

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA
Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Bioquímica)

ROSIRIS SINDEAUX DE ALENCAR PIRES DE OLIVEIRA

**Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens,
prevalência e intervenções**

Versão original da dissertação

São Paulo

Data do Depósito na SPG:
25/07/2016

ROSIRIS SINDEAUX DE ALENCAR PIRES DE OLIVEIRA

**Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens,
prevalência e intervenções**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Química da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ciências
(Bioquímica)

Orientador: Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

O48c Oliveira, Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de
Conceitos alternativos sobre radicais livres : origens,
prevalência e intervenções. / Rosiris Sindeaux de Alencar
Pires de Oliveira. -- São Paulo, 2016.
253p.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Química da Universidade de
São Paulo. Departamento de Bioquímica.
Orientador : Torres, Bayardo Baptista

1. Bioquímica (estudo e ensino) 2. Radicais livres I. T.
Torres, Bayardo Baptista, orientador.

574.19207 CDD

Página em branco para Folha de Aprovação.

Dedico este trabalho àqueles que me apoiaram e apostaram em mim.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Bayardo pelo período de aprendizado, acadêmico e não acadêmico, sobretudo este último, e pelo convívio cotidiano sempre muito agradável.

Agradeço à Profa. Dra. Ohara Augusto por revisar a versão piloto do Questionário de Radicais Livres.

Aos colegas matriculados na disciplina de pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* pela participação e pelas contribuições a este trabalho.

Aos professores matriculados no curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida* pela participação neste estudo.

À Secretaria do Departamento de Bioquímica do Instituto de Química, cujo zelo e dedicação permitiram a realização do curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida*.

Aos colegas do *Laboratório de Ensino de Bioquímica (LEB)* e do *Grupo de Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicação da Tecnologia no Ensino de Química (GPDATQ)* pelas contribuições a este trabalho.

E à *Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES)* pela bolsa de mestrado, que viabilizou a realização deste mestrado.

Punkinhead: — *Eu ensinei o Stripe [o cachorro] a assobiar.*
Tiger: — *Eu não ouço ele assobiando.*
Punkinhead: — *Eu disse que ensinei. Não disse que ele aprendeu.*

Bud Blake, tirinha do *Tiger*, 06/05/1974

RESUMO

Oliveira RSAP. **Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens, prevalência e intervenções.** 2016. 253p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Bioquímica). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Este trabalho teve por objetivos: levantar conceitos alternativos sobre radicais livres na mídia impressa e em livros de Bioquímica; examinar os conceitos alternativos prevalentes em pós-graduandos e em professores de Química e Biologia do Ensino Médio; e, planejar e aplicar intervenção para reduzir a influência destes conceitos. Para o levantamento na mídia impressa, foi selecionada a revista *Veja*, período de 01/01/2000 a 31/07/2014, e foram criadas as seguintes categorias para classificar o material encontrado: *Conceito Alternativo* (CA), *Informação Indutiva* (II), *Conceito Indutivo* (CI) e *Generalização Indevida* (GI), formando o grupo dos *Conceitos Não Científicos* (CNC); *Conceito Correto* (CC); *Conceito Errado* (CE); e, *não preenche os critérios de inclusão* (NPCI). Foram encontrados 294 trechos dos quais: 55,4% CA; 21,1% II; 9,2% CI; 5,4% GI; 4,1% CC; 2,7% CE; 2,0% NPCI; e, 91,2% CNC. Para o levantamento em livros de Bioquímica foram selecionados: Campbell – *Bioquímica*; Lehninger – *Princípios de Bioquímica*; Marzzoco e Torres – *Bioquímica Básica*; Stryer – *Bioquímica*; e, Voet e Voet – *Bioquímica*. A maior parte dos conceitos encontrados nos livros foram conceitos corretos, contudo 77,5% dos conceitos encontrados destacavam aspectos negativos sobre radicais livres. Para o levantamento de conceitos alternativos em pós-graduandos e professores foi desenvolvido o *Questionário de Radicais Livres* (QRL), versões piloto e final, aplicadas, respectivamente, a 14 pós-graduandos matriculados na disciplina de pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* e 31 professores matriculados no curso de extensão *Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida*, planejado com o auxílio dos pós-graduandos da disciplina. O QRL é um questionário de múltipla-escolha em etapas, composto por uma etapa de avaliação do conteúdo e outra sobre a percepção do participante sobre seu nível de certeza. Os pós-graduandos revelaram baixo domínio sobre o tema e baixo nível de certeza. Os professores, testados pré- e pós-intervenção, também apresentaram alta frequência de erros, bastante semelhante no pré- e no pós-teste, e baixo nível de certeza no pré-teste e aumento do nível de certeza no pós-teste. Acredita-se que estes resultados, tanto entre os pós-graduandos e como entre os professores, sejam reflexo da falta de contato acadêmico com o tema. Aos professores, também foram aplicados dois questionários complementares denominados *Perfil Profissional* e *Conhecimentos Sobre Radicais Livres*. Entre outras informações, os dados coletados a partir destes questionários, indicaram que os professores lecionam juntos para aproximadamente 12000 estudantes e que o curso de extensão contribuiu para aumentar seus conhecimentos sobre radicais livres. Estes dados oferecem suporte para a escolha do público-alvo e justificam a execução de cursos de extensão, tanto pelo o potencial de alcançar indiretamente um grande número de pessoas, como pela possibilidade de difusão do tema. Tanto o curso de extensão como a disciplina de pós-graduação foram muito bem avaliados pelos professores e pós-graduandos. Os altos percentuais de conceitos não científicos, principalmente conceitos alternativos, encontrados na mídia impressa, bem como os conceitos alternativos apresentados por pós-graduandos e professores, devem preocupar especialistas e cientistas, pois este tema é objeto de muitos anúncios publicitários que frequentemente incentivam o consumo de suplementos de antioxidantes. Em livros de Bioquímica, o aumento de conteúdo destacando o papel fisiológico dos radicais livres deve contribuir para desfazer o conceito disseminado de que radicais livres seriam prejudiciais à saúde.

Palavras-chave: Conceitos alternativos. Radicais livres. Antioxidantes.

ABSTRACT

Oliveira RSAP. **Misconceptions regarding free radicals: sources, prevalence, and interventions.** 2016. 253p. Master Thesis – Graduate Program in Biochemistry. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

This work aimed to survey the misconceptions regarding free radicals published in printed media and in biochemistry textbooks; to examine the misconceptions regarding free radicals prevalent among graduate students and chemistry and biology high school teachers; and to design and implement instructional intervention to reduce the influence of these misconceptions. For surveying printed media, publications from *Veja* magazine, dating from 01/01/2000 to 07/31/2014, were selected. The published material was categorized as follows: *Misconception* (MC), *Inductive Information* (II), *Inductive Concept* (IC), and *Inadequate Generalization* (IG) – collectively called *Non-Scientific Concepts* (NSC) – and *Right Concept* (RC), *Wrong Concept* (WC), and *not fit for the inclusion criteria* (NFIC). A total of 294 text excerpts were obtained, comprising 55.4% MC, 21.1% II, 9.2% IC, 5.4% IG, 4.1% RC, 2.7% WC, 2.0% NFIC, and 91.2% NSC. In order to examine the content in biochemistry textbooks, the following were selected: Campbell – *Biochemistry*; Lehninger – *Principles of Biochemistry*; Marzocco & Torres – *Basic Biochemistry*; Stryer – *Biochemistry*; and Voet & Voet – *Biochemistry*. Most of the excerpts selected from the biochemistry textbooks were right concepts. However, 77.5% of the concepts highlighted negative aspects of free radicals. To investigate misconceptions among graduate students and high school teachers, a *Free Radicals Questionnaire* (FRQ) was developed. Pilot and final versions were given to 14 students enrolled in the graduate course *Planning and Application of Didactical Sequences Encompassing Free Radicals Content* and to 31 high school teachers enrolled in the extension course *Free Radicals and its Interfaces with Life*, respectively. The extension course was planned with the assistance of graduate students enrolled in the graduate course. FRQ is a multiple choice tier test with tiers for content evaluation and the participants' perception of their level of certainty. Graduate students exhibited low levels of subject expertise and certainty. Teachers were tested pre- and post-intervention, and exhibited a high frequency of mistakes, comparable to graduate students, with similar pre- and post-test outcomes. However, their certainty level increased post-test. It is believed that these results may have occurred due to an academic lack of contact with the subject of free radicals. Additionally, two complementary questionnaires were given to the teachers: *Professional Profile* and *Free Radicals Knowledge*. Data collected from these questionnaires indicated that teachers collectively taught approximately 12,000 students and that the extension course contributed to increasing the teachers' knowledge on free radicals. These results support the choice of the target audience and justify the implementation of the extension courses, because these courses have the potential to indirectly reach a large audience and can be used for thematic dissemination of knowledge in the subject area. The extension and graduate courses were highly rated by the teachers and graduate students, respectively. The high percentage of non-scientific concepts, especially misconceptions, found in printed media, as well as the misconceptions regarding free radicals prevalent among graduate students and teachers must concern specialists and scientists, as this topic is the subject of many advertisements encouraging consumption of antioxidant supplements. In biochemistry textbooks, increasing the content highlighting the physiological role of free radicals would contribute considerably in dispelling the widespread notion that free radicals are harmful to health.

Key-Words: Misconceptions. Free radicals. Antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aprendizagem significativa <i>versus</i> aprendizagem mecânica.	21
Figura 2 – Significado do termo “radicais livres” para o trabalho.	24
Figura 3 – Etapas de análise da revista Veja.	27
Figura 4 – Sequência adotada para a confecção do QRL.	34
Figura 5 – Ordem cronológica de aplicação dos questionários aos professores da Rede Pública.	39
Figura 6 – Valores correspondentes às marcações na escala do nível de certeza.	40
Figura 7 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item1.	96
Figura 8 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 2.	97
Figura 9 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 3.	98
Figura 10 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 4.	99
Figura 11 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 5.	100
Figura 12 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 6.	101
Figura 13 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 7.	102
Figura 14 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 8.	104
Figura 15 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 9.	105
Figura 16 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 10.	106
Figura 17 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 11.	107
Figura 18 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 12.	109
Figura 19 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 13.	110
Figura 20 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 1.	111
Figura 21 – Representações para a molécula de oxigênio.	114
Figura 22 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 2.	114
Figura 23 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 4-Item 1.	116
Figura 24 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 4-Item 2.	117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência das categorias.	48
Gráfico 2 – Conceitos Alternativos: frequência das subcategorias.	49
Gráfico 3 – Informações Indutivas: frequência das subcategorias.	51
Gráfico 4 – Conceitos Indutivos: frequência das subcategorias.	52
Gráfico 5 – Generalizações Indevidas: frequência das subcategorias.	53
Gráfico 6 – Conceitos Corretos: frequência das subcategorias.	54
Gráfico 7 – Conceitos Errados: frequência das subcategorias.	55
Gráfico 8 – Curso de graduação dos pós-graduandos.	92
Gráfico 9 – Distribuição dos pós-graduandos entre licenciatura e bacharelado.	93
Gráfico 10 – Distribuição dos pós-graduandos entre instituições de Ensino Superior públicas e privadas.	93
Gráfico 11 – Pós-graduandos com curso de pós-graduação concluído.	94
Gráfico 12 – Distribuição dos pós-graduandos entre mestrado e doutorado.	94
Gráfico 13 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 1 da versão piloto do QRL.	96
Gráfico 14 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 2 da versão piloto do QRL.	97
Gráfico 15 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 3 da versão piloto do QRL.	98
Gráfico 16 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 4 da versão piloto do QRL.	99
Gráfico 17 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 5 da versão piloto do QRL.	100
Gráfico 18 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 6 da versão piloto do QRL.	101
Gráfico 19 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 7 da versão piloto do QRL.	103
Gráfico 20 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 8 da versão piloto do QRL.	104
Gráfico 21 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 9 da versão piloto do QRL.	105
Gráfico 22 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 10 da versão piloto do QRL.	106
Gráfico 23 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 11 da versão piloto do QRL.	107
Gráfico 24 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 12 da versão piloto do QRL.	109
Gráfico 25 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 13 da versão piloto do QRL.	110
Gráfico 26 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 3-Item 1 na versão piloto do QRL.	112
Gráfico 27 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 3-Item 2 da versão piloto do QRL.	115
Gráfico 28 – Formação acadêmica dos professores: Graduação.	121
Gráfico 29 – Formação acadêmica dos professores: distribuição entre instituições privadas e públicas.	122
Gráfico 30 – Formação acadêmica dos professores: Pós-graduação.	122
Gráfico 31 – Curso de graduação dos professores matriculados no curso de extensão.	123
Gráfico 32 – Desempenho dos professores: QRL – Item 1.	125
Gráfico 33 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 1.	125
Gráfico 34 – Desempenho dos professores: QRL – Item 6.	128
Gráfico 35 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 6.	128
Gráfico 36 – Desempenho dos professores: QRL – Item 10.	129
Gráfico 37 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 10.	129
Gráfico 38 – Desempenho dos professores: QRL – Item 20.	130
Gráfico 39 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 20.	130
Gráfico 40 – Desempenho dos professores: QRL – Item 2.	131

