

# Questões interdisciplinares com enfoque CTS: uma proposta para o ensino médio



Edmundo Rodrigues Junior<sup>1</sup>, Adriana G. Dickman<sup>2</sup>, Cassiana B. Hygino<sup>1</sup>,  
Marília P. Linhares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro,

Centro de Ciências e Tecnologia, CEP 28013-602 Campos, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática CEP 30535-901 Belo Horizonte, MG, Brasil.

**E-mail:** edmundo.cruzeiro@gmail.com

(Recibido el 5 de Septiembre de 2013, aceptado el 10 de Febrero de 2014)

## Resumo

Apresentamos nesse trabalho sete questões interdisciplinares envolvendo os temas: radiação ultravioleta e radiação microonda emitida pelo celular. Essas questões foram construídas com o objetivo de diminuir a escassez de materiais que articulam as disciplinas da ciência da natureza e a matemática. Elas foram elaboradas para o professor trabalhar com os alunos do ensino médio na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e foram construídas a partir de um questionário de sondagem feito com professores do ensino médio. A análise desse questionário mostrou a dificuldade dos professores sobre o tema, o que reforçou a necessidade de construir questões interdisciplinares para ser trabalhada numa proposta diferenciada em relação ao ensino tradicional.

**Palavras chave:** Questões interdisciplinares, CTS, ensino médio.

## Abstract

This work shows seven interdisciplinary issues involving two subjects: ultraviolet radiation and microwave radiation emitted by cell phone. These issues were made in order to reduce the shortage of materials that articulate the disciplines of natural science and mathematics. These questions were designed for the teacher working with High school students in a perspective of Science, Technology and Society (STS). These issues were constructed from an investigative questionnaire made by secondary school teachers. The analysis of the questionnaire showed the difficulty of teachers to understand the subjects, which reinforced the need to build interdisciplinary issues to be worked in a different proposal in relation to traditional teaching.

**Keywords:** interdisciplinary issues, STS, secondary school.

**PACS:** 01.40.-d, 01.40.ek, 01.40.Fk, 01.40.gb

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUÇÃO

A forma como são ministrados os conteúdos de ciências da natureza e matemática no ensino médio ainda é muito propensa à fragmentação. Geralmente, o professor não apresenta uma visão global desses conteúdos 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 ideia 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 frequentemente ensinadas como se constituíssem campos isolados de conhecimentos,*

*sem relação uns com os outros, acarretando uma forte compartimentalização na mente dos estudantes [1].*

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* [2].

A abordagem fragmentada dos conteúdos 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.”* (pág. 1, [3]).

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”* (pág. 2, [3]). *“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”* (pág. 31, [4]).

Infelizmente, muitas escolas de ensino médio ainda valorizam apenas a transmissão de conteúdos estáticos e fragmentados e a consequente 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 que a aprendizagem do aluno seja significativa, é recomendável considerar os seus conhecimentos prévios, levando-os a ressignificá-los e a estabelecer conexão com os novos conhecimentos. Muitas vezes, a cultura ou tradição da cidade ou da escola limitam 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 oportunidade do professor em realizar atividades que respeitam 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”* (pág.87, [5]).

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 essas propostas ocorrem geralmente aos sábados letivos, não sendo garantida a participação de todos os alunos.

Com o objetivo de reduzir o ensino fragmentado das disciplinas de física, química, biologia e matemática, fomos motivados a propor algumas questões interdisciplinares que envolvem os possíveis efeitos biológicos das radiações não ionizantes (microondas proveniente da telefonia celular e radiação ultravioleta) no corpo humano. A escolha do tema aconteceu a partir de questionário de sondagem e seminário, ambos realizados com professores do ensino médio. Segundo Porlan e Rivero, os conteúdos escolares devem ser integrados a outros conhecimentos de natureza epistemológicos distintos como, por exemplo, o conhecimento social e cotidiano [6]. Ainda segundo esses autores os conteúdos integrados são fundamentais para a aprendizagem do aluno. Assim, busca-se através das questões interdisciplinares com abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), subsidiar o professor de um instrumento para promover a integração entre as disciplinas de biologia, física, matemática e química.

## II. ABORDAGEM CTS

A década de 60 do século XX ficou marcada como um período no qual a sociedade começa a questionar os problemas políticos, 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 consequências sociais provenientes do desenvolvimento tecnológico, outra defendia uma ideia da não neutralidade da ciência, dizendo que esta é repleta de valores. Nesta mesma época, autores como Carson e Kuhn mostram um desconforto com o avanço da ciência e suas implicações para a sociedade: Carson se preocupa com os efeitos biológicos do inseticida DDT [7] e Kuhn [8] critica o modelo tradicional de ciência vigente na época. De acordo

com este modelo, o desenvolvimento da ciência, tecnologia e sociedade apresentava uma sequência 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. 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 se podem 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. 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 europeia 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. 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* (pág. 6, [9]).

