissão de fótons por elétrons ao decair de um nível de maior energia para um de menor energia. Os fótons emitidos por meio da transição de elétrons de valência, de um nível a outro de energia, estão na faixa da radiação infravermelha, luz visível e ultravioleta. (OKUNO, 2005).

Os raios UVA, UVB e UVC (fonte artificial para o UVC), podem penetrar nas camadas da pele. O alcance da penetração dessas radiações vai depender da maneira como algumas substâncias existentes na pele absorvem a energia contida nos raios. A figura 16 mostra um esquema da penetração da RUV na pele.

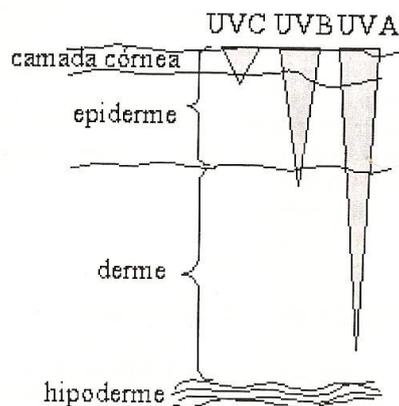


Figura 16: Penetração da RUV na pele
Fonte: OKUNO, 2005.

De acordo com a figura 16, vemos que é um equívoco afirmar que quanto maior a energia da radiação maior é a sua profundidade de penetração no tecido epitelial. O raio UVC atinge apenas a camada superior da epiderme, o UVB chega até a camada superior da derme e o UVA, embora menos enérgico, alcança as camadas mais profundas da derme. O UVB e UVC apresentam profundidade menor, porque são absorvidos pelas proteínas existentes nas camadas superficiais da pele.

Você já tomou banho de sol, hoje?



Figura 17: Pessoa tomando banho de sol

Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

Estudos sobre os efeitos biológicos da energia solar mostram os benefícios e os malefícios que a radiação ultravioleta pode causar no ser humano. Nesta cartilha você aprenderá a relação entre sol e vitamina D, além das doenças que a exposição ao sol pode causar na pele e nos olhos. Você descobrirá também o que é UVA, UVB e UVC e o que significa um protetor solar, fator 30, 50, etc. Embarque nesta aventura e descubra como as disciplinas escolares podem ajudá-lo a ter uma vida melhor, desfrutando das belezas do verão do nosso país.

Os efeitos biológicos da radiação ultravioleta em seres humanos ocorrem principalmente na pele e nos olhos, órgãos externos mais expostos a RUV.

4.5.2.1 - Efeitos biológicos do Ultravioleta na PELE

Os efeitos biológicos provenientes da RUV, na pele do homem, podem ser imediatos ou tardios. Os efeitos imediatos são: eritema ou queimadura da pele, bronzeamento, lesões das células langerhans e síntese de vitamina D. Esses efeitos ocorrem poucas horas ou poucos dias após a exposição. Já os efeitos tardios ocorrem anos depois, e são caracterizados por envelhecimento da pele (fotoenvelhecimento), e câncer de pele (fotocarcinogênese). A seguir apresentamos cada um desses casos.

Efeitos imediatos

Eritema ou queimadura

É provocado pelo sol ou substâncias fotossensibilizantes, como o piche, medicamentos e cosméticos. Ocorre freqüentemente em peles branca e moreno-clara, é caracterizado pela cor avermelhada da pele e pelo aparecimento de bolhas. A duração da queimadura depende do tipo de radiação ultravioleta que atinge a pele. O eritema provocado pela UVA surge entre duas e vinte e quatro horas após a exposição ao sol, enquanto que o provocado pela UVB aparece cerca de quatro a oito horas após a exposição ao sol. O tratamento para as bolhas e vermelhidão da pele é feito com pomadas (tratamento local) ou com injeções e medicamentos orais (tratamento sistêmico).

Bronzeamento

O bronzeamento ou melanogênese é o aumento de pigmentação da pele pela ação da RUV, conseqüente das alterações que ocorrem nos melanócitos. Segundo OKUNO (2005), neste processo os melanócitos se multiplicam, aumentam de tamanho e exibem maior concentração de melanina nos melanossomos (vesículas). Ainda de acordo com essa autora,

O bronzeamento pode ser imediato ou tardio. O bronzeamento imediato surge minutos após a exposição ao Sol, em indivíduos morenos ou pardos e desaparece gradualmente nas horas subseqüentes e está relacionado ao RUVA e à luz visível até 450nm. O bronzeamento tardio também ocorre em indivíduos morenos a partir do terceiro dia de exposição à radiação UVB, com pequena participação da RUVA, e é influenciado por fatores raciais e genéticos. É mais duradouro e persiste por semanas ou meses. (OKUNO, 2005, p.46).



Figura 18: Pessoas se bronzeando

Fonte: www.clipart.com.br, 2008.

LESÕES DAS CÉLULAS DE LANGUERHANS

A radiação ultravioleta tem efeito acentuado sobre as células de Langerhans, que são potentes indutoras da replicação dos linfócitos T e da secreção de linfocinas (citocinas), que é um grupo de moléculas envolvidas na emissão de sinais entre as células durante o desencadeamento das respostas imunes. As células langerhans possuem receptores de superfícies que capturam materiais antigênicos externos que entram em contato com a pele. O sol deixa a pele mais suscetível a infecções. O indivíduo sente cansaço e sonolência após a exposição à radiação solar.

SÍNTESE DE VITAMINA D

A Vitamina D, classifica-se como D2 e D3.

A vitamina D2 é produzida em plantas e leveduras por irradiação do ergosterol (C₂₈H₄₄O) com radiação ultravioleta.

A vitamina D3 é produzida fotoquimicamente pela ação da luz solar ou luz ultravioleta sob o 7-desidrocolesterol, presente na pele dos animais.

O ergosterol ou o 7- esidrocolesterol , quando exposto à radiação ultravioleta, é convertido em vitamina D, fator essencial para o depósito de cálcio nos ossos em crescimento. É importante salientar que dez minutos diários, é um tempo de exposição ao Sol suficiente para acontecer essa conversão. Isto ocorre também nos alimentos como peixes, manteiga, ovos. Portanto a vitamina D não é encontrada pronta nesses alimentos , é preciso um precursor (ergosterol ou 7-desidrocolesterol) para a formação de vitamina D, quando estes alimentos são exposto à radiação ultravioleta.

Efeitos tardios

Fotoenvelhecimento

É o envelhecimento da pele originado pela exposição à radiação ultravioleta. A pele fica enrugada, seca e amarelada, ocorrendo modificações das fibras elásticas e desordem das fibras colágenas.

Fotocarcinogênese

Origina-se da lesão do DNA, provocando crescimento celular (câncer de pele), devido à exposição solar. O câncer de pele pode ser de três tipos: carcinoma de células basais (CCB), carcinoma de células escamosas (CCE) e melanoma (MEL). Os dois primeiros tipos de câncer são conhecidos como não-melanoma.

A figura 19 ilustra a lesão no DNA, ocorrida no início do câncer não-melanoma. As bases nitrogenadas guanina, citosina adenina e timina do DNA ligam-se entre si por meio de pontes de hidrogênio. Quando o DNA recebe a RUV, estabelece-se uma ligação covalente entre as bases citosina (dímero de pirimidina). Desta forma, o DNA se replica dando origem a quatro fitas, a primeira formada por duas bases guanina e duas citosinas e a segunda formada por duas bases adenina com o dímero CC. Em seguida, ocorre a mutação de CC pra TT, numa nova replicação do DNA. O tipo de mutação causada pela RUV é uma espécie de assinatura, já que ele não é produzido por nenhum outro agente cancerígeno. (OKUNO, 2005).

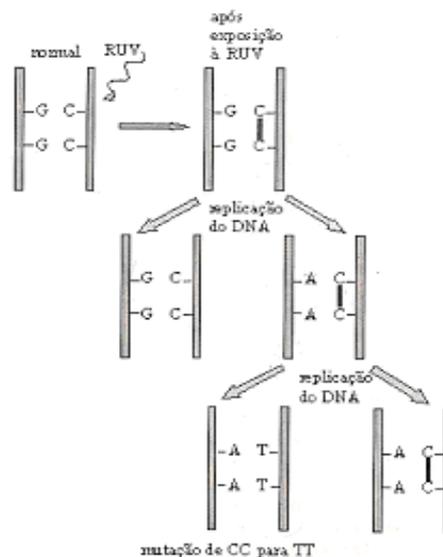


Figura 19: Mecanismo do dano ao DNA causado pela RUV

Fonte: OKUNO, 2005

Carcinoma de células basais

O carcinoma de células basais forma-se nas camadas mais profundas da epiderme, possui uma ocorrência de 75% dos casos, e raramente origina metástase. A figura 20 mostra a aparência deste tipo de câncer na região da orelha.



Figura 20: Carcinoma de células basais
Fonte: skincancer.org, 2008

Carcinoma de células escamosas

O carcinoma de células escamosas forma-se nas camadas mais superficiais da pele. Apresenta poder invasivo local e pode gerar metástase. A figura 21 mostra o aspecto deste câncer na orelha.



Figura 21: Carcinoma de células escamosas.
Fonte: skincancer.org, 2008

Melanoma

Pode-se estender às camadas mais profundas da pele. Apresenta grande incidência de metástase. A figura 22 ilustra o formato de um tumor cancerígeno abaixo do olho.



Figura 22: Melanoma

Fonte: Skincancer.org, 2008.

4.5.2.2 Efeitos do ultravioleta nos OLHOS

A luz do sol prejudica o olho humano?

É relevante alertarmos sobre os efeitos biológicos causados pela radiação ultravioleta nos olhos, pois este órgão fica muito exposto a este tipo de radiação. O olho humano não enxerga a RUV, pois ela não atinge a retina, sendo, portanto, totalmente absorvida pelas outras partes constituintes do olho, como a córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo.

A tabela 11 ilustra a porcentagem de absorção da RUV, em função do comprimento de onda, por algumas partes do olho:

TABELA 11
Porcentagem de absorção da RUV de diferentes comprimentos de onda por partes do olho humano

$\lambda(nm)$	Raio	Córnea	Humor aquoso	Cristalino	Humor vítreo
$100 < \lambda < 280$	UVC	100%	-	-	-
300	UVB	92%	6%	2%	-
320	UVA	45%	16%	32%	1%
340	UVA	37%	14%	48%	1%
360	UVA	34%	12%	52%	2%

Fonte: OKUNO, 2005.

Observe que a porcentagem de absorção dos raios ultravioleta pela córnea, diminui com o aumento do comprimento de onda, variando de 100% para o UVC (100 – 280 nm) até 34% para o UVA de 360 nm.

Os raios UV aceleram a destruição das células que compõem a córnea, favorecendo o aparecimento de lesões microscópicas denominadas fotocreatite (SILVA, 1997). No entanto, essas células apresentam um alto poder regenerativo. A absorção de RUV, pelo humor aquoso, não obedece sempre a uma mesma regularidade. Ela aumenta quando o comprimento de onda sofre um acréscimo de 300 nm para 320 nm e diminui quando ele aumenta de 320 nm a 360 nm. Ao contrário do que acontece na córnea, a concentração de RUV no cristalino aumenta com o aumento do comprimento de onda. A absorção de radiação ultravioleta pelo humor vítreo permanece constante para o intervalo $320 \text{ nm} < \lambda < 340 \text{ nm}$ e aumenta de 1% para 2%, quando o comprimento de onda varia de 340 nm a 360 nm.

É importante salientar que os valores contidos nesta tabela são para indivíduos que não estão usando óculos escuros. A presença desses dispositivos de segurança pode atenuar a entrada de RUV nos olhos e diminuir a porcentagem de absorção de RUV por suas partes constituintes. Para um maior entendimento sobre a absorção dos raios ultravioleta pelos óculos escuros, você pode consultar (SOARES, 2007), disponível em: www.fisica.ucb.br/sites/000/74/00000047.pdf.

Os efeitos biológicos da RUV nos olhos classificam-se em imediatos, como o cerato-conjuntivite e tardios como, por exemplo, o pterígio, catarata.

Efeitos imediatos

Cerato-conjuntivite

Produz inflamação na córnea e na conjuntiva. Os sintomas consistem em borramento da visão, sensação de areia nos olhos, blefaroespasma (piscar os olhos intensamente), lacrimejamento e fotofobia. A duração da cerato-conjuntivite é de um ou dois dias.

Efeitos tardios

Pterígio

O pterígio é uma membrana vascularizada que cresce da conjuntiva em direção à córnea, distorcendo-a, e gerando o astigmatismo. O pterígio, ocorre devido a exposição prolongada à radiação ultravioleta. Não se sabe ao certo como essa radiação propicia o aparecimento desta moléstia.

A figura 23 ilustra essa condição. O tratamento desta moléstia é feito por meio de cirurgia. A figura 24 mostra o aspecto do pterígio imediatamente depois (esquerda) da cirurgia, e uma semana (direita) após a cirurgia.

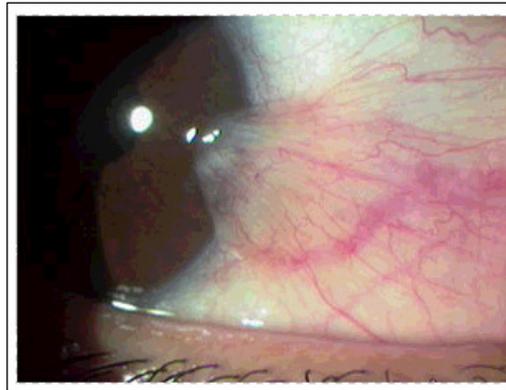


Figura 23: Pterígio, invadindo a córnea
Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente, 2008.

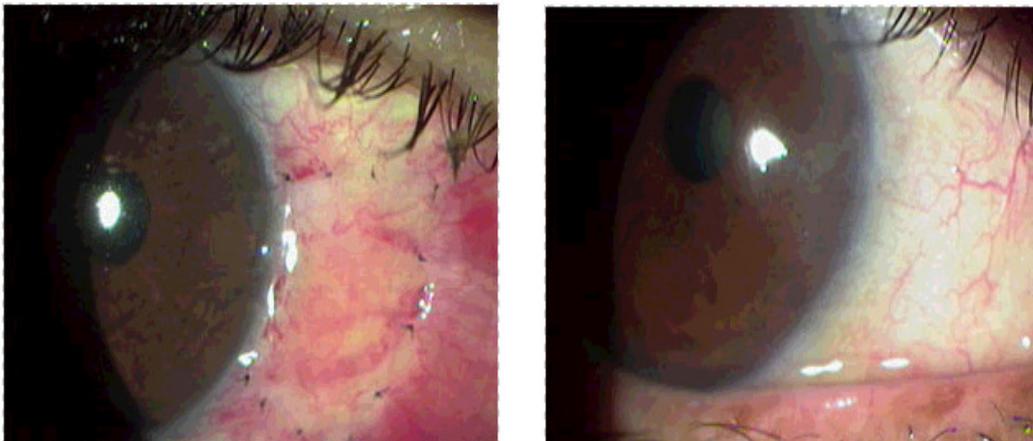


Figura 24: Pterígio: Um dia (esquerda) e uma semana (direita) após a cirurgia.
Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente, 2008.

Catarata

Ocorre quando o cristalino perde a transparência. Essa condição é provocada por radiação com comprimentos de onda da ordem de 300 nm. Os raios luminosos ao entrarem no olho sofrem difusão em diversas direções, deformando e reduzindo a visão. A RUVB é responsável por 20% dos casos de catarata. Outros fatores como diabetes, fumo e álcool, também contribuem para a formação desta moléstia.

O processo de opacificação do cristalino é acelerado pela ação de radicais livres que alteram a estrutura protéica cristalina. (SILVA, 1997). O cristalino apresenta um conjunto de redes de proteínas, solúveis em água e guarnecidas por um epitélio transparente na forma de uma cápsula. Estas proteínas não são substituídas ao longo da vida do indivíduo. A RUVB faz com que essas proteínas se tornem insolúveis, tornando o cristalino opaco, provocando a cegueira por formação de catarata. A figura 25 ilustra um caso de catarata crônica.



Figura 25: Catarata Crônica.

Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente, 2008.

O que é IUV e FPS?

O índice ultravioleta (IUV) mede o nível de radiação solar na superfície da Terra. Quanto maior a altitude, maior o IUV, e maior o risco de danos à pele e de aparecimento de câncer. A figura 26 mostra a relação entre o IUV e os cuidados que devem ser tomados para se proteger da RUV proveniente do Sol. Como a maior parte dos raios ultravioletas que atingem a Terra é do tipo UVB, o índice UV poderia ser chamado, também, de índice de radiação UVB.

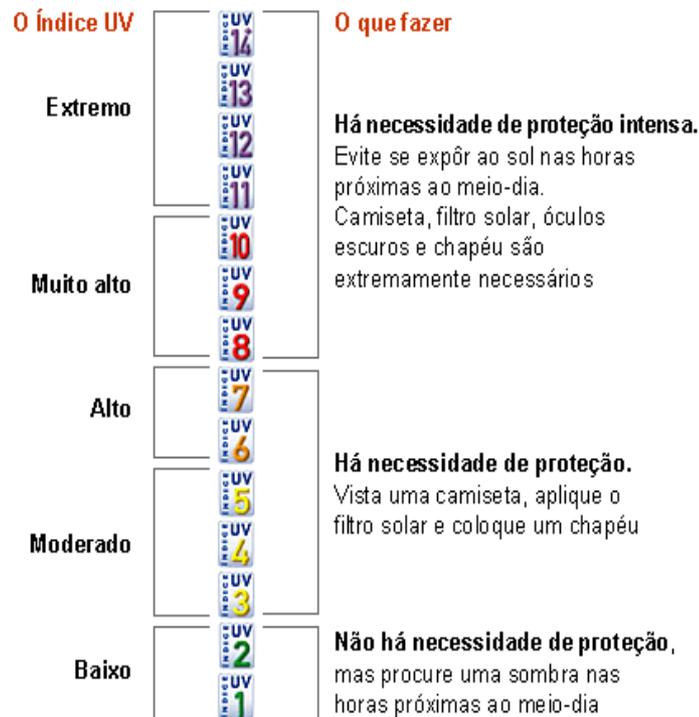


Figura 26: O índice UV e o que fazer

Fonte: INPE, 2008.

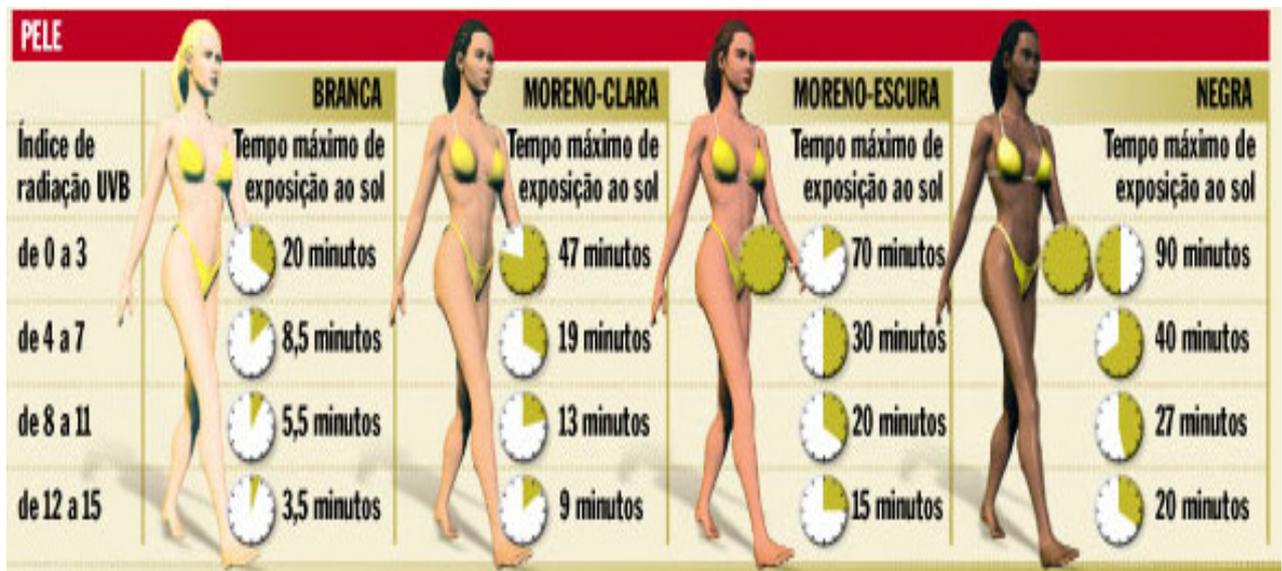


Figura 27: Quadro comparativo entre índice UV, tipos de pele e tempo de exposição.

Fonte: Veja. abril.uol.com.br, 2008.

A absorção da radiação ultravioleta pelo tecido epitelial depende do tipo de pele da pessoa. De acordo com o INPE, existem quatro tipos de pele: BRANCA, MORENO-CLARA (M. CLARA), MORENO-ESCURA (M. ESCURA) E NEGRA.

O quadro mostrado na figura 27 e o gráfico mostrado na figura 28 relacionam o índice de radiação UVB com o tempo máximo de exposição que cada pessoa suporta antes da pele ficar vermelha, debaixo do sol do meio dia, sem o uso de protetor solar. Observe que este tempo depende do tipo de pele do indivíduo.

Os cálculos do índice UV são feitos por meio de informações provenientes de satélites. Para saber qual o índice UV previsto para sua cidade, basta acessar a página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no endereço eletrônico www.cptec.inpe.br. É importante observar que esses cálculos são feitos para condições de céu limpo, pois a presença de nuvens pode diminuir os valores do índice UV.

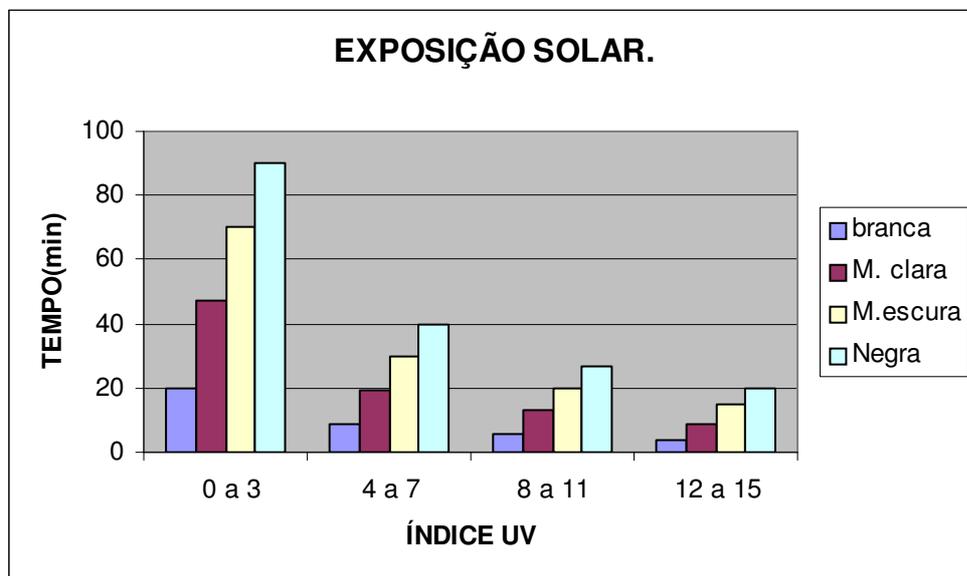


Figura 28: Relação entre índice UV, tempo máximo de permanência ao sol, sem protetor solar e tipo de pele

Fonte: Arquivo Pessoal, 2008.

Para estimar quanto tempo você pode se expor ao sol com proteção solar, basta multiplicar o tempo máximo que você suporta sem o uso do protetor solar, pelo fator de proteção solar (FPS), impresso no rótulo do recipiente.

Por exemplo, um indivíduo de pele moreno-clara (veja figura 28), suporta 19 minutos ao sol quando o índice UVB possui um valor entre 4 a 7. Neste caso, se ele usar um protetor solar com FPS igual a 15 ele poderá ficar ao sol, sem se queimar ou a pele ficar vermelha por 285 min. (19×15), ou seja, quase cinco horas de banho de sol.

Ao comprar um protetor solar devemos procurar produtos que ofereçam proteção tanto contra os raios UVB como contra os raios UVA, além de escolher um FPS adequado ao nosso tipo de pele.

Como se proteger da radiação ultravioleta solar?

Como se percebe, a radiação ultravioleta proporciona conseqüências danosas à pele e aos olhos. Desta forma é preciso estabelecer meios de proteção para evitar os efeitos biológicos imediatos e tardios desta radiação, conseqüências da exposição do indivíduo aos raios solares. Relacionamos abaixo as maneiras de se proteger a pele e os olhos contra a radiação ultravioleta solar.

Proteção contra a radiação ultravioleta solar:

- Evitar o sol entre 10 e 16 horas.
- Utilizar bloqueadores solares que protejam contra UVA e UVB.
- Observar o índice UV previsto para a sua cidade.
- Observar o tempo máximo de exposição ao sol com ou sem protetor, de acordo com seu tipo de pele. Usar bloqueadores solares na pele ou óculos escuros, mesmo quando se encontra à sombra. Os RUV refletidos pela areia ou água podem atingir estes tecidos.
- Usar chapéus ou bonés e camisetas

4.6 Questões multidisciplinares

As questões seguintes foram elaboradas com a intenção de promover uma abordagem integrada das disciplinas da área de Ciências e Matemática. A maioria delas é classificada como questões de fixação, de fácil resolução. Consulte o texto e o glossário da cartilha, sempre que julgar conveniente. Essas questões devem ser distribuídas aos alunos após uma discussão sobre os efeitos biológicos produzidos pelo celular e pela luz do sol. Os comandos, palavras que indicam o que fazer em cada questão, estão em caixa alta.

QUESTÃO (1)

A hidrocortisona é uma forma sintética do cortisol, hormônio envolvido na resposta ao estresse. Sua estrutura é formada por átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio, como mostrado na figura abaixo.

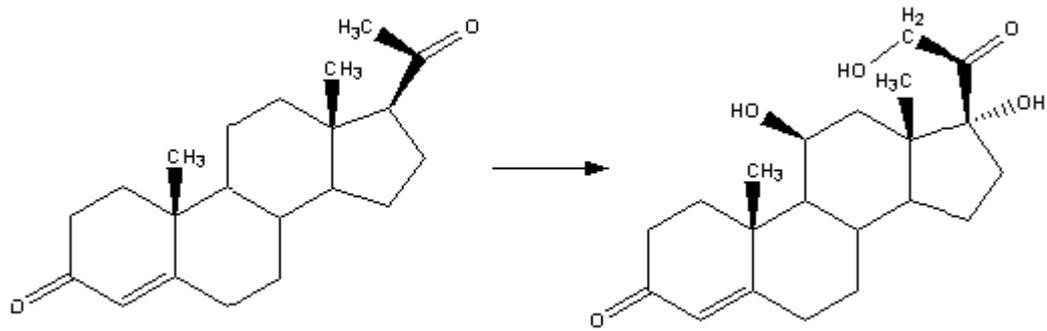


Figura 29: Hidrocortisona - forma sintética do cortisol.

Fonte: Wikipédia, 2008.

Alteração no nível deste hormônio pode provocar aumento da pressão arterial e do açúcar no sangue. Experimentos estão sendo realizados para verificar se a radiação emitida pelo celular pode ser responsável por essas alterações. Responda as questões abaixo de acordo com os textos e o glossário disponibilizados na cartilha.

- IDENTIFIQUE na fórmula estrutural da hidrocortisona o grupo funcional cetona.
- QUAL órgão do corpo humano é responsável pela produção do cortisol. QUAL a função desse órgão no organismo?
- De acordo com pesquisas em voluntários saudáveis, a radiação emitida pelo celular GSM altera os níveis de cortisol no sangue? Se a resposta for afirmativa, QUAIS são os efeitos biológicos provocados por essa alteração?
- PESQUISE junto a um médico, farmacêutico ou outro profissional da saúde se existe algum remédio que tenha a hidrocortisona como princípio ativo contra doenças. Se a resposta for afirmativa, ESCREVA o nome de, pelos menos, um remédio, assim como a enfermidade que ele combate.
- QUAIS são os sintomas da doença de Addison e a síndrome de Cushing? QUAL das duas é caracterizada pelo excesso de cortisol? QUAL delas é caracterizada pela falta deste hormônio?

QUESTÃO (2)

O carbono é utilizado para a datação de fósseis. Quando um organismo morre, ele pára de ingerir novos carbonos. A relação entre carbono 12 (massa

atômica 12) e carbono 14 (massa atômica 14) no momento da morte é a mesma que nos outros organismos vivos. Porém, o carbono 14 continua a decair e não é mais repostado. A quantidade de carbono 12, por outro lado, permanece constante. A meia-vida do carbono 14 é 5.700 anos (tempo necessário para desintegrar metade de sua massa). Verificando a razão entre carbono 12 e carbono 14 na amostra, e comparando-a com a relação em um ser vivo, é possível determinar a idade de um fóssil. Uma fórmula usada para calcular a idade de uma amostra (t) usando a datação por carbono 14 é dada por:

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{n_f}{n_0}\right)}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

em que \ln é o logaritmo neperiano, $\frac{n_f}{n_0}$ é a porcentagem de carbono 14 na amostra comparada com a quantidade em tecidos vivos e $t_{1/2}$ é a meia-vida do carbono 14. Suponha que exista um fóssil com 5% de carbono 14 em comparação com uma amostra viva ($n_f/n_0 = 0,05$). DETERMINE a idade desse fóssil.

QUESTÃO (3)

Um estudo realizado na Dinamarca relacionou o número de assinantes de celulares com os casos ocorridos de câncer no olho (melanoma ocular), ao longo do período compreendido entre 1943 e 1996. RESPONDA as questões propostas de acordo com o gráfico mostrado na figura 13.

- O número de casos de câncer no olho, aumentou, diminuiu ou permaneceu constante, no período entre 1943 e 1996? E o número de assinantes de celulares? EXPLIQUE.
- QUAL o tipo de função matemática que representa a linha azul? EXPLIQUE.
- QUAL o tipo de função matemática que poderia representar a linha vermelha? EXPLIQUE.
- EM QUE período de tempo (em anos) o número de casos de câncer no olho foi igual ao número de assinantes de celulares?
- De acordo com esta pesquisa, a radiação emitida pelo celular causa

câncer no olho? JUSTIFIQUE.

QUESTÃO (4)

Procure em um manual de instruções de um aparelho de celular, informações sobre a saúde e segurança do usuário em relação à exposição da radiação microonda do celular. Responda as seguintes questões:

- QUAL o valor do SAR, do aparelho celular, referente a esse manual? Esse valor está de acordo com as normas regulamentadas pela ANATEL? (veja tabela1).
- Ainda de acordo com esse manual, verifique se a radiação emitida pelo celular pode interferir no funcionamento dos marcapassos, aparelhos de surdez ou outros dispositivos. DESCUBRA também, se essa radiação pode provocar incêndio em áreas explosivas, como postos de gasolina.
- APRESENTE o resultado de sua pesquisa para a turma apontando soluções para resolver ou minimizar os riscos de problema (caso existam).