Gráfico 41 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 2.	131
Gráfico 42 – Desempenho dos professores: QRL – Item 17.	132
Gráfico 43 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 17.	133
Gráfico 44 – Desempenho dos professores: QRL – Item 3.	134
Gráfico 45 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 3.	134
Gráfico 46 – Desempenho dos professores: QRL – Item 12.	135
Gráfico 47 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 12.	135
Gráfico 48 – Desempenho dos professores: QRL – Item 18.	136
Gráfico 49 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 18.	137
Gráfico 50 – Desempenho dos professores: QRL – Item 4.	138
Gráfico 51 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 4.	138
Gráfico 52 – Desempenho dos professores: QRL – Item 11.	139
Gráfico 53 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 11.	139
Gráfico 54 – Desempenho dos professores: QRL – Item 19.	140
Gráfico 55 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 19.	140
Gráfico 56 – Desempenho dos professores: QRL – Item 5.	141
Gráfico 57 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 5.	141
Gráfico 58 – Desempenho dos professores: QRL – Item 21.	142
Gráfico 59 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 21.	142
Gráfico 60 – Desempenho dos professores: QRL – Item 7.	143
Gráfico 61 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 7.	144
Gráfico 62 – Desempenho dos professores: QRL – Item 14.	144
Gráfico 63 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 14.	145
Gráfico 64 – Desempenho dos professores: QRL – Item 23.	145
Gráfico 65 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 23.	146
Gráfico 66 – Desempenho dos professores: QRL – Item 8.	147
Gráfico 67 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 8.	147
Gráfico 68 – Desempenho dos professores: QRL – Item 16.	148
Gráfico 69 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 16.	148
Gráfico 70 – Desempenho dos professores: QRL – Item 9.	149
Gráfico 71 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 9.	150
Gráfico 72 – Desempenho dos professores: QRL – Item 15.	150
Gráfico 73 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 15.	151
Gráfico 74 – Desempenho dos professores: QRL – Item 13.	151
Gráfico 75 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 13.	152
Gráfico 76 – Desempenho dos professores: QRL – Item 22.	152
Gráfico 77 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 22.	153
Gráfico 78 – Contato dos professores com o tema radicais livres na formação escolar.	154
Gráfico 79 – Percepção dos professores sobre seu nível de conhecimento sobre radicais livres pré- e pós-intervenção.	162
Gráfico 80 – Número potencial de estudantes atingidos pelo curso de extensão.	163

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos conceitos: Parte 2 – Itens 1 a 13.	36
Quadro 2 – Classificação dos conceitos: Parte 3 – Item 1.	37
Quadro 3 – Classificação dos conceitos: Parte 3 – Item 2.	37
Quadro 4 – Descrição e exemplo da categoria CC.	43
Quadro 5 – Descrição e exemplo da categoria CE.	43
Quadro 6 – Descrição e exemplos do grupo de Conceitos Não Científicos: CA, GI, CI e II.	44
Quadro 7 – Descrição e exemplo da categoria NPCI.	45
Quadro 8 – Legenda do Gráfico 2: Conceitos Alternativos.	49
Quadro 9 – Legenda do Gráfico 3: Informações Indutivas.	51
Quadro 10 – Legenda do Gráfico 4: Conceitos Indutivos.	52
Quadro 11 – Legenda do Gráfico 5: Generalizações Indevidas.	53
Quadro 12 – Legenda do Gráfico 6: Conceitos Corretos.	54
Quadro 13 – Legenda do Gráfico 7: subcategorias de Conceitos Errados.	55
Quadro 14 – Trechos classificados como NPCI.	56
Quadro 15 – Edições analisadas do livro Campbell – Bioquímica.	60
Quadro 16 – Edições analisadas do livro Lehninger – Princípios de Bioquímica.	62
Quadro 17 – Edições analisadas do livro Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica.	71
Quadro 18 – Edições analisadas do livro Stryer – Bioquímica.	78
Quadro 19 – Edições analisadas do livro Voet e Voet– Bioquímica.	83
Quadro 20 – Livros de Bioquímica: frequência dos principais tópicos relacionados a radicais livres e antioxidantes.	89
Quadro 21 – Livros de Bioquímica: exemplos de trechos para cada tópico apresentado no Quadro 20.	90
Quadro 22 – Exemplos de respostas dos pós-graduandos: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 1.	113
Quadro 23 – Exemplos de respostas dos pós-graduandos: versão piloto do QRL – Parte 3-Item 2.	115
Quadro 24 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 1 da versão piloto do QRL (a).	116
Quadro 25 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 1 da versão piloto do QRL (b).	116
Quadro 26 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 2 da versão piloto do QRL.	117
Quadro 27 – Conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos.	119
Quadro 28 – Legenda do Gráfico 78: contato dos professores com o tema radicais livres.	154
Quadro 29 – KR-20 para as respostas dos professores à 1ª etapa da versão final do QRL.	157
Quadro 30 – Avaliação da disciplina pelos pós-graduandos.	159
Quadro 31 – Síntese das Atividades do curso Radicais Livres.	160
Quadro 32 – Avaliação do curso de extensão pelos participantes.	161

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura/Sigla	Significado
ANER	Associação Nacional de Editores de Revistas
AO	Antioxidante / Antioxidantes
ATP	Adenosina trifosfato
CA	Conceito Alternativo
CC	Conceito Correto
CE	Conceito Errado
CI	Conceito Indutivo
Class.	Classificação
COR	Correta
CNC	Conceitos Não Científicos
CTE	Cadeia de Transporte de Elétrons
ECR	Eu “chutei” as respostas
ERO	Espécies Reativas de Oxigênio
ERN	Espécies Reativas de Nitrogênio
Ex.	Exemplo / Exemplos
F	Falso
FIB	Faculdades Integradas de Bauru
FN	Falso Negativo
FOC	Faculdades Oswaldo Cruz
FP	Falso Positivo
GEPEQ	Grupo de Pesquisa em Educação Química
GI	Generalização Indevida
IB-USP	Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo
IFSP	Instituto Federal de São Paulo
II	Informação Indutiva
INC	Incorreta
IQ-USP	Instituto de Química da Universidade de São Paulo
IVC	Instituto Verificador de Circulação
LDL	<i>Low Density Lipoprotein</i> (Lipoproteína de Baixa Densidade)
NA	Não aplicável

(continua na próxima página)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (continuação)

Abreviatura/Sigla	Significado
Mackenzie	Universidade Presbiteriana Mackenzie
NPCI	Não preenche os critérios de inclusão
NR	Não respondeu
NTC	Não tenho certeza
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PUCAMP	Pontifícia Universidade Católica de Campinas
QRL	Questionário de Radicais Livres
RL	Radical livre / Radicais livres
SCat.	Subcategorias
TC	Tenho certeza
UFABC	Universidade Federal do ABC
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNG	Universidade de Guarulhos
UNIARARAS	Centro Universitário Hermínio Ometto
UNIB	Universidade Ibirapuera
UNIBAN	Universidade Bandeirante de São Paulo
UNICASTELO	Universidade Camilo Castelo Branco
UNICSUL	Universidade Cruzeiro do Sul
UNIFAL	Universidade Federal de Alfenas
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
UNINOVE	Universidade Nove de Julho
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
UNIP	Universidade Paulista
USP	Universidade de São Paulo
V	Verdadeiro
%	Frequência percentual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS.....	26
3	PROCEDIMENTOS.....	27
3.1	LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES NA MÍDIA IMPRESSA	27
3.1.1	Análise e classificação dos conceitos	29
3.1.2	Validação das categorias.....	31
3.2	LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES EM LIVROS DE BIOQUÍMICA 32	
3.3	DIAGNÓSTICO DE CONCEITOS ALTERNATIVOS SOBRE RADICAIS LIVRES	33
3.3.1	Desenvolvimento do Questionário de Radicais Livres	33
3.3.1.1	<i>Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL</i>	<i>36</i>
3.3.1.2	<i>Classificação dos conceitos na versão final do QRL.....</i>	<i>38</i>
3.3.2	Conceitos alternativos entre os pós-graduandos	38
3.3.3	Conceitos alternativos entre professores da rede pública.....	38
3.3.3.1	<i>Perfil Profissional.....</i>	<i>39</i>
3.3.3.2	<i>Pré-Questionário de Radicais Livres</i>	<i>39</i>
3.3.3.3	<i>Pós-Questionário de Radicais livres.....</i>	<i>40</i>
3.3.3.4	<i>Conhecimentos Sobre Radicais Livres.....</i>	<i>41</i>
3.4	PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE INTERVENÇÃO	41
3.4.1	Disciplina de Pós-graduação Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres.....	41
3.4.2	Curso de Extensão Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES NA MÍDIA IMPRESSA	43
4.1.1	Descrição das categorias de classificação dos conceitos	43
4.1.2	Frequência das categorias e subcategorias	47
4.1.2.1	<i>Considerações.....</i>	<i>56</i>
4.1.3	Validação das categorias.....	58
4.2	LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES EM LIVROS DE BIOQUÍMICA 60	
4.2.1	Campbell – Bioquímica.....	60
4.2.2	Lehninger – Princípios de Bioquímica	62
4.2.3	Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica	71
4.2.4	Stryer – Bioquímica	78
4.2.5	Voet e Voet - Bioquímica	83
4.2.6	Considerações Gerais.....	87
4.3	DIAGNÓSTICO DE CONCEITOS ALTERNATIVOS SOBRE RADICAIS LIVRES	91
4.3.1	Questionário de Radicais Livres	91

4.3.2	Conceitos alternativos entre os pós-graduandos	92
4.3.2.1	<i>Versão piloto do QRL: Parte 1</i>	92
4.3.2.2	<i>Versão piloto do QRL: Parte 2</i>	95
4.3.2.3	<i>Versão piloto do QRL: Parte 3</i>	111
4.3.2.4	<i>Versão piloto do QRL: Parte 4</i>	116
4.3.2.5	<i>Considerações sobre a versão piloto do QRL e o desempenho dos pós-graduandos</i>	118
4.3.2.6	<i>Conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos</i>	118
4.3.3	Conceitos alternativos entre professores da rede pública.....	120
4.3.3.1	<i>Perfil Profissional.....</i>	121
4.3.3.2	<i>Conceitos alternativos apresentados pelos professores da Rede Pública.....</i>	123
a)	Grupo 1 – Radicais livres são extremamente instáveis e altamente reativos	124
b)	Grupo 2 – Radicais livres prejudicam o funcionamento celular.....	131
c)	Grupo 3 – Exercícios físicos diminuem a formação radicais livres.....	133
d)	Grupo 4 – Radicais livres ocorrem em situações anormais do organismo	137
e)	Grupo 5 – Vitaminas e antioxidantes são sinônimos.....	141
f)	Grupo 6 – Radicais livres são prejudiciais à saúde.....	143
g)	Grupo 7 – O elétron desemparelhado sempre confere instabilidade ao radical livre.....	146
h)	Grupo 8 – Suplementos de antioxidantes combatem os radicais livres	149
i)	Grupo 9 – Radicais livres causam envelhecimento	151
4.3.3.3	<i>Conhecimentos Sobre Radicais Livres.....</i>	153
4.3.4	Validação e Confiabilidade do Questionário de Radicais Livres	154
4.4	DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DAS INTERVENÇÕES	157
4.4.1	Disciplina Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres	158
4.4.2	Curso Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida.....	160
5	CONCLUSÃO.....	164
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167
	APÊNDICES.....	180
	ANEXOS	229

1 INTRODUÇÃO

O livro infantil *Peixe é Peixe* [*Fish is Fish*] de Leo Lionni (1970) [...] conta a história de um peixe que está interessado em aprender sobre a vida na terra, mas infelizmente não pode explorar nenhum lugar além dos limites de sua pequena lagoa. Ele se torna amigo de um girino que posteriormente se transforma em um sapo e pode se mover para fora da lagoa até a terra. O sapo, então, retorna para a lagoa e relata o que viu para o peixe. O sapo descreve todo tipo de coisas como pessoas, pássaros e vacas. As ilustrações do livro retratam as representações mentais do peixe para cada uma das coisas descritas pelo sapo; cada criatura terrestre tem um corpo de peixe que é ligeiramente adaptado para acomodar a descrição do sapo. As pessoas são imaginadas como peixes que andam sobre suas caudas, pássaros são peixes com asas e vacas são peixes com úberes (Lionni, 1970 apud Wenning, 2008).

Entendemos o mundo a partir de nossas próprias experiências e só podemos atribuir sentido a processos e fenômenos – do dia a dia, da instrução formal, dos meios de comunicação – a partir de nosso próprio rol de símbolos, palavras e conhecimentos, constantemente modificados e aperfeiçoados.

Como o peixe da história infantil de Leo Lionni, não somos capazes de interpretar apropriadamente, ou mesmo interpretar de alguma forma, conhecimentos para os quais não possuímos as chaves para decodificação, como símbolos cujo significado desconhecemos ou palavras das quais ignoramos os sentidos em diferentes contextos.

Scatigno e Torres (2016) apresentam exemplos desta situação em depoimentos de estudantes de Nutrição ao falar sobre suas dificuldades na disciplina de Bioquímica:

“ ... não consegui imaginar sobre o que a professora estava falando ... ”;
... não consigo imaginar esses desenhos acontecendo ... ”; *“A única [sic] dificuldade que encontrei foi em relação às reações químicas ... ”;* *“ ... a única [sic] dificuldade que encontro é em especificar as ligações (desenhos) dos compostos estudados ... ”*

Na falta de um repertório de conhecimentos prévios apropriados que permitam atribuir sentido aos conhecimentos com os quais entram em contato, os aprendizes recorrem à memorização de fatos e informações (Moreira et al, 2002; Parolo et al, 2004; Morton et al, 2008).

Neste cenário de aprendizagem frágil e com pouco ou nenhum significado, o aprendiz fica à mercê de construções cognitivas alternativas à realidade, construídas por ele ou provenientes de outras fontes, como aquelas do peixinho da história.

Assim nascem os conceitos alternativos.

Conceitos Alternativos

Conceitos alternativos são conceitos trazidos pelos estudantes – ou qualquer indivíduo em situação de aprendizagem, formal ou informal – em desacordo com os conhecimentos científicos (Driver, 1988; Clement et al, 1989; Skelly, 1993; Campanario; Otero, 2000; Arslan et al, 2012; Yakmaci-Guzel, 2013) e que são bem estabelecidos nos modos de pensar dos estudantes (Treagust, 1988).