Assim de acordo com a citação do parágrafo anterior, deve-se capacitar indivíduos, técnica e cientificamente para que eles participem do desenvolvimento econômico do seu país. 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 frequência 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* (pág. 6, [9]).

O PDP sugere que as comunidades emitam suas opiniões 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 a abordagem CTS possui caráter mutável, ele deve modificar-se para adequar-se ao desenvolvimento científico, tecnológico e social de uma determinada localidade. A abordagem CTS, na sociedade rural, geralmente se apresenta de forma diferente da abordagem na sociedade urbana, pois geralmente eles estão em contato com tecnologias diferentes.

No que se refere a relação da abordagem CTS e a 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 próxima a áreas residenciais. Esta abordagem 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 [10], os primeiros autores a conceber a abordagem CTS na educação foram Jim Gateher em 1971 e Paul Hurd em 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 que gestores, professores e alunos concebiam o estudo da 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 [11].

As pesquisas educacionais CTS se expandiram, a partir desse período, para 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 [12] destaca a existência de três abordagens 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. Na abordagem “Ciência e tecnologia por meio de CTS” (segundo tipo), o conteúdo científico é estruturado

por meio do CTS. Essa estruturação pode acontecer numa só disciplina ou por meio de trabalhos interdisciplinares. No terceiro tipo, “CTS puro” ensina-se ciência, tecnologia e sociedade, tendo o conteúdo científico papel subordinado.

No que se refere a abordagem CTS na formação de professores, o Parecer CNE/CP 9/2001 institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica. Esse documento estabelece as orientações gerais para a formação dos professores, mas não se referem à contribuição de nenhuma disciplina específica neste sentido.

Para solucionar esse problema Ferreira e Meirelles [13], apresentam um artigo ao VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), no qual elas fazem uma análise do parecer Conselho Nacional de Educação e os demais pareceres posteriores a essa data. As autoras identificam nesses documentos algumas características que remetem indiretamente ao ensino de ciências. Essas características estão relacionadas à importância do ensino de ciências para a formação geral do cidadão, o conteúdo curricular de ciências, a importância da pesquisa para a compreensão da ciência, a interação das especificidades entre os professores, a prática no ensino de ciências, a organização curricular e a carga horária dedicada ao ensino de ciências.

A abordagem CTS nesse contexto aparece relacionada às propostas interdisciplinares, conforme palavras de Ferreira e Meirelles (2011): *“Para exercer a interdisciplinaridade exigida no documento (CNE/CP 2005) é necessário ter uma vivência considerável em ciências. Ser cientificamente culto envolve simultaneamente aprender ciências (conceitos), aprender sobre ciências (métodos, evolução, história da ciência, atitude de abertura e interesse por relações complexas entre ciências, tecnologia, sociedade e ambiente) e aprender a fazer ciência (pesquisa e resolução de problemas)* (Hodson, in [13]).

No que se refere a abordagem CTS no ensino médio, segundo Medina e Sanmartín (in [12]), quando se pretende incluir a abordagem 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, a abordagem 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. 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”* (pág. 13, [14]).

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”* (pág. 20, [14]). 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 interdisciplinares. 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 ideia, quando estabelece que: *“A educação escolar deverá vincular-se ao mundo de trabalho e à prática social”* [15]. 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 consequências 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.

### III. METODOLOGIA

Elaboramos um questionário de sondagem com o objetivo de verificar as dificuldades dos professores sobre o tema radiação e ajudá-los a trabalhar esse tema de forma diferenciada. O questionário foi respondido por 13 professores de física e três de biologia, ambos do ensino

médio. A aplicação do questionário ocorreu no ano de 2007 na cidade de Belo Horizonte-MG, enquanto estava cursando mestrado. O questionário de sondagem contém onze questões, sendo que as cinco primeiras possuem questões gerais sobre radiação e as seis últimas contém questões sobre a radiação ultravioleta e a radiação microonda emitida pelo celular. A escolha da radiação ultravioleta e da radiação emitida pelo celular ocorreu porque esses tipos de radiação estão presentes no cotidiano dos professores. O Brasil é um país onde temos uma grande incidência de raios solares e o aparelho de celular é uma tecnologia muito utilizada no dia-a-dia das pessoas.

A técnica utilizada para categorizar as respostas dos professores foi a análise de conteúdo, definida por Bardin (2010): “Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores, quantitativos ou não que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens” (Bardin, pág. 44 in [16]).

Segundo a autora, a análise de conteúdos é constituída de três fases: 1) A pré análise; 2) exploração do material, 3)tratamento dos resultados, as inferências e a interpretação.