QUESTÃO (5)

O gráfico abaixo mostra o espectro contínuo de emissão de um corpo aquecido. Nele verifica-se, por exemplo, a intensidade relativa das faixas de radiações emitidas pelo Sol, a uma temperatura média de 6000 K, e por uma lâmpada incandescente (100 W) a uma temperatura de 3000 K.

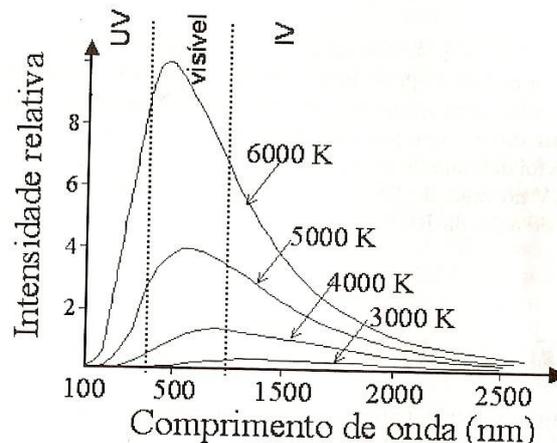


Figura 30: Espectro contínuo de emissão de um corpo aquecido.
Fonte: Okuno, 2005.

ANALISE as proposições seguintes e ASSINALE (V), para as alternativas verdadeiras e (F), para as falsas, justificando a sua resposta.

- () Quanto maior a temperatura do corpo, mais radiação UV é emitida.
- () A intensidade relativa da radiação emitida pela lâmpada de 100 W é maior do que a intensidade relativa da radiação emitida pelo Sol.
- () A radiação UV possui o maior comprimento de onda.

QUESTÃO (6)

O gráfico da figura abaixo relaciona a temperatura em Kelvin (T_K), eixo das ordenadas, com a temperatura em Celsius (T_C), eixo das abscissas.

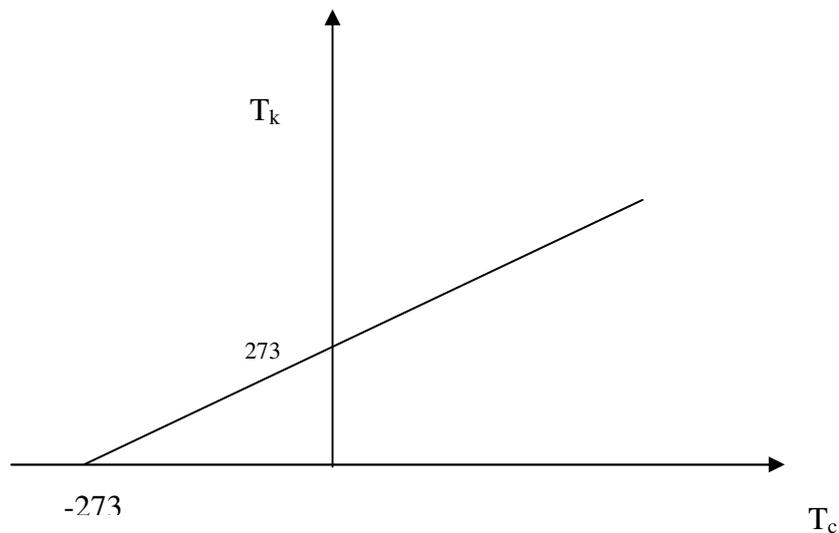


Figura 31: Temperatura em Kelvin em função da temperatura em Celsius.

Fonte: Arquivo pessoal, 2008

ANALISE as proposições seguintes e ASSINALE (V), para as alternativas verdadeiras e (F), para as falsas, justificando a sua resposta.

- () O gráfico representa uma função do 1º grau.
- () O coeficiente angular da reta do gráfico vale 273 e coeficiente linear é um.
- () A relação entre T_K e T_C é dada por: $T_K = T_C - 273$.
- () A temperatura média do sol em graus Celsius é 5727°C .

QUESTÃO (7)

Um número decomposto em seus fatores primos pode ser escrito na forma de potência de 10. Assim o número 60 pode ser representado por $10^{1,778}$ (veja glossário). Sabe-se que o tempo máximo de exposição solar, para que não ocorra queimadura na pele, depende do tipo de pele de cada pessoa (figura 27). O quadro a seguir reúne esses tempos, já transformados em segundos, para a pele negra. COMPLETE os espaços vazios deste quadro com as potências de 10 correspondentes.

Índice (UVB)	Negra	Potência de 10
0 a 3	5400s	
4 a 7	2400s	
8 a 11	1620s	
12 a 15	1200s	

QUESTÃO (8)

De acordo com os conceitos matemáticos sobre proporção, desenvolvidos no glossário desta cartilha, VERIFIQUE se os índices de radiação UVB 3; 7 e 11 são aproximadamente inversamente proporcionais aos seus respectivos tempos de exposição 20; 8,5 e 5,5 minutos, em função da cor da pele.

QUESTÃO (9)

O gráfico abaixo representa a relação entre o índice UV de radiação ultravioleta e o tempo de exposição ao sol, sem se queimar, para indivíduos com a pele branca e negra, sem o uso de protetor. De acordo com esse gráfico e os conceitos de Matemática e Biologia contidos no glossário desta cartilha, RESPONDA as seguintes questões:

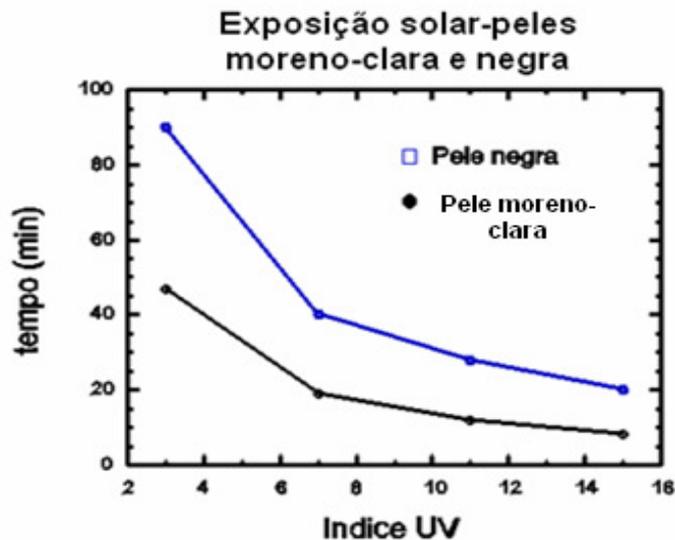


Figura 32: Exposição solar – peles moreno-clara e negra

Fonte: Arquivo pessoal, 2008

- À medida que o índice UV cresce, o tempo que a pessoa moreno-clara ou negra pode ficar ao sol sem se queimar, aumenta ou diminui? EXPLIQUE
- Esta função pode ser descrita por uma função exponencial crescente ou decrescente? EXPLIQUE.
- QUAL desses dois tipos de pele pode ficar mais tempo ao sol sem se queimar? EXPLIQUE de acordo com o gráfico e relacione sua resposta com conceitos de Biologia.
- FAÇA um mural estabelecendo os vários tipos de proteção contra as radiações UVB.

QUESTÃO (10)

Os queratinócitos são células do tecido epitelial responsáveis pela formação da queratina (proteína da pele e unhas). O quadro abaixo mostra alguns produtos, usados como tratamento de cabelo, e que contêm queratina e outras substâncias. A queratina desses produtos não é incorporada ao cabelo. Para formar sua queratina, é melhor fazer uma dieta rica em proteínas!

Nome	Marca	Composição
Creme para cabelos "Esthetic e hair". Restaura e define os cabelos	X	- Queratina - Cloreto de cetil-trimetil amônio - Metiparabeno. - outros
Recarga de queratina Vitamina A	Y	- Queratina - Ácido cítrico - Aminoácidos - outros
Queratina líquida, loção spray para cabelos.	Z	- Queratina - Dimeticose - Propilenoglicol - outros

Quadro 3: Composição química de alguns produtos farmacêuticos

Fonte: Arquivo pessoal, 2008

RESPONDA as questões seguintes:

Na marca Y encontramos o ácido cítrico, cuja fórmula estrutural é:

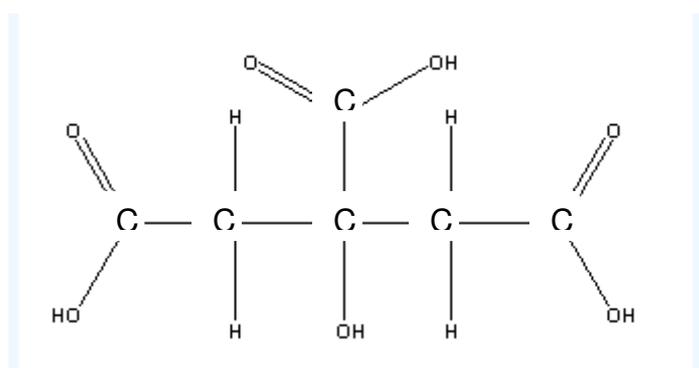


Figura 33: Fórmula estrutural do ácido cítrico

Fonte: Wikipédia, 2008

- De acordo com a fórmula estrutural do ácido cítrico, e os conceitos básicos de Química, IDENTIFIQUE os grupos funcionais deste composto orgânico.
- A cisteína é um dos aminoácidos que formam a queratina, sua fórmula estrutural pode ser vista a seguir:

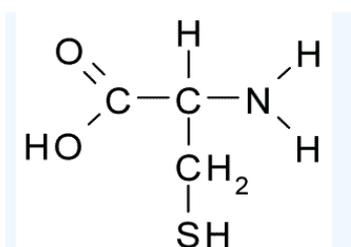


Figura 34: Fórmula estrutural da cisteína

Fonte: Wikipédia, 2008.

IDENTIFIQUE os grupos funcionais da cisteína na fórmula estrutural do ácido cítrico.

c) QUAL a importância da queratina para o ser humano?

QUESTÃO (11)

O índice de refração (n) de um determinado meio é definido como sendo a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v), ou seja, $n = \frac{c}{v}$. A Lei de Snell relaciona índices de refração de dois meios diferentes (n_1 e n_2) com ângulos de incidência e refração (θ_1 e θ_2), medidos em relação à normal à superfície de separação destes dois meios. A fórmula para esta lei é dada por: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

Cerca de 30% da radiação ultravioleta B são absorvidos pelos queratinócitos e melanócitos. Suponha que a radiação ultravioleta UVB, incida num melanócito com um ângulo de incidência de 60° . Considerando o ângulo de refração no melanócito de 30° , e que a luz incida diretamente do ar para o melanócito, DETERMINE:

- O índice de refração desta célula. Considere $n_{\text{ar}}=1$.
- A velocidade em m/s de propagação do UVB, no melanócito, sabendo-se que a velocidade da luz no ar é 3×10^8 m/s.

QUESTÃO (12)

O surgimento de novas modas e tendências pode ter efeitos muitas vezes imprevisíveis. No início do século XX, as mulheres primavam pela brancura da pele e tomavam banhos de mar praticamente vestidas. Com o passar do tempo os trajes passaram a cobrir cada vez menos o corpo e atualmente, há pessoas que pensam que um corpo bem bronzeado é sinal de saúde. FORME um grupo com seus colegas e INVESTIGUEM a opinião de médicos dermatologistas sobre o bronzeamento e sua relação com o aumento da incidência de câncer de pele no decorrer do século XX. PESQUISEM como essa doença se relaciona com profissões, como a de agricultores e pescadores, pessoas que ficam mais expostas ao sol. (PENTEADO e TORRES, p.132).

QUESTÃO (13)

O pterígio é uma membrana vascularizada que cresce na conjuntiva em direção à córnea. O crescimento desta membrana pode ocorrer devido à exposição excessiva da radiação ultravioleta no olho, provocando astigmatismo.

- a) ASSINALE na figura a membrana que representa o pterígio.

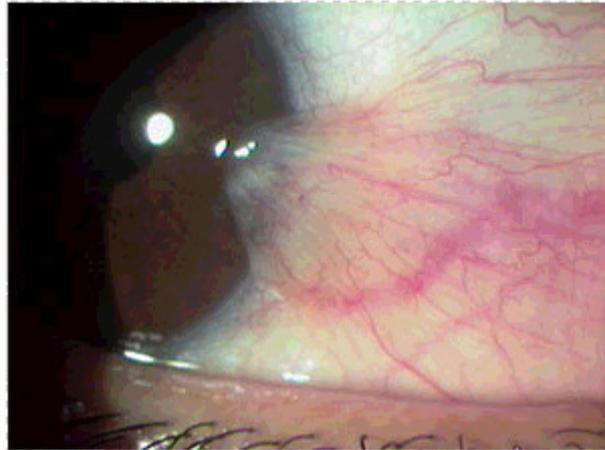


Figura 35: Pterígio

Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente, 2008.

- b) QUAL a parte do olho humano afetado pela radiação ultravioleta e que gera o astigmatismo?
- c) PERGUNTE a um oftalmologista ou pesquise na internet ou em livros, sobre o tipo de lente usado para corrigir o astigmatismo. QUAIS são as características da imagem formada por essa lente?

4.7 Glossário por disciplina envolvida no tema

4.7.1 Física

Calor

É a energia térmica em trânsito, entre dois ou mais corpos, devido à diferença de temperatura entre eles.

Densidade de potência (s)

Densidade de potência (ou intensidade) é definida como a quantidade de energia por segundo que atravessa uma unidade de área. É medida em W/m^2 .

Dualidade onda- partícula

Dependendo do fenômeno observado, a luz se comporta ora como onda, ora como partícula. A interferência e a difração da luz só podem ser explicadas por meio do modelo ondulatório, enquanto o efeito fotoelétrico só pode ser explicado considerando o caráter corpuscular da luz.

É necessário salientar que a luz, bem como as outras radiações eletromagnéticas não apresentam os dois comportamentos ao mesmo tempo. Este fato é conhecido como o princípio da complementaridade.

Energia

Energia é um conceito abstrato, impossível de ser definido em termos concretos de tamanho, formato ou massa. É algo que descreve o estado dinâmico de um sistema e é conhecida em suas várias formas: energia gravitacional, energia cinética, energia térmica, energia elástica, energia elétrica, energia química e energia nuclear. A cada tipo de energia está associada uma expressão matemática para avaliá-la. A unidade de energia é o joule (J). (FEYNMAN, 1975).

Fluxo radiante (Φ)

Fluxo radiante é a potência emitida, transferida ou recebida sob forma de radiação. Sua unidade é o watt (W). (OKUNO, 2005).

Ondas

É uma perturbação que se propaga pelo espaço ou por um meio material, como uma corda, um líquido, etc, ocorrendo apenas transporte de energia, sem

transferência de matéria. O gráfico de uma função seno é uma representação de uma onda, como mostrado na figura 36. Os pontos mais altos de uma onda senoidal são chamados de cristas e os mais baixos de vales (Figura 36-b). Uma onda é caracterizada por grandezas como período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ), amplitude (A) e velocidade (v), como mostrado na figura 36-a e 36-b.

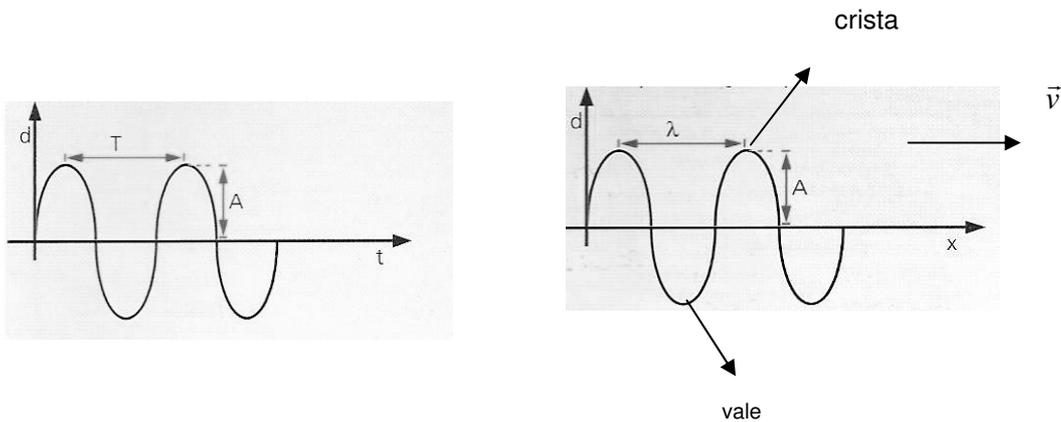


Figura 36 a e b: Ondas
Fonte: Pueri Domus, 2008

Amplitude: É a altura de uma crista (ou vale) em relação ao eixo horizontal. Pode ser medida em centímetros ou metros.

Frequência: É o número de oscilações que ocorrem dentro de um intervalo de tempo. Se o intervalo de tempo é um segundo, a unidade é o hertz (Hz).

Período: É o tempo necessário para completar uma oscilação. É o inverso da frequência. No sistema internacional é medido em segundos.

Comprimento de onda: É a distância entre duas cristas ou dois vales. Pode ser medido em centímetros ou metros.

Velocidade: É a velocidade de propagação de uma onda, depende das propriedades do meio. No sistema internacional é medida em metros por segundo (m/s).

Em geral, a velocidade de uma onda está relacionada com o comprimento de onda e frequência pela relação $v = \lambda f$. De acordo com suas características físicas, as ondas podem ser classificadas em ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

Ondas mecânicas

São ondas que necessitam de um meio material para se propagar. São exemplos de ondas mecânicas: Ondas na superfície de um líquido, onda em uma corda, ondas sonoras.

Onda eletromagnética

É formada por um conjunto de dois campos oscilantes, um elétrico (E_0) e outro magnético (B_0) que se propagam no espaço. A velocidade de uma onda eletromagnética depende do meio em que a onda se propaga. No vácuo a sua velocidade é de 300.000 km/s, enquanto que em meios materiais, ela é menor que esse valor. São exemplos de ondas eletromagnéticas: raios X, raios γ , luz visível, microondas (radiação emitida pelo celular), ultravioleta, ondas de rádio etc. Estas radiações ou ondas eletromagnéticas podem ser classificadas de acordo com sua frequência ou comprimento de onda, em um diagrama denominado espectro eletromagnético (Figura 37).

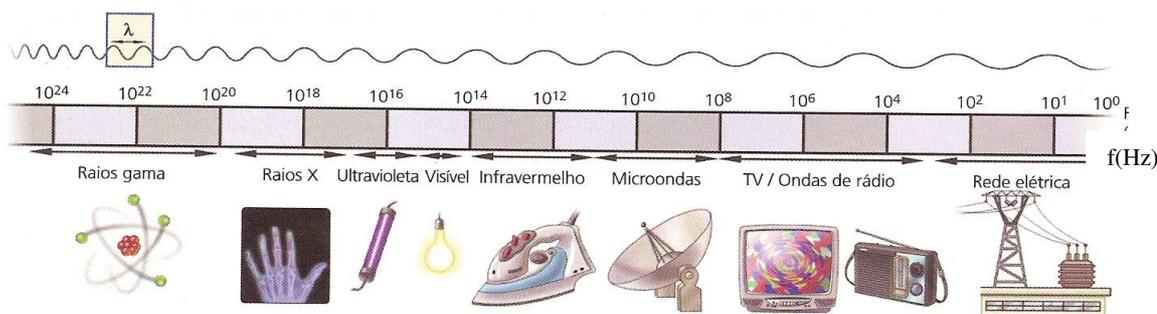


Figura 37: Espectro Eletromagnético

Fonte: Escolas associadas: Pueri-Domus, 2008.

Óptica geométrica

É a parte da Física na qual estudamos o comportamento da luz, considerando-a um feixe de partículas que se propaga no espaço. Assim, são discutidas as propriedades desse feixe, observando-se sua propagação retilínea e a sua independência ao cruzar outros feixes de luz. Estudam-se também suas características ao interagir com superfícies ou obstáculos colocados em seu caminho, representadas pelas leis da reflexão, a lei de Snell da refração e o fenômeno de reflexão interna total. Essas propriedades básicas caracterizam o comportamento da luz dentro da aproximação da óptica geométrica e são utilizadas para compreender a formação de imagens em espelhos planos, esféricos (côncavos e convexos), além do estudo de lentes.

Óptica física

É a parte da Física na qual estudamos o comportamento da luz, considerando-a como uma onda que se propaga no espaço. Assim, fenômenos como interferência e difração da luz são explicados considerando-se suas propriedades ondulatórias.

Potência média (P)

É a razão entre o trabalho realizado e o intervalo de tempo gasto na realização desse trabalho. Matematicamente é definida como, $P = \frac{\tau}{\Delta t}$. A unidade no sistema internacional é o watt (w).

Radiação

Caracteriza-se pela propagação de energia por meio de emissão de partículas, radiação corpuscular, ou por meio de ondas eletromagnéticas, radiação eletromagnética. A radiação pode ser ionizante ou não ionizante. Essa classificação depende das características de um dado meio. Nesse trabalho usaremos como referência o tecido biológico. (SILVA, 1997).

Radiação ionizante

É aquela capaz de ionizar⁹ o meio em que se encontra. Pode ser constituída por partículas carregadas, neutras ou fótons. As fontes de radiação ionizante podem ser naturais (radiação terrestre e cósmica) ou artificiais (usinas nucleares, aparelhos de raios X, etc).

Radiação não-ionizante

É a radiação que não possui energia suficiente para provocar a ionização do

⁹ Perder ou ganhar elétrons formando íons.

meio. Uma radiação não ionizante pode quebrar ligações moleculares produzindo radicais livres. São exemplos desses tipos de radiação as ondas eletromagnéticas: ultravioleta (em relação ao tecido), visível, infravermelho, ondas de rádio, rede elétrica, microondas e ultra-som. As fontes dessa radiação podem ser natural (sol) e artificial (aparelhos que emitem ultra-som, Laser, Lâmpadas, etc). (SILVA, 1997).

Taxa de absorção específica (SAR)

É definida como a quantidade de energia por segundo absorvida por massa de tecido do corpo. Sua unidade é W/kg, ou seja, watt por kilograma. Lembrando que $1W = 1J/s$.

Temperatura

É uma grandeza física relacionada com o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando seu estado térmico, quente ou frio, por exemplo. A temperatura é proporcional a energia cinética média do movimento de translação das moléculas de um corpo.

Trabalho

É uma forma de transferir energia para um sistema por meio da aplicação de uma força. Uma força é capaz de realizar trabalho sobre um corpo se esta atuar na direção de movimento deste. A unidade de trabalho, no sistema internacional é o joule, cujo símbolo representa-se por J.

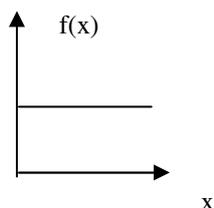
4.7.2 Matemática

Função

É uma relação entre dois conjuntos, na qual cada elemento de um conjunto de partida associa-se a uma única imagem do segundo conjunto.

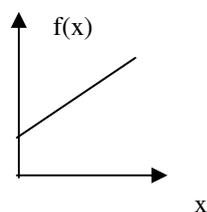
Função constante

É uma função $f: R \rightarrow R$ do 1º grau do tipo $f(x) = b$, possuindo, portanto, apenas coeficiente linear. O gráfico é uma reta paralela ao eixo x .



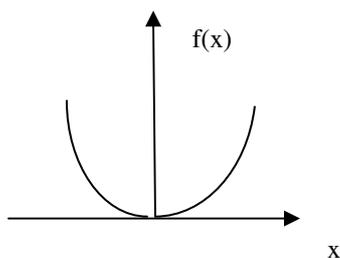
Função do 1º grau

É uma função $f: R \rightarrow R$ do tipo $f(x) = ax + b$, onde a é o coeficiente angular e b o coeficiente linear. O gráfico é uma linha reta com inclinação não-nula.



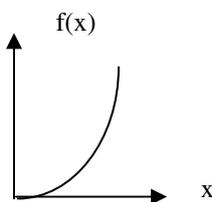
Função do 2º grau

É uma função $f: R \rightarrow R_+^*$ do tipo $f(x) = ax^2 + bx + c$ com a diferente de zero ($a \neq 0$) para todo $x \in R$. O gráfico é uma parábola.



Função exponencial

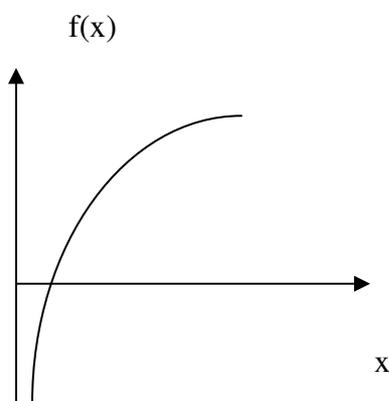
É uma função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+^*$ do tipo $f(x) = a^x$, com $a > 0$ e $a \neq 1$, para todo $x \in \mathbb{R}$. O gráfico de uma função exponencial crescente é uma curva, como mostrado abaixo.



Função logarítmica

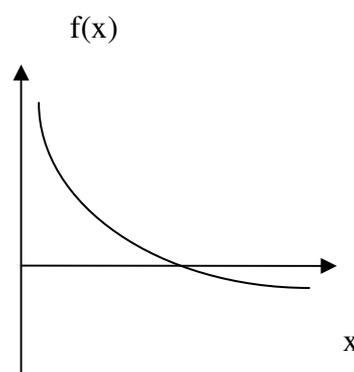
É uma função $f: \mathbb{R}_+^* \rightarrow \mathbb{R}$ do tipo $f(x) = \log_a x$ tal que $a > 0$ e $a \neq 1$, e $x \in \mathbb{R}_+^*$.

O gráfico possui este formato:



$a > 1$

ou



$0 < a < 1$

Logaritmo neperiano ou natural

É o logaritmo de base e , onde e é um número irracional aproximadamente igual a 2,71828... (chamado Número de Euler). É, portanto, a função inversa da função exponencial.

Números diretamente proporcionais

Os números reais não nulos a, b, c, \dots são diretamente proporcionais aos números reais não nulos (A, B, C, \dots) nessa ordem, quando:

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B} = \frac{c}{C} = \dots = K$$

onde K é uma constante.

Números inversamente proporcionais

Os números reais não nulos a, b, c, \dots são inversamente proporcionais aos números reais não nulos (A, B, C, \dots) nessa ordem, quando:

$$\frac{a}{1} = \frac{b}{1} = \frac{c}{1} = \dots = K$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{B} = \frac{1}{C} = \dots = K$$

onde K é uma constante.

Potência de 10

É qualquer número real que possui o número 10 como base. Ex: 10^x com $x \in R$. Os números primos também podem ser escritos na forma desta potência.

Exemplos:

$$1=10^0; 10=10^1; 100=10^2 \dots 10000=10^4;$$

$$0,1=10^{-1}; 0,01=10^{-2}; 0,001=10^{-3};$$

$$2=10^{0,301};$$

$$3=10^{0,477};$$

$$5=10^{0,699}$$

$$7=10^{0,845}.$$

Para escrever um número positivo qualquer, em potência de 10, precisa-se inicialmente fatorá-lo e em seguida, aplicar as propriedades da potência.

$$60 = 2^2 \cdot 3 \cdot 5;$$

$$60 = (10^{0,301})^2 \cdot 10^{0,477} \cdot 10^{0,699};$$

$$60 = 10^{0,602+0,477+0,699};$$

$$60 = 10^{1,778}$$

4.7.3 Biologia

Câncer

Doença causada pela divisão celular anormal ou descontrolada, que pode invadir e destruir tecidos, espalhando-se pelo corpo.

Célula

Unidade básica da qual todos os organismos vivos são constituídos. Consiste em uma solução aquosa de moléculas orgânicas envolvidas por uma membrana. Todas as células originam-se de células preexistentes, geralmente por um processo de divisão.

Células de Langerhans

São células que possuem prolongamentos que penetram entre as células epidérmicas; sua função é reconhecer agentes estranhos que entrem na pele, além de alertar o sistema imunológico para agir contra os invasores.

Circulação sanguínea ou sistêmica

Trajetória que o sangue faz do coração para os tecidos corporais e destes para o coração.

Cromossomos

Estrutura longa, como filamentos, composta de DNA e proteínas associadas que carregam parte ou toda informação genética de um organismo.

DNA

Polinucleotídeo de dupla-fita, formado por duas cadeias separadas de unidades de desoxirribonucleotídeo ligados covalentemente; servem como

carreadores da informação genética e tem a capacidade de auto-replicação. (Figuras 38 e 39)

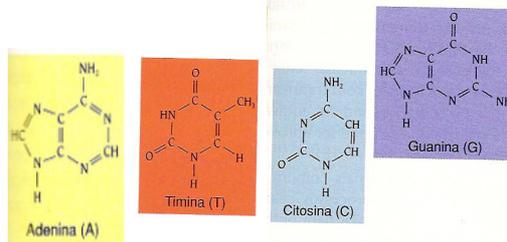
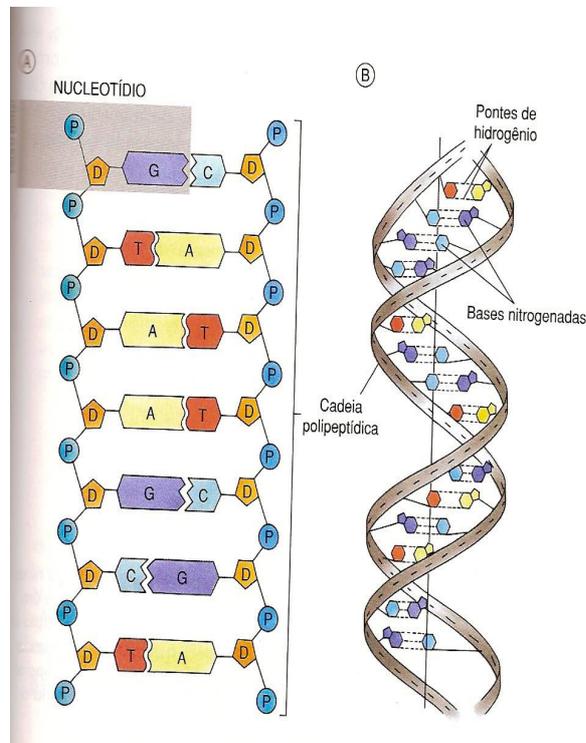


Figura 38: bases nitrogenadas
Fonte: AMABIS, 2006.



**Figura 39: Representação de uma molécula de DNA e suas bases nitrogenadas. A: plana e B-
dupla-hélice.**

Fonte: AMABIS, 2006.

Estresse

Conjunto de reações do organismo a agressões de origem diversas, capazes de perturbar-lhe o equilíbrio interno. (AURÉLIO, 1993, p.233).