Os conceitos alternativos são estruturas cognitivas fortemente arraigadas e que interferem com a aquisição de novos conhecimentos (Pfundt; Duit, 1991 apud Wenning, 2008; Hammer, 1996 apud Pesman; Eryilmaz, 2010; Hasan, 1999).

E se distinguem da falta de conhecimento, ou seja, de conceitos meramente incorretos, por serem persistentes e permanecerem retidos na estrutura cognitiva¹ dos aprendizes, mesmo na presença de instrução formal, a menos que eles sejam explicitamente abordados (Wandersee et al, 1994 apud Coley, 2015). A falta de conhecimento, por sua vez, pode ser remediada por meio da instrução e do aprendizado subsequente, enquanto os conceitos alternativos dificultam a aceitação e integração apropriada de novos conhecimentos e habilidades (Hasan, 1999).

Ao longo das décadas de investigação sobre conceitos alternativos, foram utilizadas muitas denominações diferentes para estes conceitos, adotadas pela Psicologia e a Pedagogia, tais como: concepções, concepções ingênuas, ciência das crianças (Driver, 1988; Vázquez Alonso, 1994; Yakmaci-Guzel, 2013), ideias prévias, concepções espontâneas, esquemas conceituais alternativos (Vázquez Alonso, 1994); e seus correspondentes em inglês *alternative conceptions* (Driver, 1988; Yakmaci-Guzel, 2013), *misconceptions*, *misunderstandings*, *conceptual framework* e *conceptual reasoning* (Zoller, 1996). Em português, a denominação mais consagrada, e que é adotada neste trabalho, é *conceitos alternativos*.

A investigação destes conceitos e de sua prevalência nas mais diversas áreas iniciou-se no final da década de 1970 e resultou em um grande volume de publicações (Alís, 2005). Teve como marco inicial as observações realizadas por Viennot, em 1979, sobre as ideias espontâneas dos alunos em Dinâmica (Alís, 2005; Campanario; Otero, 2000), sendo seguidas por período de extensa investigação na área da Mecânica (Alís, 2005; Wenning, 2008).

¹ Estrutura cognitiva: complexo organizado de informações armazenadas na mente do ser que aprende (Moreira, 1999).

As décadas de 1980 e 1990 foram muito significativas quanto ao volume de produção sobre conceitos alternativos, notadamente no campo da Física (Campanario; Otero, 2000; Wenning, 2008). Desde então, outras áreas vêm sendo investigadas como: a Química (Luxford; Bretz, 2014; Tümay, 2016; Handenfeldt et al, 2016); a Biologia (Andrews et al, 2012; Coley; Tanner, 2015; Tshuma; Sanders, 2015); a Fisiologia (Garvin-Doxas et al, 2007; Guy, 2012; Mcfarland et al, 2016); e, a Bioquímica (Martins, 2012; Montagna, 2014; Linenberger; Bretz, 2014), dentre muitas outras.

Wandersee, Mintzes e Novak (1994 apud Wenning, 2008) em suas “*emerging research-based claims relating to alternative conceptions in science*”, apresentam oito aspectos importantes com relação a este tema:

- 1° Os alunos chegam para a instrução formal de ciência com um conjunto de conceitos alternativos em relação a eventos e objetos da natureza.
- 2° Os conceitos alternativos trazidos pelos alunos para a instrução formal de ciência independem de idade, habilidade, gênero e fronteiras culturais.
- 3° Os conceitos alternativos são persistentes e resistentes à instrução por estratégias convencionais.
- 4° Frequentemente estão em paralelo com explicações de fenômenos naturais de gerações anteriores de cientistas e filósofos.
- 5° Têm suas origens em um conjunto de experiências pessoais diversas que incluem observação direta e percepção, cultura de grupo e linguagem, assim como as explicações dos professores e materiais didáticos.
- 6° Os professores frequentemente possuem os mesmos conceitos alternativos que seus estudantes.
- 7° O conhecimento prévio dos alunos interage com o conhecimento apresentado na instrução formal, resultando em um conjunto diversificado de aprendizados não intencionais.
- 8° Abordagens instrucionais que facilitam a mudança conceitual podem ser ferramentas eficazes em sala de aula.

Os conceitos alternativos resultam, portanto, de diversos fatores que incluem experiências sensoriais, *background* cultural, convívio com os pares, instrução formal (Duit; Treagust, 1995 apud Chandrasegaran et al, 2007), conteúdo de livros, experiências do cotidiano (Keeley, 2012) e informações veiculadas em mídias de massa (Duit; Treagust, 1995 apud Chandrasegaran et al, 2007; Keeley, 2012).

Coley e Tanner (2012; 2015) relacionam conceitos alternativos (em Biologia) a modos de pensar intuitivos denominados construções cognitivas (*cognitive construals*). Estas construções cognitivas podem ser de três tipos: pensamento teleológico, pensamento essencialista e pensamento antropocêntrico.

O pensamento teleológico é caracterizado por raciocínio causal, no qual se atribui finalidade para objetos e fenômenos. Por exemplo, “o fígado faz gliconeogênese para manter

a glicemia”. O pensamento essencialista é aquele no qual acredita-se que uma característica ou propriedade fundamental de estruturas biológicas, espécies ou sistemas determina características ou a identidade de todo o grupo. Por exemplo, “células diferentes em um mesmo organismo possuem características físicas diferentes e, por isso, devem conter DNAs diferentes”. E o pensamento antropocêntrico é tendência de pensar a respeito de espécies e processos biológicos desconhecidos por analogia aos seres humanos. Por exemplo, “as plantas absorvem seu alimento do solo através das raízes”.

Apesar das diversas origens, uma característica é comum a todos os conceitos alternativos: se eles não são desafiados, tornam-se integrados à estrutura cognitiva dos estudantes e interferem com o aprendizado subsequente. Como consequência, os estudantes têm dificuldade em integrar novas informações às suas estruturas cognitivas e aprendem novos conceitos de maneira inapropriada (Treagust, 2006).

Aprendizagem Significativa: Por que investigar conceitos alternativos?

O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isso e o ensine de acordo (Ausubel et al., 1978, p. iv).

David Ausubel, formulador da Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel et al, 2000), dava grande importância a que se conhecesse o que os estudantes sabem antes de ensiná-los.

Em sua teoria, Ausubel estabelece a distinção entre dois tipos de aprendizagem: (i) a *aprendizagem mecânica*, na qual o conhecimento fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva e ocorre por meio da memorização; e, (ii) a *aprendizagem significativa*, que ocorre por meio da interação de uma nova informação com outra já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, produzindo modificação de ambas (Moreira, 1999; Ausubel, 2000).

Na aprendizagem significativa, a interação entre o conhecimento prévio, denominado subsunçor² (Moreira, 1999) ou conceito âncora (Tavares, 2004), e o conhecimento novo permite a ancoragem do conhecimento novo ao conhecimento prévio, incorporando o novo conhecimento à estrutura cognitiva do indivíduo e modificando o conhecimento prévio e o conhecimento novo (Figura 1, a). Já na aprendizagem mecânica (Figura 1, b), a interação entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo se dá de maneira fraca, havendo apenas

² Subsunçor: palavra aportuguesada do inglês *subsumer* (Moreira, 1999; Pelizzari et al, 2002).

sjustaposição entre os dois conhecimentos, sem que haja a modificação de nenhum deles ou aquisição de quaisquer significados (Moreira, 1999; Ausubel, 2000).

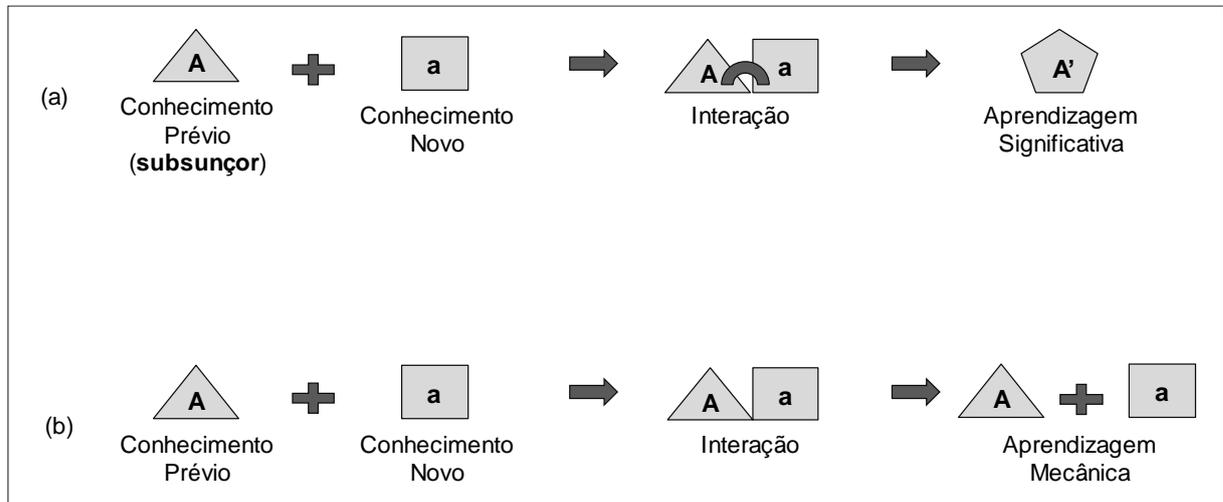


Figura 1 – Aprendizagem significativa *versus* aprendizagem mecânica.
Fonte: Adaptado de Cicuto (2011, p. 36) e Moreira (1999, p. 157).

Esta teoria torna clara a necessidade de conhecer o aprendiz, o contexto no qual está inserido, seu conhecimento prévio e seus conceitos (incluindo os equivocados) a respeito do mundo, dos fenômenos naturais, das explicações científicas e das informações que chegam até ele.

A resistência dos conceitos alternativos à mudança, segundo Chinn e Brewer (1993 apud Caleon; Subramaniam, 2010a) está relacionada à profundidade com que estes conceitos estão arraigados em uma rede de conceitos.

Desta forma, a Teoria da Aprendizagem Significativa oferece fundamentos que justificam a preocupação em investigar e encontrar formas de corrigir conceitos alternativos, pois: (i) os conceitos alternativos podem ser incorporados significativamente à estrutura cognitiva e (ii) eles não são bons subsunçores, porque são distorções dos conceitos cientificamente corretos.

A partir dos estudos de Ausubel sobre aprendizagem significativa e da importância dada por ele aos conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para o processo instrucional, pesquisadores de diversas áreas passaram a dar importância aos conhecimentos prévios dos estudantes, dando início às investigações sobre o assunto (Campanario; Otero, 2000).

Transposição Didática: Como os conceitos alternativos podem se formar?

Transposição didática é o processo pelo qual um elemento de saber passa por adaptações (deformações, segundo Chevallard) que irão torná-lo apto a ser ensinado (Chevallard, 2009, p. 16).

O conceito de transposição didática foi proposto inicialmente por Michel Verret em 1975 (Astolfi, 1997 apud Alves Filho, 2000, p. 219) e mais tarde foi estruturado por Yves Chevallard em *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné* (1985 apud Alves Filho, 2000, p. 219).

Nesta obra, Chevallard estabelece a distinção entre três qualidades de saber: o *Saber Sábio*, o *Saber a Ensinar* e o *Saber Ensinado*.

O *Saber Sábio* é aquele dos especialistas (Chevallard, 2009, p. 31), que é produzido pela comunidade científica (Martins, 2012, p. 18).

O *Saber a Ensinar* é aquele presente, explicitamente, nos programas escolares (currículos) ou, implicitamente, na interpretação destes programas (Chevallard, 2009, p. 45).

E o *Saber Ensinado*, por sua vez, é o saber tal como é ensinado (Chevallard, 2009, p. 16), ou seja, é aquele que efetivamente aparece na sala de aula (Martins, 2012, p. 19).

A transposição didática encontra-se tanto na adaptação que o *Saber Sábio* precisa sofrer para ser transformado em *Saber a Ensinar*, como naquela sofrida pelo *Saber a Ensinar* para se tornar um *Saber Ensinado* (Martins, 2012, p. 19). Chevallard estabelece a relação entre estes três saberes e a transposição didática da seguinte forma:

Um conteúdo de saber [*Saber Sábio*] que tenha sido designado como saber a ensinar, sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos ensinados [*Saber Ensinado*]. O “trabalho” de transformar um objeto do saber a ensinar [*Saber a Ensinar*] em um objeto ensinado [*Saber Ensinado*], é denominado *transposição didática* (Chevallard, 2009, p. 45).

Este trabalho de transformar o conhecimento descrito por Chevallard é o trabalho realizado por especialistas, professores, autores de livros didáticos e meios de comunicação ao adaptar conteúdos técnicos para públicos não especializados.

A transposição didática é necessária, e desejável, quando se pretende fazer com que o conhecimento técnico atinja indivíduos menos especializados ou leigos; contudo a simplificação de conceitos que se faz necessária durante este processo pode levar à formação e/ou disseminação de conceitos alternativos. Estes conceitos alternativos têm sido estudados em muitas áreas do conhecimento (Lee, 2006; Ozgur; Pelitoglu, 2008; Sbaragli; Santi, 2011;

Martins, 2012; Pekdag; Azizoglu, 2013; Gericke et al, 2014), dada a importância da transposição didática inadequada na sua disseminação.

Radicais livres

A Bioquímica é uma disciplina difícil para muitos estudantes, pois depende de muitos conceitos abstratos que não podem ser relacionados às experiências do cotidiano (Villafañe et al, 2011). E não é diferente com relação aos radicais livres.