A pré-análise é a fase de organização do material, que pode utilizar vários procedimentos, tais como: leitura fluante (estabelecer contato com os documentos: no nosso caso, leitura das respostas dos professores e decisão sobre quais delas estão de acordo com os objetivos do trabalho); codificação (estabelecer um código que possibilite identificar rapidamente cada elemento da amostra, de depoimentos ou documentos a serem analisados: no nosso caso, as questões do questionário foram identificadas como Q1, Q2,...Q11)

Na exploração do material os dados são codificados a partir das unidades de registro entendida como o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação. Toda categorização ou classificação necessita definir o elemento ou indivíduo unitário a ser classificado [17]. No nosso trabalho as unidades de registro são os conhecimentos prévios dos professores sobre o tema radiação. Para Bardin (1977): *A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, aos quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos* [18].

A categorização pode ser definida *a priori* (sugerida pelo quadro teórico) ou *a posteriori* (que aparecem após a análise do material). No nosso caso, as categorias foram definidas *a posteriori*, uma vez que elas emergiram a partir da análise do questionário de sondagem. A terceira etapa consiste no tratamento dos resultados, as inferências e a interpretação dos resultados. Sobre essa fase, Bardin comenta que: *Os resultados em bruto são tratados de*

*maneira a serem significativos (falantes) e válidos. Operações estatísticas simples (percentagem), ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise [...]. O analista tendo a sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas* [18].

A seguir mostra-se o questionário aplicado e a análise das respostas fornecidas pelos professores. As categorias emergentes foram agrupadas em tabelas.

#### IV. INTERPRETAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SONDAEM

O questionário, composto por onze questões (Tabela I), foi respondido por 16 professores, sendo treze físicos e três biólogos:

TABELA I. Questionário respondido pelos professores.

Questionário
*Q1) O que você entende por radiação?
*Q2) Desenhe três coisas que você acredita estarem relacionadas à radiação.Explique seu desenho.
*Q3) Desenhe três coisas que você acredita não estarem relacionadas à radiação.Explique seu desenho.
*Q4) Você conhece alguma forma de se proteger das radiações? Como? Desenhe e Justifique.
*Q5) 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).
Q6) Qual a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante?
Q7) Cite três tipos de radiação ionizante e não-ionizante.
Q8) O que é radiação ultravioleta? Quais as principais fontes de emissão?
Q9) Quais os tipos de radiação ultravioleta?
Q10) Existe algum malefício ou benefício para a saúde humana em receber doses de radiação ultravioleta? Se sim, quais são os efeitos para o organismo?
Q11) O uso do telefone celular pode causar câncer?

\*Foi baseado no trabalho de Ferreira [19].

Em relação a Q1: O que você entende por radiação? Observou-se que 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

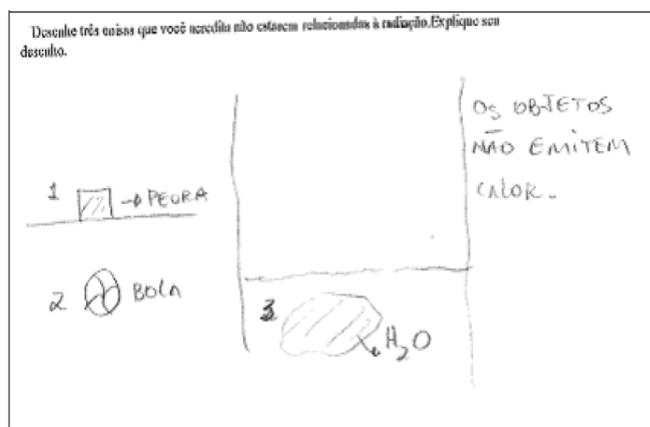
englobar radiação infravermelha e ultravioleta. Um professor de Biologia disse que *é emissão de partículas radioativas por elementos radioativos*. Outro não soube conceituar radiação, embora tenha citado exemplos de fontes de radiação. Abaixo mostramos a resposta dada por esse professor. É interessante observar que ele menciona o telefone celular como fonte de radiação, e confessa não saber qual tipo de radiação está associada a esse aparelho.

Em relação à Q2: sobre coisas relacionadas à radiação. Observou-se 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 II.** Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os docentes.

Categoria: coisas relacionadas à radiação	Frequência 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

Em relação à Q3: sobre coisas não relacionadas à radiação (Figura 1).

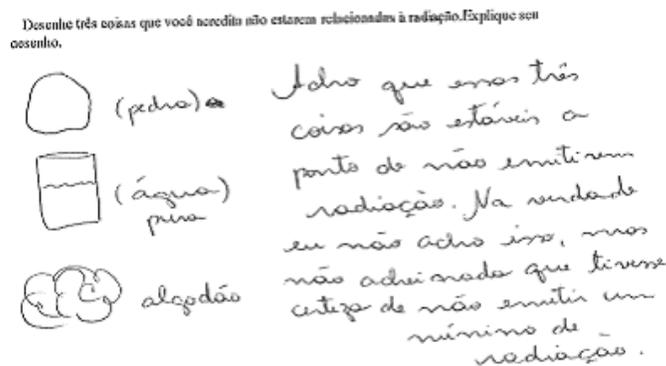


**FIGURA 1.** Exemplos de coisas relacionadas à radiação, segundo os professores. Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Sete professores, sendo um de Biologia, afirmam que não existem contraexemplos tudo que existe emite radiação. Cinco professores mencionaram objetos, água, roupa, plantas, madeira, papel, casa, balde, moeda, bola etc. Um professor de Física mencionou a atração gravitacional como contraexemplo e outro explicou que seriam *todos os*

*Questões interdisciplinares com enfoque CTS: uma proposta para o ensino médio* 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.