Fibras

São filamentos formados de proteínas. As fibras colágenas são mais espessas e resistentes e as fibras elásticas são mais finas e resistentes.

Glândula pineal

A glândula pineal é uma estrutura pequena e situada dorsalmente à região caudal do diencéfalo (Figura 40). Secreta a melatonina.

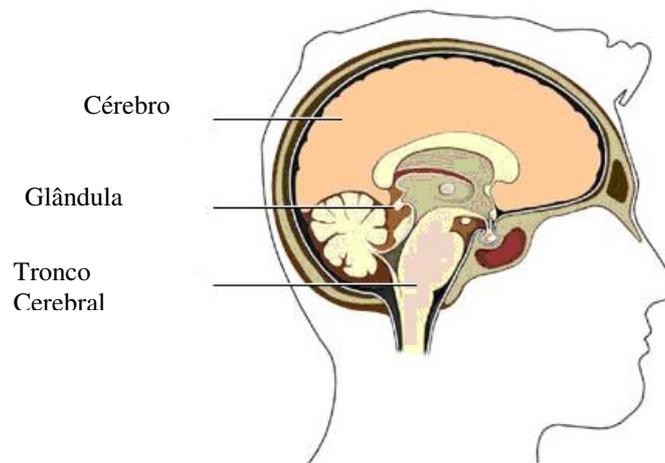


Figura 40: Representação da glândula pineal.
Fonte: bp3. blogger.com, 2008

Glândula supra-renal

Glândula endócrina, localizada acima do rim, cuja função principal é estimular a conversão de proteínas e gorduras em glicose. Elas também diminuem a captação de glicose pelas células, aumentando, assim, a utilização de gorduras. O córtex supra-renal, camada mais externa da glândula, é uma das principais fontes responsáveis pela síntese e liberação de hormônios corticosteróide e de catecolaminas, como o cortisol e a adrenalina. (Figura 41).

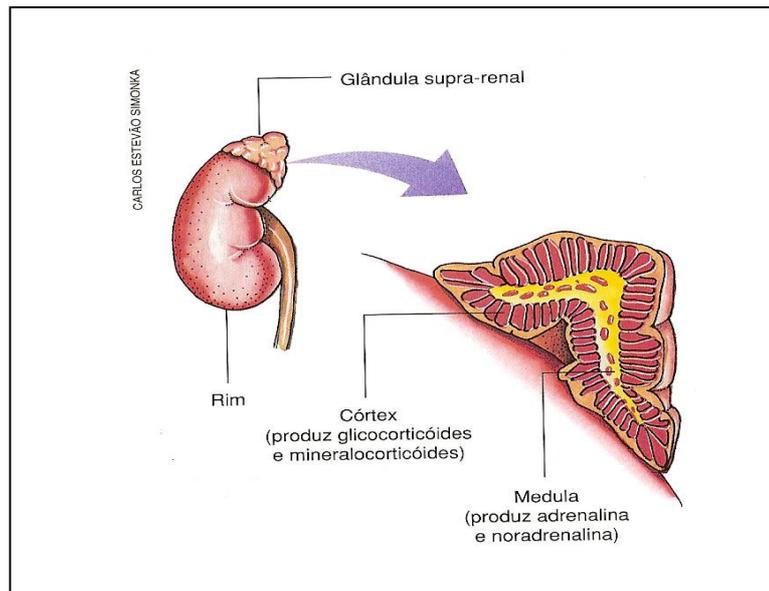


Figura 41: Glândula Supra Renal.

Fonte: AMABIS, 2006

Hipoderme

Também conhecida como tela subcutânea, é rica em fibras e em células que armazenam gordura (células adiposas). A gordura armazenada nesse tecido, além de constituir reserva de energia, atua como isolante térmico do corpo.

Hormônios

Substância química produzida por um grupo de células em um organismo multicelular e transportada via fluidos corpóreos para o tecido-alvo onde ele exerce um efeito específico.

Leucócitos

Ou glóbulos brancos, são células esféricas e nucleadas, com função de defender o organismo contra agentes invasores. Os dois tipos principais são: macrófagos, envolvidos em processos inflamatórios, e os linfócitos, que são reações imunológicas.

Macrófagos

Célula encontrada em tecidos animais especializada em captar partículas por fagocitose; derivado de um tipo de células brancas do sangue.

Marca-passo eletrônico

É um aparelho que emite estímulos elétricos e tem como objetivo de regular os batimentos cardíacos.

Melanócitos

Células situadas junto à camada basal e especializadas na produção de melanina, o pigmento escuro que dá cor à pele e aos pêlos. (Figura 42)

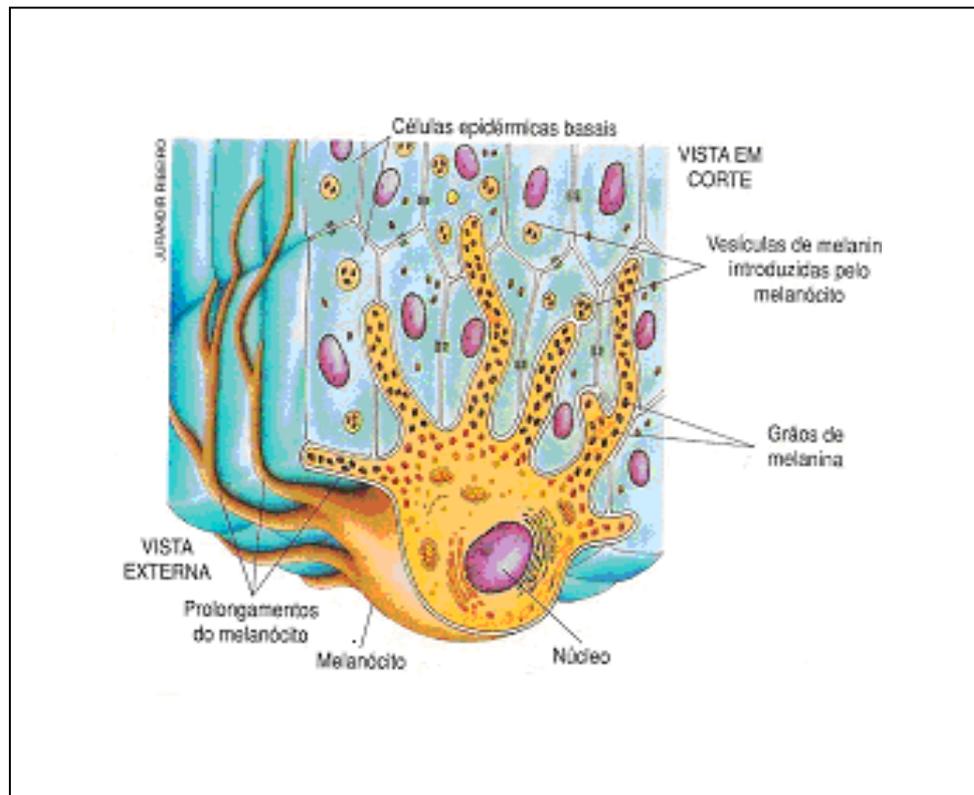


Figura 42: Representação esquemática de um melanócito da epiderme, parcialmente cortado
Fonte: AMABIS, 2006.

Melatonina

Hormônio secretado pela glândula pineal (Figura 40). À medida que envelhecemos a glândula pineal libera uma quantidade menor de melatonina, o que justifica a falta de sono em pessoas idosas.

Nó-sinoatrial

É um aglomerado de células musculares especializadas que podem iniciar espontaneamente seu próprio impulso e contrair. É localizado perto da junção entre o átrio direito e a veia cava superior. (Figura 43)

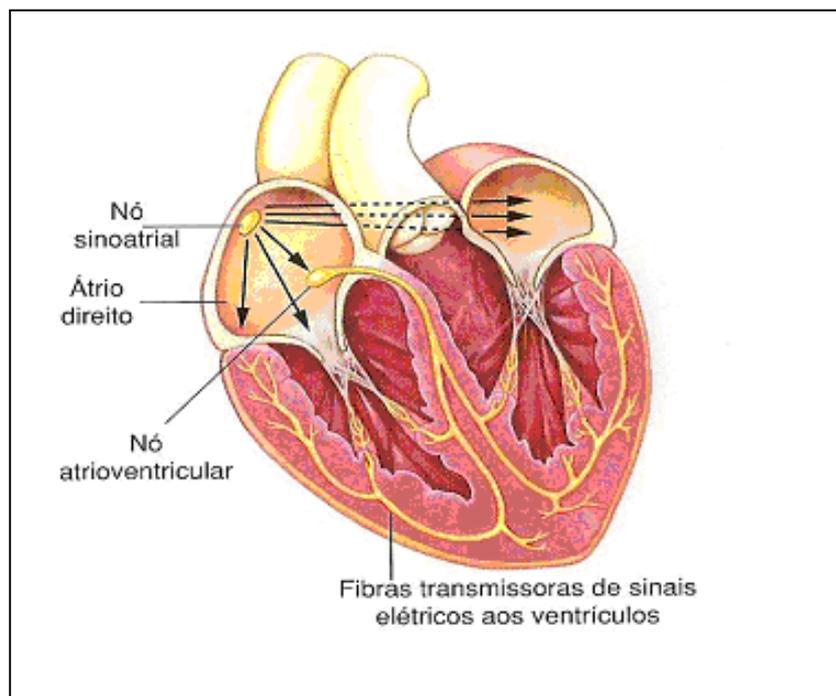


Figura 43: Representação esquemática sem escala do coração em corte longitudinal, mostrando a localização dos nós sinoatrial e atrioventricular.

Fonte: AMABIS, 2006.

Olhos ou bulbos do olho

São duas bolsas membranosas repletas de líquido, embutidas em cavidades ósseas do crânio, as órbitas oculares (Figura 44). São partes constituintes do olho:

Conjuntiva: Membrana transparente que reveste os bulbos dos olhos.

Córnea: Área da esclera, transparente à luz e com maior curvatura, localizada na parte anterior do bulbo. Responsável pela convergência dos raios luminosos na retina.

Corióide: Película pigmentada e rica em vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam as células do olho.

Cristalino: Lente biconvexa que dá nitidez e foco à imagem luminosa formada na retina.

Esclera: Camada de tecido conjuntivo, localizada na área mais externa do olho.

Humor aquoso: Líquido transparente, localizado imediatamente abaixo da córnea.

Íris: Disco colorido do olho formado pela corióide. Controla a quantidade de luz que entra no olho, regulando o tamanho da pupila.

Pupila: Orifício de tamanho regulável, por onde a luz penetra no globo ocular.

Retina: Camada que reveste internamente a câmara ocular contendo as células fotossensíveis cones e bastonetes.

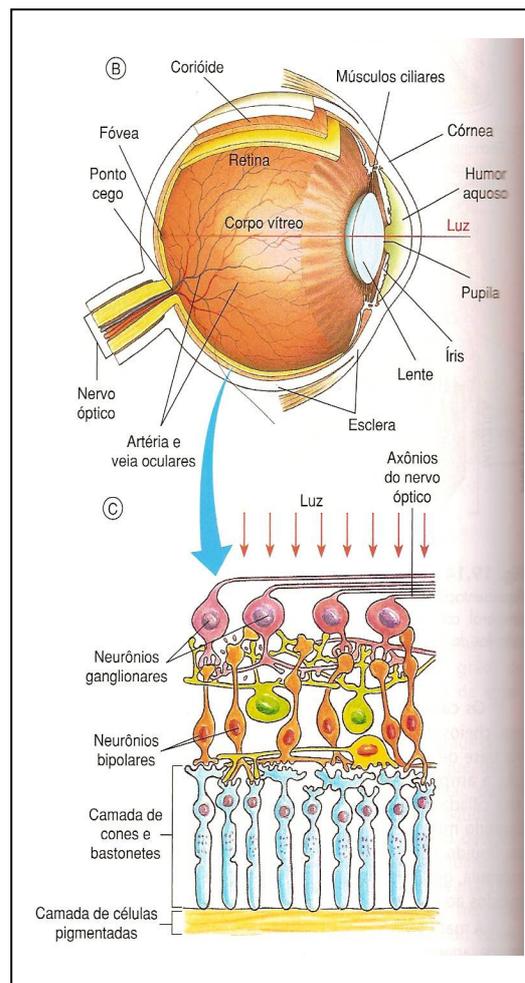


Figura 44: O olho humano.

Fonte: AMABIS, 2006

Pele

Órgão que reveste o corpo dos animais. Nos vertebrados, a pele é constituída por duas camadas firmemente unidas, a epiderme e a derme, apresentando diversos órgãos e estruturas anexas, tais como: glândulas, pêlos, penas, escamas, unhas, garras, etc. (Figura 45)

DERME: Tecido conjuntivo rico em fibras protéicas, vasos sanguíneos, terminações nervosas, órgãos sensoriais e glândulas. As camadas da derme são a camada papilar e a camada reticular.

Camada papilar: Apresenta inúmeras saliências (papilas dérmicas) que se encaixam em reentrâncias da epiderme.

Camada reticular: Constituída por tecido conjuntivo mais denso e rico em fibras elásticas, com relativamente menos células. Nessa camada há vasos sanguíneos e linfáticos, além de terminações nervosas. É nessa região que se situam as raízes dos pêlos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas.

Fibras da derme: São filamentos constituídos de proteínas, podendo ser de três tipos: fibras colágenas (mais espessas e resistentes), fibras elásticas (mais finas e elásticas) e fibras reticulares (ainda mais finas e entrelaçadas). É o conjunto dessas fibras que confere a resistência e a elasticidade típicas da pele.

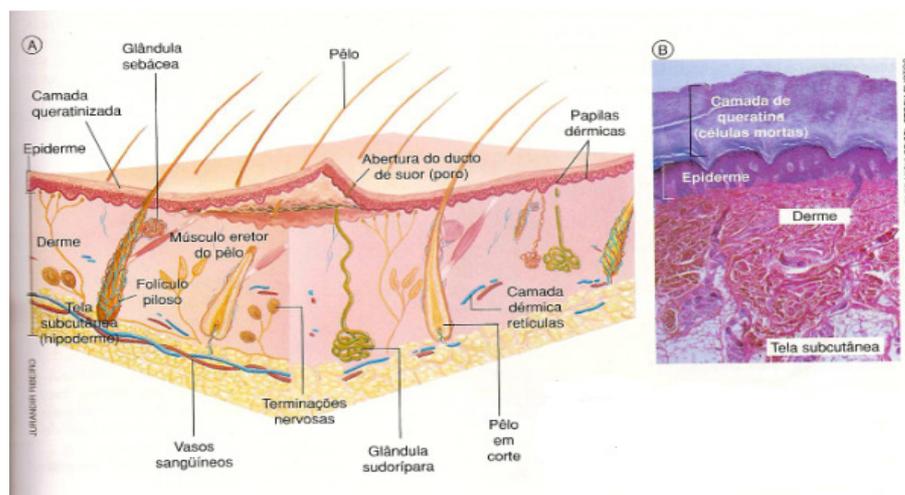


Figura 45: Representação esquemática da pele e suas camadas.

Fonte: AMABIS, 2006

EPIDERME: Tecido epitelial constituído por diversas camadas de células sobrepostas, bem aderidas umas às outras. As camadas da epiderme são: camada basal ou germinativa, camada espinhosa, camada granulosa e camada córnea. (Figura 46)

Camada basal: É a camada mais interna da epiderme, denominada camada basal ou germinativa, formada por células que se dividem continuamente por mitose, produzindo novas células.

Camada córnea: É a camada mais externa da epiderme, constituída por células mortas e queratinizadas que se achatam como escamas.

Camada espinhosa: Região imediatamente acima da camada germinativa, formada por células que se mantêm unidas graças a projeções superficiais.

Camada granulosa: Região acima da camada espinhosa em que as células se achatam e assumem forma cúbica, sendo repletas de substâncias precursoras de queratina.

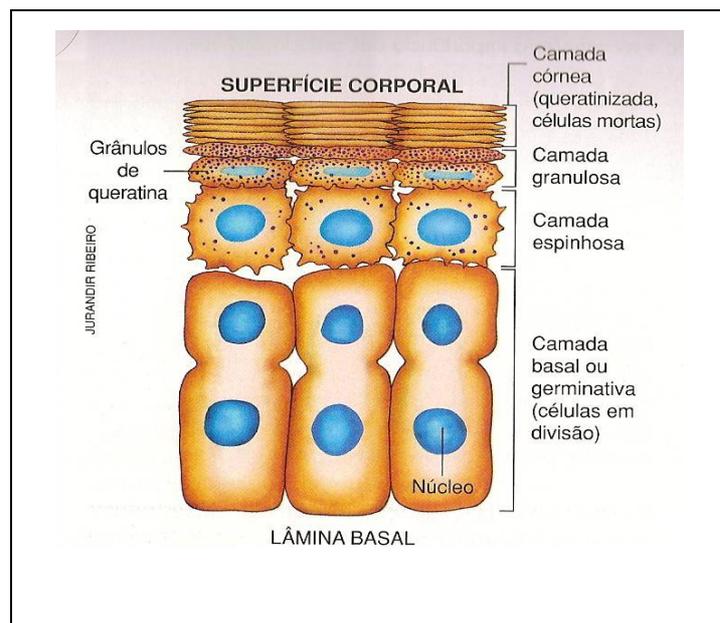


Figura 46: Representação esquemática que mostra as quatro camadas da epiderme, um tecido epitelial estratificado pavimentoso.

Fonte: AMABIS, 2006

Queratinócitos

Células do tecido epitelial responsáveis pela formação da queratina (proteína).

Sistema imunológico

Conjunto de mecanismos de defesa de um organismo contra agentes agressores

Sono

Estado de repouso normal e periódico, que no homem e nos animais superiores se caracteriza pela supressão da atividade perceptiva e motora voluntária, permanecendo a vontade e a consciência em estado parcial ou total de suspensão temporária. (AURÉLIO,1993, p.513).

Suor

Fluido constituído por água, íons de sódio (Na^+) e de potássio (K^+), íons de cloreto (Cl^-), uréia, amônia e ácido úrico. O suor é eliminado através de poros presentes na superfície da epiderme. O suor ajuda a manter constante a temperatura corporal, pois, ao evaporar, absorve grande quantidade de calor da superfície do corpo, resfriando-o. A glândula responsável pela produção do suor é chamada de sudorípara. (AMABIS, 2006, p.541).

Tecido

Massa organizada de células com uma função específica, formando uma parte distinta de uma planta ou animal.

4.7.4 Química

Classe funcional ou função química

Substâncias que apresentam propriedades químicas semelhantes, por apresentarem semelhança na sua fórmula estrutural. As substâncias A e X, não

reagem com o bicarbonato de sódio, observe a similaridade das fórmulas estruturais, o último átomo de carbono está ligado a um oxigênio e um hidrogênio (aldeídos). (Figura 47) A figura 48 resume as principais classes funcionais assim como seus grupos funcionais:

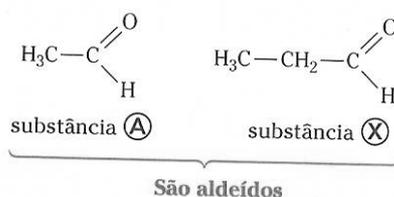


Figura 47: Aldeídos
Fonte: PERUZZO, 2003.

Classe funcional	Grupo funcional
Hidrocarboneto	Só C e H
Haleto orgânico	—F —Cl —Br —I
Álcool	$\begin{array}{c} \\ -C-OH \\ \end{array}$
Fenol	
Enol	$\begin{array}{c} OH \\ \\ =C \\ \end{array}$
Éter	C—O—C
Aldeído	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ H \end{array}$
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ \\ C-C-C \end{array}$
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ OH \end{array}$
Éster	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ O-C \end{array}$
Anidrido	$\begin{array}{c} O \quad O \\ \quad \\ -C-O-C- \end{array}$
Amida	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ N- \end{array}$
Nitrocomposto	—NO ₂
Amina	—NH ₂ —NH —N—
Nitrila	—CN
Ácido sulfônico	—SO ₃ H
Tiol	—SH
Sulfeto	—S—
Organometálico	Metal ligado a carbono

Figura 48: Classe e grupos funcionais de alguns compostos orgânicos.
Fonte: PERUZZO, 2003.

Compostos orgânicos

São compostos que contém carbono. Exemplo de composto orgânico: eugenol, utilizados como anestésico local.

Condutividade elétrica

Mede a facilidade que um material possui em conduzir a eletricidade. São exemplos de materiais condutores de eletricidade: metais e água comum.

Condutividade térmica

Mede a facilidade que um material possui em conduzir calor. São exemplos de materiais condutores de calor: os metais, graxas.

Elétrons de valência

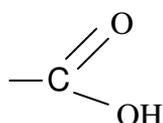
São os elétrons que se encontram na camada mais externa do átomo (camada de valência) de um elemento químico.

Estrutura do átomo

A estrutura do átomo, de acordo com o modelo de Bohr, é formada por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons e nêutrons estão fixos no núcleo e os elétrons giram ao redor deste núcleo.

Grupo funcional

Grupo de átomos característicos de uma classe funcional. Como exemplo podemos citar a classe funcional dos ácidos carboxílicos.



Íon

Átomo que perdeu elétrons (cátion) ou recebeu elétrons (ânion).

Ligação covalente

São ligações entre átomos, através do compartilhamento de elétrons. O conjunto de átomos unidos por ligação covalente é chamado de molécula. Uma molécula pode ser representada por sua fórmula molecular, fórmula eletrônica ou fórmula estrutural.

Ligação iônica

Ligação que ocorre com um metal e não-metal, para tornar o átomo estável. A estabilidade do átomo é garantida através da perda ou ganho de elétrons. Um átomo ficará estável se possuir oito ou dois (no caso da camada K) elétrons na última camada.

Ligações de hidrogênio ou pontes de hidrogênio

São interações que ocorrem principalmente entre moléculas que possuem átomo de H ligado a F, O ou N. Na molécula de DNA, por exemplo, as bases nitrogenadas, ligam-se entre si através de pontes de hidrogênio.

Radicais livres

São moléculas reativas que interferem em muitos processos metabólicos; podem ser formados pela ação das radiações ultravioletas, estabelecendo alguns efeitos biológicos na pele e o olho, como envelhecimento e catarata.

Transição eletrônica

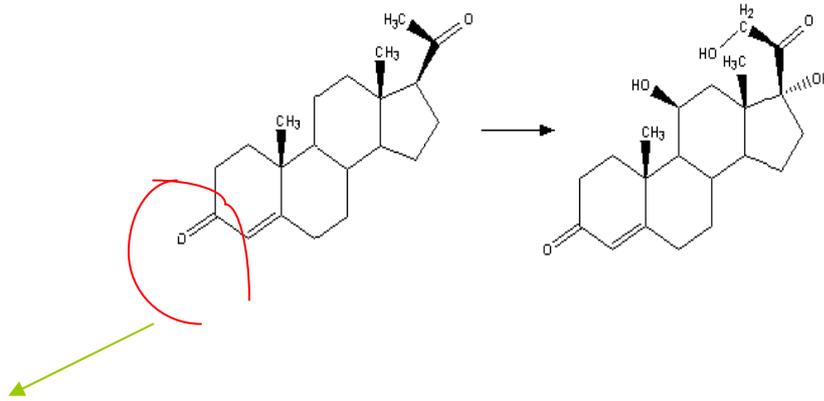
Ocorre quando um elétron salta de um nível de energia para outro, absorvendo ou liberando energia.

ANEXO I - RESPOSTAS DAS QUESTÕES

A seguir se encontram as respostas das questões do encarte. Não apresentamos a solução das questões 5 e 13, devido a diversidade das possíveis respostas.

Questão 1

a)



cetona

- b) Glândula supra-renal. Sua principal função está implicada na resposta ao stress e consiste na síntese e libertação de hormônios como o cortisol e a adrenalina.
- c) Somente uma mudança no nível do cortisol foi encontrada: um aumento pequeno na primeira hora de exposição, voltando ao nível normal após este tempo. Os efeitos biológicos provocados nesta alteração são os aumentos da pressão arterial e do açúcar.
- d) Succinato de Hidrocortisona. É usado no combate a asma brônquica; inflamação grave; insuficiência supra-renal; reação alérgica grave.
- e) * Doença de Addison: emagrecimento, perda de apetite, fraqueza muscular, náuseas, vômitos, irritabilidade e depressão.
- * Síndrome de caushing: o aumento de peso, o depósito excepcional de gordura na parte superior do corpo e no pescoço excesso de apetite e sede, aumento da produção de urina.
- * Excesso de cortisol: Síndrome de caushing.
- * Falta de cortisol: Doença de adson.

Questão 2

$$t = \left[\frac{\ln(0,05)}{-0,0693} \right] \cdot 5700 \rightarrow t \cong 24640 \text{ anos}$$

Questão 3

- a) Permaneceu constante....
Variou.
- b) Função constante , gráfico paralelo ao eixo x.
- c). Variável. Algo parecido com uma função exponencial.
- d) entre 1983 e 1987
- e) Não é possível afirmar

Questão 5

- a) V b)V c)F

Questão 6

- a) F (a=1 e b=273) b)F (Tk=Tc-273) c)V d)V

Questão 7

Índice (UVB)	Negra	Potência de 10
0 a 3	5400s	$10^{3,732}$
4 a 7	2400s	$10^{3,38}$
8 a 11	1620s	$10^{3,209}$
12 a 15	1200s	$10^{3,079}$

Questão 8

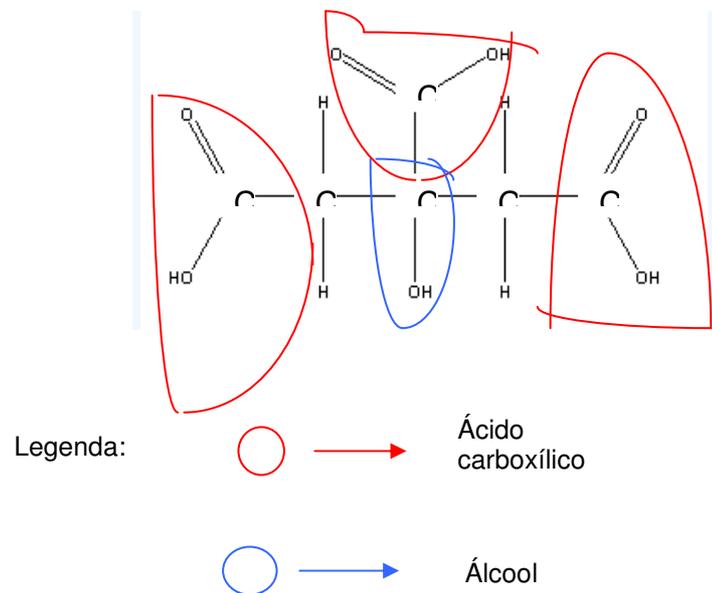
$$\frac{3}{\frac{1}{20}} = \frac{7}{8,5} = \frac{11}{5,5} \cong 60, \text{ são aproximadamente inversamente proporcionais.}$$

Questão 9

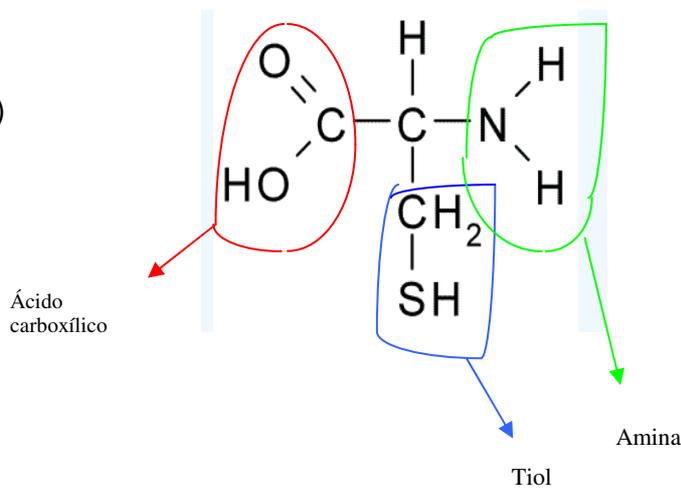
- a) Diminui
 b) Decrescente
 c) A pessoa negra pois a queda do gráfico é menos acentuada .O indivíduo de pele negra possui uma quantidade maior de melanina nos melanócitos, o que oferece uma maior proteção ao núcleo celular contra os efeitos biológicos produzidos pela radiação ultravioleta solar.

Questão 10

a)



b)



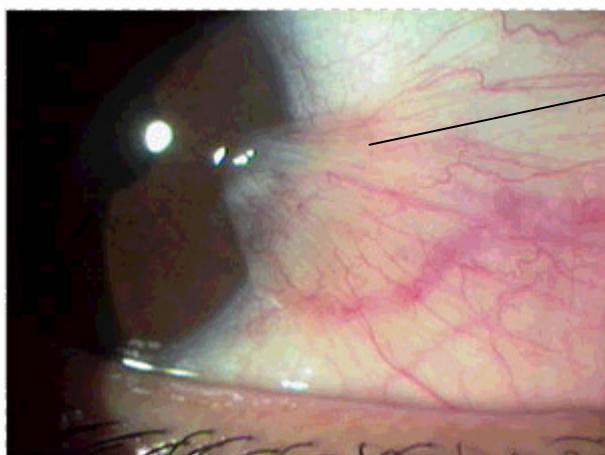
- c) Proteger as células epiteliais da chuva, vento e sol.

Questão 11

- a) 1,73
- b) 73×10^8 m/s

Questão 13

a)



Pterídio

- b) Córnea
- c) Lentes divergentes. Imagem virtual, direita e menor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maneira como os conteúdos das disciplinas são apresentados no Ensino Médio encontram-se muitas vezes fragmentados e distantes da realidade dos alunos. Nesta dissertação apontamos diversas razões que contribuem para esta situação, dentre as quais destacamos: a excessiva carga horária de aulas do docente, o vestibular, que ainda cobra conhecimentos científicos isolados e sem uma relação com o cotidiano do estudante, e principalmente a escassez de materiais que favoreçam a articulação entre as disciplinas. Entendemos que esta integração pode se tornar realidade por meio de uma abordagem multidisciplinar de conteúdos direcionada para o cotidiano do estudante.

Assim, propomos nesse trabalho a construção de uma cartilha multidisciplinar, na forma de textos integrados articulando conhecimentos de Física, Biologia, Química e Matemática, em torno do tema “Possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes”. Em particular, foram abordados os efeitos causados pelas radiações ultravioleta proveniente do Sol e microondas advindas da telefonia celular.

De acordo com as orientações das diretrizes curriculares nacionais (MEC) para o Ensino Médio, deve-se priorizar a contextualização dos conteúdos como forma de obter a aprendizagem do conhecimento científico, partindo dos fenômenos relacionados ao dia-a-dia dos discentes. Para viabilizar esta contextualização, realizamos uma sondagem com professores e alunos de nível médio de Minas Gerais, a qual indicou a radiação emitida pelo telefone celular e a radiação ultravioleta como subtemas que despertaram maior interesse.