Contudo, ao contrário da maioria destes conceitos bioquímicos abstratos que são tratados apenas na esfera escolar e acadêmica, o tema *radicais livres* ganha espaço nos meios de comunicação, muitas vezes de forma distorcida.

Radical livres são espécies químicas (moléculas ou íons) que apresentam um ou mais elétrons desemparelhados, ou seja, possuem elétrons que ocupam sozinhos um orbital atômico ou molecular (Augusto, 2006, p. 33; Halliwell, 2011), característica esta que confere alta reatividade à maioria destas espécies químicas (Atkins; Jones, 2006, p. 177; Marzocco; Torres, 2015, p. 144).

Alguns radicais livres de importância biológica podem ser agrupados junto a espécies químicas não radicalares, sob a denominação *Espécies Reativas*, termo utilizado para designar espécies químicas radicalares ou não radicalares. Estas espécies químicas são denominadas *Espécies Reativas de Oxigênio* (ERO), quando provenientes da redução do oxigênio (como o radical hidroxila, o ânion radical superóxido, o peróxido de hidrogênio, etc.) e *Espécies Reativas de Nitrogênio* (ERN), quando derivadas do óxido nítrico (Winterbourn, 2008 apud Forman et al, 2015; Santo, 2016).

As ERO são produzidas normalmente pelas mitocôndrias, principal fonte endógena destas espécies químicas, pelos retículos endoplasmáticos, peroxissomos, neutrófilos e macrófagos (Santo, 2016). Elas desempenham papel fisiológico em muitos processos celulares como: a transdução de sinal envolvida no crescimento e diferenciação celulares; o *burst* oxidativo em fagócitos e a resposta imunológica envolvendo linfócitos T; a sinalização celular para mudanças na concentração de oxigênio; a adesão celular; e, a apoptose (Valko, 2007). E também estão envolvidas no envelhecimento e em processos patológicos como câncer, *Diabetes mellitus*, arteriosclerose e doenças neurodegenerativas (Dröge, 2002).

O óxido nítrico, principal representante das ERN, é uma molécula sinalizadora em muitos processos fisiológicos como: o relaxamento muscular, resultando em vasodilatação e

regulação da pressão sanguínea; a neurotransmissão em áreas cerebrais relacionadas à cognição; e mecanismos de defesa, como a ação tóxica de seus derivados em microorganismos fagocitados por macrófagos (Santo, 2016). Por outro lado, o peroxinitrito, produto da reação de óxido nítrico com o ânion radical superóxido, reage e danifica moléculas de DNA, lipídeos e proteínas, e está relacionado a patologias como doenças cardíacas e vasculares, câncer e doenças neurodegenerativas (Pacher et al, 2007).

No âmbito deste trabalho, o termo “*radicais livres*” é usado para designar espécies reativas de maneira geral, envolvidas em processos biológicos normais e patológicos, tanto as ERO quanto as ERN (Figura 2), por se tratar de um termo mais “popular”, principalmente na mídia. E o termo “*antioxidante*” é usado para designar um composto que previne ou atrasa a oxidação de outro composto (Bast; Haenen, 2013).

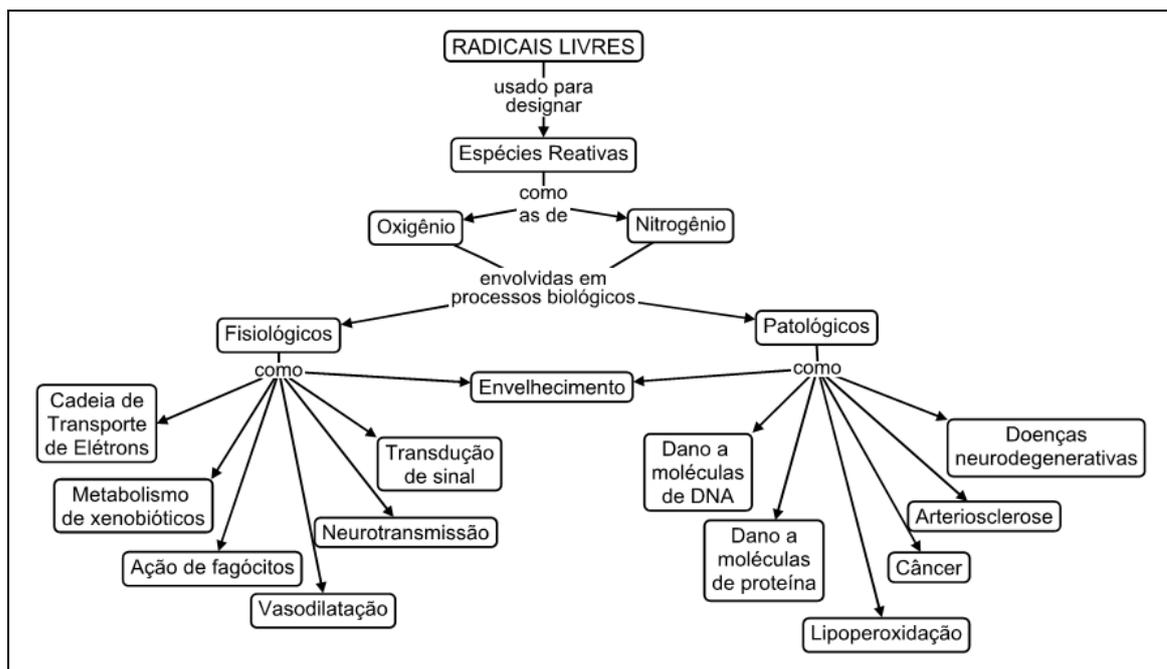


Figura 2 – Significado do termo “radicais livres” para o trabalho.

Radicaís livres e conceitos alternativos

Uma consulta na *internet*, por meio do Google, usando “*radicais livres*” como termo de busca, gera grande volume de conteúdo: aproximadamente 421.000 resultados (Google, 2016). Muitas destas informações são direcionadas ao público leigo ou divulgadas por autores anônimos e/ou não vinculados a instituições acadêmicas ou reconhecidamente credenciadas como autoridades na área. Esta pode ser uma fonte de confusões para o leitor que não tem

solidamente estabelecidos os critérios para julgar a qualidade e a veracidade destas informações.

As publicações acadêmicas sobre conceitos alternativos a respeito de radicais livres são mais escassas. Foram localizados dois trabalhos que investigaram conceitos alternativos sobre radicais livres, Silva et al. (2009) e Santos et al. (2013), e um trabalho que menciona conceitos sobre radicais livres, Diniz Júnior e Silva (2016).

Em Silva et al. (2009) e Santos et al. (2013) as definições de *conceitos alternativos*, *conceitos corretos* e *conceitos errados* sobre radicais livres, bem como os conceitos enquadrados em cada uma destas categorias, diferem daquelas adotadas neste trabalho.

Diniz Júnior e Silva (2016) tratam da aprendizagem de alunos do Ensino Médio segundo a abordagem educacional CTS (Ciência, Tecnologia e Ambiente) e apresenta respostas de alguns estudantes a respeito de radicais livres.

Segundo Halliwell (2012):

A terminologia “rico em antioxidantes” se tornou facilmente equiparada a “benéfico” na mente do público [leigo] (e na mente de muitos pesquisadores), levando à noção de que se alguns antioxidantes são bons, então mais deve ser melhor.

Esta ideia, junto à ideia de que radicais livres são prejudiciais, é bastante explorada na mídia, especialmente em propagandas, enganosas, que induzem o consumo de suplementos de antioxidantes.

Diante da escassez de publicações acadêmicas tratando de conceitos alternativos sobre radicais livres e da disseminação destes conceitos na mídia, é cabível uma investigação detalhada sobre quais são estes conceitos alternativos, suas possíveis fontes e possibilidades de intervenção corretiva.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

1. Levantar os conceitos alternativos sobre radicais livres:
 - 1.1 Na mídia impressa.
 - 1.2 Em livros de Bioquímica.

2. Examinar as concepções alternativas prevalentes em:
 - 2.1 Um grupo de pós-graduandos.
 - 2.2 Professores de Química e Biologia da Rede Pública de Ensino.

3. Planejar e aplicar intervenção, por meio de um curso de extensão destinado a professores da Rede Pública de Ensino do Estado de São Paulo, planejado com o auxílio de estudantes de pós-graduação matriculados em uma disciplina especialmente proposta para este fim.

3 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos adotados para desenvolver o Objetivo 1.1 encontram-se na Seção 3.1 e, para o Objetivo 1.2, na Seção 3.2; para o Objetivo 2, na Seção 3.3; e, para o Objetivo 3, na Seção 3.4.

3.1 LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES NA MÍDIA IMPRESSA

A mídia impressa selecionada para desenvolver este objetivo foi a revista Veja, por ser esta a revista semanal de maior circulação nacional, segundo dados da Associação Nacional de Editores de Revista (ANER, 2011-2014) e possuir acervo digital de acesso gratuito.

As principais etapas envolvidas na análise do material da revista Veja podem ser observadas na Figura 3.

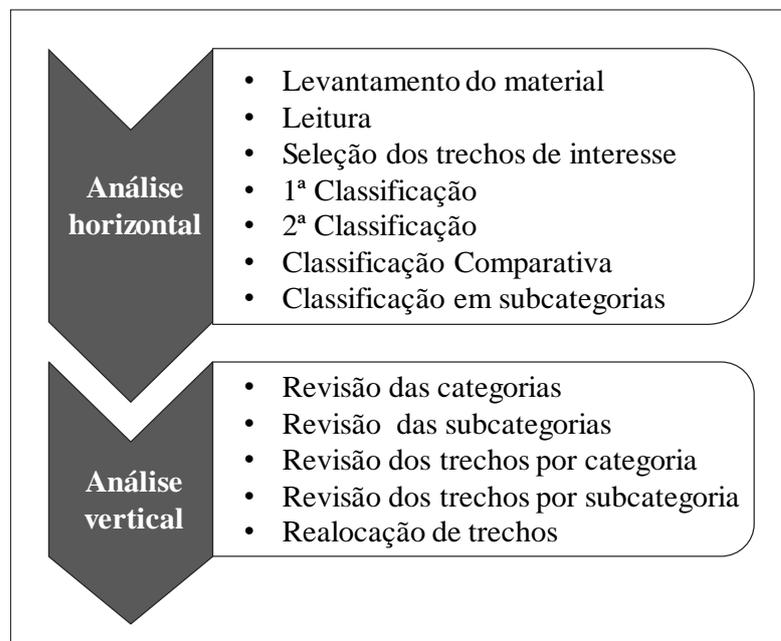


Figura 3 – Etapas de análise da revista Veja.

O levantamento de material da revista foi realizado no Acervo Digital Veja (Veja, 2014), com os critérios de busca descritos a seguir:

- i. Em *Busca Avançada, Com a Expressão exata*, utilizou-se o termo *radicais livres*, sem aspas, para o período de 01/01/2000 a 31/12/2009; e, em *Busca*, para o mesmo termo e período de 01/01/2010 a 31/07/2014;
- ii. Em *Busca Avançada, Com a expressão exata*, utilizou-se o termo *antioxidantes*, sem aspas, para o período de 01/01/2000 a 31/12/2009; e, em *Busca*, para o mesmo termo e período de 01/01/2010 a 31/07/2014.

A modalidade *Busca* foi utilizada devido à indisponibilidade, até a data de acesso, da *Busca Avançada* para o referido período. O material foi acessado entre 21/07/2014 e 27/10/2014.

Como critérios de inclusão, os trechos selecionados deveriam:

- a. Conter informação explícita sobre radicais livres e/ou antioxidantes e suas ações na saúde/doença, incluindo repetições do mesmo conceito em cada matéria para estabelecer a frequência do conceito.

Exemplos:

- (1) “*Frutas – São ricas em nutrientes como as vitaminas A e C, de função antioxidante, que previnem a ação dos radicais livres*” (Veja, 2012, Edição 2257, p. 72);
- (2) “*Os radicais livres [...] danificam o DNA [...]*” (Veja, 2009, Edição 2094, p. 86);
- (3) “*[...] a jabuticaba, que tem um poder antioxidante superior ao do açaí*” (Veja, 2007, Edição 2003, p. 106);

- b. Identificar compostos mencionados pelo nome (por exemplo, luteína, zeaxantina) como antioxidantes.

Exemplo:

“*Outro benefício do ovo é a presença de antioxidantes, como a luteína e a zeaxantina, que ajudam a prevenir a degeneração macular*” (Veja, 2006, Edição 1976, p. 104);

- c. Relacionar um composto mencionado a radicais livres, quando este composto for um antioxidante indicado pelo nome, mas não mencionar que se trata de antioxidante.

Exemplo:

“*Vitaminas A, C e E, licopeno, carotenoides e flavonoides, presentes em frutas, legumes e verduras, ajudam a combater a ação dos radicais livres nas células*” (Veja, 2012, Edição 2272, p. 162);

- d. Estar num contexto que abordasse radicais livres, caso não relacionassem antioxidantes diretamente a radicais livres.

Exemplo:

“Licopeno – [...] prevenir doenças degenerativas” [contexto: *“[...] radicais livres [...] degeneram os tecidos [...]”*] (Veja, 2000, Edição 1642, p. 85).

Após a reunião do material, foram executadas duas grandes etapas de análise: (i) análise horizontal e (ii) análise vertical.