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



**FIGURA 2.** Coisas que não se relacionam à radiação, segundo os professores. Fonte: Arquivo pessoal, 2008.

Em relação à Q4: sobre formas de se proteger das radiações?

Dentre as formas de se proteger das radiações, 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 frequência 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. A Tabela III ilustra as respostas fornecidas pelos professores.

**TABELA III.** Respostas dos professores sobre as formas de proteção contra radiação.

Categoria: formas de proteção	Frequência
Salas com paredes metálicas	1
Manter distância de fontes emissoras	1
Usar roupas claras	1
Usar óculos com filtro	1
Em branco	3
Blindagem	3
Usar protetor solar	8
Usar vestimenta de chumbo	9

Em relação à Q5: 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. A Tabela IV mostra os resultados.

**TABELA IV.** Disciplinas que se relacionam com radiação na visão dos professores.

<i>Categoria: disciplinas</i>	<i>Frequência</i>
Física	12
Química	12
Biologia	13
Geografia	7
História	1
Todas	1
Branco	1

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 positioning 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, questões 6, 7, 8, 9, 10 e 11. Enquanto nesta primeira parte não fizemos nenhuma restrição quanto ao tipo de radiação abordado, as perguntas subsequentes 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 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.

Em relação à Q6: Qual a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante. As respostas mais citadas pelos professores, ao caracterizarem radiações ionizantes, são apresentadas na Tabela 3:

**TABELA V.** Caracterização de radiação ionizante segundo os professores.

<i>Categoria: radiação ionizante</i>	<i>Frequência das respostas dos docentes</i>
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

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.

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. Ele disse que a radiação não-ionizante possui um comprimento de onda menor, o que não corresponde à verdade, pois radiações ionizantes possuem frequências 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.

Em relação à Q7: Os exemplos de radiação ionizante e não-ionizantes citados pelos professores são mostrados na Tabela VI. 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 VI.** Exemplos de radiações ionizantes e não-ionizantes segundo os professores.

<i>Categoria: exemplos de radiação ionizante</i>	<i>Categoria: radiação não ionizante</i>
Raios gama (9)	Radiação térmica (9)
Raios x (7)	Luz visível (6)
Ultravioleta (5)	Microondas (4)
Raios cósmicos (2)	Ondas de rádio (3)
Partículas alfa (2)	Ultravioleta (2)
Partículas beta (2)	TV, UHF (2)
Descargas atmosféricas (1)	Partículas alfa (1)
Campos elétricos altos (1)	Não sabe/em branco (7)
Lâmpada fluorescente (1)	
Plasma (1)	
Não sabe/em branco (5)	

Os professores indicaram a radiação ultravioleta tanto como ionizante e não ionizante, mas não especificaram o meio. A classificação ionizante e não-ionizante dependem do meio de propagação. A radiação ultravioleta é capaz de ionizar a atmosfera, 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.

Em relação a Q8: O que é radiação ultravioleta? Quais as principais fontes de emissão?

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 gama. 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  $10^{15}$  Hz <  $f$  <  $10^{17}$  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 VII.

**TABELA VII.** Definição de radiação ultravioleta segundo os professores.

<i>Categoria: definição de radiação ultravioleta.</i>	<i>Frequência das respostas</i>
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 $10^{15}$ Hz e $10^{17}$ Hz	1
Radiação com frequência da ordem da luz solar	1
Radiação emitida por ondas eletromagnéticas	1
Não sabe conceituar	1

Em relação à Q9:

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. Veja a Tabela VIII.

**TABELA VIII.** Fontes de radiação ultravioleta (RUV) segundo os professores.

<i>Categoria: fontes de radiação ultravioleta</i>	<i>Frequência das respostas</i>
Luz negra de neônio	1
Bombas atômicas	1
Corpos extremamente aquecidos	1
Estrelas	1
Lâmpadas incandescentes	1
Em branco	3
Luz branca artificial	6
Sol	12

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.

Em relação à questão 10:

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 especificaram quais. Na Tabela VI são mostradas as respostas a essa questão, note que o número entre parênteses indica a frequência de respostas dos docentes.

**TABELA IX.** Benefícios e Malefícios da radiação ultravioleta segundo os professores.

<i>Categoria: benefícios da RUV</i>	<i>Categoria: malefícios da RUV</i>
Promover a ativação da pró-vitamina D e da melanina (2)	Câncer (14)
Necessárias para algumas funções (1)	Queimaduras (4); Insolação (1); necrose do tecido epitelial (1).