Evitamos, assim, elaborar uma proposta multidisciplinar de forma unilateral, de cima para baixo, e sim buscando, a participação dos alunos e professores por meio de sondagens e participação em seminários. O conhecimento social é obtido a partir de ações e interações com pessoas, num processo contínuo de ação-reflexão-ação. Desta forma, constrói-se o conhecimento de forma dialógica.

A cartilha é constituída por textos sobre o tema, questões multidisciplinares, sugestão de metodologia para se abordar os conteúdos em sala de aula e glossário. Acreditamos que a leitura e discussão dos textos e exercícios, contidos na cartilha, auxiliem os alunos na assimilação dos conceitos básicos relacionados, mostrando sua proximidade com as tecnologias e fenômenos presentes na nossa vida diária,

além de propiciar uma visão integrada das disciplinas envolvidas.

Nesse sentido, o tema integrador serve de espinha dorsal ou alicerce para a conexão entre os conteúdos de cada disciplina, explorada principalmente nas questões multidisciplinares. Desta forma, não se trata de escapar da especificidade característica da Matemática e das disciplinas que compõem as Ciências da natureza, mas de promover uma discussão que estabeleça uma inter-relação entre elas.

As sugestões de metodologia para o uso da cartilha no ambiente escolar, não constituem receitas prontas para a articulação entre as disciplinas, são apenas diretrizes para se produzir um ensino de caráter multidisciplinar e direcionado ao cotidiano dos estudantes. O professor deve utilizá-las ou adaptá-las de acordo com a realidade da sua escola.

Entendemos também, que para fazermos uma abordagem multidisciplinar em sala de aula, o estudante precisa ter domínio dos conceitos básicos envolvidos no estudo. Assim, elaboramos um glossário contendo definições dos termos e conceitos relacionados ao tema integrador. Esperamos que esse glossário sirva como um guia de referência rápida, ajudando ao professor na preparação das suas aulas. Porém, para um estudo mais aprofundado e enriquecedor sugerimos que o professor consulte outras fontes.

O marco teórico utilizado na dissertação e seguido durante a construção da cartilha foi a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Esta abordagem, de uma forma geral, discute as conseqüências do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia na sociedade. Um dos seus objetivos é a capacitação científica do cidadão, para que este possa participar das tomadas de decisões, junto ao governo e setor econômico, durante a implantação de novas tecnologias.

Neste trabalho buscamos mostrar os possíveis efeitos biológicos produzidos pela radiação advinda da telefonia celular e pela radiação ultravioleta no ser humano, além de estabelecer mecanismos de proteção contra estes tipos de radiações. Esperamos que essa discussão promova uma tomada de consciência nos alunos para o desenvolvimento de atitudes como, por exemplo, decidir se é viável morar próximo a antenas de celulares, ou utilizar protetores solares ao tomar banho de Sol.

Deve-se salientar que esta cartilha é apenas uma proposta para se estabelecer conexões entre as disciplinas e utilização em sala de aula, e não sendo

o único caminho para alcançar esse objetivo. O professor deve ser o mediador do processo de ensino-aprendizagem, promovendo o desequilíbrio cognitivo dos seus alunos e em seguida propondo situações para que o equilíbrio seja restabelecido.

Espera-se que este trabalho possa servir de projeção a trabalhos futuros envolvendo o ensino multidisciplinar integrado, como por exemplo um estudo sobre os efeitos biológicos das radiações não ionizantes no meio ambiente, ou um estudo sobre os efeitos biológicos das radiações ionizantes.

REFERÊNCIAS

- ABUD, Kátia Maria. Faculdade de Educação USP-SP. Disponível em: <www.fizo.edu.br/vestibular/noticias.php?noticia=inter&=4>. Acesso em 07 ago. 2006.
- ALBERTS, B. et al. **Fundamentos da biologia celular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ALVES, Rubens. **Filosofia da ciência**: introdução ao jogo e suas regras. 20. ed. São Paulo, 1994.
- AMABIS, José Mariano. MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Fundamentos da biologia moderna**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.
- ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicações). Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002.
- BEZERRA, Manoel Jairo. **Matemática para o Ensino Médio**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2001.
- BIRAL, Antônio Renato. **Radiações Ionizantes para Médicos, físicos e Leigos**. Florianópolis: Insular, 2002.
- BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de Física 2**. São Paulo: Saraiva, 2001.
- BITELLI, Thomaz (org). **Física e Dosimetria das Radiações**. 2 ed. São Paulo: Ateneu, 2006.
- BLOGGER. Disponível em: <http://bp3.blogger.com/_TcdQ1dDNoi8/RmshgltQBml/AAAAAAAAAFw/72qlnBuUZGo/s1600-h/pineal1.JPG>. Acesso em 20 out. 2007.
- BOICE, John D Jr. MCLAUGHLIN, Joseph k. **Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk**. 2002, 16. Disponível em: <http://www.ssi.se/ssi_rapporter/pdf/ssi_rapp_2002_16.pdf>. Acesso em 21 jan. 2007.
- BONJORNIO, José Roberto. **Física**: História e cotidiano: Mecânica V.1. p.236 e Terminologia, Óptica, Ondulatória e Hidrodinâmica, v.2 p. 265. São Paulo: FTD, 2003.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases**. Brasil, 1996.
- CARNEIRO, Moaci Alves. **LDB fácil**: Leitura Crítico-Compreensiva: artigo a artigo. Petrópolis: Vozes, 1998.

CÉREBRO, estrutura e irrigação. Disponível em: <<http://www.igc.gulbenkian.pt/sites/soliveira/cerebroestruturairrigacao.html>>. Acesso em 28 abr.2007.

CHILTON, Didcot (UK). **National Radiological Protection Board**. 2000. Independent Expert Group on Mobile Phones.

CLIPART. Disponível em: <<http://www.clipart.com.br>>. Acesso em 25 abr. 2008.

CORRÊA, Ana Lúcia Lopes. **A linguagem da Física: escrever para aprender**- Projeto de pesquisa. Faculdade de Educação - UFMG, 2002.

DERMATOLOGIA ON LINE. Disponível em: <<http://www.dermatologia.net/neo/base/atlas/urticaria.htm>>. Acesso em 30 jun. 2007.

DIAS, José Antônio Acevedo. Análisis de Algunos Critérios para diferenciar entre Ciência y Tecnologia. **Revista Enseñansa De Lãs Ciências**, 1998, 16(3), 409-420.

DIAS, José Antônio Acevedo. **Cambiando la práctica la práctica docente em la enseranza de lãs ciencias a través do CTS**. Disponível em www.oei.es/salactsi/acevedi2.htm>. Acesso em 30 jun. 2007.

DOENÇAS de pele. **Urticária**. Disponível em: <<http://www.dermatologia.net/neo/base/atlas/urticaria.htm>>. Acesso em 23 jul.2007.

DÚVIDAS sobre radiação. **Meio ambiente**. Disponível em: <<http://minas.vivo.com.br/institucional>>. Acesso em 15 jul. 2008.

ELBERN, Alwin.**Radiações não –ionizantes: Conceitos Riscos e Normas**. PRORAD (Proteção radiológica), disponível em: <<http://www.prorad.com.br/prorni.pdf>>. Acesso em 23 de jul. 2007.

FERREIRA, Andréia Alves. **Ensino de física das radiações na modalidade EJA- Uma proposta**. Dissertação (mestrado). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics**. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1996.

GASPAR , Alberto. **Física**. Eletromagnetismo e Física Moderna. V. 3. p.14. São Paulo: Ática. 2001.

GEZONDHEIDSRAAD: **Mobbile Phone and Health: An evaluation of health effects**. 2002, disponível em: <<http://www.gr.nl/pdf.php?ID=377>>. Acesso em 15 de jan.2007.

GIOVANNI, José Ruy; BONJORNIO, José Roberto. **Matemática: uma nova**

abordagem: versão progressões. São Paulo: FTD, 2000.

GIUSTA, Agneta da S. Por uma nova concepção de currículo. In: **Diretrizes curriculares da Escola Sagarana**. Belo Horizonte: SEE/MG, PROCAD, 2001, p. 27.

HENGA LUDKE; Harli. E. D. A. André. **Pesquisa em educação**: abordagem qualitativa: São Paulo: EPU, 1986.

HOSOUME, Y, Kawamura, M. R. D., MENEZES, L. C. **Objetos e Objetivos no Aprendizado da Física**. Instituto de Física, Universidade de São Paulo.

HOSOUME, Y; MENEZES, Luiz Carlos de; Zanetic, João. **GRF** - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. V.1, p.115 e p.32-7ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

HOSOUME, Y; MENEZES, Luiz Carlos de. **A Universidade e o Aprendizado Escolar de Ciências** - Formação em serviço de Professores de Física do 2º Grau.- São Paulo-USP-1993.

IDEC, Consumidor S.A. **Instituto de defesa do consumidor brasileiro**. Disponível em <<http://www.idec.org.br/consumidora/arquivo/mai98/3001.htm>>. Acesso em 15 jun. 2007.

INCA. **Instituto Nacional do Câncer**. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br>>. Acesso em 30 jun. 2007.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LEITE, Maria Salete. Compreensão de termos científicos no discurso da ciência. Universidade de Coimbra- Portugal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4. dez., 2001.

MARTINS, Isabel. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciências**, v.1, n.1, 2002.

MELATONINA. **Eficaz no tratamento da insônia**. Disponível em: <<http://www.melatonina.com.br>>. Acesso em 25 de jan.2007

MELLO, José Luis Pastore. **Matemática**: construção e significado. São Paulo: Moderna, 2005.

MENEZES, Luiz Carlos de. **Professores, Formação e Profissão**. São Paulo:

Autores Associados, 1996.

MOBILE PHONES AND HEALTH. **National Radiological Protection Board**: (UK). Disponível em : <<http://www.iegmp.org.uk>>. Acesso em 23 jul. 2007.

MOBILE PHONE AND HEALTH. V. 15, n. 15. 2004. Disponível em: <<http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/>>. Acesso em 29 jun. 2007.

MOREIRA, Marco Antônio . **A internacionalização da Área de Pesquisa em Ensino de Física**. Instituto de Física - UFRGS , VIII – EMPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física), 2002.

MOREIRA, Marco Antônio; Axt, Rolando. **Ênfases curriculares e ensino de ciências**. Instituto de Física-UFRGS.

MORETTO, Vasco Pedro. **Prova, um momento privilegiado de estudo, não um acerto de contas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.

MORETTO, Vasco Pedro. **Prova, um momento privilegiado de estudo-não um acerto de contas**. 4. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2004.

NÓVOA, Antônio (coordenador). **Os professores e sua formação**. 3. ed. Lisboa: Publicações e a sua Formação, 1997.

OKUNO, Emico. **Radiação ultravioleta**: características e efeitos. São Paulo: Livraria da física, 2005. p.21.

OKUNO, Emico. **Radiação**: Efeitos Riscos e Benefícios. São Paulo: Harbra, 1988.

PARENTE, Daniel Ramos. **Clínica de olhos**. Disponível em <<http://www.danielparente.com.br>>. Acesso em 28 jan. 2007.

PCN - (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – Ciência da Natureza.

PEREIRA. Luiz Teixeira do vale. BAZZO, Walter Antônio. LINSINGEN, Irlan Von. **Uma disciplina CTS para os cursos de Engenharia**. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/bazzo.htm>>. Acesso em 28 jan. 2007.

PERUZZO, Francisco Miragaia, CANTO, Eduardo Leite. **Química, na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

PIETROCOLA, Maurício. Mesa-Redonda: **Identidade, Sustentabilidade e Visibilidade Social da Pesquisa em Ensino de Física**. Departamento e Física – UFSC, VIII-EMPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física). 2002.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel.SILVEIRA, Rosimari Monteiro Carvalho Foggiatto. BAZZO, Walter Antônio. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio.**Ciência & educação, v.13, n1, p.71-84, 2007.

PORCENTAGEM DE ABSORÇÃO DA RUV. **Algumas partes constituintes do olho.** Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV_e_olho.html>. Acesso em 21 mar. 2008.

PORTELLA, Eduardo; Duran, Gilbert. **Interdisciplinaridade 2.** Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, Jun.,1993.

RABILOTTA, Manoel. **Construção e Realidade no Ensino de Física.** IFUSP, 1985.

ROBINS, Perry. **Fundação: câncer de pele.** Disponível em: <<http://www.skincancer.org>>. Acesso em 28 jan. 2007.

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houaiss: física.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. 248 p.

SABBATINI, Renato. **Celular dá câncer?** Disponível em: <<http://www.sabbatini.com/renato/correio/medicina/tess.htm>>. Acesso em 23 jul. 2007.

SALÉM, Sônia. **Estruturas conceituais no ensino de física:** Dissertação de Mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1986.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e Interdisciplinaridade:** o currículo integrado. 7. ed. Porte Alegre: Artes Médicas Sul. 1998.

SIEMENS, Móbile. **Manual de instruções A 52.** São Paulo: Siemens, 2004.

SILVA. Abel A. **Radiação Ionizante e Não Ionizante.** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais: Dep. de Física e Química. Belo Horizonte,1997. p.12-58.

STEWART, Willian. **Mobile phones and halth.** V. 15, n.5, 2004. Disponível em: <http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/index.htm>. Acesso em 23 jul. 2007.

TAFNER, Marcon. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/08/mente/construtivismo/construtivismo.htm>>. Acesso em 25 ago. 2006.

VASCONCELOS, Celso dos Santos. Disciplina: **Construção da disciplina consciente e interativa em Sala de Aula e na Escola.**13. ed, São Paulo: Libertad, 2000.

VILAS BOAS, Newton. DOCA, Ricardo Helou. GUALTER, José Biscoola. **Tópicos de Física 2**. p.185, 186 e 278. **Tópicos de Física 3**. p.340.18. São Paulo: Saraiva, 2007.

VIVO. Disponível: <http://www.vivo.com.br/portal/como_funciona_telefonia_celular.php#>. Acesso em 20 out. 2007.

WERNECK, Hamilton. **Como vencer na vida sendo professor**. Petrópolis: Vozes, 1996.

WIKIPÉDIA. **Enciclopédia**. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pele>>. Acesso em 30 jun. 2007.

APÊNDICE

Apêndice I

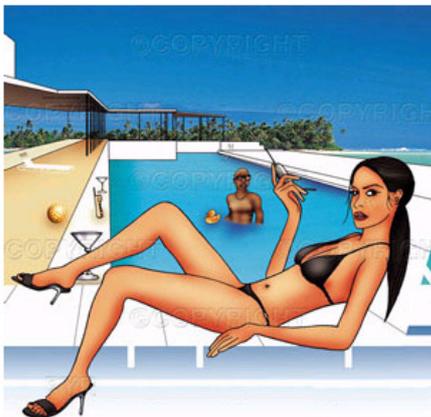
- (a) O que você entende por radiação?
- (b) Desenhe três coisas que você acredita estarem relacionadas à radiação. Explique seu desenho.
- (c) Desenhe três coisas que você acredita não estarem relacionadas à radiação. Explique seu desenho.
- (d) Você conhece alguma forma de se proteger das radiações? Como? Desenhe e justifique.
- (e) Indique as disciplinas escolares (Física, Química, Biologia, Matemática, Geografia, outras) que você considera melhor relacionar com os fenômenos que envolvem radiação. Explique sua(s) escolha(s).
- (f) Qual a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante?
- (g) Cite três tipos de radiação ionizante e não-ionizante.
- (h) O que é radiação ultravioleta? Quais as principais fontes de emissão?
- (i) Quais os tipos de radiação ultravioleta?
- (j) Existe algum malefício ou benefício para a saúde humana em receber doses de radiação ultravioleta? Se sim, quais são os efeitos para o organismo?
- (k) Você acha que os alimentos cozidos no forno de microondas podem trazer malefícios à saúde humana? Explique.
- (l) O uso do telefone celular pode causar câncer?
- (m) Quais são os efeitos biológicos causados pelas linhas de alta-tensão?
- (n) Comente sobre algum efeito biológico que a radiação infravermelha e a luz visível podem causar.

Apêndice II

Questionário dos conceitos básicos

- a) O que você entende por potência? Qual a unidade correspondente?
- b) O que você entende por energia? Qual a unidade correspondente?
- c) Defina frequência.
- d) Defina comprimento de onda.
- e) Qual a fórmula que relaciona v , f e λ ?
- f) Qual a velocidade da luz?
- g) Diferencie onda eletromagnética de onda mecânica.
- h) Defina: Glândula Supra-Renal, Glândula Pineal, Cortisol, Melatonina, Linfócitos, Camadas da Pele (citar)
- i) Cite os malefícios e benefícios da luz do Sol.
- j) O que é radiação ultravioleta? Tipos?
- k) É preciso se proteger da radiação ultravioleta? Como?
- l) Celular provoca câncer?
- m) As antenas e celulares provocam algum efeito biológico?
- n) É preciso se proteger de ambos? Como?

POSSÍVEIS EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES: RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA, E , MICROONDAS ADVINDAS DO TELEFONE CELULAR



EDMUNDO RODRIGUES JUNIOR

Dezembro de 2008

Caro colega professor,

Esta cartilha foi elaborada com a intenção de contribuir para a formação integral de nossos alunos do Ensino Médio, por meio do enfoque conhecido como CTS, isto é, pelo esforço de relacionar Ciência, Tecnologia e Sociedade. Assim, a abordagem que será feita, aqui, centra-se em questões do dia-a-dia das pessoas, que, acreditamos, torna os conteúdos escolares mais atraentes para o estudante. Nessa direção, serão apresentados estudos dos conceitos e das conseqüências biológicas, para os seres humanos, da radiação emitida pelo telefone celular e da radiação ultravioleta provinda do Sol, numa perspectiva de articulação das disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza. Busca-se, também, conscientizar da importância de se proteger dessas radiações.

Espera-se que esta cartilha contribua para que o aluno compreenda os riscos e benefícios que a aplicação de um conhecimento científico pode trazer para a sua existência e para a sociedade, capacitando-o a questionar, decidir e atuar sobre questões que envolvam conhecimentos de Ciência e Tecnologia.

Para que o aluno desenvolva essas qualidades em relação às implicações do desenvolvimento científico e tecnológico, o professor deve propiciar espaços para discussão do assunto em sala de aula, superando a concepção do aluno como mero receptor de informação para investir em suas possibilidades de tornar-se cidadão consciente e apto a tomar decisões. Este estímulo pode vir, por exemplo, por meio de debates, teatros, pesquisas de campo ou entrevistas.

Desejo, enfim, que a cartilha em foco venha ao encontro das pretensões de educadores em proporcionar ao seu alunado uma visão integradora da Física, Química, Biologia e Matemática.

Bom trabalho!

Abraços, Edmundo.

LISTA DE SIGLAS

λ - Comprimento de Onda

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

CEMRF - Campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz

CTS - Ciência Tecnologia e Sociedade.

DNA - sigla em Inglês de ácido desoxirribonucléico

FCC - sigla em inglês de comissão federal de comunicação.

GHz - Giga hertz

GSM - Global System Mobile

ICNIRP - Sigla em inglês da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações Não Ionizantes ("International Commission on Non Ionizing Radiation Protection")

IEGMP - sigla em inglês de Grupo internacional de Especialistas em Telefones Móveis

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IV - Infravermelho

K - Kelvin

MG - Minas Gerais

MHz - Mega hertz

Nm - nano-metro

°C - Graus celsius..

RUV - Radiação Ultravioleta.

S - Densidade de Potência

SA - Sigla em inglês de "Specific Absorption"

SAR - Taxa de absorção de energia por tecidos do corpo.

UVA - Ultravioleta A

UVB - Ultravioleta B

UVC - Ultravioleta C

SUMÁRIO

1 – BREVE APRESENTAÇÃO	5
2 – PROCEDIMENTOS INSTRUCCIONAIS DE USO DA ARTILHA	5
3 – AVALIAÇÃO	6
4 – CONTEÚDOS BÁSICOS RELACIONADOS AO TEMA, POR DISCIPLINA.....	6
5 – DESENVOLVIMENTO DO TEMA.....	7
5.1 – EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO EMITIDA PELO TELEFONE CELULAR EM SERES HUMANOS	7
5.1.1 – TELEFONE CELULAR ALTERA O SONO?	8
5.1.2 – TELEFONE CELULAR “ESQUENTA A CUCA”?	9
5.1.3 – SISTEMA CARDIOVASCULAR X TELEFONE CELULAR.....	10
5.1.4 – O APARELHO DE CELULAR PODE ALTERAR OS NÍVEIS DE CORTISOL E MELATONINA	11
5.1.5 – CELULAR CAUSA CÂNCER.....	12
5.2 – EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA DO SOL EM SERES HUMANOS.....	16
5.2.1 – PELE	16
5.2.2 – OLHOS.....	21
6 – QUESTÕES MULTIDISCIPLINARES	26
7 – GLOSSÁRIO	32
7.1 – FÍSICA.....	32
7.2 – MATEMÁTICA.....	36
7.3 – BIOLOGIA	37
7.4 – QUÍMICA.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO I.....	51

1– BREVE APRESENTAÇÃO

Este material é composto, fundamentalmente, de textos científicos baseados em resultados recentes de pesquisas envolvendo os efeitos biológicos da radiação emitida por telefones celulares e pela radiação ultravioleta do Sol, cuidando-se para que tais textos não sejam demasiadamente longos ou complexos. Em algumas situações, podem-se utilizar transparências, *power point* ou vídeos da *Internet*. Simultaneamente, para um melhor entendimento do material, os alunos poderão consultar o glossário disponível ao final desta cartilha, cujos objetivos encontram-se expressos a seguir.

OBJETIVOS GERAIS

- Aplicar os conhecimentos científicos aprendidos com o uso da cartilha em situação do cotidiano
- Assumir uma maior consciência dos problemas ligados ao desenvolvimento tecnológico, adotando uma atitude responsável, para se proteger das conseqüências biológicas relacionadas ao uso do celular e da exposição à radiação solar.
- Reduzir o ensino fragmentado da Física por meio de um ensino multidisciplinar para explicar os efeitos das radiações não ionizantes, principalmente através da resolução de questões que envolvem os conceitos da Física, Química, Matemática e Biologia.

HABILIDADES E COMPETÊNCIAS A SEREM DESENVOLVIDAS

- Analisar e comentar textos, identificando seu conteúdo, definindo os termos específicos e situando-os no contexto do aluno.
- Alertar o aluno sobre o caráter incompleto das pesquisas relacionadas aos efeitos da radiação emitida pelo telefone celular.
- Construir sínteses (na forma de resumos ou comentários) sobre o material estudado.
- Promover oportunidades para que o aluno desenvolva atitudes de diálogo e discussão, trabalhando em equipe.
- Incentivar o discente a expressar sua opinião perante situações-problema.

PÚBLICO ALVO: Professores do Ensino Médio.

2 – PROCEDIMENTOS INSTRUACIONAIS DE USO DA CARTILHA

A aula deverá ser expositiva dialogada. Sugerimos que o professor utilize a seguinte seqüência de procedimentos:

1. Preparar perguntas relacionando o assunto a ser abordado a situações do cotidiano, no sentido de despertar o interesse dos alunos;
2. Expor o assunto de forma dialógica;
3. Apresentar uma situação aos alunos e pedir que cada um elabore um resumo, descrevendo a situação e indicando os tópicos de Física, Biologia, Matemática e Química a ela relacionados, ou seja, que ajudariam a compreendê-la;
4. Separar a turma em grupos e pedir que discutam suas respostas, até que cada grupo elabore um resumo representando suas idéias;
5. Discutir as idéias da turma, solicitando que um representante de cada grupo apresente as conclusões sobre a situação a que o grupo chegou; é recomendável que se anotem no quadro as conclusões dos grupos;
6. Distribuir textos sobre o assunto para cada grupo fazer uma leitura;

7. Descrever a situação, abordando os tópicos relacionados à disciplina que representam, focalizando a relação com as demais; nesse caso, seria bastante enriquecedor se um professor de cada disciplina mencionada acima pudesse assumir o conteúdo de sua área (descrever a situação do ponto de vista da disciplina que ele ministra);
8. Pedir aos alunos que revisem seus resumos e façam uma segunda discussão, comparando as novas conclusões com as conclusões anteriores anotadas no quadro, explicando quaisquer discrepâncias que houver. Fazer uma síntese das conclusões.

3 – AVALIAÇÃO

Sugerimos que a avaliação seja diversificada, buscando verificar conhecimentos, procedimentos e habilidades do educando tais como: falar em público, resolver questões escritas, participar de teatros, etc.

- Discussão dos textos e resolução das questões multidisciplinares, através de trabalhos em grupos ou individuais. Para a avaliação em grupo, poderão ser considerados itens como a organização do grupo, pontualidade, oratória, material utilizado na apresentação e clareza dos fatos abordados.
- Realização de debate, teatro, e palestras por especialistas. Elaboração de resenhas sobre os temas discutidos.
- Aplicação de prova escrita individual, contendo questões objetivas e discursivas.
- Estabelecimento dos critérios de correção da prova.
- Discussão sobre as questões que os alunos erraram na avaliação escrita. Esta correção deverá ser feita em sala de aula com a ajuda do professor e/ou colegas.
- Sugestão de tópicos a serem avaliados nos trabalhos em grupos.

4 – CONTEÚDOS BÁSICOS RELACIONADOS AO TEMA, POR DISCIPLINA.

FÍSICA

Energia, Potência, Ondas, Radiação Ionizante e suas Fontes, Radiação Não Ionizante e suas Fontes, Temperatura/Calor, Óptica Geométrica, dualidade onda/partícula,

MATEMÁTICA

Função, Proporcionalidade, Potência de 10

BIOLOGIA

Glândulas supra-renal e pineal, Hormônios, Circulação sanguínea, Fibras colágenas elásticas, estrutura cardíaca, Sono, Estresse, Sistema imunológico, Linfócitos, DNA, Olho humano, Tecidos, Câncer

QUÍMICA

Radicais livres, Funções e compostos orgânicos, Estrutura do átomo, Transições eletrônicas, Ligações químicas, Condutividade elétrica e térmica, Íons, Elétrons de valência.

5 – DESENVOLVIMENTO DO TEMA

5.1 – EFEITOS BIOLÓGICOS¹ DA RADIAÇÃO EMITIDA PELO TELEFONE CELULAR EM SERES HUMANOS



O USO DE TELEFONES CELULARES PREJUDICA A SAÚDE DAS PESSOAS?

Quando estamos falando ao telefone celular, principalmente com um amigo, parente, namorado ou namorada, dificilmente pensamos nos efeitos que a energia vinda desse aparelho pode provocar no ser humano, não é mesmo? Nesta cartilha, como já dito, encontram-se resultados de algumas pesquisas recentes sobre efeitos biológicos do celular nas pessoas, que ajudam a entender o que há de mito ou verdade sobre o assunto e a esclarecer essa polêmica pergunta:

TELEFONE CELULAR CAUSA CANCÊR?

¹EFEITOS BIOLÓGICOS x EFEITOS A SAÚDE

Efeito biológico é qualquer alteração biológica produzida no organismo, capaz de provocar ou não, problemas de saúde. A exposição de seres humanos à radiação na faixa de frequência do celular propicia efeitos biológicos como, por exemplo, mudanças na velocidade de reação das ondas cerebrais durante o sono. Porém, isto não significa que esta alteração seja prejudicial à saúde do indivíduo. O sistema imune elimina as células modificadas pela radiação .

5.1.1 – TELEFONE CELULAR ALTERA O SONO?

Na Universidade de Zurique foram realizadas pesquisas sobre os efeitos da exposição à radiação emitida pelos telefones digitais (GSM). Voluntários saudáveis foram expostos à densidade de potência de $0,5 \text{ W/m}^2$ enquanto dormiam. Testes experimentais noturnos ocorreram em dois dias. Os voluntários eram expostos aleatoriamente durante a primeira ou a segunda noite. Após a exposição, eles disseram que se sentiram mais dispostos no dia seguinte. Estudos similares (ainda na Universidade de Zurique), foram realizados posteriormente com voluntários submetidos a uma densidade de potência de $0,2 \text{ W/m}^2$. Um SAR máximo de $0,6 \text{ W/kg}$ foi medido na parte traseira do pescoço, valor bem abaixo do limite recomendado pela ANATEL (2 W/kg). Percebe-se, de acordo com este último resultado, que a radiação emitida pelo aparelho de celular não interferiu no sono das pessoas. No entanto, recentemente, um jornal de grande circulação nacional, mostrou que pesquisas realizadas por pesquisadores norte-americanos sugeriram que a radiação emitida por celulares pode prejudicar o sono das pessoas:

“O trabalho de especialistas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Estados Unidos, expôs 71 homens e mulheres, com idades entre 18 e 45 anos, à radiação do celular enquanto dormiam. Os cientistas observaram que as fases iniciais do sono foram diretamente afetadas e que outras, importantes para a recuperação dos desgastes, sofridos durante o dia, também foram prejudicadas pelas radiações. A mesma pesquisa indicou também que, pessoas que dormem com o celular muito próximo do corpo sofrem mais dores de cabeça” (ESTADO DE MINAS, 07 de fevereiro de 2008).

Pode-se tecer um comentário sobre os resultados das pesquisas realizadas sobre a alteração do sono devido à radiação do aparelho celular. O estudo realizado em Zurique mostrou que a radiação advinda do celular não altera o sono das pessoas, enquanto que a realizada nos Estados Unidos indicou uma alteração do sono, principalmente na sua fase inicial. Esses resultados contraditórios podem indicar que as pesquisas ainda não são conclusivas. Pesquisas indicam que a exposição à radiação de celular diminui a produção de melatonina, hormônio responsável pelo sono, produzido na glândula pineal.



TELEFONE CELULAR

O telefone celular é um aparelho que emite ondas eletromagnéticas, especificamente microondas (radiação não-ionizante), geralmente na frequência de 900 MHz. O aparelho emite um sinal para a Estação de Rádio Base (ERB), mais próxima do usuário. Esta por sua vez envia o sinal para a Central de Comutação e Controle (CCC), que o direciona, por meio de antenas para o telefone receptor, que pode ser outro aparelho celular ou telefone fixo, como ilustra a figura 1.

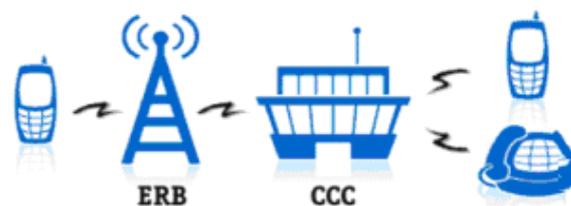


Figura 1: Esquema ilustrando a transmissão de sinais de celulares. Fonte: www.vivo.com.br

TIPOS DE APARELHOS CELULARES

Os aparelhos celulares classificam-se em analógicos ou digitais. No sistema analógico a voz é enviada e reproduzida por inteiro (DynaTAC 8000x da motorola de 1983). No sistema digital a voz é convertida em sinais digitais que são transmitidos em “pacotes” (V600, V555m da motorola e LG 5400). Ambos funcionam apenas em áreas específicas.