3.1.1 Análise e classificação dos conceitos

A análise horizontal foi constituída de leitura completa das notícias e matérias retornadas na pesquisa, incluindo anúncios publicitários; seleção dos trechos de interesse e coleta dos respectivos dados bibliográficos; e classificação do conteúdo em categorias, criadas para esta finalidade e ao longo deste estudo, a saber:

- i. **Conceito Correto (CC):** informação inequivocamente correta e que não leve a conclusões incorretas;
- ii. **Conceito Errado (CE):** informação grosseiramente incorreta;
- iii. **Conceito Alternativo (CA):** informação incorreta, erro sutil;
- iv. **Generalização Indevida (GI):** princípios corretos, mas a partir deles são feitas generalizações que a ciência não permite (conceito é uma extrapolação inadequada).
- v. **Conceito Indutivo (CI):** informação incompleta e que pode levar à formação de CA (conceito se refere a uma consequência);
- vi. **Informação Indutiva (II):** informação correta, mas que induz formação de conceito positivo sobre antioxidantes e/ou negativo sobre radicais livres (informação se refere a uma característica);
- vii. **Não preenche os critérios de inclusão (NPCI):** trecho retornado pelo sistema de busca da revista, mas que não atende os critérios de inclusão.

As categorias CA, GI, CI e II (iii – vi) compõem o grupo denominado de Conceitos Não Científicos (CNC). A descrição detalhada destas categorias encontra-se na Seção 4.1.1.

A classificação supracitada foi realizada três vezes: duas classificações dos trechos selecionados, em períodos distintos, denominadas 1ª Classificação e 2ª Classificação, seguidas

de uma Classificação Comparativa entre a 1ª e a 2ª classificações para determinar a consistência das classificações e das categorias criadas. Ao longo destas classificações, foi confeccionada uma chave dicotômica (Apêndice C) que serviu de guia tanto para as sucessivas classificações do material da revista quanto para o processo de validação, descrito a seguir.

Na sequência, os conceitos constantes em cada categoria foram analisados e agrupamentos em subcategorias de acordo com a natureza do conceito ou informação por eles veiculada (por exemplo, na categoria *Conceito alternativo*, existe, entre outras, a subcategoria “*Radicais livres são tóxicos*”). Estas subcategorias foram concebidas ao longo do processo de leitura e releitura do material coletado e serão apresentadas na Seção 4.1.2.

Ao final desta etapa, seguiu-se com a análise vertical, em que: as categorias e subcategorias foram revisadas; os trechos alocados nas categorias e subcategorias foram revisados; e, quando necessário, os trechos foram realocados em categorias e/ou subcategorias diferentes, e/ou subcategorias foram criadas, excluídas ou fundidas. Desta forma, pretendeu-se minimizar possíveis inconsistências na categorização do material.

Sempre que se verificou ser necessário, ao encontrar conceitos ou informações semelhantes, classificados em categorias distintas (por exemplo, trechos semelhantes classificados ora como Conceito Alternativo, ora como Conceito Indutivo), optou-se por agrupá-los em uma única categoria e subcategoria, sempre que a concepção principal por ele veiculada fosse mais característica de uma categoria e subcategoria do que a outras.

Por exemplo, o excerto “*Década de 90 – Surgem os primeiros indícios de que o chocolate amargo é rico em substâncias antioxidantes e, por isso, pode fazer bem*” (Veja, 2007, Edição 2000, p. 67) foi inicialmente inserido na categoria Conceito Indutivo, por mencionar relação de causa e consequência (“*fazer bem*”). Contudo, durante reunião dos conceitos em subcategorias, não foram encontrados trechos semelhantes a este, não justificando, portanto, a criação de uma nova subcategoria dentro da categoria Conceito Indutivo. Ao efetuar a revisão das subcategorias, foi possível alocar este trecho para a subcategoria “*X é um poderoso AO / é rico em AO*”, pertencente à categoria Informação Indutiva, por se entender que “*chocolate amargo é rico em substâncias antioxidantes*” constitui o conceito principal do trecho referido.

Com as análises horizontal e vertical finalizadas, estabeleceu-se a frequência das categorias e subcategorias, e a confecção de gráficos e quadros para a apresentação dos resultados.

3.1.2 Validação das categorias

Para a validação das categorias, foram selecionados aleatoriamente 10% do total de trechos classificados, distribuídos proporcionalmente à frequência de cada categoria: 17 CA; 3 CI; 6 II; 2 GI; 1 CC; 1 CE; e 1 NPCI, totalizando 31 trechos.

Estes trechos foram classificados por três indivíduos que não participaram da confecção das categorias, sendo um pesquisador da área de Ensino de Bioquímica, um mestrando da mesma área com graduação em Farmácia e um doutorando da área de Ensino de Química com graduação em Química.

Para a validação das categorias, cada indivíduo deveria utilizar os seguintes materiais: (i) uma folha contendo instruções para a classificação (Apêndice A); (ii) o material a ser classificado, denominado Folha A (Apêndice B); (iii) uma chave dicotômica para guiar a classificação, denominada Folha B (Apêndice C); e (iv) um quadro com a descrição das categorias, denominado Folha C (Apêndice D).

Antes de realizar a classificação dos trechos selecionados, os especialistas receberam um treinamento para a utilização do material e para esclarecimento sobre as categorias. Para isso, utilizou-se a chave dicotômica (Folha B, Apêndice C) e o quadro descritivo das categorias (Folha C, Apêndice D), do qual apenas as colunas “Categoria”, “Sigla” e “Descrição” foram utilizadas. O treinamento consistiu em tentar classificar trechos sorteados para esta finalidade e discutir esta classificação com os mesmos.

A partir da discussão gerada nesta reunião de treinamento, optou-se por fundir as categorias CI e GI em uma única categoria que seria denominada *Conceito com Generalização Indevida* (CGI), com a intenção de facilitar a categorização dos trechos.

Uma outra reunião de treinamento foi realizada para discutir novamente a descrição das categorias (incluindo a nova categoria, produto da fusão de CI e GI) e treinar os classificadores na categorização de outros trechos selecionados para esta finalidade. Após esta reunião, optou-se por manter as categorias CI e GI separadas.

Nestes dois treinamentos, os classificadores tiveram a oportunidade de manifestar concordância e/ou discordância com as categorias atribuídas aos trechos em discussão, contribuindo, desta forma, para o refinamento do material de classificação e para a descrição das categorias.

Após a etapa de treinamentos, foi realizada a classificação dos trechos selecionados para a validação. Os resultados serão apresentados na Seção 4.1.3.

3.2 LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES EM LIVROS DE BIOQUÍMICA

Para este levantamento, foram selecionados os livros de Bioquímica mais mencionados como bibliografia de referência nas ementas³ das disciplinas *Bioquímica* para graduação oferecidas pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, especialmente aquelas oferecidas para os cursos de Química, Biologia e Farmácia.

Desta forma, os livros selecionados para este levantamento foram:

- i. Campbell – Bioquímica;
- ii. Lehninger – Princípios de Bioquímica;
- iii. Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica
- iv. Stryer – Bioquímica;
- v. Voet e Voet – Bioquímica.

Os livros foram identificados segundo a denominação consagrada. As edições analisadas foram aquelas presentes no acervo da Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo. Nas edições disponíveis em português e em outro idioma, optou-se por selecionar aquelas em português.

Para realizar o levantamento do material, foi utilizado o índice remissivo dos livros, buscando-se os seguintes termos:

- a) em português: *antioxidante(s); radical(is) livre(s); espécies reativas de oxigênio; espécies reativas de nitrogênio; estresse oxidativo; dano oxidativo; cadeia de transporte de elétrons; e cadeia respiratória;*
- b) em inglês: *antioxidant(s); free radical(s); reactive oxygen species; reactive nitrogen species; oxidative stress; oxidative damage; electron transport chain; e respiratory chain;*
- c) em espanhol: *antioxidante(s); radical(es) libre(s); especies reactivas de oxígeno; especies reactivas de nitrógeno; estrés oxidativo; daño oxidativo; cadena de transporte de electrones; cadena respiratoria.*

Quando estes termos não puderam ser localizados nos índices remissivos dos livros, o tópico *cadeia de transporte de elétrons* foi localizado nos respectivos sumários para verificação da presença de conteúdos sobre radicais livres e/ou antioxidantes.

³ As ementas foram obtidas pelo Sistema Júpiterweb (Universidade de São Paulo, 2016).

Do material encontrado nos livros selecionados, foram transcritos e analisados os trechos que tratassem de radicais livres e suas ações na saúde/doença e/ou de antioxidantes, relacionando estes últimos aos radicais livres ou aos efeitos dos radicais livres no organismo. As transcrições de edições em inglês e espanhol foram mantidas no idioma das edições consultadas para evitar modificações de sentido decorrentes da tradução para o português.

Também foram levantados os principais tópicos associados a radicais livres e a antioxidantes presentes nos livros analisados e estabeleceu-se a frequência destes tópicos em cada edição de cada livro.

3.3 DIAGNÓSTICO DE CONCEITOS ALTERNATIVOS SOBRE RADICAIS LIVRES

Os procedimentos presentes nesta seção encontram-se subdivididos da seguinte forma:

- Seção 3.3.1 – Desenvolvimento do questionário para levantamento dos conceitos alternativos;
- Seção 3.3.2 – Levantamento dos conceitos alternativos entre pós-graduandos e caracterização da amostra;
- Seção 3.3.3 – Levantamento dos conceitos alternativos entre professores da Rede Pública e caracterização da amostra.

3.3.1 Desenvolvimento do Questionário de Radicais Livres

O questionário desenvolvido para este trabalho foi inspirado nos questionários de duas ou mais etapas, comumente utilizados para o diagnóstico de conceitos alternativos em diversas áreas do conhecimento. As diferentes versões de testes a serem aplicados em estudos de natureza semelhante a este visam à identificação de conceitos que possam ser classificados como alternativos e sua separação de conceitos meramente errados. Esta distinção não é trivial porque não se trata de separação dicotômica, mas de um gradiente com os polos *correto* e *incorreto*, no qual os conceitos alternativos podem estar distribuídos.

Em linhas gerais, o Teste Diagnóstico em Duas Etapas (*Two-Tier Diagnostic Test*) é composto por vários itens e cada item, por duas etapas. A primeira etapa (*first tier*) é uma questão de múltipla escolha com duas ou três alternativas e a segunda etapa (*second tier*)

contém de quatro a cinco possíveis justificativas para a resposta dada na primeira etapa, podendo conter uma alternativa em branco para preenchimento do próprio participante. Estas justificativas são formadas pela alternativa correta, conceitos alternativos e erros propriamente ditos (Treagust, 1988; Tan et al, 2002; Wang, 2004; Treagust, 2006; Chandrasegaran et al, 2007; Cheong et al, 2010; Al-Balushi et al, 2012).

O Teste Diagnóstico em Três Etapas (*Three-Tier Diagnostic Test*) tem seus itens formados pelas duas etapas do teste em duas etapas, descrito acima, e uma terceira etapa para identificação da percepção do participante sobre seu nível de certeza com relação às respostas fornecidas nas duas primeiras etapas (Caleon, Subramaniam, 2010a; Pesman, Eryilmaz, 2010; Arslan et al, 2012). Nesta terceira etapa, o participante indica se possui ou não certeza sobre as respostas assinaladas nas primeiras duas etapas ou indica seu nível de certeza, também denominado *Certainty Response Index* (Hasan el al, 1999), em uma escala tipo Likert (Likert, 1932; Planinic et al, 2006).

E o Teste Diagnóstico em Quatro Etapas (*Four-Tier Diagnostic Test*), muito semelhante ao teste com três etapas, mas com duas etapas para o nível de certeza, uma após a questão de múltipla escolha e outra após a justificativa (Caleon, Subramaniam, 2010b).

O formato da versão piloto do QRL (Apêndice F) foi o de três etapas modificado e para a versão final (Apêndice G), uma versão modificada do formato em duas etapas.

As etapas de desenvolvimento do questionário para diagnóstico dos conceitos alternativos sobre radicais livres estão resumidas na Figura 4.

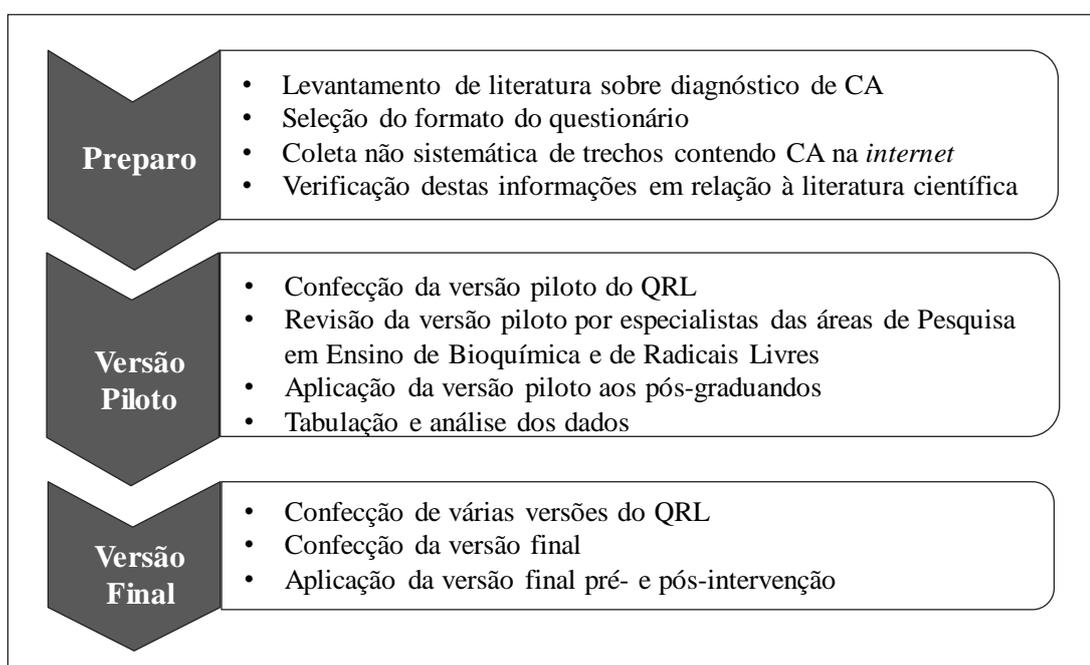


Figura 4 – Sequência adotada para a confecção do QRL.