Em relação à Q11: 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 na Tabela a seguir:

**TABELA X.** Resposta dos professores sobre a possibilidade da radiação emitida pelo celular provocar câncer.

<i>Categoria: celular causa câncer?</i>	<i>Frequências</i>
Não	6
Não, exceto longa exposição.	2
Não há comprovação	3
Não sabem	4
Sim	1

A partir das respostas dos docentes, pode-se inferir de maneira geral, que não há consenso entre os professores sobre os conceitos e exemplos das radiações ionizantes e não ionizantes (Tabelas 5 e 6). Os malefícios das radiações ultravioleta na visão dos professores estão relacionados apenas ao câncer de pele, queimaduras, insolação ou necrose do tecido epitelial. Não aparece nenhuma resposta sobre os malefícios desse tipo de radiação no olho humano (Tabela 9). A diversidade das respostas dos professores está presente também na Tabela 10, onde percebemos que não existe consenso se a radiação emitida pelo celular desenvolve o câncer.

Essa dificuldade dos professores para responder às perguntas do questionário de sondagem, nos motivou a construir questões interdisciplinares sobre os temas, radiação ultravioleta e a radiação microonda emitida pelo celular, com o objetivo de auxiliar o professor a trabalhar esse tema na abordagem CTS de forma diferenciada ao

ensino tradicional. Para a elaboração das questões interdisciplinares foi preciso conversar também com um professor de química e um de matemática. Devido à indisponibilidade de tempo desses docentes não foi possível aplicar o questionário de sondagem para esses dois professores, no entanto a colaboração do professor de química foi necessária para compreensão de alguns compostos orgânicos e a participação do professor de matemática ajudou no entendimento de alguns gráficos.

## V. QUESTÕES INTERDISCIPLINARES COM ABORDAGEM CTS

As questões interdisciplinares foram criadas para subsidiar o professor a iniciar uma prática diferenciada de ensino, que diverge do ensino tradicional. Estas questões foram elaboradas tendo como base a abordagem CTS dos temas: radiação ultravioleta e radiação microonda emitida pelo celular. O conteúdo delas envolvem os conceitos de física, química, biologia e matemática. Pretende-se que elas auxiliem o professor a relacionar e discutir esses conhecimentos disciplinares no contexto social dos seus alunos, conforme orienta Delizoicov: *“Levar para a sala de aula a realidade que cerca o aluno e discuti-la não será simplesmente motivação para iniciar um determinado tópico do programa; a finalidade é a própria discussão dessa realidade, a sua compreensão e a sua transformação, sendo as informações científicas um meio para tanto”* (Delizoicov, pág. 26, in [20]). A explicação e resolução das questões interdisciplinares é apenas uma etapa do processo de *“Problematização no Ensino de Ciências”*. Esse processo envolve dimensões epistemológicas e pedagógicas. A primeira se baseia em Bachelard segundo o qual *“para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é dado. Tudo é construído* (pág. 148, [21]). Assim, o aluno chega à aula de física com conhecimento empíricos já construídos, provenientes de sua interação com o meio em que está inserido. É tarefa do professor obter o conhecimento prévio do estudante e não apenas saber de sua existência.

Em relação a dimensão pedagógica, Freire ressalta que a problematização precisa fazer sentido para o estudante, sendo necessário trabalhar com situações que se aproximem do seu conjunto de conhecimentos [22]. Assim, é fundamental que o professor esteja familiarizado com o universo dos estudantes para que, a partir dele, possa problematizar situações que apresentam contradições locais. As abordagens tradicionais na maioria das vezes levantam questões descontextualizadas com o universo dos estudantes (pág. 25, [20]). A abordagem da dimensão pedagógica na sala de aula ocorre, em três momentos: A problematização inicial, organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento (pág. 28, [20]).

Na problematização inicial são discutidas situações reais, que possam fazer parte do universo temático dos estudantes. No nosso caso, o professor pode levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema radiação buscando

resposta, por exemplo, para as seguintes questões: O que é radiação? Quais os efeitos biológicos provocados pelos raios ultravioleta? O aparelho de celular provoca o desenvolvimento do câncer? O professor pode sugerir que os alunos façam um cartaz com suas respostas. Essa problematização poderá despertar no estudante a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não possui [23].

Na organização do conhecimento, o professor pode explicar os conteúdos necessários para que o aluno adquira o conhecimento científico a partir da problematização inicial. No nosso caso, o conteúdo sobre o tema radiação pode ser explicado com a utilização de dois ou mais professores, trabalhando simultaneamente na sala de aula. A aula deve ser dinâmica, com a participação dos alunos.

Na etapa de aplicação do conhecimento, o professor pode interpretar e apresentar respostas para os problemas levantados na problematização inicial. No nosso caso, o aluno pode apresentar o mural construído na etapa de problematização inicial, e o professor pode ajudá-lo na transição das suas ideias de senso comum para o conhecimento científico. Essa transição pode ser viabilizada através da resolução das questões interdisciplinares que estão relacionadas às questões levantadas na problematização inicial.