5.1.2 – O TELEFONE CELULAR “ESQUENTA A CUCA”?



Experiências realizadas no Reino Unido e as pesquisas de Gandhi¹ apontam um acréscimo de temperatura, proveniente da radiação do telefone celular.

Nos testes feitos no Reino Unido foi medida a temperatura da pele de um grupo de adultos, durante uma chamada de celular com duração de 30 minutos. Os resultados mostram um aumento máximo de temperatura de 2,3° C do lado da cabeça em que o celular foi apoiado. Um comitê holandês, que dita limites de exposição à radiação emitida pelo celular, analisou os dados e suspeita que houve uma falha nos procedimentos de medida. O comitê acredita que houve uma influência direta das ondas eletromagnéticas emitidas pelos telefones celulares sobre os instrumentos de medida utilizados. Nenhum acréscimo de temperatura foi verificado com o telefone desligado.

Gandhi verificou um aumento de 0,1 a 0,2°C da temperatura no cérebro e no olho em consequência da presença de um telefone celular, valor bem abaixo do limite aceitável de 1°C.

Como se pode constatar a radiação emitida pelo telefone móvel aumenta a temperatura dos tecidos biológicos. Entretanto, esses acréscimos são atenuados pela circulação do sangue e pelo suor. Deve-se, portanto, limitar o uso de aparelhos celulares pelas crianças, principalmente porque seus tecidos auditivos e oculares ainda estão em desenvolvimento e possuem poucos vasos sanguíneos. Colocar no final da página

TECNOLOGIA DIGITAL x ANALÓGICA

Qualidade de transmissão: os celulares digitais transmitem uma qualidade de voz melhor, em comparação com o analógico.

Manutenção da ligação: tanto a tecnologia digital quanto a analógica apresenta interrupções totais ou parciais do sinal quando encontram obstáculos como túneis e morros, por exemplo. A diferença é que o telefone analógico “avisa” ao usuário, por meio de interferências destrutivas, que o sinal vai ser interrompido, enquanto que o sinal digital simplesmente desaparece.

Recursos: a tecnologia digital possui um número maior de recursos que a analógica. Com a primeira, pode-se enviar e-mail, brincar de joguinhos ou até mesmo consultar um calendário.

Bateria: a bateria do analógico resiste, no máximo, a duas horas de conversação e um dia em espera sem uso, enquanto que a bateria do celular digital agüenta três horas e meia de uso e até três dias sem conversação.

Sigilo: no sistema digital o sigilo é maior, pois não ocorre linha cruzada e a clonagem é mais difícil.

¹ (Par 01, *apud* Gezondheidsraad 2002, p.38). (Gan01, *apud* Gezondheidsraad 2002, p.39).

5.1.3 – SISTEMA CARDIOVASCULAR X TELEFONE CELULAR



O telefone celular pode alterar os ritmos cardíacos ou prejudicar o funcionamento de marca-passos?

Não há nenhuma evidência para afirmar que campos eletromagnéticos originados de telefones móveis produzam algum efeito sobre o sistema cardiovascular de voluntários saudáveis. A exposição ao sinal do telefone móvel parece não influenciar as variações naturais do ritmo cardíaco. Algumas pesquisas indicam uma possível influência na pressão sanguínea³. Entretanto, cientistas provaram que as alterações eram devidas à ação direta do campo eletromagnético no equipamento de medição.

Apesar disso, os usuários de marca-passos precisam ter cuidado. Com relação ao uso desse instrumento ou outros dispositivos médicos, o manual de instruções de um aparelho celular alerta:

“É possível que haja interferências na função de equipamentos médicos, como por exemplo, próteses auditivas e marca-passos. Deve-se manter uma distância mínima de 20 cm entre o marca-passos e o celular. Ao telefonar, coloque o celular no ouvido oposto ao do marca-passos. Para mais informações consulte seu médico (SIEMENS, p.3)”



A radiação emitida por aparelhos celulares, motores elétricos, soldadores elétricos e linhas de transmissão pode interferir no funcionamento normal desses aparelhos. Entretanto, os marca-passos atuais estão sendo blindados para diminuir a interferência de qualquer tipo de radiação.

5.1.4 – O TELEFONE CELULAR PODE ALTERAR OS NÍVEIS DE CORTISOL E MELATONINA?

Qual a relação existente entre telefone celular e hormônio?

Voluntários saudáveis³ foram expostos durante o sono a um sinal GSM de 900 MHz com uma densidade de potência de 0,2 W/m². A cada 20 minutos, foi feito exame de sangue para verificar as concentrações de cortisol e melatonina. Somente uma mudança no nível do cortisol foi encontrada - um aumento pequeno na primeira hora de exposição, voltando ao nível normal após esse tempo. Os autores justificam tal comportamento como uma adaptação do corpo ao sinal emitido.

Radon² determinou a concentração de vários hormônios, incluindo melatonina e cortisol na saliva de humanos. Estes foram expostos a um sinal GSM com uma densidade de potência de 1 W/m² por quatro horas, tendo por resultado um SAR máximo de 0,025 W/kg na cabeça. Devido às variações diárias dos níveis desses hormônios, a exposição ocorreu durante o dia e a noite. Os investigadores concluíram que não houve alteração na concentração de nenhum dos hormônios presentes na saliva dos voluntários, após a exposição ao sinal de celular.

As pesquisas de Gezondheidsraad³ mostraram uma alteração no nível de cortisol de pessoas saudáveis. A escassez desse hormônio, ou excesso dele, pode propiciar o aparecimento de duas moléstias: A doença de Addison e a Síndrome de Cushing.

A doença de Addison, cujo nome é uma homenagem ao inglês Thomas Addison que a descobriu em 1885, surge devido a baixa produção de cortisol pelas glândulas supra-renais. Ela atinge uma a duas pessoas a cada cem mil, sendo, portanto uma doença rara. Os principais sintomas desta doença são o emagrecimento, perda de apetite, fraqueza muscular, náuseas, vômitos, irritabilidade e depressão.

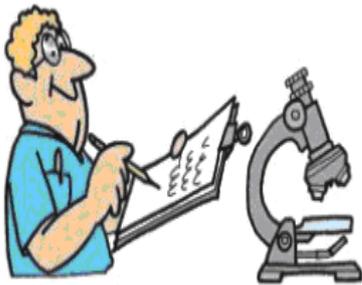
A síndrome de Cushing é caracterizada por uma produção excessiva de cortisol pelas glândulas supra-renais. Entre os sintomas estão o aumento de peso, o depósito excepcional de gordura na parte superior do corpo e no pescoço, excesso de apetite e sede, bem como o aumento da produção de urina. Esta síndrome pode ter como causa um tumor nas glândulas supra-renais, geralmente benignos ou por ingestão de medicamentos que contenham cortisona ou seus derivados. Esta síndrome pode aparecer tanto em seres humanos como em cães.

De Sèze³ investigou se a exposição à radiação emitida por telefones celulares digitais teria algum efeito sobre o nível de melatonina no sangue. Os voluntários foram expostos a campos eletromagnéticos de 900 MHz ou 1800 MHz com potência máxima. Esta exposição foi feita duas horas por dia, durante cinco dias por semana em quatro semanas. Os valores do SAR encontrados no local da cabeça, onde foi apoiado o celular, estavam entre 0,1 e 0,3 W/kg. Foi realizado um exame de sangue quatro vezes por dia em intervalos de três horas, antes, durante e após o período da exposição. Em nenhum desses períodos foi encontrada uma anomalia nas variações diárias do nível de melatonina no sangue.

RESTRIÇÕES BÁSICAS: O que são? Quem dita as normas de segurança?

² (Rad01, *apud* Gezondheidsraad, 2002 p.57).

³ (DeS99, *apud* Gezondheidsraad, 2002, p.57).



Restrições básicas são limites estabelecidos para exposição a campos eletromagnéticos variáveis no tempo, baseadas diretamente nos efeitos conhecidos à saúde. As restrições básicas para exposição à radiação emitida pela telefonia celular ou outras formas de radiação não-ionizantes são ditadas no Brasil pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), de acordo com normas internacionais estabelecidas por órgãos como, por exemplo, a “International Commission Non-Ionizing Radiation Protection”(ICNIRP) a “International Radiation Protection Association” (IRPA) a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a “Federal Communications Commission” (FCC). No item 5.1.5, encontram-se alguns limites estabelecidos por alguns desses órgãos, tanto para telefones celulares quanto para antena de celulares, Confira!

5.1.5 – TELEFONE CELULAR DÁ CÂNCER?

O debate atual sobre a possibilidade das radiações emitidas pelos celulares provocar câncer se intensificou nos últimos anos, devido ao aumento do número desses aparelhos. Esta discussão foi levantada após uma reclamação de um habitante da Flórida, em 1993, que atribuiu à radiação emitida pelo celular o desenvolvimento de um tumor cerebral em sua esposa. Nesta época não se conhecia praticamente nada sobre os efeitos adversos causados pela exposição regular (a curto ou longo prazo) a estes campos eletromagnéticos. Desde então, a sociedade demonstra muito interesse em relação à segurança destes telefones móveis. De acordo com Moulder, apud Sabbatini (2007), a radiação emitida pelas antenas de celulares não possui energia suficiente para quebrar a molécula de DNA.

Discutimos, a seguir, alguns tipos de câncer e sua possível relação com o uso do telefone celular.



CÂNCER NO CÉREBRO

Estudos epidemiológicos investigaram uma possível relação entre o uso do telefone móvel e o desenvolvimento de tumor cerebral. Hardell⁴ elaborou um estudo envolvendo 209 pacientes que apresentavam tumor cerebral. Uma análise desses tumores não indicou nenhuma ligação entre a utilização do telefone móvel e o crescimento dos mesmos, tanto para telefones analógicos quanto para digitais. Johansson⁵ monitorou um grupo de 420.000 usuários de telefone móvel de 1982 a 1995. Neste grupo, a probabilidade de desenvolver tumores cerebrais não diferiu daquela da população dinamarquesa como um todo. Nenhuma correlação

⁴ (Har99, apud Gezondheidsraad, 2002, p.51).

⁵ (Joh01, apud Gezondheidsraad, 2002, p.53).

foi encontrada com o tempo médio da chamada, duração do uso do telefone, idade no começo da utilização do telefone celular, ou tipo do telefone (analógico ou digital).

Recentemente uma pesquisa realizada em Tóquio também afastou a suspeita de que a radiação emitida pelo celular provoca ou aumenta o risco de câncer no cérebro. O estudo comparou 683 pessoas saudáveis a 322 pacientes com câncer no cérebro.

“A última edição do British Journal of cancer, revista especializada, publicada na Inglaterra, reproduz os resultados da primeira pesquisa completa até agora sobre os efeitos no homem do uso regular de telefones celulares. E o resultado é tranquilizador, garantem seus autores, acadêmicos da Universidade Médica de Mulheres do Japão. O estudo mostrou que não há qualquer indício de que os usuários do aparelho estejam correndo risco maior de desenvolver câncer no cérebro. Trata-se de um trabalho científico pioneiro de avaliação dos efeitos dos níveis de radiação do celular em diferentes partes do cérebro humano.”(ESTADO DE MINAS,07 de fevereiro de 2008).

Estudos realizados por cientistas alemães⁶ indicaram que o uso do celular aumenta o risco relativo de melanoma ocular. Diante destes estudos é razoável acreditar que ocorrerá aumento da incidência deste tipo de câncer no decorrer do tempo, pois o número de assinantes de telefone celular aumenta cada vez mais⁷. De acordo com a ANATEL, o Brasil atingiu em 2007, cem milhões de usuários de telefones móveis.

Para testar essa hipótese, a avaliação da incidência de melanoma ocular foi correlacionada com o número de assinantes de telefones celulares na Dinamarca⁸. Veja figura2.

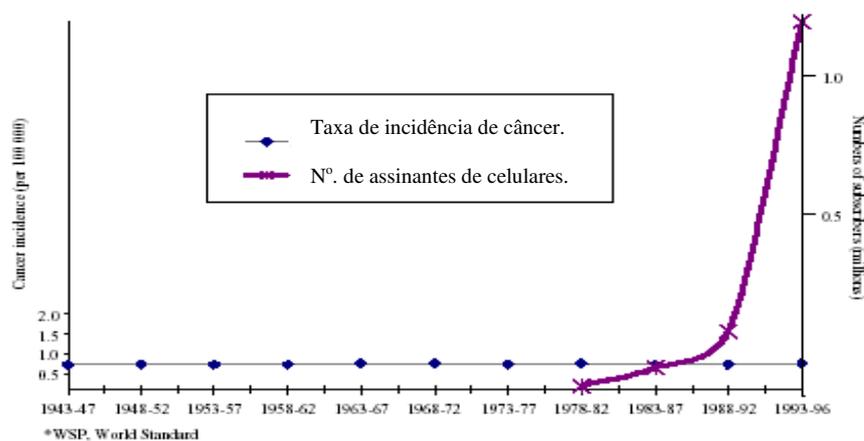


Figura 2: Evolução do número de assinantes de telefone celular e taxa de incidência de câncer no olho de 1943 a 1993. Fonte: Boice, 2002.

Observa-se, de acordo com o gráfico, um aumento significativo do número de assinantes de telefone celular a partir de 1987. Por outro lado, percebe-se que a taxa de incidência de câncer no olho permaneceu constante durante todo o período analisado. É importante observar que a tecnologia de celular é recente se comparada com o aparecimento de câncer no olho. Não podemos inferir sobre comportamento das curvas azul e vermelha, para longos períodos de tempo (a partir do ano de 1996) ou seja, de acordo com esse gráfico não é possível afirmar se o câncer no olho está relacionado com o número de assinantes de aparelhos móveis. No entanto, o IEGMP acredita que crianças são mais suscetíveis à influência

⁶ (STANG, 2001, *apud* Boice, 2002, p.23).

⁷ (INSKIP 2001, *apud* Boice, 2002, p.23).

⁸ (Johansen. 2002, *apud* Boice 2002, p.23).

de campos eletromagnéticos, e estabelece o limite de exposição máxima de 1,6 W/kg de tecido no olho, para crianças de até 16 anos.

OUTROS SINTOMAS

Vários estudos foram realizados a respeito dos efeitos biológicos em usuários de telefone móvel, como por exemplo, dor de cabeça, tontura etc. Observa-se, no entanto que estes sintomas são muito gerais, podendo ter outros tipos de origem, não estando, portanto, associado necessariamente à radiação microonda emitida pelo celular.

Outro fator significativo que pode resultar em malefícios à saúde humana é o calor excessivo gerado no corpo, devido à exposição à radiação emitida pelo celular. Embasados em dados científicos, obtidos com animais em laboratório e voluntários humanos, observou-se que a variação máxima de temperatura, para que não se desenvolva riscos à saúde humana, é de 1°C.

Como se proteger das radiações do telefone celular?

Alguns cuidados em relação ao uso do celular são pertinentes para atenuar os possíveis efeitos da radiação emitida por esse aparelho. Confira:

- Limitar o uso do aparelho de celular pelas crianças.
- Trocar de orelha constantemente ao falar pelo telefone celular.
- Evitar colocar o telefone celular próximo ao local de dormir.
- Manter distância de no mínimo dois metros das antenas de celulares (estações de rádio – base).
- Manter uma distância mínima de 20 cm entre o marca-passo e o aparelho de celular.
- Colocar o telefone celular no ouvido



Quais os valores de SAR permitidos para telefones celulares?

As restrições básicas para as radiações emitidas pelos aparelhos celulares e estações de rádio-base (antenas) são estabelecidas de acordo com a densidade de potência (S) e a taxa de absorção específica (SAR). A ANATEL, através da resolução 3003/2002, estabelece normas aceitáveis em relação aos níveis de radiação para trabalhadores na área, ou seja, pessoas que estão em contato constantemente com fontes de radiação e o público em geral. Recomenda-se para trabalhador da área um SAR médio de 0,4 W/kg, e para a população em geral, 0,08 W/kg. Esses dados são uma média para exposição do corpo todo.

Em relação à exposição parcial do organismo, a ICNIRP e a ANATEL definem outros valores para o SAR. Para a população geral, foi proposto um SAR de 2 W/kg para a cabeça e 4 W/kg para a mão que segura o aparelho de celular. Os valores correspondentes para trabalhadores na área são 10 W/kg para a cabeça e 20 W/kg para a mão. É importante salientar que esses números foram estabelecidos para adultos saudáveis. Crianças, idosos e pessoas doentes devem ser expostos a doses menores de radiações. A tabela abaixo resume os níveis de referência regulamentados pela ANATEL.

Tabela 1: Níveis de referências de SAR, recomendados pela ANATEL.

Características da Exposição	Faixa de Radiofrequência	SAR média do corpo inteiro (W/kg)	SAR Localizada (cabeça e tronco) (W/kg)	SAR localizada (membros) (W/kg)
Exposição ocupacional ou controlada (trabalhadores da área)	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Exposição da população em geral ou não	10MHz a	0,08	2	4

É perigoso morar perto das torres de celular?



A OMS estabelece uma distância limite que as pessoas devem manter das antenas de transmissão sem perigo para a sua saúde.

Tabela 2: Distância de segurança em relação a algumas antenas de transmissão.

TIPOS DE ANTENA	DISTÂNCIA À ANTENA
Telefonia móvel (Celular)	1-2 m
TV altas frequências	15 m
Rádio FM	30 m
TV UHF	40 m

Observe que podemos chegar a um ou dois metros da torre de telefonia celular sem preocupação com algum malefício à saúde. Para se ter uma idéia, o limite estabelecido, por exemplo, para a rádio FM, são 30 m. Além disso, a densidade de potência das antenas de celulares diminui bastante com a distância. Por exemplo, para uma distância de 30 a 40 m, distância típica da antena a residências, a densidade de potência cai para a faixa entre 0,0001 e 0,00005 mW/cm², em comparação a 0,02 mW/cm², próximo à antena.

Esses valores encontram-se bem abaixo do nível recomendado pela FCC, de 1,2 mW/cm². Com base nessas informações, podemos concluir que morar perto de antenas transmissoras não causa malefícios à saúde humana.

5.2 – EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (RUV) DO SOL EM SERES HUMANOS

Você já tomou banho de sol, hoje?

Estudos sobre os efeitos biológicos da energia solar mostram os benefícios e os malefícios que a radiação ultravioleta pode causar no ser humano. Nesta cartilha você aprenderá a relação entre sol e vitamina D, além das doenças que a exposição ao sol pode causar na pele e nos olhos. Você descobrirá também o que é UVA, UVB e UVC e o que significa um protetor solar, fator 30, 50, etc. Embarque nesta aventura e descubra como as disciplinas escolares podem ajudá-lo a ter uma vida melhor, desfrutando das belezas do verão do nosso país.



Os efeitos biológicos da radiação ultravioleta em seres humanos ocorrem principalmente na pele e nos olhos, órgãos externos mais expostos a RUV.

5.2.1 - Efeitos biológicos do Ultravioleta na PELE

Os efeitos biológicos provenientes da RUV, na pele do homem, podem ser imediatos ou tardios. Os efeitos imediatos são: eritema ou queimadura da pele, bronzeamento, lesões das células langerhans e síntese de vitamina D. Esses efeitos ocorrem poucas horas ou poucos dias após a exposição. Já os efeitos tardios ocorrem anos depois, e são caracterizados por envelhecimento da pele (fotoenvelhecimento), e câncer de pele (fotocarcinogênese). A seguir apresentamos cada um desses casos.

EFEITOS IMEDIATOS

ERITEMA OU QUEIMADURA

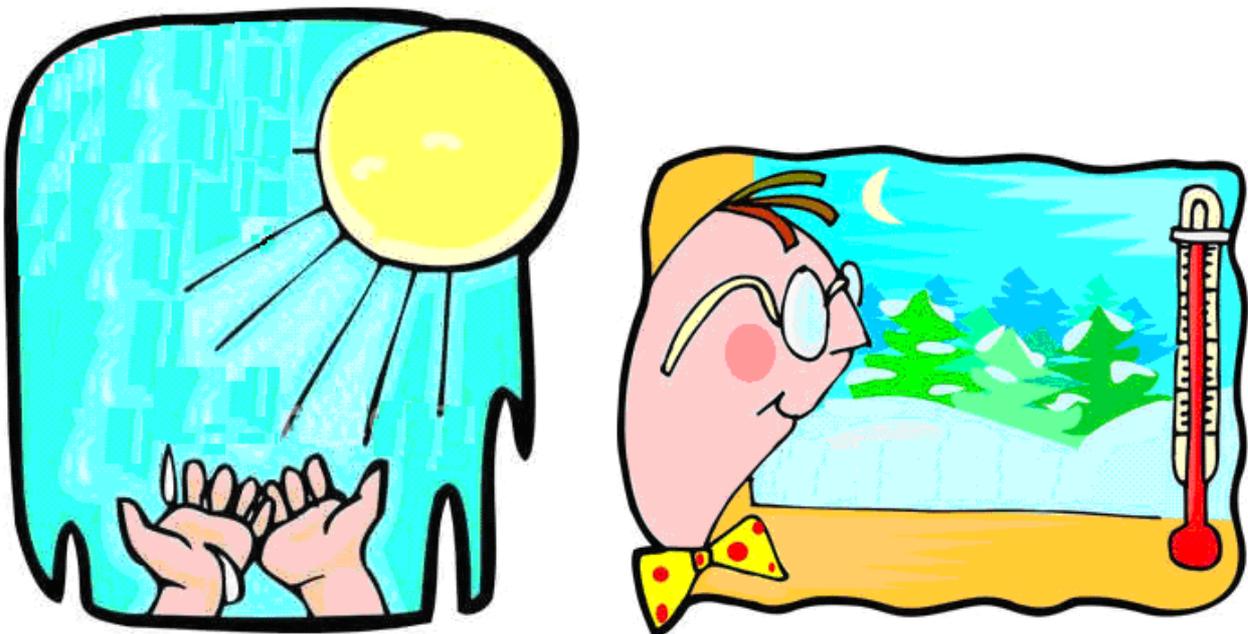
É provocado pelo sol ou substâncias fotossensibilizantes, como o piche, medicamentos e cosméticos. Ocorre freqüentemente em peles branca e moreno-clara, e é caracterizado pela cor avermelhada da pele e pelo aparecimento de bolhas. A duração da queimadura depende do tipo de radiação ultravioleta que atinge a pele. O eritema provocado pela UVA surge entre duas e vinte e quatro horas após a exposição ao sol, enquanto que o provocado pela UVB aparece cerca de quatro a oito horas após a exposição ao sol. O tratamento para as bolhas e vermelhidão da pele é feito com pomadas (tratamento local) ou com injeções e medicamentos orais (tratamento sistêmico).

A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética cuja freqüência varia entre 3×10^{14} Hz e $7,5 \times 10^{15}$ Hz, ou com comprimento de onda compreendido entre 100 nm e 400 nm, lembrando-se que $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m. As fontes desta onda eletromagnética são o Sol (fonte natural) e lâmpadas de aquário e bronzamento (fontes artificiais).

BRONZEAMENTO

O bronzamento ou melanogênese é o aumento de pigmentação da pele pela ação da RUV, conseqüente das alterações que ocorrem nos melanócitos. Segundo OKUNO (2005), neste processo os melanócitos se multiplicam, aumentam de tamanho e exibem maior concentração de melanina nos melanosomos (vesículas). Ainda de acordo com essa autora,

“O bronzamento pode ser imediato ou tardio. O bronzamento imediato surge minutos após a exposição ao Sol, em indivíduos morenos ou pardos e desaparece gradualmente nas horas subseqüentes e está relacionado ao RUVA e à luz visível até 450nm. O bronzamento tardio também ocorre em indivíduos morenos a partir do terceiro dia de exposição à radiação UVB, com pequena participação da RUVA, e é influenciado por fatores raciais e genéticos. É mais duradouro e persiste por semanas ou meses (OKUNO,2005, p.46)”.



Existem três tipos de radiação ultravioleta:

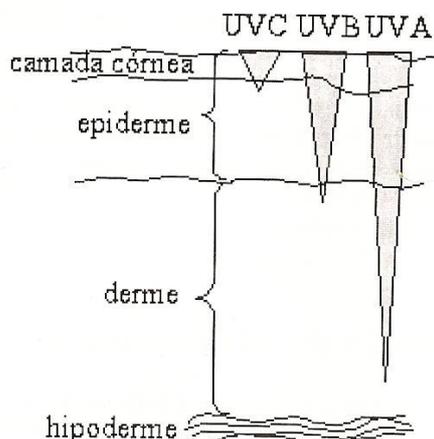
- UVA (λ variando entre 315 - 400 nm): Faixa caracterizada por possuir menor energia. Os raios UVA provenientes do Sol atingem a superfície da Terra em grandes quantidades. São produzidos artificialmente e muito utilizados em boates, conhecidos popularmente como luz negra.
- UVB (λ variando entre 280 - 315 nm): 90% dos raios UVB provenientes do Sol são absorvidos pela camada de ozônio, pelo vapor de água, oxigênio e dióxido de carbono presentes na atmosfera. É conhecido comumente como luz eritematogênica, pois provoca eritema (queimadura da pele).
- UVC (λ variando entre 100 - 280 nm): São os raios mais danosos aos tecidos biológicos, sendo que 99% são absorvidos pela atmosfera, e apenas 1% atinge a superfície da Terra. Os raios UVC também recebem o nome de radiação germicida.

A emissão da radiação ultravioleta pode ocorrer através de espectros contínuos ou discretos, dependendo da fonte. Um espectro é a representação da intensidade ou irradiância de uma onda eletromagnética em função de seu comprimento de onda ou frequência.

Os espectros contínuos são obtidos pela emissão de radiação por todos os objetos, pois eles estão sempre à temperatura maior que o zero absoluto, $T > 0$ K. Quanto maior a temperatura do corpo, mais radiação ultravioleta estará presente no espectro de emissão.

Os espectros discretos são caracterizados pela emissão de fótons por elétrons ao decair de um nível de maior energia para um de menor energia. Os fótons emitidos por meio da transição de elétrons de valência, de um nível a outro de energia, estão na faixa da radiação infravermelha, luz visível e ultravioleta. (OKUNO, 2005)

Os raios UVA, UVB e UVC (fonte artificial para o UVC), podem penetrar nas camadas da pele. O alcance da penetração dessas radiações vai depender da maneira como algumas substâncias existentes na pele absorvem a energia contida nos raios. A figura 3 mostra um esquema da penetração da RUV na pele.



De acordo com a figura 3, vemos que é um equívoco afirmar que quanto maior a energia da radiação maior é a sua profundidade de penetração no tecido epitelial. O raio UVC atinge apenas a camada superior da epiderme, o UVB chega até a camada superior da derme e o UVA, embora menos energético, alcança as camadas mais profundas da derme. O UVB e UVC apresentam profundidade menor, porque são absorvidos pelas proteínas existentes nas camadas superficiais da pele.

Figura 3: Penetração da RUV na pele.
Fonte: OKUNO (2005).

LESÕES DAS CÉLULAS DE LANGUERHANS

A radiação ultravioleta tem efeito acentuado sobre as células de Langerhans, que são potentes indutoras da replicação dos linfócitos T e da secreção de linfocinas (citocinas), que é

um grupo de moléculas envolvidas na emissão de sinais entre as células durante o desencadeamento das respostas imunes. As células langerhans possuem receptores de superfícies que capturam materiais antigênicos externos que entram em contato com a pele. O sol deixa a pele mais suscetível a infecções. O indivíduo sente cansaço e sonolência após a exposição à radiação solar.

SÍNTESE DE VITAMINA D

A Vitamina D, classifica-se como D2 e D3.

A vitamina D2 é produzida em plantas e leveduras por irradiação do ergosterol ($C_{28}H_{44}O$) com radiação ultravioleta.

A vitamina D3 é produzida fotoquimicamente pela ação da luz solar ou luz ultravioleta sob o 7-desidrocolesterol, presente na pele dos animais.

O ergosterol ou o 7- esidrocolesterol , quando exposto à radiação ultravioleta, é convertido em vitamina D, fator essencial para o depósito de cálcio nos ossos em crescimento. É importante salientar que dez minutos diários, é um tempo de exposição ao Sol suficiente para acontecer essa conversão. Isto ocorre também nos alimentos como peixes, manteiga, ovos. Portanto a vitamina D não é encontrada pronta nesses alimentos , é preciso um precursor (ergosterol ou 7-desidrocolesterol) para a formação de vitamina D, quando estes alimentos são exposto à radiação ultravioleta.

EFEITOS TARDIOS

FOTOENVELHECIMENTO:

É o envelhecimento da pele originado pela exposição à radiação ultravioleta. a pele fica enrugada, seca e amarelada, ocorrendo modificações das fibras elásticas e desordem das fibras colágenas.

FOTOCARCINOGENESE

Origina-se da lesão do DNA, provocando crescimento celular (câncer de pele), devido à exposição solar. O câncer de pele pode ser de três tipos: carcinoma de células basais (CCB), carcinoma de células escamosas (CCE) e melanoma (MEL). Os dois primeiros tipos de câncer são conhecidos como não-melanoma.

A figura 5 ilustra a lesão no DNA, ocorrida no início do câncer não-melanoma. As bases nitrogenadas guanina, citosina adenina e timina do DNA ligam-se entre si por meio de pontes de hidrogênio. Quando o DNA recebe a RUV, estabelece-se uma ligação covalente entre as bases citosina (dímero de pirimidina). Desta forma, o DNA se replica dando origem a quatro fitas, a primeira formada por duas bases guanina e duas citosinas e a segunda formada por duas bases adenina com o dímero CC. Em seguida, ocorre a mutação de CC pra TT, numa nova replicação do DNA. O tipo de mutação causada pela RUV é uma espécie de assinatura, já que ele não é produzido por nenhum outro agente cancerígeno. (OKUNO, 2005)

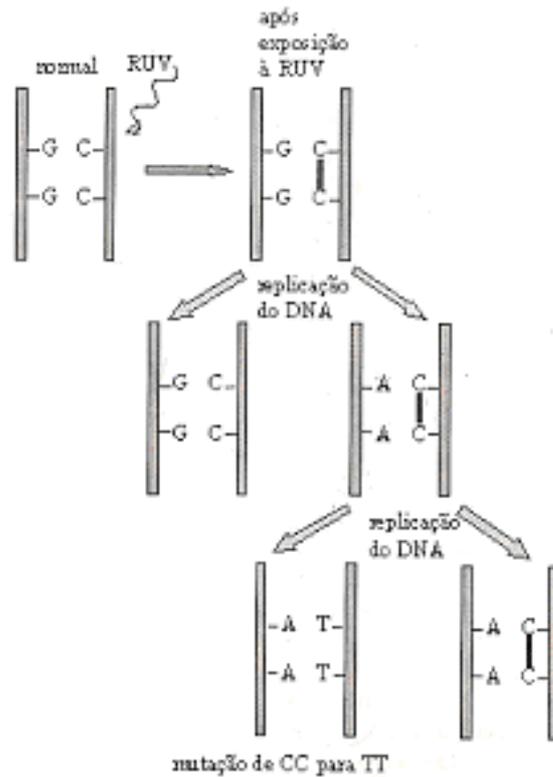


Figura 5: Mecanismo do dano ao DNA causado pela RUV.
 Fonte: OKUNO (2005).