O conteúdo do QRL foi estabelecido pelo levantamento não sistemático de informações e conceitos sobre radicais livres – corretos, incorretos e conceitos alternativos – presentes em *websites* não vinculados a instituições acadêmicas ou autores não reconhecidos como autoridades na área (Google, 2014).

Para este levantamento foi empregado o termo “*radicais livres*” e foram selecionados 38 *websites* contendo informações sobre o tema, veiculadas em reportagens, anúncios e informativos de produtos alimentícios, cosméticos, serviços, entre outros (levantamento informal, não há coleta sistemática de dados).

Após este levantamento, foi realizada consulta em literatura científica para confirmação da veracidade das informações e presença de conceitos alternativos.

A partir destas informações, foi confeccionada a versão piloto do QRL, seguida da revisão de estrutura e linguagem (pontuação, clareza, apresentação gráfica, ordem dos itens e instruções), por especialista na área de Ensino de Bioquímica, e revisão de conteúdo, por especialista na área de Radicais Livres.

A versão piloto do QRL é composta de 4 partes:

- A Parte 1 contém uma série de perguntas caracterizando a formação acadêmica dos participantes.
- A Parte 2 é formada por 13 testes em três etapas, em que a 1ª etapa é o julgamento de uma afirmação (Verdadeiro/Falso); a 2ª etapa é composta por quatro possíveis justificativas para a resposta dada na 1ª etapa e uma para preenchimento do próprio participante, caso ele não encontrasse entre as alternativas fornecidas aquela que justificasse sua resposta na 1ª etapa (múltipla escolha); e a 3ª etapa indica o nível de certeza do participante para as respostas dadas às duas primeiras etapas (múltipla escolha).
- A Parte 3 é formada por dois testes semelhantes aos da Parte 2, mas contendo perguntas dissertativas.
- A Parte 4 contém dois itens caracterizados por perguntas sobre o questionário e sobre os conhecimentos a respeito de radicais livres.

Na confecção das alternativas das justificativas das partes 2 e 3, foram incluídos possíveis conceitos alternativos sobre radicais livres e a alternativa correta deveria ser aquela que *melhor* explicasse o conceito presente na 1ª etapa. Com a *melhor* alternativa correta, em contraposição a uma alternativa correta no meio de alternativas incorretas, pretendeu-se aumentar o nível cognitivo do questionário, como sugerido por Tamir (1991).

Após a revisão da versão piloto do QRL foi realizado o teste desta versão no primeiro dia da disciplina de pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres*, oferecida no segundo semestre de 2014 (Seção 3.4.1).

Os dados obtidos no teste da versão piloto do QRL foram tabulados, e com eles foram construídos gráficos de frequência das alternativas escolhidas em cada item (Seção 4.3.2) e foi realizada a classificação dos conceitos segundo os critérios apresentados na Seção 3.3.1.1.

Esta etapa forneceu dados para a revisão e reestruturação do questionário quanto ao conteúdo, apresentação, presença de erros ou ambiguidades, e inclusão dos erros/conceitos alternativos mais frequentes apresentados pelos pós-graduandos.

A versão final (Apêndice G) é constituída por 23 itens contendo uma questão de Verdadeiro/Falso, seguida de nível de certeza com escala do tipo Likert de 6 pontos (Hasan et al, 1999).

3.3.1.1 Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL

De modo geral, os conceitos presentes na versão piloto do QRL foram classificados de acordo com critérios similares aos adotados por Arslan et al (2012), Quadro 1, Quadro 2 e Quadro 3:

1ª etapa Afirmação (Verdadeiro/Falso)	2ª etapa Justificativa (alternativas a e e)	3ª etapa Nível de certeza	Classificação do conceito
Correta	Correta	Tenho certeza	Correto
Correta	Correta	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (Insegurança)
Incorreta	Incorreta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Incorreta	Correta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Correta	Incorreta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	Correta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Correta	Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Se a resposta da afirmação estiver em contradição com a justificativa (podendo ser Incorreta/Incorreta, Incorreta/Correta, Correta/incorreta).		Tenho certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência

Quadro 1 – Classificação dos conceitos: Parte 2 – Itens 1 a 13.

1ª etapa Pergunta (alternativas a a d)	2ª etapa Justificativa (alternativas a a e)	3ª etapa Nível de certeza	Classificação do conceito
Correta	Correta	Tenho certeza	Correto
Correta	Correta	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (Insegurança)
Incorreta	Incorreta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Incorreta	Correta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Correta	Incorreta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	Correta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Correta	Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Se a resposta da pergunta estiver em contradição com a justificativa (podendo ser Incorreta/Incorreta, Incorreta/Correta, Correta/incorreta) – Falso Negativo/Falso Positivo		Tenho certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência

Quadro 2 – Classificação dos conceitos: Parte 3 – Item 1.

Pergunta	Nível de certeza	Classificação do Conceito
Correta	Tenho certeza	Correto
Correta	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
Incorreta	Tenho certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento

Quadro 3 – Classificação dos conceitos: Parte 3 – Item 2.

Cabe ressaltar que a classificação utilizada para a versão piloto do QRL difere um pouco daquela utilizada por Arslan et al (2012). Os autores deste estudo consideram como conceito alternativo somente a combinação de respostas [Incorreta – Incorreta – Tenho certeza] para 1ª, 2ª e 3ª etapas, respectivamente. Consideram também conceito alternativo/falso positivo a combinação [Correta – Incorreta – Tenho Certeza] e, conceito alternativo/falso negativo a combinação [Incorreta – Correta – Tenho certeza]. E para as 3ª etapas com “Não tenho certeza”, consideram falta de conhecimento ou falta de confiança de acordo com as respostas dadas nas duas primeiras etapas.

A classificação da versão piloto do QRL também difere de Arslan et al (2012) nos seguintes aspectos: (i) a 3ª etapa, nível de certeza, possui uma alternativa a mais – Eu “chutei” e (ii) houve uma baixa frequência de “Eu tenho certeza” combinada a respostas incorretas para a 1ª e/ou 2ª etapas, e alta frequência de “Eu não tenho certeza” para respostas corretas (Seção 4.3.2), desta forma, inviabilizando a utilização da classificação destes autores.

A classificação detalhada de cada item do questionário, contendo os conceitos atribuídos em cada combinação de respostas, inclusive discriminando aquelas cuja combinação resultou em incoerência, encontra-se no Apêndice H.

3.3.1.2 Classificação dos conceitos na versão final do QRL

De modo semelhante ao realizado por Hasan et al. (1999), pretendia-se estabelecer um valor de corte para o nível de certeza dos participantes, no qual seria possível assumir que as respostas incorretas pudessem ser consideradas conceitos alternativos, distinguindo-as daquelas provenientes da falta de conhecimento dos participantes.

Contudo, a maioria das respostas à versão final do QRL (Seção 4.3.3) concentrou-se nos níveis de certeza mais altos (acima de 50%) tanto no pré-teste como no pós-teste. Nestas condições, entendeu-se que o estabelecimento de um valor de corte configuraria uma medida artificial de tratar os dados e, por esse motivo, foi abandonada.

3.3.2 Conceitos alternativos entre os pós-graduandos

O diagnóstico dos conceitos alternativos sobre radicais livres entre os pós-graduandos e a caracterização da formação acadêmica deste grupo foram realizados por meio da aplicação da versão piloto do QRL (Apêndice F), descrita na Seção 3.3.1, no primeiro dia da disciplina de pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* (ECQ5716-1), oferecida pelo *Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências* e cuja descrição encontra-se nas Seções 3.4.1 e 4.4.1. Os participantes foram orientados quanto à participação voluntária neste projeto de pesquisa e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice I) antes de responder ao QRL.

3.3.3 Conceitos alternativos entre professores da rede pública

O diagnóstico dos conceitos alternativos sobre radicais livres entre professores da Rede Pública de Ensino foi realizado por meio da aplicação da versão final do QRL (Apêndice G) ao início e ao final (Pré-QRL e Pós-QRL, respectivamente) do curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida* (Seções 3.4.2 e 4.4.2), ministrado pelos pós-graduandos matriculados na disciplina de Pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* (Seções 3.4.1 e 4.4.1) a professores de Química e Biologia da Rede Pública do Estado de São Paulo.

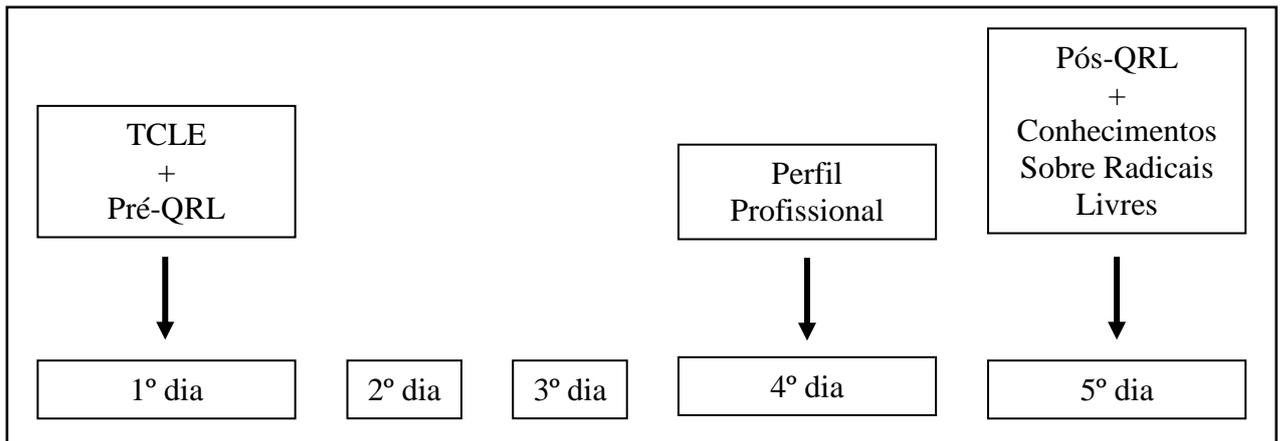


Figura 5 – Ordem cronológica de aplicação dos questionários aos professores da Rede Pública.

Durante este curso de extensão, além do diagnóstico pré- e pós-intervenção (Seções 3.3.3.2 e 3.3.3.3, respectivamente), foram coletadas informações para caracterização da amostra por meio dos questionários de *Perfil Profissional* (Seção 3.3.3.1) e *Conhecimentos Sobre Radicais Livres* (Seção 3.3.3.4).

A ordem cronológica de aplicação destes questionários encontra-se na Figura 5. Os participantes foram esclarecidos quanto à participação voluntária nesta pesquisa e assinaram o TCLE antes de responder ao primeiro questionário (Apêndice J).

3.3.3.1 *Perfil Profissional*

A caracterização dos professores matriculados no curso de extensão foi possibilitada pelo questionário denominado *Perfil Profissional* (Apêndice K), composto pela formação acadêmica, graduação e pós-graduação, e pela experiência docente dos participantes do curso. Este questionário foi aplicado durante o curso de extensão supracitado.

3.3.3.2 *Pré-Questionário de Radicais Livres*

O diagnóstico de conceitos alternativos pré-intervenção foi realizado no primeiro dia do curso de extensão, antes do início das atividades instrucionais, por meio do Pré-Questionário de Radicais Livres (Pré-QRL), Apêndice G. Este questionário corresponde à versão final do QRL.

Para tabular os valores indicados pelos participantes na escala do nível de certeza (Pré-QRL e Pós-QRL), foram adotados os seguintes critérios:

- i. Para o nível de certeza indicado exatamente na marcação da escala, considerou-se o valor correspondente (Figura 6a);
- ii. Para o nível de certeza indicado exatamente no meio entre duas marcas da escala, considerou-se o valor inferior do intervalo (Figura 6b);
- iii. Para indicações próximas a uma das marcas da escala, considerou-se o valor mais próximo, imediatamente inferior (Figura 6c) ou imediatamente superior (Figura 6d).

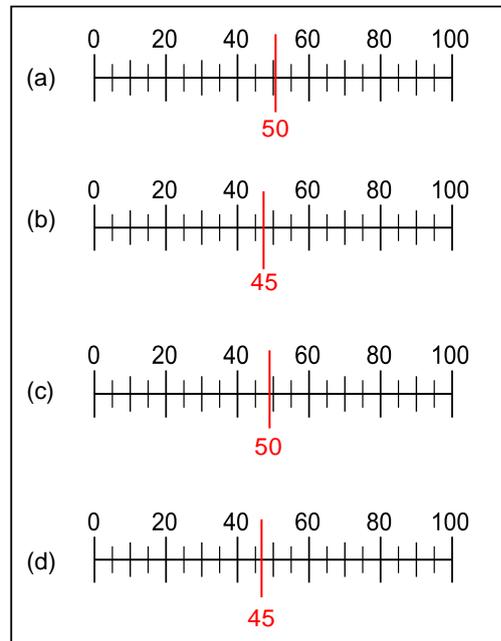


Figura 6 – Valores correspondentes às marcações na escala do nível de certeza.

3.3.3.3 Pós-Questionário de Radicais livres

De modo semelhante ao diagnóstico pré-intervenção, para o diagnóstico dos conceitos alternativos pós-intervenção, foi utilizado o Pós-Questionário de Radicais Livres (Pós-QRL), que também corresponde à versão final do QRL (Apêndice G), cuja aplicação ocorreu no último dia do curso de extensão, após o final das atividades instrucionais.

3.3.3.4 *Conhecimentos Sobre Radicais Livres*

A caracterização dos professores participantes desta pesquisa quanto ao contato com o tema antes do curso de extensão e à percepção do nível de conhecimento sobre radicais livres antes e depois da intervenção, foi obtida pelo questionário de *Conhecimentos Sobre Radicais Livres* (Apêndice L), aplicado juntamente ao Pós-QRL.