## Questões interdisciplinares

### Questão 1

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 3.

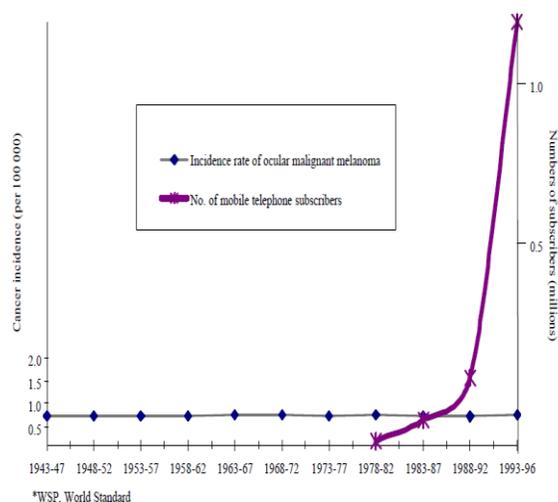


FIGURA 3. Gráfico do número de assinantes de celulares em função do câncer no olho [24].

- 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 2

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.

TABELA XII. Níveis de referências de SAR, recomendados pela ANATEL [25].

Característica 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

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 Tabela XII).
- Ainda de acordo com esse manual, verifique se a radiação emitida pelo celular pode interferir no funcionamento dos marca passos, 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 3

Um número decomposto em seus fatores primos pode ser escrito na forma de potência de 10. Assim o número 60 pode ser representado por  $10^{1,778}$ . 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 4).



FIGURA 4. Quadro comparativo entre índice UV, tipos de pele e tempo de exposição [26].

A Tabela 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.

TABELA XIII: Tempo máximo de exposição solar para que não ocorra queimadura na pele negra.

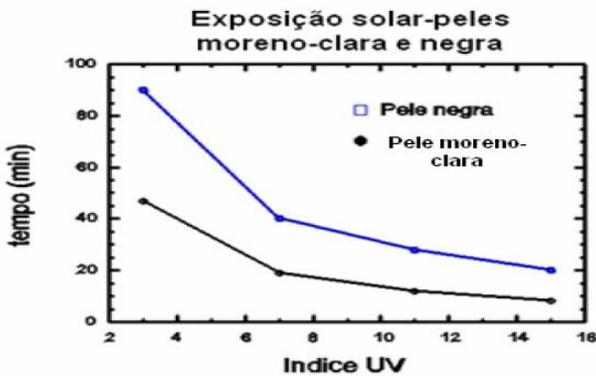


FIGURA 5: Gráfico da exposição solar das peles negra e moreno-clara.

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

#### Questão 4

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:

a) 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

- b) Esta função pode ser descrita por uma função exponencial crescente ou decrescente? Explique.  
 c) 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.  
 d) Faça um mural estabelecendo os vários tipos de proteção contra as radiações UVB.

#### Questão 5

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 (pág. 132, [27]).

#### Questão 6

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.

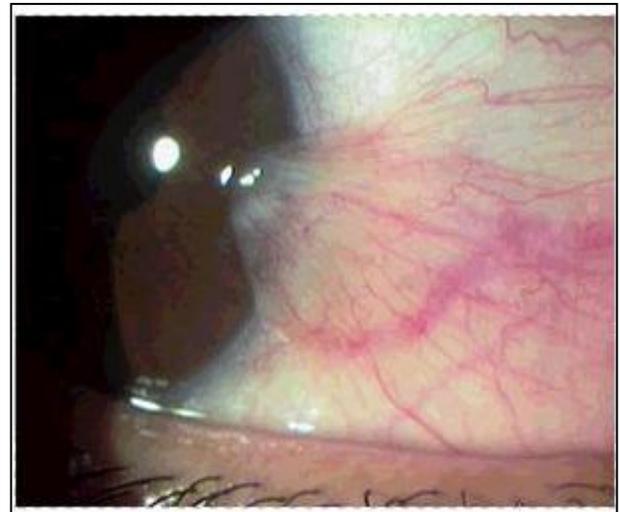


FIGURA 6. Pterígio no olho humano [28].

- a) Assinale na figura a membrana que representa o pterígio.  
 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?

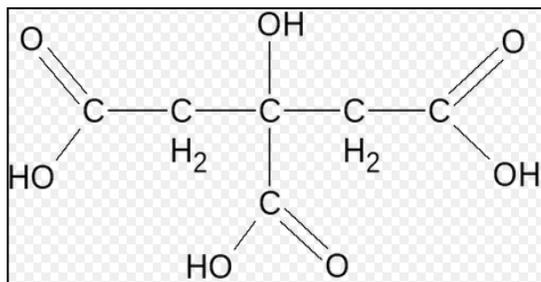
### Questão 7

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!