CARCINOMA DE CÉLULAS BASAIS

O carcinoma de células basais forma-se nas camadas mais profundas da epiderme, possui uma ocorrência de 75% dos casos, e raramente origina metástase. A figura 6 mostra a aparência deste tipo de câncer na região da orelha.



Figura 6: Carcinoma de células basais
 Fonte: skincancer.org

CARCINOMA DE CÉLULAS ESCAMOSAS

O carcinoma de células escamosas forma-se nas camadas mais superficiais da pele. Apresenta poder invasivo local e pode gerar metástase. A figura 7 mostra o aspecto deste câncer na orelha.



Figura 7: Carcinoma de células escamosas.
Fonte: skincancer.org

MELANOMA

Pode-se estender às camadas mais profundas da pele. Apresenta grande incidência de metástase. A figura 8 ilustra o formato de um tumor cancerígeno abaixo do olho.



Figura 8: Melanoma.
Fonte: Skincancer.org

5.2.2 – Efeitos do ultravioleta nos OLHOS

A luz do sol prejudica o olho humano?

É relevante alertarmos sobre os efeitos biológicos causados pela radiação ultravioleta nos olhos, pois este órgão fica muito exposto a este tipo de radiação. O olho humano não enxerga a RUV, pois ela não atinge a retina, sendo, portanto, totalmente absorvida pelas outras partes constituintes do olho, como a córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo.

A tabela 3 ilustra a porcentagem de absorção da RUV, em função do comprimento de onda, por algumas partes do olho:

$\lambda(\text{nm})$	Raio	Córnea	Humor aquoso	Cristalino	Humor vítreo
$100 < \lambda < 280$	UVC	100%	-	-	-
300	UVB	92%	6%	2%	-
320	UVA	45%	16%	32%	1%
340	UVA	37%	14%	48%	1%
360	UVA	34%	12%	52%	2%

Tabela 3: Porcentagem de absorção da RUV de diferentes comprimentos de onda por partes do olho humano. Fonte: OKUNO (2005).

Observe que a porcentagem de absorção dos raios ultravioleta pela córnea, diminui com o aumento do comprimento de onda, variando de 100% para o UVC (100 – 280 nm) até 34% para o UVA de 360 nm.

Os raios UV aceleram a destruição das células que compõem a córnea, favorecendo o aparecimento de lesões microscópicas denominadas fotocreatite (SILVA, 1997). No entanto, essas células apresentam um alto poder regenerativo. A absorção de RUV, pelo humor aquoso, não obedece sempre a uma mesma regularidade. Ela aumenta quando o comprimento de onda sofre um acréscimo de 300 nm para 320 nm e diminui quando ele aumenta de 320 nm a 360 nm. Ao contrário do que acontece na córnea, a concentração de RUV no cristalino aumenta com o aumento do comprimento de onda. A absorção de radiação ultravioleta pelo humor vítreo permanece constante para o intervalo $320 \text{ nm} < \lambda < 340 \text{ nm}$ e aumenta de 1% para 2%, quando o comprimento de onda varia de 340 nm a 360 nm.

É importante salientar que os valores contidos nesta tabela são para indivíduos que não estão usando óculos escuros. A presença desses dispositivos de segurança pode atenuar a entrada de RUV nos olhos e diminuir a porcentagem de absorção de RUV por suas partes constituintes. Para um maior entendimento sobre a absorção dos raios ultravioleta pelos óculos escuros, você pode consultar (SOARES, 2007), disponível no endereço eletrônico: www.fisica.ucb.br/sites/000/74/00000047.pdf.

Os efeitos biológicos da RUV nos olhos classificam-se em imediatos, como o cerato-conjuntivite e tardios como, por exemplo, o pterígio, catarata.

EFEITOS IMEDIATOS

CERATO-CONJUNTIVITE

Produz inflamação na córnea e na conjuntiva. Os sintomas consistem em borramento da visão, sensação de areia nos olhos, blefaroespasma (piscar os olhos intensamente), lacrimejamento e fotofobia. A duração da cerato-conjuntivite é de um ou dois dias.

EFEITOS TARDIOS

PTERÍGIO

O pterígio é uma membrana vascularizada que cresce da conjuntiva em direção à córnea, distorcendo-a, e gerando o astigmatismo. O pterígio ocorre devido a exposição prolongada à radiação ultravioleta. Não se sabe ao certo como essa radiação propicia o aparecimento desta moléstia.

A figura 9 ilustra essa condição. O tratamento desta moléstia é feito por meio de cirurgia. A figura 10 mostra o aspecto do pterígio imediatamente depois (esquerda) da cirurgia, e uma semana (direita) após a cirurgia.

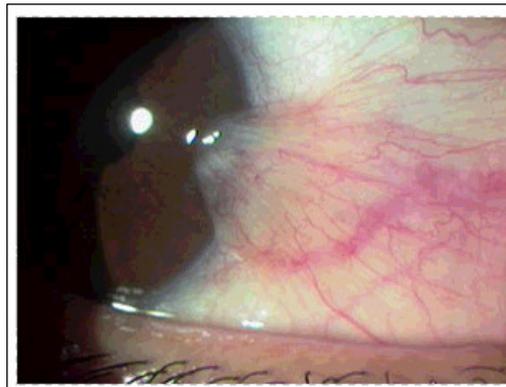


Figura 9: Pterígio, invadindo a córnea.
Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente

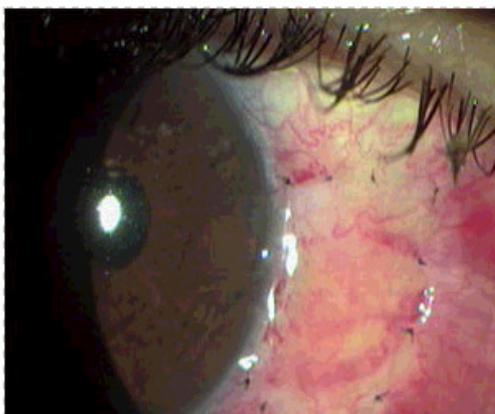


Figura 10: Pterígio: Um dia (esquerda) e uma semana (direita) após a cirurgia.
Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente.

CATARATA

Ocorre quando o cristalino perde a transparência. Essa condição é provocada por radiação com comprimentos de onda da ordem de 300 nm. Os raios luminosos ao entrarem no olho sofrem difusão em diversas direções, deformando e reduzindo a visão. A RUVB é responsável por 20% dos casos de catarata. Outros fatores como diabetes, fumo e álcool, também contribuem para a formação desta moléstia.

O processo de opacificação do cristalino é acelerado pela ação de radicais livres que alteram a estrutura protéica cristalina (SILVA, 1997). O cristalino apresenta um conjunto de redes de proteínas, solúveis em água e guarnecidas por um epitélio transparente na forma de uma cápsula. Estas proteínas não são substituídas ao longo da vida do indivíduo. A RUVB faz com que essas proteínas se tornem insolúveis, tornando o cristalino opaco, provocando a cegueira por formação de catarata. A figura 11 ilustra um caso de catarata crônica.



Figura 11: Catarata Crônica.
Fonte: Arquivo pessoal de Daniel Parente.

O que é IUV e FPS?

O índice ultravioleta (IUV) mede o nível de radiação solar na superfície da Terra. Quanto maior a altitude, maior o IUV, e maior o risco de danos à pele e de aparecimento de câncer. A figura 12 mostra a relação entre o IUV e os cuidados que devem ser tomados para se proteger da RUV proveniente do Sol. Como a maior parte dos raios ultravioletas que atingem a Terra é do tipo UVB, o índice UV poderia ser chamado, também, de índice de radiação UVB.

A absorção da radiação ultravioleta pelo tecido epitelial depende do tipo de pele da pessoa. De acordo com o INPE, existem quatro tipos de pele: BRANCA, MORENO-CLARA (M. CLARA), MORENO-ESCURA (M. ESCURA) E NEGRA.

O quadro mostrado na figura 13 e o gráfico mostrado na figura 14 relacionam o índice de radiação UVB com o tempo máximo de exposição que cada pessoa suporta antes da pele ficar vermelha, debaixo do sol do meio dia, sem o uso de protetor solar. Observe que este tempo depende do tipo de pele do indivíduo.

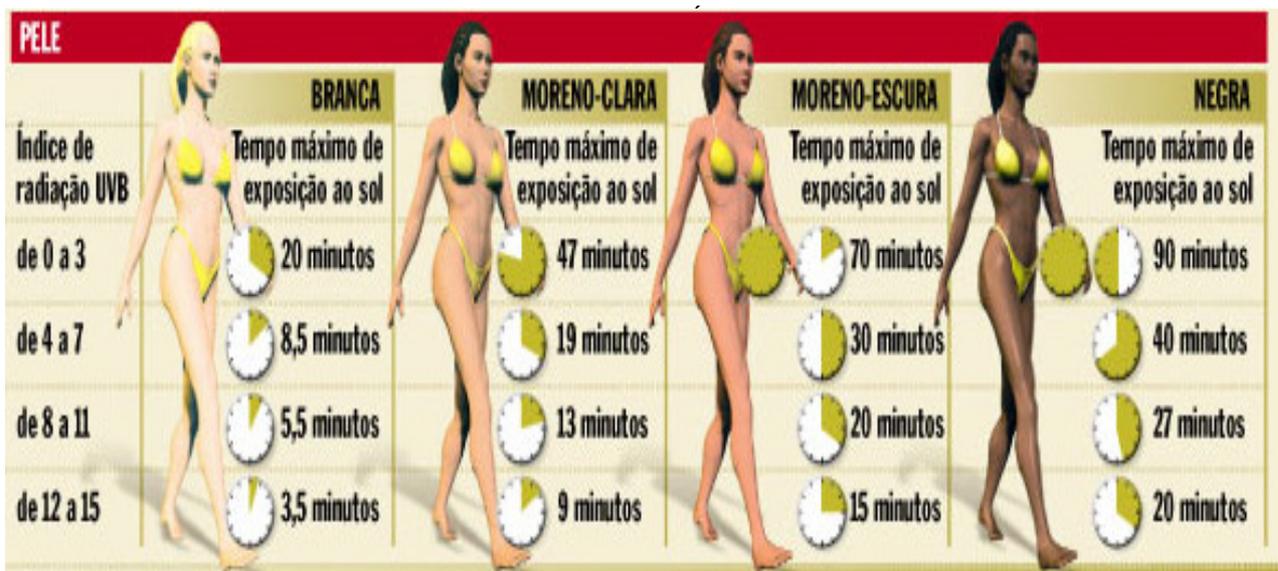
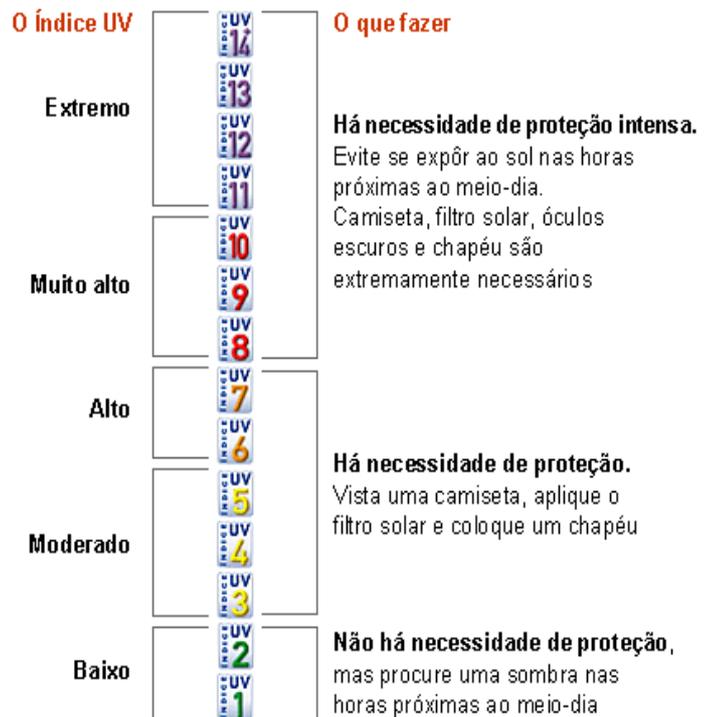


Figura 13: Quadro comparativo entre índice UV, tipos de pele e tempo de exposição.
Fonte: Veja. abril.uol.com.br.

Os cálculos do índice UV são feitos por meio de informações provenientes de satélites. Para saber qual o índice UV previsto para sua cidade, basta acessar a página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no endereço eletrônico www.cptec.inpe.br. É importante observar que esses cálculos são feitos para condições de céu limpo, pois a presença de nuvens pode diminuir os valores do índice UV.

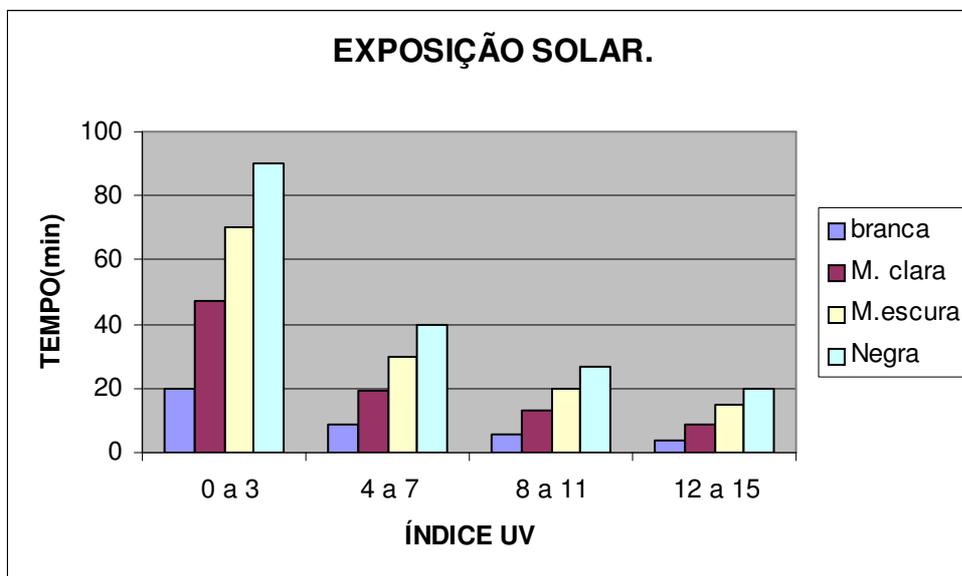


Figura 14: Relação entre índice UV, tempo máximo de permanência ao sol, sem protetor solar e tipo de pele.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Para estimar quanto tempo você pode se expor ao sol com proteção solar, basta multiplicar o tempo máximo que você suporta sem o uso do protetor solar, pelo fator de proteção solar (FPS), impresso no rótulo do recipiente.

Por exemplo, um indivíduo de pele moreno-clara (veja figura 14), suporta 19 minutos ao sol quando o índice UVB possui um valor entre 4 a 7. Neste caso, se ele usar um protetor solar com FPS igual a 15 ele poderá ficar ao sol, sem se queimar ou a pele ficar vermelha por 285 min. (19 x 15), ou seja, quase cinco horas de banho de sol.

Ao comprar um protetor solar devemos procurar produtos que ofereçam proteção tanto contra os raios UVB como contra os raios UVA, além de escolher um FPS adequado ao nosso tipo de pele.

Como se proteger dos RUV?

Como se percebe, a radiação ultravioleta proporciona conseqüências danosas à pele e aos olhos. Desta forma é preciso estabelecer meios de proteção para evitar os efeitos biológicos imediatos e tardios desta radiação, conseqüências da exposição do indivíduo aos raios solares. Relacionamos abaixo as maneiras de se proteger a pele e os olhos contra a radiação ultravioleta solar.

PROTEÇÃO CONTRA A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR

- Evitar o sol entre 10 e 16 horas.
- Utilizar bloqueadores solares que protejam contra UVA e UVB.
- Observar o índice UV previsto para a sua cidade.
- Observar o tempo máximo de exposição ao sol com ou sem protetor, de acordo com seu tipo de pele. Usar bloqueadores solares na pele ou óculos escuros, mesmo quando se encontra à sombra. Os RUV refletidos pela areia ou água podem atingir estes tecidos.
- Usar chapéus ou bonés e camisetas.

Olá colega,

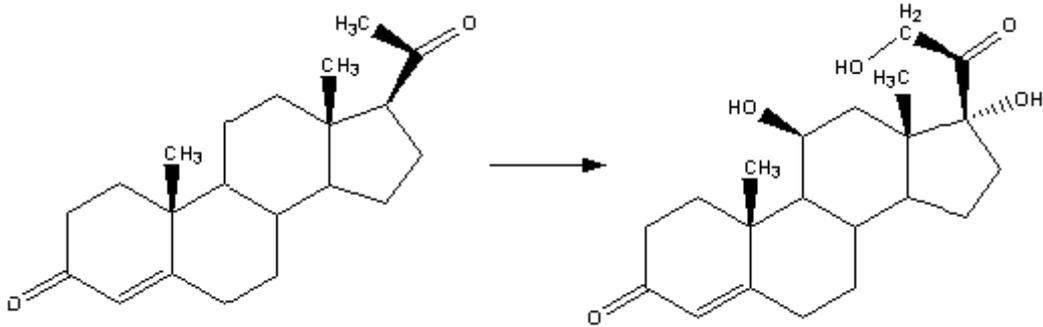
As questões seguintes foram elaboradas com a intenção de promover uma abordagem integrada das disciplinas da área de Ciências e Matemática. A maioria delas é classificada como questões de fixação, de fácil resolução. Consulte o texto e o glossário da cartilha, sempre que julgar conveniente. Essas questões devem ser distribuídas aos alunos após uma discussão sobre os efeitos biológicos produzidos pelo celular e pela luz do sol. Os comandos, palavras que indicam o que fazer em cada questão, estão em caixa alta. Você mesmo pode inventar questões multidisciplinares e discuti-las com seus alunos.

Bom, trabalho

Edmundo.

QUESTÃO (1)

A hidrocortisona é uma forma sintética do cortisol, hormônio envolvido na resposta ao estresse. Sua estrutura é formada por átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio, como mostrado na figura abaixo.



Hidrocortisona - forma sintética do cortisol.

Fonte: Wikipédia.

Alteração no nível deste hormônio pode provocar aumento da pressão arterial e do açúcar no sangue. Experimentos estão sendo realizados para verificar se a radiação emitida pelo celular pode ser responsável por essas alterações. Responda as questões abaixo de acordo com os textos e o glossário disponibilizados na cartilha.

- IDENTIFIQUE na fórmula estrutural da hidrocortisona o grupo funcional cetona.
- QUAL órgão do corpo humano é responsável pela produção do cortisol. QUAL a função desse órgão no organismo?
- De acordo com pesquisas em voluntários saudáveis, a radiação emitida pelo celular GSM altera os níveis de cortisol no sangue? Se a resposta for afirmativa, QUAIS são os efeitos biológicos provocados por essa alteração?
- PESQUISE junto a um médico, farmacêutico ou outro profissional da saúde se existe algum remédio que tenha a hidrocortisona como princípio ativo contra doenças. Se a resposta for afirmativa, ESCREVA o nome de, pelos menos, um remédio, assim como a enfermidade que ele combate.
- QUAIS são os sintomas da doença de Addison e a síndrome de Cushing? QUAL das duas é caracterizada pelo excesso de cortisol? QUAL delas é caracterizada pela falta deste hormônio?

QUESTÃO (2)

O carbono é utilizado para a datação de fósseis. Quando um organismo morre, ele pára de ingerir novos carbonos. A relação entre carbono 12 (massa atômica 12) e carbono 14 (massa atômica 14) no momento da morte é a mesma que nos outros organismos vivos. Porém, o carbono 14 continua a decair e não é mais repostado. A quantidade de carbono 12, por outro lado, permanece constante. A meia-vida do carbono 14 é 5.700 anos (tempo necessário para

desintegrar metade de sua massa). Verificando a razão entre carbono 12 e carbono 14 na amostra, e comparando-a com a relação em um ser vivo, é possível determinar a idade de um fóssil. Uma fórmula usada para calcular a idade de uma amostra (t) usando a datação por carbono 14 é dada por:

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{n_f}{n_0}\right)}{\ln 2} \cdot t_{1/2}$$

em que \ln é o logaritmo neperiano, $\frac{n_f}{n_0}$ é a porcentagem de carbono 14 na amostra comparada com a quantidade em tecidos vivos e $t_{1/2}$ é a meia-vida do carbono 14.

Suponha que exista um fóssil com 5% de carbono 14 em comparação com uma amostra viva ($n_f/n_0 = 0,05$). DETERMINE a idade desse fóssil.

QUESTÃO (3)

Um estudo realizado na Dinamarca relacionou o número de assinantes de celulares com os casos ocorridos de câncer no olho (melanoma ocular), ao longo do período compreendido entre 1943 e 1996. RESPONDA as questões propostas de acordo com o gráfico mostrado na figura 2(p.12).

- O número de casos de câncer no olho, aumentou, diminuiu ou permaneceu constante, no período entre 1943 e 1996? E o número de assinantes de celulares? EXPLIQUE.
- QUAL o tipo de função matemática que representa a linha azul? EXPLIQUE.
- QUAL o tipo de função matemática que poderia representar a linha vermelha? EXPLIQUE.
- Em que período de tempo (em anos) o número de casos de câncer no olho foi igual ao número de assinantes de celulares?
- De acordo com esta pesquisa, a radiação emitida pelo celular causa câncer no olho? Justifique.

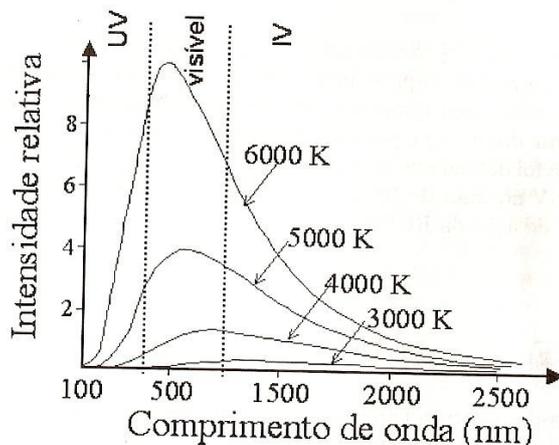
QUESTÃO (4)

Procure em um manual de instruções de um aparelho de celular, informações sobre a saúde e segurança do usuário em relação à exposição da radiação microonda do celular. Responda as seguintes questões:

- Qual o valor do SAR, do aparelho celular, referente a esse manual? Esse valor está de acordo com as normas regulamentadas pela ANATEL? (veja tabela1).
- Ainda de acordo com esse manual, verifique se a radiação emitida pelo celular pode interferir no funcionamento dos marcapassos, aparelhos de surdez ou outros dispositivos. Descubra também, se essa radiação pode provocar incêndio em áreas explosivas, como postos de gasolina.
- Apresente o resultado de sua pesquisa para a turma apontando soluções para resolver ou minimizar os riscos de problema (caso existam).

QUESTÃO (5)

O gráfico abaixo mostra o espectro contínuo de emissão de um corpo aquecido. Nele verifica-se, por exemplo, a intensidade relativa das faixas de radiações emitidas pelo Sol, a uma temperatura média de 6000 K, e por uma lâmpada incandescente (100 W) a uma temperatura de 3000 K.



Espectro contínuo de emissão de um corpo aquecido. Fonte: Okuno, 2005.

ANALISE as proposições seguintes e ASSINALE (V), para as alternativas verdadeiras e (F), para as falsas, justificando a sua resposta.

- () Quanto maior a temperatura do corpo, mais radiação UV é emitida.
- () A intensidade relativa da radiação emitida pela lâmpada de 100 W é maior do que a intensidade relativa da radiação emitida pelo Sol.
- () A radiação UV possui o maior comprimento de onda.

QUESTÃO (6)

O gráfico da figura abaixo relaciona a temperatura em Kelvin (T_K), eixo das ordenadas, com a temperatura em Celsius (T_C), eixo das abscissas.

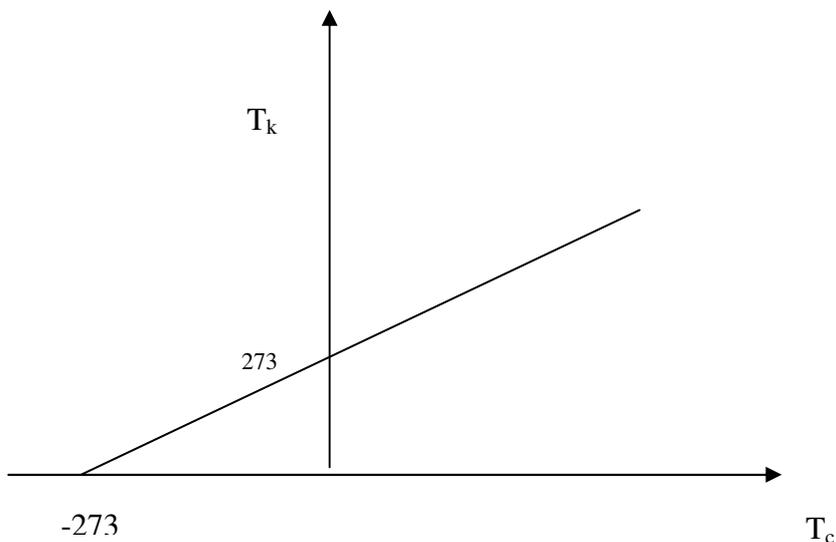


Figura: Temperatura em Kelvin em função da temperatura em Celsius. Fonte: Arquivo pessoal

ANALISE as proposições seguintes e ASSINALE (V), para as alternativas verdadeiras e (F), para as falsas, justificando a sua resposta.

- () O gráfico representa uma função do 1º grau.
- () O coeficiente angular da reta do gráfico vale 273 e coeficiente linear é um.
- () A relação entre T_k e T_c é dada por: $T_k = T_c - 273$.
- () A temperatura média do sol em graus Celsius é 5727°C .

QUESTÃO (7)

Um número decomposto em seus fatores primos pode ser escrito na forma de potência de 10. Assim o número 60 pode ser representado por $10^{1,778}$ (veja glossário). Sabe-se que o tempo máximo de exposição solar, para que não ocorra queimadura na pele, depende do tipo de pele de cada pessoa (figura 13). O quadro a seguir reúne esses tempos, já transformados em segundos, para a pele negra. COMPLETE os espaços vazios deste quadro com as potências de 10 correspondentes.

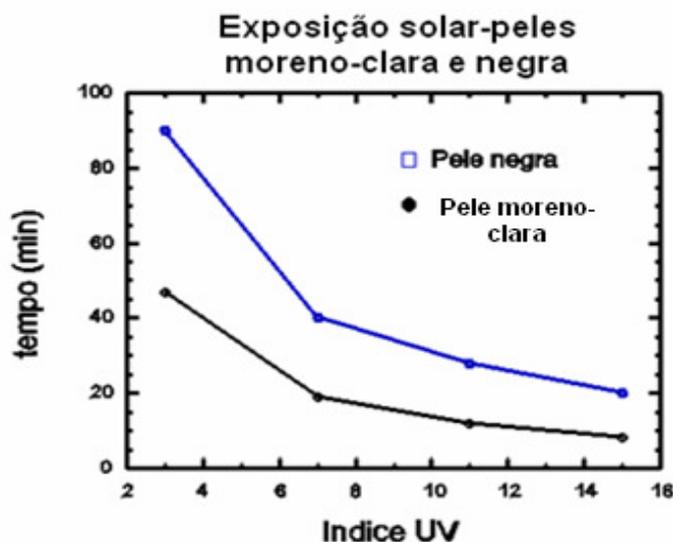
Índice (UVB)	Negra	Potência de 10
0 a 3	5400s	
4 a 7	2400s	
8 a 11	1620s	
12 a 15	1200s	

QUESTÃO (8)

De acordo com os conceitos matemáticos sobre proporção, desenvolvidos no glossário desta cartilha, VERIFIQUE se os índices de radiação UVB 3; 7 e 11 são aproximadamente inversamente proporcionais aos seus respectivos tempos de exposição 20; 8,5 e 5,5 minutos, em função da cor da pele.

QUESTÃO (9)

O gráfico abaixo representa a relação entre o índice UV de radiação ultravioleta e o tempo de exposição ao sol, sem se queimar, para indivíduos com a pele branca e negra, sem o uso de protetor. De acordo com esse gráfico e os conceitos de Matemática e Biologia contidos no glossário desta cartilha, RESPONDA as seguintes questões:



- À medida que o índice UV cresce, o tempo que a pessoa moreno-clara ou negra pode ficar ao sol sem se queimar, aumenta ou diminui? EXPLIQUE
- Esta função pode ser descrita por uma função exponencial crescente ou decrescente? EXPLIQUE.
- QUAL desses dois tipos de pele pode ficar mais tempo ao sol sem se queimar? EXPLIQUE de acordo com o gráfico e relacione sua resposta com conceitos de Biologia.
- FAÇA um mural estabelecendo os vários tipos de proteção contra as radiações UVB.

QUESTÃO (10)

Os queratinócitos são células do tecido epitelial responsáveis pela formação da queratina (proteína da pele e unhas). O quadro abaixo mostra alguns produtos, usados como tratamento de cabelo, e que contêm queratina e outras substâncias. A queratina desses produtos não é incorporada ao cabelo. Para formar sua queratina, é melhor fazer uma dieta rica em proteínas!

Quadro: Composição química de alguns produtos farmacêuticos.

Nome	Marca	Composição
Creme para cabelos "Esthetic e hair". Restaura e define os cabelos	X	- Queratina - Cloreto de cetil-trimetil amônio - Metiparabeno. - outros
Recarga de queratina Vitamina A	Y	- Queratina - Ácido cítrico - Aminoácidos - outros
Queratina líquida, loção spray para cabelos.	Z	- Queratina - Dimeticose - Propilenoglicol - outros

Fonte: Arquivo pessoal.

Responda as questões seguintes:

Na marca Y encontramos o ácido cítrico, cuja fórmula estrutural é:

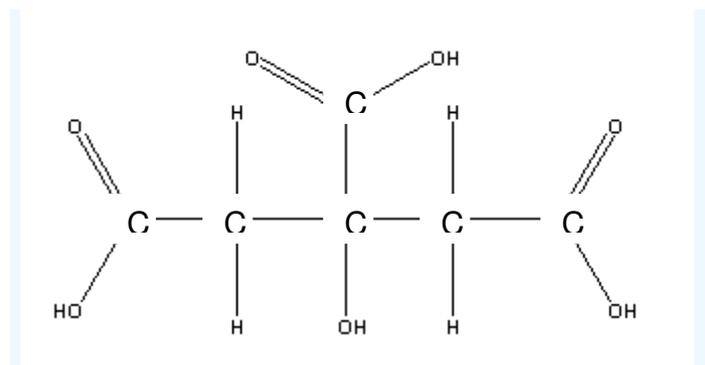


Figura: Fórmula estrutural do ácido cítrico.