3.4 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE INTERVENÇÃO

A intervenção de que trata esta seção é o curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida* (Seção 3.4.2) planejado e executado pelos pós-graduandos matriculados na disciplina de Pós-Graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* (Seção 3.4.1).

3.4.1 Disciplina de Pós-graduação Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres

Esta disciplina constituiu-se de duas etapas: a disciplina propriamente dita e o curso de extensão. Durante a disciplina, os pós-graduandos matriculados planejaram e desenvolveram o curso de extensão sobre radicais livres destinado a professores de Química e Biologia da Rede Pública de Ensino, sendo orientados pelo coordenador da disciplina e realizando estas atividades ao longo do 2º semestre de 2014.

Em janeiro de 2015, o curso criado pelos pós-graduandos foi aplicado como curso de extensão, sendo totalmente ministrado pelos próprios pós-graduandos. Detalhes sobre a estrutura desta disciplina encontram-se na Seção 4.4.1.

3.4.2 Curso de Extensão Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida

Este curso foi estruturado de modo a conter, sempre que possível, atividades que pudessem ser realizadas ativamente pelos participantes do curso e, deste modo, não constituíssem uma série de seminários sobre o tema.

Abordou vários aspectos sobre radicais livres, indo da atmosfera às células. A descrição detalhada do curso encontra-se na Seção 4.4.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o levantamento de conceitos alternativos na mídia impressa e em livros de Bioquímica estão apresentados nas Seções 4.1 e 4.2, respectivamente; o diagnóstico de conceitos alternativos em pós-graduandos e em professores encontra-se na Seção 4.3; e as intervenções planejadas, na Seção 4.4.

4.1 LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES NA MÍDIA IMPRESSA

Nesta seção, são apresentados os seguintes resultados:

- Descrição das categorias criadas para a análise da revista Veja: Seção 4.1.1
- Frequência das categorias e subcategorias: Seção 4.1.2.

4.1.1 Descrição das categorias de classificação dos conceitos

Os Quadros 4, 5, 6 e 7 apresentam as categorias confeccionadas para analisar o material coletado da revista Veja. O Quadro 6 apresenta o grupo de Conceitos Não Científicos (CNC) que reúne as categorias CA, GI, CI e II.

Conceito Correto (CC)	
Definição	Informação inequivocamente correta e que não leve a conclusões incorretas.
Exemplo	<i>“Em vez de as novas pilulas [suplementos de AO] funcionarem como antioxidantes, podem proporcionar a formação de mais radicais livres”.</i> (Veja, 2000, Edição 1642, p. 84)

Quadro 4 – Descrição e exemplo da categoria CC.

Conceito Errado (CE)	
Definição	Informação grosseiramente incorreta.
Exemplo	<i>“[...] radicais livres – subproduto formado pelas células no processo de conversão do oxigênio em “combustível” para o corpo”.</i> (Veja, 2004, Edição 1856, p. 99)

Quadro 5 – Descrição e exemplo da categoria CE.

CONCEITOS NÃO CIENTÍFICOS (CNC)	
Conceito Alternativo (CA)	
Definição	Informação incorreta, erro sutil.
Exemplos	<p>“[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...]”. (Veja, 2003, Edição 1830, p. 100)</p> <p>“[...] antioxidantes poderosos, como os flavonoides e os polifenóis, que varrem os radicais livres do organismo [...]”. (Veja, 2004, Edição 1843, p. 97)</p>
Generalização Indevida (GI)	
Definição	Princípios corretos, mas a partir deles são feitas generalizações que a ciência não permite (conceito é uma <u>extrapolação inadequada</u>)
Exemplos	<p>“Luteína – [...] para evitar o câncer [...]”. (Veja, 2000, Edição 1642, p. 85) (Contexto: “[...] radicais livres [...] degeneram os tecidos [...]”)</p> <p>“O tomate é fonte de vitaminas A e C e de licopeno, um antioxidante que protege contra alguns tipos de câncer”. (Veja, 2008, Edição 2062, p. 52)</p>
Conceito Indutivo (CI)	
Definição	Informação incompleta e que pode levar à formação de conceito alternativo (conceito se refere a uma <u>consequência</u>).
Exemplos	<p>“Quando agredidas, elas [as mitocôndrias] deflagram a produção excessiva de radicais livres [...]”. (Veja, 2012, Edição 2257, p.70)</p> <p>“Em lugar de quatro cafezinhos por dia, beba quatro copos de chá verde. Essa bebida concentra muitos antioxidantes e nutrientes bons para a saúde”. (Veja, 2007, Edição 2037, p. 17)</p>
Informação Indutiva (II)	
Definição	Informação correta, mas que induz formação de conceito positivo sobre antioxidantes e/ou negativo sobre radicais livres (informação se refere a uma <u>característica</u>).
Exemplo	<p>“Ácido alfa-lipóico – Um dos mais poderosos antioxidantes [...]” (Veja, 2000, Edição 1642, p. 85)</p>

Quadro 6 – Descrição e exemplos do grupo de Conceitos Não Científicos: CA, GI, CI e II.

Não preenche os critérios de inclusão (NPCI)	
Definição	Trecho retornado pelo sistema de busca da revista, mas que não atende os critérios de inclusão.
Exemplo	“[...] submeteram fios do sudário a análises microscópicas e à ação de potentes antioxidantes, entre eles a diimida”. (Veja, 2012, Edição 2263, p. 128)

Quadro 7 – Descrição e exemplo da categoria NPCI.

Para facilitar a compreensão, apresentam-se, a seguir, exemplos de trechos classificados de acordo as categorias descritas acima, seguidos de justificativa:

1) Conceito Correto (CC)

“As reações químicas por meio das quais o organismo sintetiza energia também produzem radicais livres [...]” (Veja, 2007, Edição 2033, p. 137).

Observação: no lugar de “energia” deveria estar escrito “ATP” (adenosina trifosfato); alternativamente, a palavra *sintetiza* deveria ser substituída por *obtem*; apesar da incorreção, trata-se de uma concessão aceitável, dado o público-alvo da revista.

Justificativa: a síntese de ATP, realizada durante a Fosforilação Oxidativa, está acoplada à Cadeia de Transporte de Elétrons e esta última tem como produtos secundários espécies reativas de oxigênio (ERO).

2) Conceito Errado (CE)

“Em quantidades reduzidas, os radicais livres podem até ajudar a fortalecer o sistema imunológico [...]” (Veja, 2012, Edição 2257, p. 72).

Justificativa: radicais livres não fortalecem o sistema imunológico; células de defesa do sistema imunológico, como macrófagos e linfócitos, utilizam ERO para atacar micro-organismos.

3) Conceito Alternativo (CA)

“[...] radicais livres, as moléculas tóxicas que comprometem o bom funcionamento do organismo” (Veja, 2003, Edição 1818, p. 74).

Justificativa: radicais livres não são tóxicos, mas podem prejudicar as células em determinadas condições, compartimentos celulares, concentração e a depender de qual radical livre é considerado; contudo também existem radicais livres essenciais ao seu funcionamento celular.

4) Generalização Indevida (GI)

“[...] chocolate [...] conter substâncias antioxidantes que ajudam a prevenir [...] determinados tipos de câncer” (Veja, 2003, Edição 1833, p. 114).

(contexto: *“Os compostos antioxidantes são substâncias que combatem os radicais livres [...]”*).

Justificativa: a literatura científica mostra que existem antioxidantes que se mostraram efetivos contra determinados tipos de cânceres, em condições experimentais; embora a ingestão de alimentos contendo antioxidantes possa trazer benefícios à saúde, a informação veiculada por este trecho pode induzir o leitor não especialista a crer que a ingestão de antioxidantes (na alimentação ou por suplementação) pode evitar o câncer e ainda que o câncer é uma única patologia.

5) Conceito Indutivo (CI)

“Os compostos antioxidantes são substâncias que combatem os radicais livres [...]” (Veja, 2003, Edição 1833, p. 114).

Justificativa: os antioxidantes são compostos que combatem radicais livres, contudo antioxidantes em excesso, tais como aqueles obtidos por suplementação, podem promover a formação de mais radicais livres; este conceito induz o leitor não especialista a acreditar que antioxidantes combatem os radicais livres em qualquer situação e concentração e ainda que os radicais livres devem ser combatidos em qualquer situação.

6) Informação Indutiva

“Seus efeitos antioxidantes [do café] são comparáveis aos das vitaminas C e E e do betacaroteno” (Veja, 2006, Edição 1982, p. 96).

Justificativa: embora antioxidantes provenientes da alimentação ofereçam benefícios, esta informação, para um leitor não especialista, pode levar à interpretação de que antioxidantes, de qualquer fonte e em qualquer quantidade (alimentação ou suplementação), são sempre benéficos.

7) Não preenche os critérios de inclusão (NPCI)

“[...] os pesquisadores do Projeto de Pesquisa sobre o Sudário de Turim [...] submeteram fios do sudário a análises microscópicas e à ação de potentes antioxidantes, entre eles a diimida” (Veja, 2012, Edição 2263, p. 128).

Justificativa: não é informação sobre radicais livres e/ou antioxidantes e suas ações na saúde/doença (Seção 3.1, critério de busca item a).

4.1.2 Frequência das categorias e subcategorias

Foram analisadas 79 matérias, entre reportagens e material informativo sobre o tema, ao longo de 71 edições, nas quais foram encontrados 294 trechos passíveis de análise. O Gráfico 1, a seguir, apresenta a distribuição destes trechos nas categorias.

A categoria dos CA apresentou a maior frequência dentre as categorias, correspondendo a 55,4% do total de trechos analisados, seguida de II (21,1%), CI (9,2%) e GI (5,4%). Somadas, estas categorias formam os Conceitos Não Científicos e totalizam 91,2% dos trechos (268 trechos), enquanto apenas 4,1% correspondem a CC.

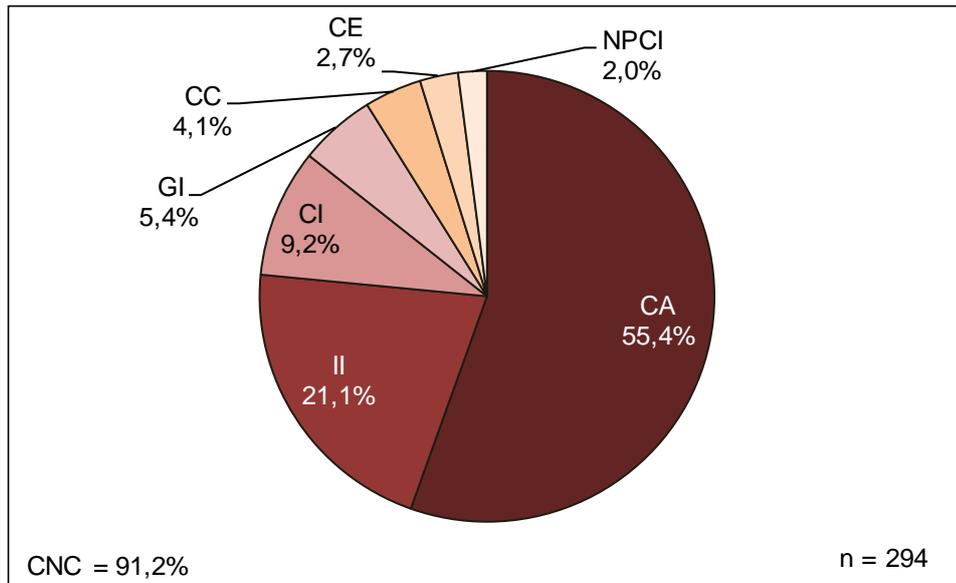


Gráfico 1 – Frequência das categorias.

CA: Conceito Alternativo; II: Informação Indutiva; CI: Conceito Indutivo; GI: Generalização Indevida; CC: Conceito Correto; CE: Conceito Errado; NPCI: não preenche os critérios de inclusão; CNC (CA+II+CI+GI): Conceitos Não Científicos.

De forma geral, o tema dos radicais livres aparece enunciado sob dois grandes aspectos: (i) radicais livres são prejudiciais à saúde e (ii) antioxidantes são benéficos à saúde.

Estes dois aspectos constituem dois grandes grupos de CA. Eles aparecem enunciados sob diversas formas e estão descritos nas subcategorias constantes no Gráfico 2 e Quadro 8, e sob nuances variadas, nas categorias II (Gráfico 3 e Quadro 9), CI (Gráfico 4 e Quadro 10) e GI (Gráfico 5 e Quadro 11), a seguir:

a) Subcategorias de Conceitos Alternativos

Dentre os CA encontrados (Gráfico 2 e Quadro 8) os mais frequentes foram: (A) *X combate RL* (22,7%); (B) *RL causam envelhecimento* (16,0%); (C) *AO combatem o envelhecimento* (14,7%); (D) *RL são tóxicos* (9,8%); e (E) *RL danificam as células* (6,1%).