**TABELA XIV.** Composição química de alguns produtos farmacêuticos.

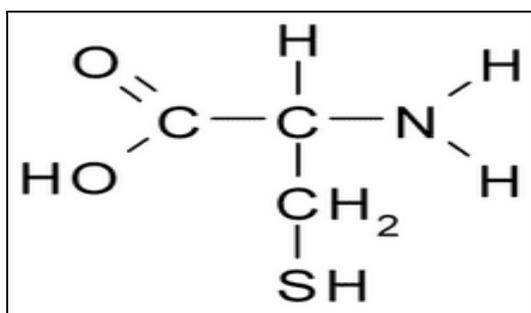
Nome	Marca	Composição
Creme para cabelos "Esthetic e hair". Restaura e define os cabelos	x	Queratina, Cloreto de cetil-trimetil amônio, metilparabeno, outros.
Recarga de queratina. Vitamina A	y	Queratina, ácido cítrico, aminoácidos, outros.
Quitina líquida, loção de spray para cabelos.	z	Queratina, dimeticose, propileno glicol, outros

De acordo com a fórmula estrutural do ácido cítrico, e os conceitos básicos de Química, identifique os grupos funcionais deste composto orgânico.



**FIGURA 7.** Fórmula estrutural do ácido cítrico.

b) A cisteína é um dos aminoácidos que formam a queratina, sua fórmula estrutural pode ser vista a seguir:



**FIGURA 8.** Fórmula estrutural da cisteína.

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

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

d) Pesquise nas farmácias outros produtos que contêm queratina.

### Respostas das questões interdisciplinares

A seguir encontram-se as respostas de algumas questões interdisciplinares.

#### Resposta da questão 1

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

#### Resposta da questão 3

**Tabela XV.** Resposta da questão 3.

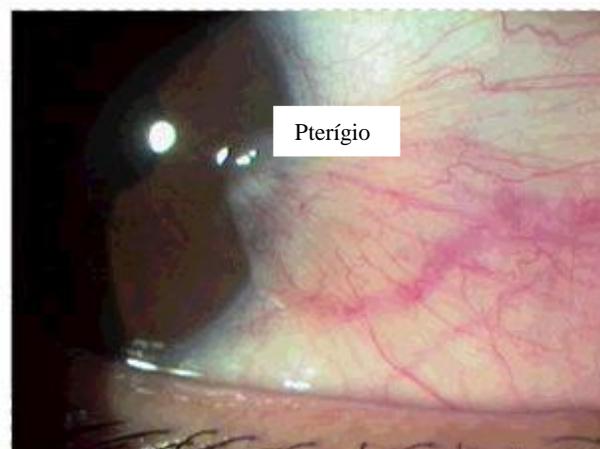
Índice (UVB)	Tempo em segundos	Potência de 10
0 a 3	5400	$10^{3,732}$
4 a 7	2400	$10^{3,380}$
8 a 11	1620	$10^{3,209}$
12 a 15	1200	$10^{3,079}$

#### Resposta da questão 4

- Diminui
- Decrescente
- 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.

#### Resposta da questão 6

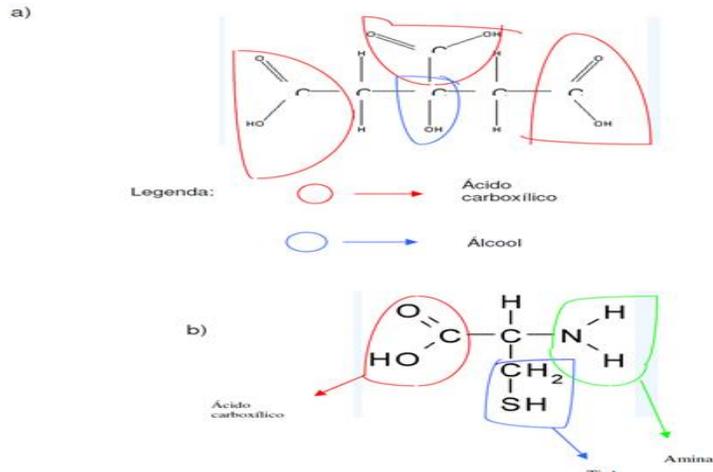
a)



**FIGURA 9.** Pterídeo humano invadindo a córnea.

c) Lentes divergentes. Imagem virtual, direita e menor.

### Resposta da questão 7



**FIGURA 11 (letras a e b).** Identificação dos grupos funcionais do ácido cítrico e cisteína, c função.

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

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostra algumas questões interdisciplinares construídas através da abordagem CTS. A escassez de materiais que favoreça a articulação entre as disciplinas e a falta de relação dos conteúdos escolares com o cotidiano do estudante, nos motiva a construir onze questões interdisciplinares para servir de apoio ao professor.

O tema das questões interdisciplinares envolve os possíveis efeitos biológicos em seres humanos provenientes da radiação ultravioleta e da radiação microonda emitida pelos aparelhos de celulares. Com o objetivo de verificar as dificuldades dos professores sobre o tema e ajudá-los a trabalhar de forma diferenciada, utilizando as questões interdisciplinares propostas nesse artigo, realiza-se um questionário de sondagem com treze professores de física e três de biologia, ambos do ensino médio. Para analisar os dados desse questionário, utiliza-se a técnica de análise de conteúdo, proposta por Bardin [18].