Fonte: Wikipédia

- De acordo com a fórmula estrutural do ácido cítrico, e os conceitos básicos de Química, IDENTIFIQUE os grupos funcionais deste composto orgânico.
- A cisteína é um dos aminoácidos que formam a queratina, sua fórmula estrutural pode ser vista a seguir:

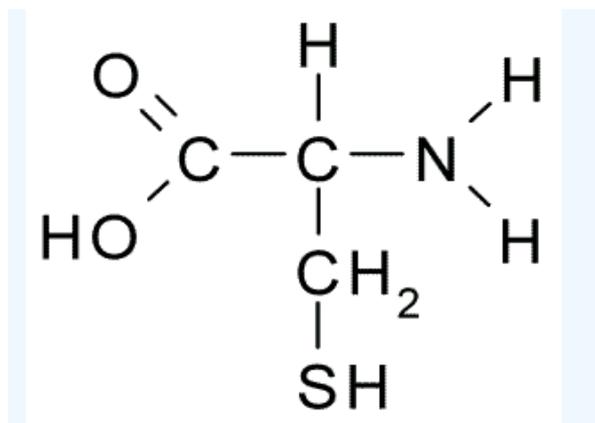


Figura: Fórmula estrutural da cisteína.

Fonte: Wikipédia

IDENTIFIQUE os grupos funcionais da cisteína na fórmula estrutural do ácido cítrico.

- QUAL a importância da queratina para o ser humano?

QUESTÃO (11)

O índice de refração (n) de um determinado meio é definido como sendo a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v), ou seja, $n = \frac{c}{v}$. A Lei de

Snell relaciona índices de refração de dois meios diferentes (n_1 e n_2) com ângulos de incidência e refração (θ_1 e θ_2), medidos em relação à normal à superfície de separação destes dois meios. A fórmula para esta lei é dada por: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

Cerca de 30% da radiação ultravioleta B são absorvidos pelos queratinócitos e melanócitos. Suponha que a radiação ultravioleta UVB, incida num melanócito com um ângulo de incidência de 60° . Considerando o ângulo de refração no melanócito de 30° , e que a luz incida diretamente do ar para o melanócito, determine:

- O índice de refração desta célula. Considere $n_{\text{ar}}=1$.
- A velocidade em m/s de propagação do UVB, no melanócito, sabendo-se que a velocidade da luz no ar é 3×10^8 m/s.

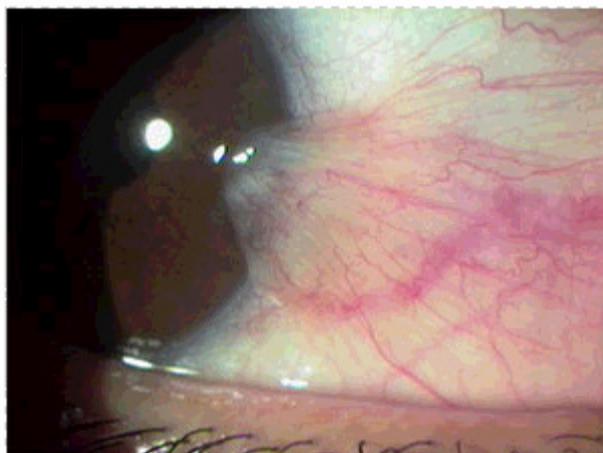
QUESTÃO (12)

O surgimento de novas modas e tendências pode ter efeitos muitas vezes imprevisíveis. No início do século XX, as mulheres primavam pela brancura da pele e tomavam banhos de mar praticamente vestidas. Com o passar do tempo os trajes passaram a cobrir cada vez menos o corpo e atualmente, há pessoas que pensam que um corpo bem bronzeado é sinal de saúde. FORME um grupo com seus colegas e INVESTIGUEM a opinião de médicos dermatologistas sobre o bronzeamento e sua relação com o aumento da incidência de câncer de pele no decorrer do século XX. PESQUISEM como essa doença se relaciona com profissões, como a de agricultores e pescadores, pessoas que ficam mais expostas ao sol (PENTEADO E TORRES, p.132).

QUESTÃO (13)

O pterígio é uma membrana vascularizada que cresce na conjuntiva em direção à córnea. O crescimento desta membrana pode ocorrer devido à exposição excessiva da radiação ultravioleta no olho, provocando astigmatismo.

- Assinale na figura a membrana que representa o pterígio.



- QUAL a parte do olho humano afetado pela radiação ultravioleta e que gera o astigmatismo?
- PERGUNTE a um oftalmologista ou pesquise na internet ou em livros, sobre o tipo de lente usado para corrigir o astigmatismo. QUAIS são as características da imagem formada por essa lente?

7 – Glossário por disciplina envolvida no tema.

7.1 – Física

CALOR

É a energia térmica em trânsito, entre dois ou mais corpos, devido à diferença de temperatura entre eles.

DENSIDADE DE POTÊNCIA (S)

Densidade de potência (ou intensidade) é definida como a quantidade de energia por segundo que atravessa uma unidade de área. É medida em W/m^2 .

DUALIDADE ONDA- PARTÍCULA

Dependendo do fenômeno observado, a luz se comporta ora como onda, ora como partícula. A interferência e a difração da luz só podem ser explicadas por meio do modelo ondulatório, enquanto o efeito fotoelétrico só pode ser explicado considerando o caráter corpuscular da luz. É necessário salientar que a luz, bem como as outras radiações eletromagnéticas não apresentam os dois comportamentos ao mesmo tempo. Este fato é conhecido como o princípio da complementaridade.

ENERGIA

Energia é um conceito abstrato, impossível de ser definido em termos concretos de tamanho, formato ou massa. É algo que descreve o estado dinâmico de um sistema e é conhecida em suas várias formas: energia gravitacional, energia cinética, energia térmica, energia elástica, energia elétrica, energia química e energia nuclear. A cada tipo de energia está associada uma expressão matemática para avaliá-la. A unidade de energia é o joule (J). (FEYNMAN, 1975)

FLUXO RADIANTE (Φ)

Fluxo radiante é a potência emitida, transferida ou recebida sob forma de radiação. Sua unidade é o watt (W). (OKUNO, 2005)

ONDAS

É uma perturbação que se propaga pelo espaço ou por um meio material, como uma corda, um líquido, etc, ocorrendo apenas transporte de energia, sem transferência de matéria. O gráfico de uma função seno é uma representação de uma onda, como mostrado na figura G1. Os pontos mais altos de uma onda senoidal são chamados de cristas e os mais baixos de vales (Figura G1-b). Uma onda é caracterizada por grandezas como período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ), amplitude (A) e velocidade (v), como mostrado na figura G1-a e G1-b.

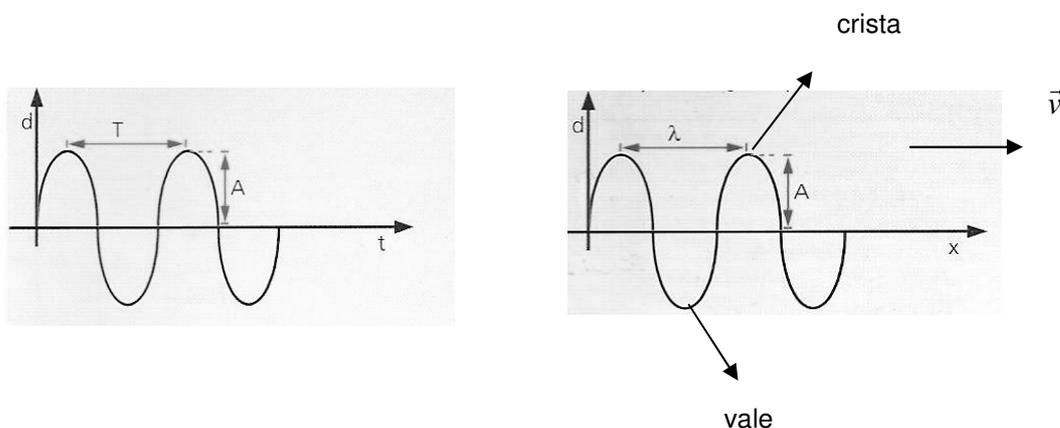


Figura G1-a e G1-b: Fonte Pueri Domus

Amplitude: É a altura de uma crista (ou vale) em relação ao eixo horizontal. Pode ser medida em centímetros ou metros.

Frequência: É o número de oscilações que ocorrem dentro de um intervalo de tempo. Se o intervalo de tempo é um segundo, a unidade é o hertz (Hz).

Período: É o tempo necessário para completar uma oscilação. É o inverso da frequência. No sistema internacional é medido em segundos.

Comprimento de onda: É a distância entre duas cristas ou dois vales. Pode ser medido em centímetros ou metros.

Velocidade: É a velocidade de propagação de uma onda, depende das propriedades do meio. No sistema internacional é medida em metros por segundo (m/s).

Em geral, a velocidade de uma onda está relacionada com o comprimento de onda e frequência pela relação $v = \lambda f$. De acordo com suas características físicas, as ondas podem ser classificadas em ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

ONDAS MECÂNICAS

São ondas que necessitam de um meio material para se propagar. São exemplos de ondas mecânicas: Ondas na superfície de um líquido, onda em uma corda, ondas sonoras.

ONDA ELETROMAGNÉTICA

É formada por um conjunto de dois campos oscilantes, um elétrico (E_0) e outro magnético (B_0) que se propagam no espaço. A velocidade de uma onda eletromagnética depende do meio em que a onda se propaga. No vácuo a sua velocidade é de 300.000 km/s, enquanto que em meios materiais, ela é menor que esse valor. São exemplos de ondas eletromagnéticas: raios X, raios γ , luz visível, microondas (radiação emitida pelo celular), ultravioleta, ondas de rádio etc. Estas radiações ou ondas eletromagnéticas podem ser classificadas de acordo com sua frequência ou comprimento de onda, em um diagrama denominado espectro eletromagnético (Figura G2).

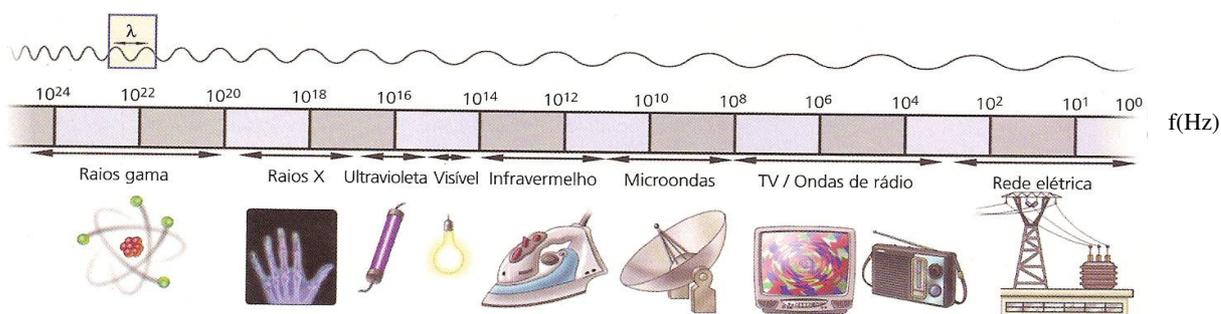


Figura G2- Espectro Eletromagnético (Fonte: Escolas associadas: Pueri-Domus).

ÓPTICA GEOMÉTRICA

É a parte da Física na qual estudamos o comportamento da luz, considerando-a um feixe de partículas que se propaga no espaço. Assim, são discutidas as propriedades desse feixe, observando-se sua propagação retilínea e a sua independência ao cruzar outros feixes de luz. Estudam-se também suas características ao interagir com superfícies ou obstáculos colocados em seu caminho, representadas pelas leis da reflexão, a lei de Snell da refração e o fenômeno de reflexão interna total. Essas propriedades básicas caracterizam o comportamento da luz dentro da aproximação da óptica geométrica e são utilizadas para compreender a formação de imagens em espelhos planos, esféricos (côncavos e convexos), além do estudo de lentes.

ÓPTICA FÍSICA

É a parte da Física na qual estudamos o comportamento da luz, considerando-a como uma onda que se propaga no espaço. Assim, fenômenos como interferência e difração da luz são explicados considerando-se suas propriedades ondulatórias.

POTÊNCIA MÉDIA (P)

É a razão entre o trabalho realizado e o intervalo de tempo gasto na realização desse trabalho.

Matematicamente é definida como, $P = \frac{\tau}{\Delta t}$. A unidade no sistema internacional é o watt (w).

RADIAÇÃO

Caracteriza-se pela propagação de energia por meio de emissão de partículas, radiação corpuscular, ou por meio de ondas eletromagnéticas, radiação eletromagnética. A radiação pode ser ionizante ou não ionizante. Essa classificação depende das características de um dado meio. Nesse trabalho usaremos como referência o tecido biológico. (SILVA, 1997)

RADIAÇÃO IONIZANTE

É aquela capaz de ionizar⁹ o meio em que se encontra. Pode ser constituída por partículas carregadas, neutras ou fótons. As fontes de radiação ionizante podem ser naturais (radiação terrestre e cósmica) ou artificiais (usinas nucleares, aparelhos de raios X, etc).

RADIAÇÃO NÃO-IONIZANTE

É a radiação que não possui energia suficiente para provocar a ionização do meio. Uma radiação não ionizante pode quebrar ligações moleculares produzindo radicais livres. São exemplos desses tipos de radiação as ondas eletromagnéticas: ultravioleta (em relação ao tecido), visível, infravermelho, ondas de rádio, rede elétrica, microondas e ultra-som. As fontes dessa radiação podem ser natural (sol) e artificial (aparelhos que emitem ultra-som, Laser, Lâmpadas, etc). (SILVA, 1997)

TAXA DE ABSORÇÃO ESPECÍFICA (SAR)

É definida como a quantidade de energia por segundo absorvida por massa de tecido do corpo. Sua unidade é W/kg, ou seja, watt por quilograma. Lembrando que $1W = 1J/s$.

TEMPERATURA

É uma grandeza física relacionada com o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando seu estado térmico, quente ou frio, por exemplo. A temperatura é proporcional a energia cinética média do movimento de translação das moléculas de um corpo.

TRABALHO

É uma forma de transferir energia para um sistema por meio da aplicação de uma força. Uma força é capaz de realizar trabalho sobre um corpo se esta atuar na direção de movimento deste. A unidade de trabalho, no sistema internacional é o joule, cujo símbolo representa-se por J.

7.2 – Matemática

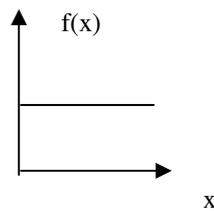
FUNÇÃO

É uma relação entre dois conjuntos, na qual cada elemento de um conjunto de partida associa-se a uma única imagem do segundo conjunto.

⁹ Perder ou ganhar elétrons formando íons.

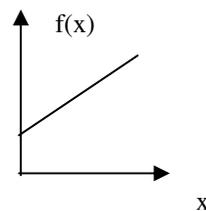
FUNÇÃO CONSTANTE

É uma função $f : R \rightarrow R$ do 1º grau do tipo $f(x) = b$, possuindo, portanto, apenas coeficiente linear. O gráfico é uma reta paralela ao eixo x .



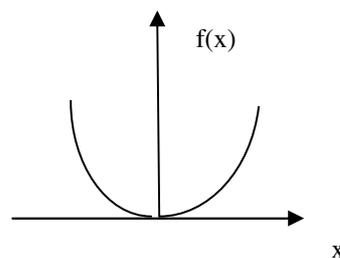
FUNÇÃO DO 1º GRAU

É uma função $f : R \rightarrow R$ do tipo $f(x) = ax + b$, onde a é o coeficiente angular e b o coeficiente linear. O gráfico é uma linha reta com inclinação não-nula.



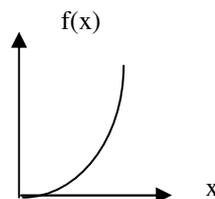
FUNÇÃO DO 2º GRAU

É uma função $f : R \rightarrow R_+^*$ do tipo $f(x) = ax^2 + bx + c$ com a diferente de zero ($a \neq 0$) para todo $x \in R$. O gráfico é uma parábola.



FUNÇÃO EXPONENCIAL

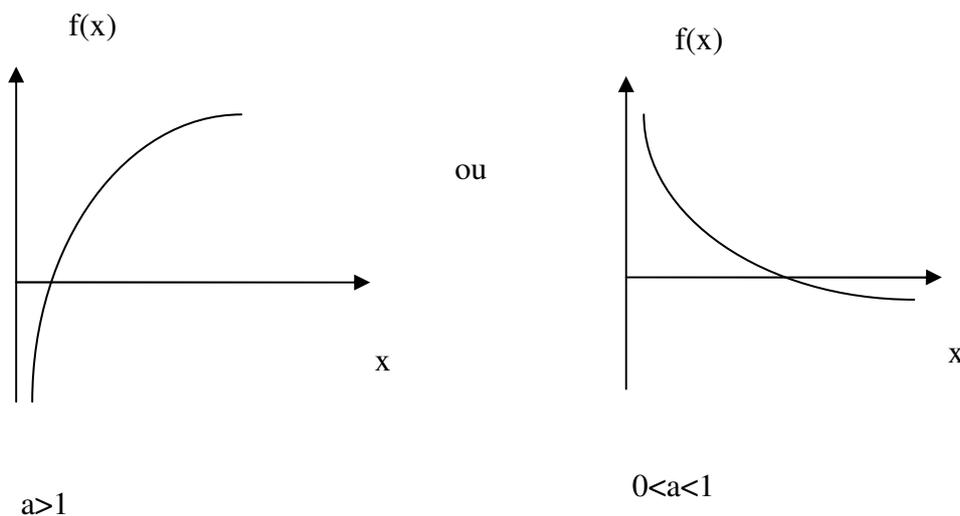
É uma função $f : R \rightarrow R_+^*$ do tipo $f(x) = a^x$, com $a > 0$ e $a \neq 1$, para todo $x \in R$. O gráfico de uma função exponencial crescente é uma curva, como mostrado abaixo.



FUNÇÃO LOGARÍTMICA

É uma função $f : R_+^* \rightarrow R$ do tipo $f(x) = \log_a x$ tal que $a > 0$ e $a \neq 1$, e $x \in R_+^*$.

O gráfico possui este formato:



LOGARITMO NEPERIANO OU NATURAL

É o logaritmo de base e , onde e é um número irracional aproximadamente igual a 2,71828... (chamado Número de Euler). É, portanto, a função inversa da função exponencial.

NÚMEROS DIRETAMENTE PROPORCIONAIS

Os números reais não nulos a, b, c, \dots são diretamente proporcionais aos números reais não nulos (A, B, C, \dots) nessa ordem, quando:

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B} = \frac{c}{C} = \dots = K$$

onde K é uma constante.

NÚMEROS INVERSAMENTE PROPORCIONAIS

Os números reais não nulos a, b, c, \dots são inversamente proporcionais aos números reais não nulos (A, B, C, \dots) nessa ordem, quando:

$$\frac{a}{1} = \frac{b}{1} = \frac{c}{1} = \dots = K$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{B} = \frac{1}{C}$$

onde K é uma constante.

POTÊNCIA DE 10

É qualquer número real que possui o número 10 como base. Ex: 10^x com $x \in R$. Os números primos também podem ser escritos na forma desta potência. Exemplos:

$$1=10^0; 10=10^1; 100=10^2 \dots 10000=10^4;$$

$$0,1=10^{-1}; 0,01=10^{-2}; 0,001=10^{-3};$$

$$2=10^{0,301};$$

$$3=10^{0,477};$$

$$5=10^{0,699};$$

$$7=10^{0,845}.$$

Para escrever um número positivo qualquer, em potência de 10, precisa-se inicialmente fatorá-lo e em seguida, aplicar as propriedades da potência.

$$60 = 2^2 \cdot 3 \cdot 5;$$

$$60 = (10^{0,301})^2 \cdot 10^{0,477} \cdot 10^{0,699};$$

$$60 = 10^{0,602+0,477+0,699};$$

$$60 = 10^{1,778}$$

7.3 – Biologia

CÂNCER

Doença causada pela divisão celular anormal ou descontrolada, que pode invadir e destruir tecidos, espalhando-se pelo corpo.

CÉLULA

Unidade básica da qual todos os organismos vivos são constituídos. Consiste em uma solução aquosa de moléculas orgânicas envolvidas por uma membrana. Todas as células originam-se de células preexistentes, geralmente por um processo de divisão.

CÉLULAS DE LANGERHANS

São células que possuem prolongamentos que penetram entre as células epidérmicas; sua função é reconhecer agentes estranhos que entrem na pele, além de alertar o sistema imunológico para agir contra os invasores.

CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA OU SISTÊMICA

Trajetória que o sangue faz do coração para os tecidos corporais e destes para o coração.

CROMOSSOMOS

Estrutura longa, como filamentos, composta de DNA e proteínas associadas que carregam parte ou toda informação genética de um organismo.

DNA

Polinucleotídeo de dupla-fita, formado por duas cadeias separadas de unidades de desoxirribonucleotídeo ligados covalentemente; servem como carreadores da informação genética e tem a capacidade de auto-replicação. (Figuras G3 e G4)

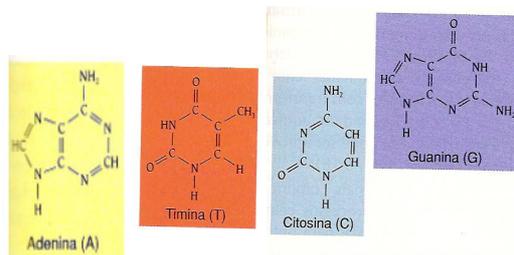


Figura G3: bases nitrogenadas
Fonte: AMABIS

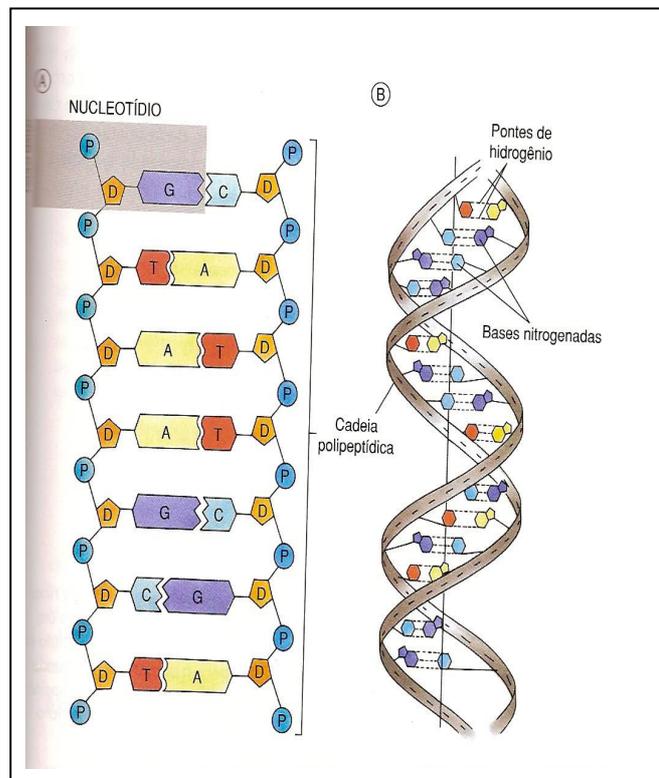


Figura G4: Representação de uma molécula de DNA e suas bases nitrogenadas. A: plana e B: dupla-hélice.

ESTRESSE

Conjunto de reações do organismo a agressões de origem diversas, capazes de perturbar-lhe o equilíbrio interno. (AURÉLIO, 1993, p.233)

FIBRAS

São filamentos formados de proteínas. As fibras colágenas são mais espessas e resistentes e as fibras elásticas são mais finas e resistentes.

GLÂNDULA PINEAL

A glândula pineal é uma estrutura pequena e situada dorsalmente à região caudal do diencefalo (Figura G5). Secreta a melatonina.

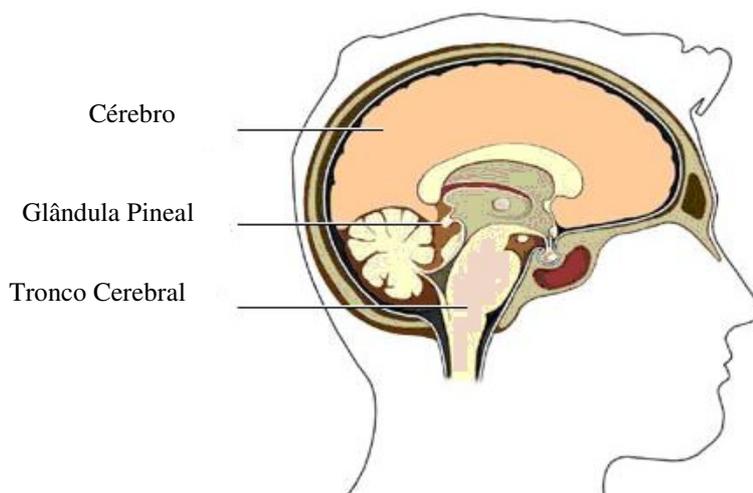


Figura G5: Representação da glândula pineal.
Fonte: bp3. blogger.com.

GLÂNDULA SUPRA-RENAL

Glândula endócrina, localizada acima do rim, cuja função principal é estimular a conversão de proteínas e gorduras em glicose. Elas também diminuem a captação de glicose pelas células, aumentando, assim, a utilização de gorduras. O córtex supra-renal, camada mais externa da glândula, é uma das principais fontes responsáveis pela síntese e liberação de hormônios corticosteróide e de catecolaminas, como o cortisol e a adrenalina. (Figura G6)

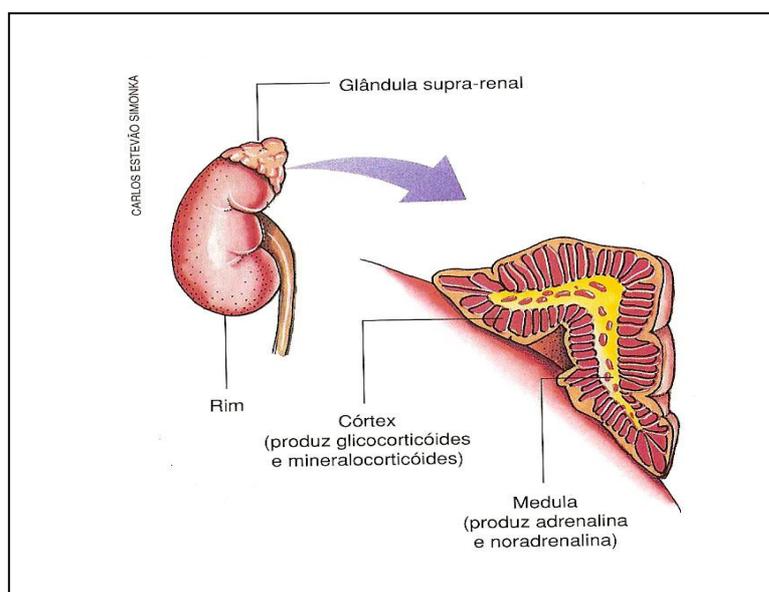


Figura G6: Glândula Supra Renal.
Fonte: AMABIS

HIPODERME

Também conhecida como tela subcutânea, é rica em fibras e em células que armazenam gordura (células adiposas). A gordura armazenada nesse tecido, além de constituir reserva de energia, atua como isolante térmico do corpo.

HORMÔNIOS

Substância química produzida por um grupo de células em um organismo multicelular e transportada via fluidos corpóreos para o tecido-alvo onde ele exerce um efeito específico.

LEUCÓCITOS

Ou glóbulos brancos, são células esféricas e nucleadas, com função de defender o organismo contra agentes invasores. Os dois tipos principais são: macrófagos, envolvidos em processos inflamatórios, e os linfócitos, que são reações imunológicas.

MACRÓFAGOS

Célula encontrada em tecidos animais especializada em captar partículas por fagocitose; derivado de um tipo de células brancas do sangue.

MARCA-PASSO ELETRÔNICO: é um aparelho que emite estímulos elétricos e tem como objetivo de regular os batimentos cardíacos.

MELANÓCITOS

Células situadas junto à camada basal e especializadas na produção de melanina, o pigmento escuro que dá cor à pele e aos pêlos. (Figura G8)

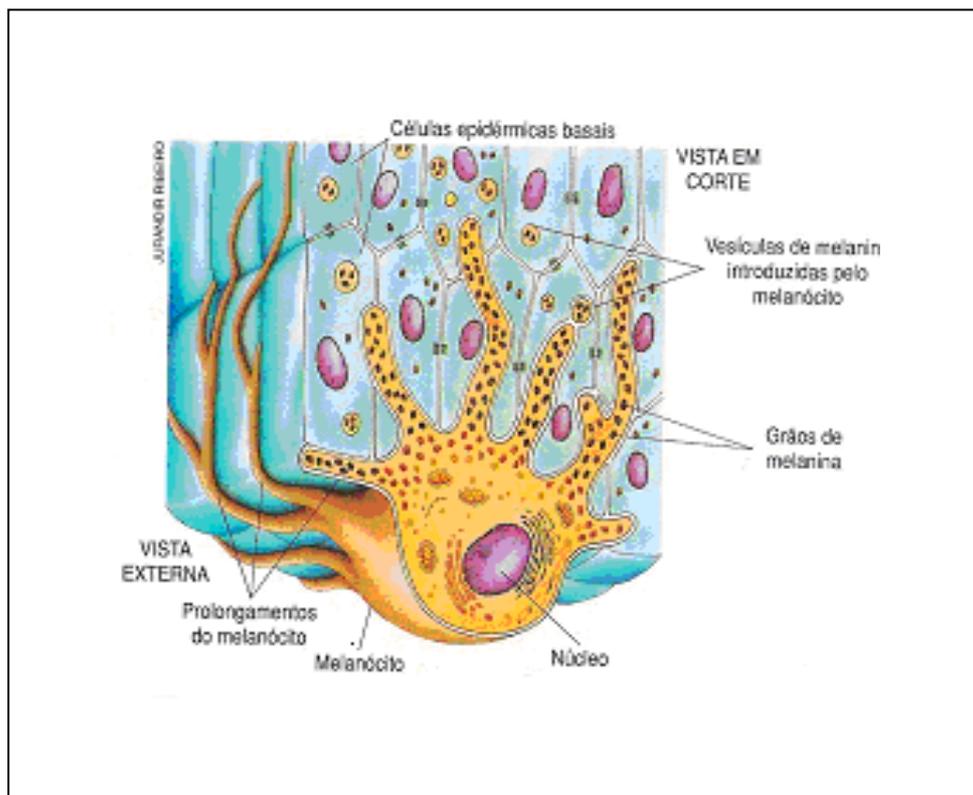


Figura G8: Representação esquemática de um melanócito da epiderme, parcialmente cortado.
Fonte: AMABIS.

MELATONINA

Hormônio secretado pela glândula pineal (Figura G5). À medida que envelhecemos a glândula pineal libera uma quantidade menor de melatonina, o que justifica a falta de sono em pessoas idosas.

NÓ-SINOATRIAL: é um aglomerado de células musculares especializadas que podem iniciar espontaneamente seu próprio impulso e contrair. É localizado perto da junção entre o átrio direito e a veia cava superior. (Figura G7)

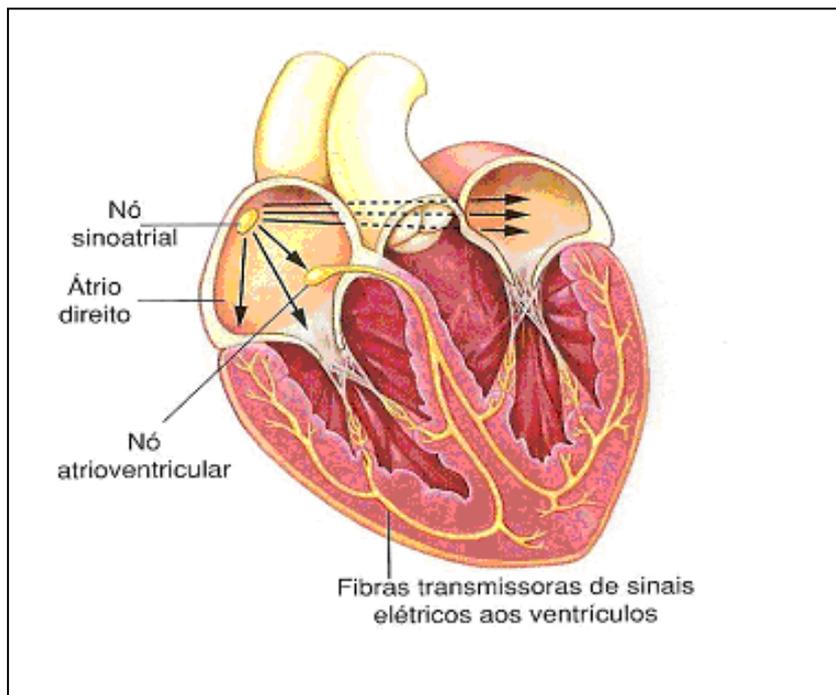


Figura G7: Representação esquemática sem escala do coração em corte longitudinal, mostrando a localização dos nós sinoatrial e atrioventricular.
Fonte: AMABIS

OLHOS OU BULBOS DO OLHO

São duas bolsas membranosas repletas de líquido, embutidas em cavidades ósseas do crânio, as órbitas oculares (Figura G9). São partes constituintes do olho:

Conjuntiva: Membrana transparente que reveste os bulbos dos olhos.

Córnea: Área da esclera, transparente à luz e com maior curvatura, localizada na parte anterior do bulbo. Responsável pela convergência dos raios luminosos na retina.

Coriósia: Película pigmentada e rica em vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam as células do olho.

Cristalino: Lente biconvexa que dá nitidez e foco à imagem luminosa formada na retina.

Esclera: Camada de tecido conjuntivo, localizada na área mais externa do olho.

Humor aquoso: Líquido transparente, localizado imediatamente abaixo da córnea.

Íris: Disco colorido do olho formado pela coriósia. Controla a quantidade de luz que entra no olho, regulando o tamanho da pupila.

Pupila: Orifício de tamanho regulável, por onde a luz penetra no globo ocular.

Retina: Camada que reveste internamente a câmara ocular contendo as células fotossensíveis cones e bastonetes.

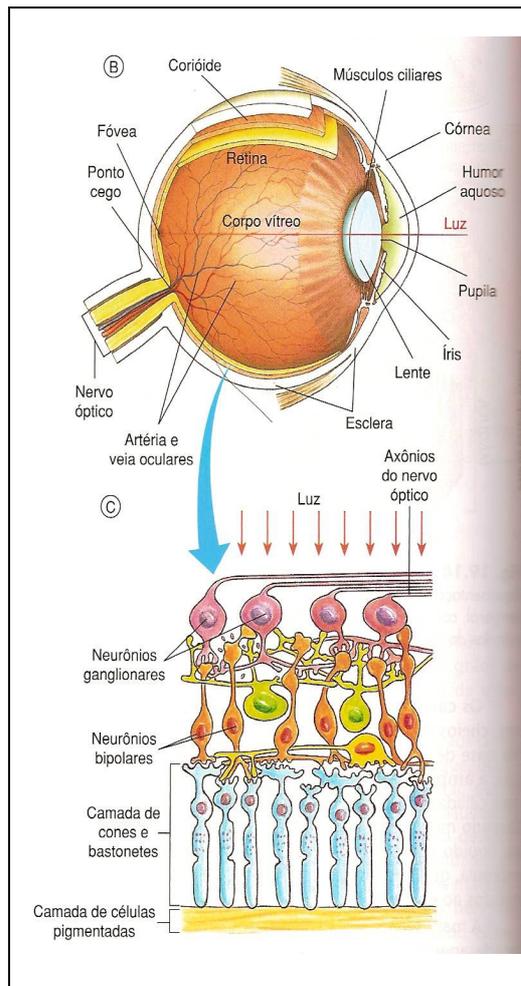


Figura G9: O olho humano.
Fonte: AMABIS

PELE

Órgão que reveste o corpo dos animais. Nos vertebrados, a pele é constituída por duas camadas firmemente unidas, a epiderme e a derme, apresentando diversos órgãos e estruturas anexas, tais como: glândulas, pêlos, penas, escamas, unhas, garras, etc. (Figura G10)

DERME: Tecido conjuntivo rico em fibras protéicas, vasos sanguíneos, terminações nervosas, órgãos sensoriais e glândulas. As camadas da derme são a camada papilar e a camada reticular.

Camada papilar: Apresenta inúmeras saliências (papilas dérmicas) que se encaixam em reentrâncias da epiderme.

Camada reticular: Constituída por tecido conjuntivo mais denso e rico em fibras elásticas, com relativamente menos células. Nessa camada há vasos sanguíneos e linfáticos, além de terminações nervosas. É nessa região que se situam as raízes dos pêlos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas.

Fibras da derme: São filamentos constituídos de proteínas, podendo ser de três tipos: fibras colágenas (mais espessas e resistentes), fibras elásticas (mais finas e elásticas) e fibras reticulares (ainda mais finas e entrelaçadas). É o conjunto dessas fibras que confere a resistência e a elasticidade típicas da pele.

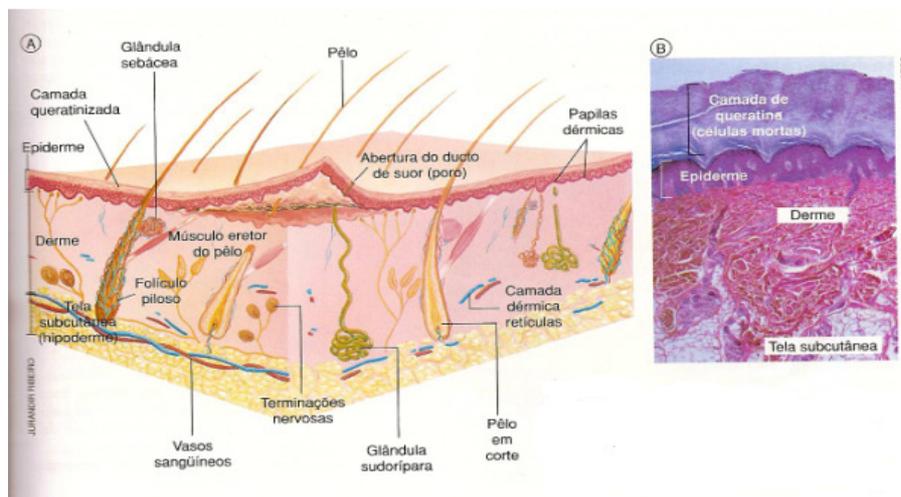


Figura G10: Representação esquemática da pele e suas camadas.
Fonte: AMABIS

EPIDERME: Tecido epitelial constituído por diversas camadas de células sobrepostas, bem aderidas umas às outras. As camadas da epiderme são: camada basal ou germinativa, camada espinhosa, camada granulosa e camada córnea. (Figura G11)

Camada basal: É a camada mais interna da epiderme, denominada camada basal ou germinativa, formada por células que se dividem continuamente por mitose, produzindo novas células.

Camada córnea: É a camada mais externa da epiderme, constituída por células mortas e queratinizadas que se achatam como escamas.

Camada espinhosa: Região imediatamente acima da camada germinativa, formada por células que se mantêm unidas graças a projeções superficiais.

Camada granulosa: Região acima da camada espinhosa em que as células se achatam e assumem forma cúbica, sendo repletas de substâncias precursoras de queratina.

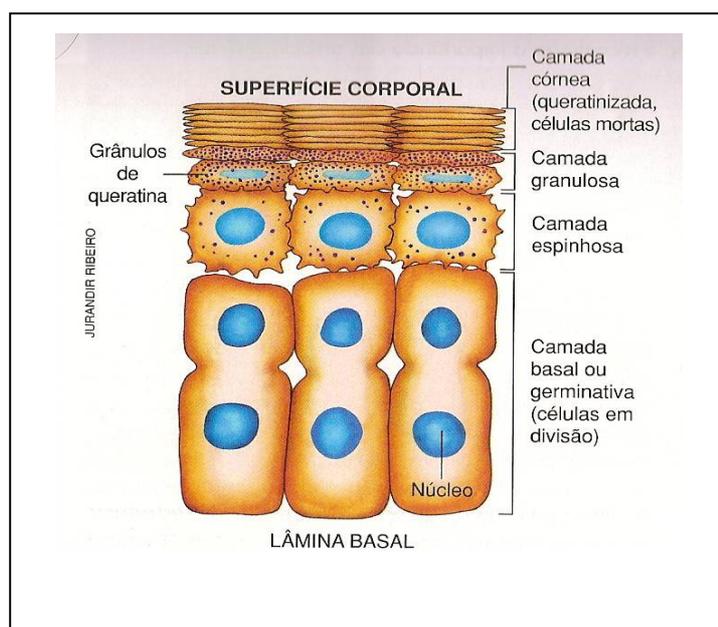


Figura G11: Representação esquemática que mostra as quatro camadas da epiderme, um tecido epitelial estratificado pavimentoso.
Fonte: AMABIS

QUERATINÓCITOS

Células do tecido epitelial responsáveis pela formação da queratina (proteína).

SISTEMA IMUNOLÓGICO

Conjunto de mecanismos de defesa de um organismo contra agentes agressores.

SONO

Estado de repouso normal e periódico, que no homem e nos animais superiores se caracteriza pela supressão da atividade perceptiva e motora voluntária, permanecendo a vontade e a consciência em estado parcial ou total de suspensão temporária. (AURÉLIO,1993, p.513)

SUOR

Fluido constituído por água, íons de sódio (Na^+) e de potássio (K^+), íons de cloreto (Cl^-), uréia, amônia e ácido úrico. O suor é eliminado através de poros presentes na superfície da epiderme. O suor ajuda a manter constante a temperatura corporal, pois, ao evaporar, absorve grande quantidade de calor da superfície do corpo, resfriando-o. A glândula responsável pela produção do suor é chamada de sudorípara. (AMABIS, 2006 p.541)

TECIDO

Massa organizada de células com uma função específica, formando uma parte distinta de uma planta ou animal

7.4 – Química

CLASSE FUNCIONAL OU FUNÇÃO QUÍMICA

Substâncias que apresentam propriedades químicas semelhantes, por apresentarem semelhança na sua fórmula estrutural. As substâncias A e X, não reagem com o bicarbonato de sódio, observe a similaridade das fórmulas estruturais, o último átomo de carbono está ligado a um oxigênio e um hidrogênio (aldeídos). (Figura G12) A figura G13 resume as principais classes funcionais assim como seus grupos funcionais:

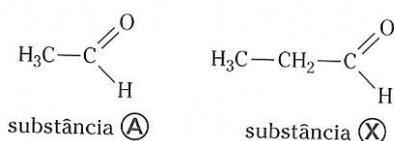


Figura G12: Aldeídos
Fonte: PERUZZO.

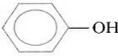
Classe funcional	Grupo funcional
Hidrocarboneto	Só C e H
Haleto orgânico	—F —Cl —Br —I
Álcool	$\begin{array}{c} \\ -C-OH \\ \end{array}$
Fenol	
Enol	$\begin{array}{c} OH \\ / \\ =C \\ \backslash \end{array}$
Éter	C—O—C
Aldeído	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ H \end{array}$
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ // \\ C-C-C \end{array}$
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ OH \end{array}$
Éster	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ O-C \end{array}$
Anidrido	$\begin{array}{c} O \quad O \\ // \quad // \\ -C-O-C- \end{array}$
Amida	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ N- \end{array}$
Nitrocomposto	—NO ₂
Amina	—NH ₂ —NH —N—
Nitrila	—CN
Ácido sulfônico	—SO ₃ H
Tiol	—SH
Sulfeto	—S—
Organometálico	Metal ligado a carbono

Figura G13: Classe e grupos funcionais de alguns compostos orgânicos.
Fonte: PERUZZO v3

COMPOSTOS ORGÂNICOS

São compostos que contêm carbono. Exemplo de composto orgânico: eugenol, utilizados como anestésico local.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Mede a facilidade que um material possui em conduzir a eletricidade. São exemplos de materiais condutores de eletricidade: metais e água comum.

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Mede a facilidade que um material possui em conduzir calor. São exemplos de materiais condutores de calor: os metais, graxas.

ELÉTRONS DE VALÊNCIA

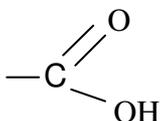
São os elétrons que se encontram na camada mais externa do átomo (camada de valência) de um elemento químico.

ESTRUTURA DO ÁTOMO

A estrutura do átomo, de acordo com o modelo de Bohr, é formada por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons e nêutrons estão fixos no núcleo e os elétrons giram ao redor deste núcleo.

GRUPO FUNCIONAL

Grupo de átomos característicos de uma classe funcional. Como exemplo podemos citar a classe funcional dos ácidos carboxílicos.



ÍON

Átomo que perdeu elétrons (cátion) ou recebeu elétrons (ânion).

LIGAÇÃO COVALENTE

São ligações entre átomos, através do compartilhamento de elétrons. O conjunto de átomos unidos por ligação covalente é chamado de molécula. Uma molécula pode ser representada por sua fórmula molecular, fórmula eletrônica ou fórmula estrutural.

LIGAÇÃO IÔNICA

Ligação que ocorre com um metal e não-metal, para tornar o átomo estável. A estabilidade do átomo é garantida através da perda ou ganho de elétrons. Um átomo ficará estável se possuir oito ou dois (no caso da camada K) elétrons na última camada.

LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO OU PONTES DE HIDROGÊNIO

São interações que ocorrem principalmente entre moléculas que possuem átomo de H ligado a F, O ou N. Na molécula de DNA, por exemplo, as bases nitrogenadas, ligam-se entre si através de pontes de hidrogênio.

RADICAIS LIVRES

São moléculas reativas que interferem em muitos processos metabólicos; podem ser formados pela ação das radiações ultravioletas, estabelecendo alguns efeitos biológicos na pele e o olho, como envelhecimento e catarata.

TRANSIÇÃO ELETRÔNICA

Ocorre quando um elétron salta de um nível de energia para outro, absorvendo ou liberando energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, Kátia Maria, disponível em www.fizo.edu.br/vestibular/noticias.php?noticia=inter&=4 , por Faculdade de Educação USP-SP. Acesso em 07 ago. 2006.
- ALBERTS, B. et al. **Fundamentos da biologia celular**. 2. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ALVES, Rubens. **Filosofia da Ciência**: Introdução ao Jogo e suas Regras-20ed, São Paulo, 1994.
- AMABIS, José Mariano. MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Fundamentos da Biologia Moderna**. 4ª ed, Vol único. São Paulo: Moderna, 2006.
- ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicações.). **Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002**.
- BEZERRA, Manoel Jairo. **Matemática para o Ensino Médio**. 5ª ed, Vol único. São Paulo: Scipione, 2001.
- BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de Física 2**. São Paulo: Saraiva 2001.
- BLOGGER. Disponível em: <http://bp3.blogger.com/_TcdQ1dDNoi8/RmshgltQBml/AAAAAAAAAFw/72qInBuUZGo/s1600-h/pineal1.JPG>. Acesso em 20 out. 2007.
- BOICE, John D Jr. MCLAUGHLIN, Joseph k. **Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk**.2002, 16.Disponível em http://www.ssi.se/ssi_rapporter/pdf/ssi_rapp_2002_16.pdf . Acesso em 21 jan. 2007.
- BONJORNO, José Roberto. **Física: História e cotidiano**: Mecânica V1. Termologia, Óptica, Ondulatória e Hidrodinâmica , V.2. São Paulo: FTD, 2003.
- BONJORNO, José Roberto. **Matemática: Uma nova abordagem**.
- CÉREBRO, estrutura e irrigação. Disponível em <http://www.icg.gulbenkian.pt/sites/soliveira/cerebroestruturairrigaca> . Acesso em 28 abr.2007
- CHILTON, Didcot (UK). **National Radiological Protection Board. 2000. Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile phones and health. National Radiological Protection Board**: (UK). Disponível em www.IEGMP.ORG.UK, acesso em 23 jul.2007.
- DERMATOLOGIA ON LINE. Disponível em <http://www.dermatologia.net/neo/base/atlas/urticaria.htm> . Acesso em 30 jun.2007.
- ELBERN, Alwin. **Radiações não –ionizantes: Conceitos Riscos e Normas**. PRORAD (Proteção radiológica), disponível em <http://www.prorad.com.br/pro/rni.pdf> . Acesso em 23 de jul.2007.
- FERREIRA, Andréia Alves. **Ensino de física das radiações na modalidade EJA- Uma proposta**. Dissertação (mestrado). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics**. 1 vol. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1996
- GASPAR, Alberto. **Física**. Eletromagnetismo e Física Moderna. V3. São Paulo: Ática, 2001.

GEZONDHEIDSRAAD: **Mobille Phone and Health: An evaluation of health effects**. 2002. Disponível em: <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=377> . Acesso em 15 de jan.2007.

HOSOUME,Y; MENEZES, Luiz Carlos de; Zanetic, João. **GRF** - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.V1,7ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

IDEC, Consumidor S.A.**Instituto de defesa do consumidor brasileiro**. Disponível em <http://www.idec.org.br/consumidora/arquivo/mai98/3001.htm> . Acesso em 15 jun.2007.

INCA. **Instituto Nacional do Câncer**. Ministério da Saúde. Disponível em <http://www.inca.gov.br> . Acesso em 30 jun.2007 .

MELATONINA. **Eficaz no tratamento da insônia**. Disponível em www.melatonina.com.br , acesso em 25 de jan. 2007.

MELLO, José Luiz Pastore. **Matemática: Construção e Significado**.

MOBILLE PHONE AND HEALTH, disponível em <http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/>, volume 15, nº 15.2004. Acesso em 29 jun. 2007.

OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos Riscos e Benefícios**. São Paulo: Harbra,1988.

OKUNO, Emico. **Radiação Ultravioleta: Características e efeitos**. 1ª.ed. São Paulo: Livraria da física , 2005.

O QUE SÃO as telangiectasias?Disponível em <http://www.varizinforma.com/Telangiectasias.htm> . Acesso em 15 jan.2007.

PARENTE, Daniel Ramos. **Clínica de olhos**. Disponível em <http://www.danielparente.com.br> . Acesso em 28/012007.

PENTEADO,Paulo César M.**Física-Ciência e Tecnologia**.V3.Eletromagnetismo.São Paulo, Moderna,2005.

PEREIRA. Luiz Teixeira do vale. BAZZO, Walter Antônio. LINSINGEN, Irlan Von. **Uma disciplina CTS para os cursos de Engenharia**. Disponível em www.oei.es/salactsi/bazzo.htm

PERUZZO, Francisco Miragaia, CANTO. Eduardo Leite: **Química, na abordagem do cotidiano**. 3ª ed. São Paulo: Moderna,2003.

PORCENTAGEM DE ABSORÇÃO DA RUV- **Algumas partes constituintes do olho**, disponível em http://satelite.cptec.inpe.br/uv/R-UV_e_olho.html . Acesso em 21/03/08.

ROBINS, Perry. **Fundação - Câncer de Pele**. Disponível em <http://www.skincancer.org> . Acesso em 28 jan. 2007.

SABBATINI, Renato. **Celular dá câncer?** Disponível em: <http://www.sabbatini.com/renato/correio/medicina/tess.htm> . Acesso em 23 jul 2007.

SALÉM, Sônia. **Estruturas Conceituais no Ensino de Física** - Dissertação de Mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo 1986.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e Interdisciplinaridade: O currículo Integrado**. 7ª ed. Porte Alegre: Artes Médicas Sul, Ltda, 1998.

SIEMENS, MóBILE.**Manual de instruções A 52**.São Paulo.Siemens Ltda, 2004.

SILVA. Abel A. **Radiação Ionizante e Não Ionizante**. 1ª ed. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais: Dep. de Física e Química. Belo Horizonte: 1997.

STEWART, Willian. **Mobile phones and health**. Volume 15, nº.5, 2004. Disponível em http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/index.htm. Acesso em 23 de jul. 2007.

TAFNER, Marcon, disponível em <http://www.cerebromente.org.br/08/mente/construtivismo/construtivismo.htm>. Acesso em 25 ago. 2006.

DOENÇAS de pele. **Urticária**. Disponível em <http://www.dermatologia.net/neo/base/atlas/urticaria.htm> . Acesso em 23 jul.2007

VILAS BOAS, Newton .DOCA,Ricardo Helou. GUALTER, José Bíscola. **Tópicos de Física 2**, p.185 , 186 e 278. **Tópicos de Física 3**, p.340.18 ed. São Paulo: Saraiva,2007.

VASCONCELOS, Celso dos Santos. Disciplina: **Construção da disciplina consciente e interativa em Sala de Aula e na Escola**. 13ª ed, São Paulo: Libertad, 2000.

VIVO. Disponível em http://www.vivo.com.br/portal/como_funciona_telefonia_celular . Acesso em 20/10/07.

WERNECK, Hamilton. **Como vencer na vida sendo professor**. Petrópolis: Vozes, 1996.

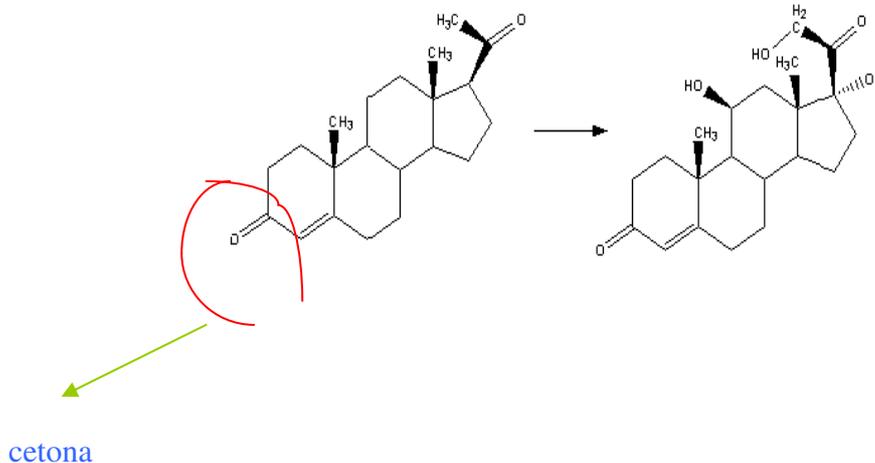
WIKIPÉDIA. **Enciclopédia**. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pele>>. Acesso em 30/06/2007.

ANEXO I - RESPOSTAS DAS QUESTÕES

A seguir se encontram as respostas das questões do encarte. Não apresentamos a solução das questões 5 e 13, devido a diversidade das possíveis respostas.

QUESTÃO 1

a)



b) Glândula supra-renal. Sua principal função está implicada na resposta ao stress e consiste na síntese e liberação de hormônios como o cortisol e a adrenalina.

c) Somente uma mudança no nível do cortisol foi encontrada: um aumento pequeno na primeira hora de exposição, voltando ao nível normal após este tempo. Os efeitos biológicos provocados nesta alteração são os aumentos da pressão arterial e do açúcar.

d) Succinato de Hidrocortisona. É usado no combate a asma brônquica; inflamação grave; insuficiência supra-renal; reação alérgica grave.

e) *Doença de Addison: emagrecimento, perda de apetite, fraqueza muscular, náuseas, vômitos, irritabilidade e depressão.

*Síndrome de caushing: o aumento de peso, o depósito excepcional de gordura na parte superior do corpo e no pescoço excesso de apetite e sede, aumento da produção de urina.

*Excesso de cortisol: Síndrome de caushing.

*Falta de cortisol: Doença de adson.

QUESTÃO 2

$$t = \left[\frac{\ln(0,05)}{-0693} \right] .5700 \rightarrow t \cong 24640 \text{ anos}$$

QUESTÃO 3

- a) Permaneceu constante....
Variou.
- b) Função constante , gráfico paralelo ao eixo x.
- c). Variável. Algo parecido com uma função exponencial.
- d) entre 1983 e 1987
- e).Não é possível afirmar.

QUESTÃO 5

- a) V b)V c)F

QUESTÃO 6

- a) F (a=1 e b=273) b)F (Tk=Tc-273) c)V d)V

QUESTÃO 7

Índice (UVB)	Negra	Potência de 10
0 a 3	5400s	$10^{3,732}$
4 a 7	2400s	$10^{3,38}$
8 a 11	1620s	$10^{3,209}$
12 a 15	1200s	$10^{3,079}$

QUESTÃO INTER 8

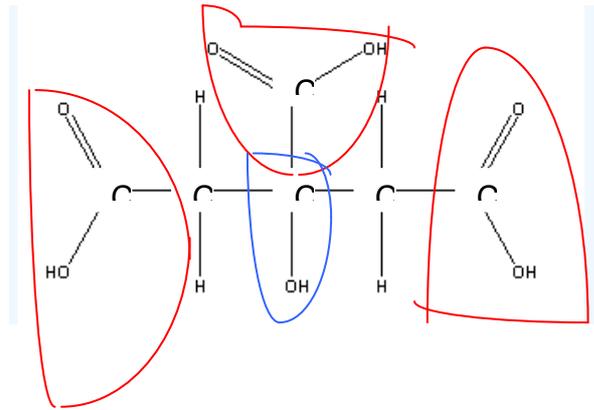
$$\frac{3}{\frac{1}{20}} = \frac{7}{\frac{1}{8,5}} = \frac{11}{\frac{1}{5,5}} \cong 60, \text{ são aproximadamente inversamente proporcionais.}$$

QUESTÃO 9

- a) Diminui
- b) Decrescente
- c) A pessoa negra pois a queda do gráfico é menos acentuada .O individuo de pele negra possui uma quantidade maior de melanina nos melanócitos, o que oferece uma maior proteção ao núcleo celular contra os efeitos biológicos produzidos pela radiação ultravioleta solar.

QUESTÃO 10

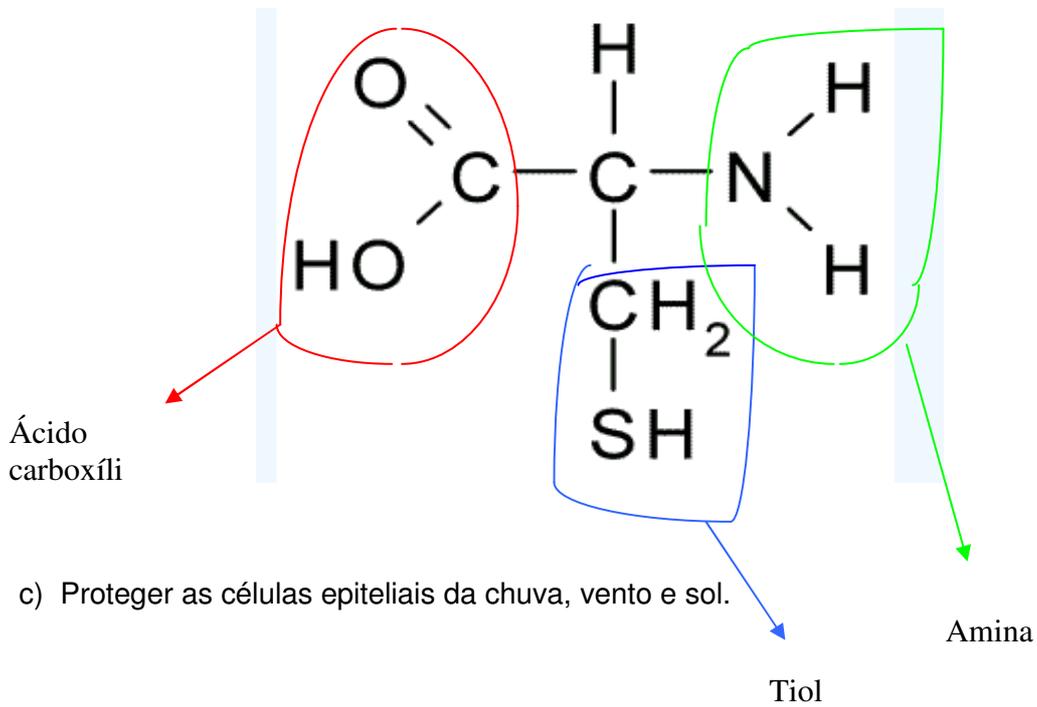
a)



Legenda:  → Ácido carboxílico

 → Álcool

b)



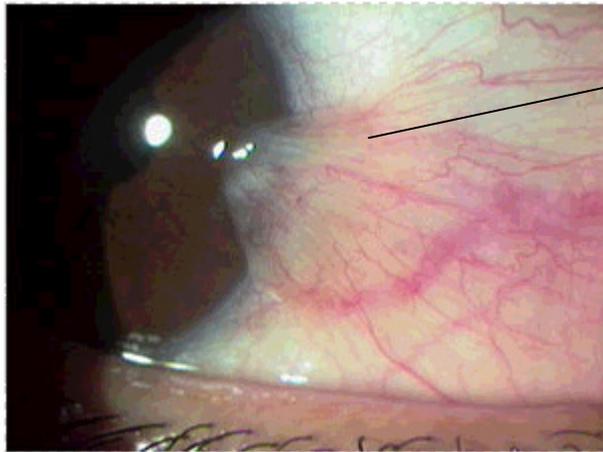
QUESTÃO 11

a) 1,73

b) 73×10^8 m/s

QUESTÃO 13

a)



Pterídio

b) Córnea

c) Lentes divergentes. Imagem virtual, direita e menor.