Além da construção das questões interdisciplinares, foi sugerida uma proposta para o professor trabalhar essas questões na sala de aula. A proposta baseia nos três momentos pedagógicos descritos por [20]: A problematização inicial, organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

As questões interdisciplinares são apenas um instrumento que auxilia o professor a integrar as disciplinas que constituem a ciência da natureza e matemática. Assim essas questões são um guia para se trabalhar com os alunos do ensino médio não sendo, portanto, uma forma única para abordar os aspectos relacionados à CTS.

## REFERENCIAS

- [1] Salém, S., *Estruturas conceituais no ensino de física*: dissertação de Mestrado. Instituto de física e faculdade de educação da universidade de São Paulo. São Paulo (1986).
- [2] Hosoume, Y., Menezes, L., *A Universidade e o Aprendizado Escolar de Ciências - Formação em Serviço de Professores de Física do 2º grau*. Universidade de São Paulo. São Paulo (1993).
- [3] Giusta, A. S., *Por uma nova concepção de currículo*. In: *Diretrizes Curriculares da escola sagarana*. (SEE/MG, PROCAD, Belo horizonte, 2001).
- [4] Japiassu, H., *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. (Imago, Rio de Janeiro, 1976).
- [5] Nóvoa, A., *Os professores e sua formação*, (Lisboa, São Paulo, 1997).
- [6] Porlan, R., Rivero, A., *El conocimiento de los profesores*, (Díada, Sevilla, 1998).
- [7] Carson, R., *Chemical Heritage Foundation*. <<http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/chemistry-in-hi.aspx>>, consultado em 05 de julho de 2013.
- [8] Kuhn, T S., *A Estrutura das Revoluções Científicas*. (Perspectiva, São Paulo, 2009).
- [9] Minas Gerais, Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais, *Projeto de desenvolvimento profissional (pdp)* (2004).
- [10] Aikenhead, G. S. Research into STS Science Education. *Educación Química*, 16, 384-397. <[http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/research\\_sts\\_ed.pdf](http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/research_sts_ed.pdf)> consultado em 23 de maio de 2008.
- [11] Cruz, S. *Aprendizagem Centrada em Eventos: uma experiência com enfoque ciência, Tecnologia e sociedade no ensino fundamental*. Tese de doutorado em educação – centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC (2001).
- [12] Pinheiro, N. A. e Silveira, R. M., Bazzo, W. A., *Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio*, *Ciência & Educação* **13**, 71-84 (2007).
- [13] Ferreira, C. Meirelles, R., <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiipec/resumos/r0932-1.pdf>>. Consultado em 20 de abril de 2013.
- [14] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)- Ciência da Natureza*. <[www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br)>, consultado em 25 de abril de 2008.
- [15] Brasil, *Lei de Diretrizes e Bases*. Consultado em <[www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br)>, consultado em 05 de julho de 2008.
- [16] Hernandez, J. S., Martins, M. I., *Categorização de questões de física do novo ENEM*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **30**, 58-83 (2013).
- [17] Moraes, R., *Análise de Conteúdo*, *Revista Educação* **22**, 7-32 (1999).
- [18] Bardin, L., *Análise de Conteúdo*, (Edições 70, São Paulo, 1977).
- [19] Ferreira, A. A., *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).

- [20] Marengão, L. S. L., Os Três Momentos Pedagógicos e a elaboração de problemas de Física pelos estudantes. *Dissertação de mestrado*. Mestrado em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal de Goiás, Goiás (2012).
- [21] Bachelard, G., *O racionalismo aplicado*, (Zahar, Rio de Janeiro, 1977).
- [22] Freire, P., *Pedagogia do oprimido*, (Paz e Terra, Rio de Janeiro, 2005).
- [23] Delizoicov, D., Angotti, J. A. P., Pernambuco, M. M., *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*, (Cortez, São Paulo, 2002).
- [24] Boice, J. & Mclaughlin, J. K., *Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk*, <[http://www.ssi.se/ssi\\_Rapporter/pdf/ssi\\_rapp\\_2002\\_16.pdf](http://www.ssi.se/ssi_Rapporter/pdf/ssi_rapp_2002_16.pdf)>, consultado em 21 de janeiro de 2007.
- [25] Anatel, Agencia Nacional de Telecomunicações Resolução n° 303 de 2 de julho de 2002.
- [26] Veja, <[abril.uol.com.br](http://abril.uol.com.br)>, consultado em 31 de julho de 2008.
- [27] Penteado, N., Torres T., *Física- Ciência e Tecnologia*, (Moderna, São Paulo, 2001).
- [28] Parente, D. R. <<http://www.danielparente.com.br>>. Acessado em 28 de janeiro de 2007.