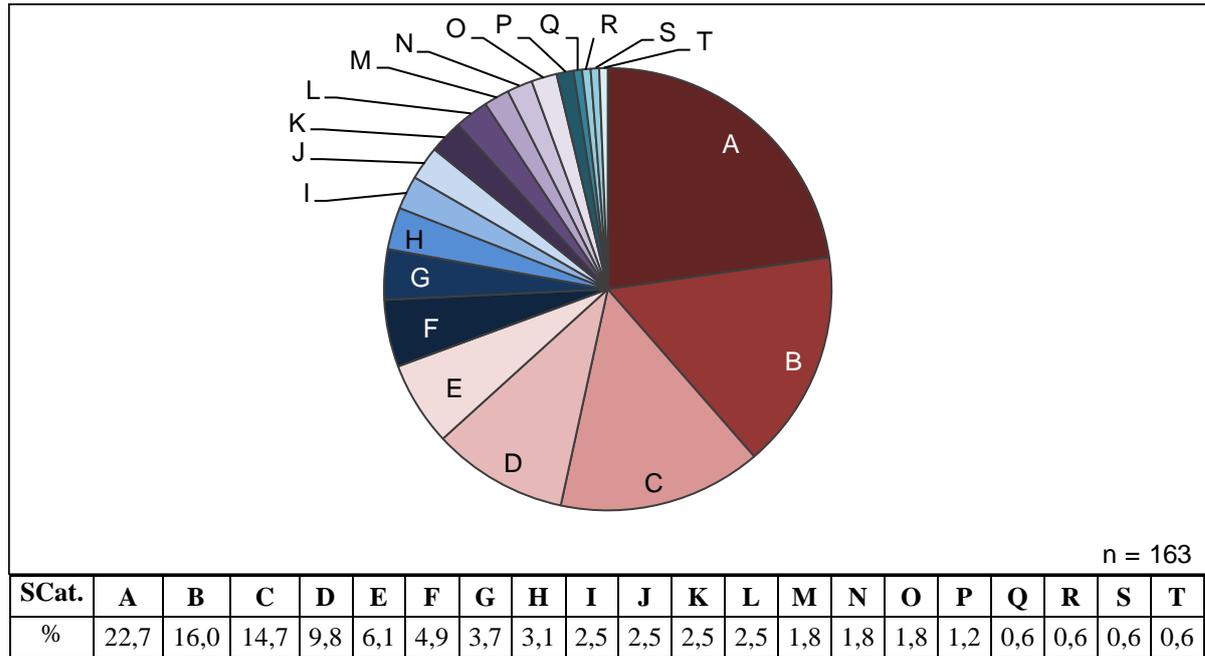


Gráfico 2 – Conceitos Alternativos: frequência das subcategorias.
SCat.: subcategorias; %: frequência percentual (Legenda alfabética: vide Quadro 8).

Legenda	Subcategorias – Conceitos Alternativos	Variações
A	X combate RL	X (AO, vitaminas (todos ou algum específico), exercício físico, etc.), detém, age contra, minimizam efeito prejudicial, neutralizam, combatem RL, combatem a oxidação causada por RL, protegem contra os RL, inibem os RL, evitam a ação dos RL, previnem contra RL.
B	RL causam envelhecimento	RL causam, provocam, aceleram, intensificam o envelhecimento, causam envelhecimento precoce, encurtam a vida das células, provocam o aparecimento de rugas.
C	AO combatem o envelhecimento	AO/vitaminas (todos ou algum específico) combatem, detém, previnem, retardam, atrasam o envelhecimento / envelhecimento precoce, aparecimento de rugas, envelhecimento da pele, melhoram a longevidade.
D	RL são tóxicos	RL são tóxicos.
E	RL danificam as células	RL danificam, corroem, destroem, degeneram, destroem, degradam, desequilibram a bioquímica das células, os tecidos, o organismo; são temidos; são prejudiciais.
F	RL causam doenças	RL causam doenças, doenças degenerativas, câncer, formação de coágulos.
G	RL comprometem o funcionamento das células	RL comprometem, danificam o funcionamento de células, tecidos, do corpo.

Quadro 8 – Legenda do Gráfico 2: Conceitos Alternativos.
(Continua na próxima página).

Legenda	Subcategorias – Conceitos Alternativos	Variações
H	RL são altamente reativos	RL são altamente reativos, são instáveis, são super-reativos.
I	RL são provenientes de fatores ambientais	RL são provenientes de substâncias externas ao corpo, fatores ambientais.
J	RL são um subproduto celular	RL são o lixo celular, são um subproduto das células, são restos.
K	RL provocam oxidação celular	RL provocam a oxidação celular.
L	RL danificam o DNA	RL danificam o DNA, agridem o material genético; atacam o DNA, proteínas e lipídeos.
M	AO varrem os RL do organismo	AO (todos ou algum específico) varrem os RL do organismo.
N	A suplementação com AO é benéfica	Suplementação com AO é benéfica. / Existem estudos favoráveis à suplementação.
O	AO previnem o aparecimento de doenças	AO retardam a progressão de doenças e previnem outras; controlam o aparecimento de doenças; previnem o câncer.
P	A maioria das pessoas não consegue quantidade suficiente de AO com a dieta	A maioria das pessoas não consegue obter AO suficientes da dieta. / Nossa alimentação é menos rica em AO.
Q	Existe uma luta interna do organismo contra os RL	Luta interna contra os RL
R	Os processos inflamatórios liberam quantidades excessivas de RL	Processos inflamatórios podem provocar liberação exagerada de RL.
S	AO combatem os efeitos nocivos dos processos inflamatórios	AO previnem, combatem, evitam, inibem os efeitos destrutivos das inflamações.
T	A ingestão crônica de anti-inflamatórios combate os RL liberados nas inflamações	Ingestão crônica de anti-inflamatórios para combater inflamações e evitar a liberação de RL, para combater os RL.

Quadro 8 – Legenda do Gráfico 2: Conceitos Alternativos. (Continuação).

b) Subcategorias de Informações Indutivas

O Gráfico 3 e o Quadro 9 apresentam os conceitos classificados como II, dos quais destacam-se os mais frequentes: (A) *X é antioxidante* (54,8%); (B) *X tem mais AO do que Y* (16,1%); e (C) *X é um AO potente* (12,9%).

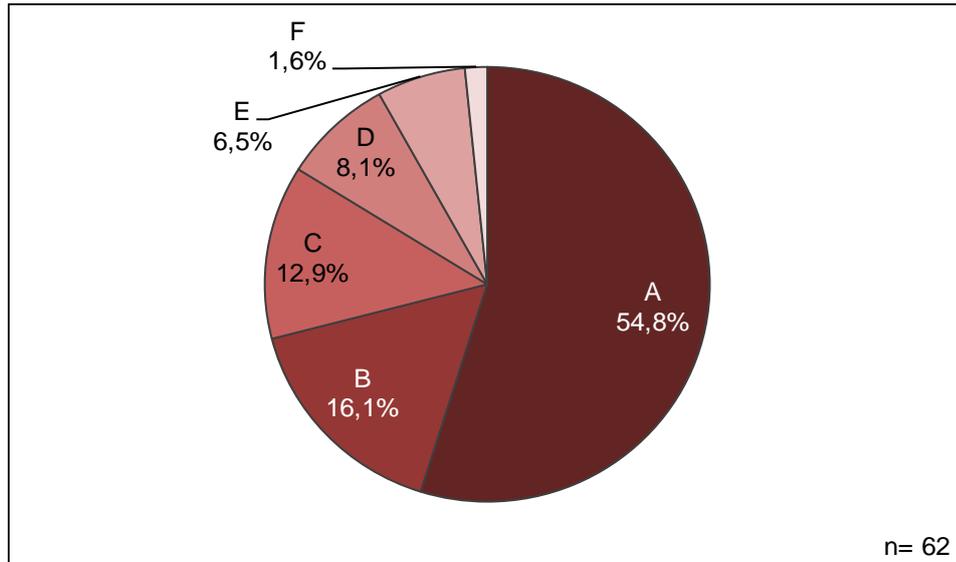


Gráfico 3 – Informações Indutivas: frequência das subcategorias. (Legenda alfabética: vide Quadro 9).

Legenda	Subcategorias – Informações Indutivas	Variações
A	X é antioxidante	X é antioxidante; tem propriedades AO; tem ação AO; contém substâncias com propriedades AO; consumo aumenta quantidade de AO.
B	X tem mais AO do que Y	X (Alimento/produto) tem mais AO que Y; tem X vezes mais AO que Y; supera a quantidade de AO que Y; tem efeito AO comparado a X.
C	X é um AO potente	X (AO, alimento, produto) é um poderoso AO; são potentes AO; é forte AO, "superoxidante"; é rico em AO.
D	X preserva AO / X causa perda de AO	X preserva os AO; evita perdas de AO; causa perda de AO.
E	Restrição calórica diminui a quantidade de RL	Restrição calórica diminui a quantidade de RL.
F	Outros	Outros.

Quadro 9 – Legenda do Gráfico 3: Informações Indutivas.

c) Subcategorias de Conceitos Indutivos

Os CI encontrados estão presentes no Gráfico 4 e Quadro 10, destacam-se como os mais frequentes: (A) *X aumenta a quantidade de RL* (33,3%); (B) *RL estão associados ao estresse oxidativo* (22,2%); (C) *X é AO e, por isso, previne doenças* (14,8%).

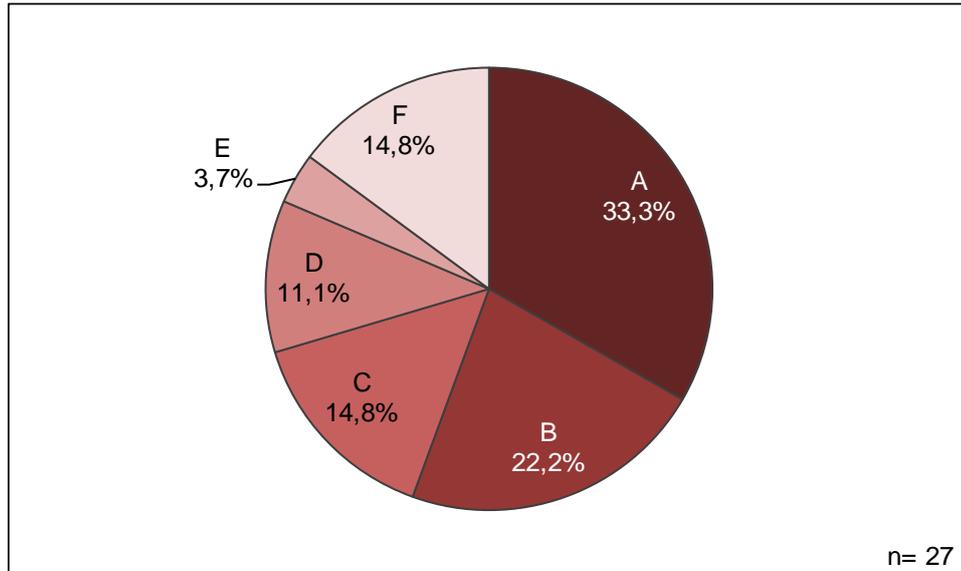


Gráfico 4 – Conceitos Indutivos: frequência das subcategorias.
(Legenda alfabética: vide Quadro 10).

Legenda	Subcategorias – Conceitos Indutivos	Variações
A	X aumenta a quantidade de RL	Aumenta quantidade de RL; libera RL.
B	RL estão associados ao estresse oxidativo	Associação entre RL, estresse oxidativo e lesão tecidual.
C	X é AO e, por isso, previne doenças	X tem função AO/tem AO e, por isso, é benéfico; X (AO) previne doenças (ou doença específica); X (AO) é melhor do Y (AO).
D	X diminui a quantidade de RL	X (AO diminui quantidade de RL / Controla os RL.
E	X diminui a quantidade de AO	X diminui quantidade de AO/defesas AO.
F	Outros	Outros.

Quadro 10 – Legenda do Gráfico 4: Conceitos Indutivos.

d) Subcategorias de Generalizações Indevidas

O Gráfico 5 e o Quadro 11 apresentam as GI. As GI mais frequentes foram: (A) *Antioxidante X combate câncer* (56,3%) e (B) *Antioxidante X combate catarata* (18,8%).

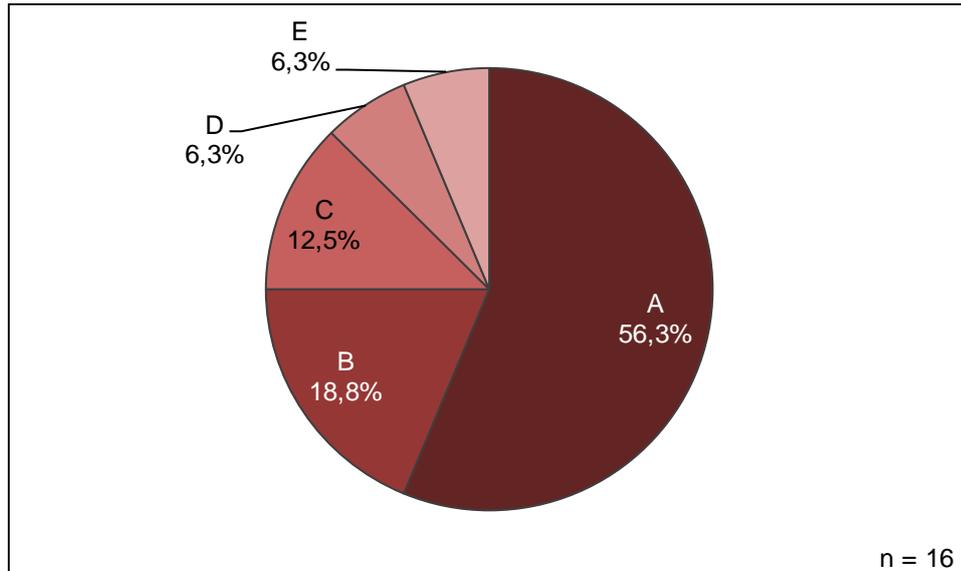


Gráfico 5 – Generalizações Indevidas: frequência das subcategorias. (Legenda alfabética: vide Quadro 11).

Legenda	Subcategorias – Generalizações Indevidas	Variações
A	Antioxidante X combate câncer	X (comprimido/produto/alimento) com AO ou AO em si capaz de combater o câncer, prevenir o câncer, evitar o câncer, protege contra.
B	Antioxidante X combate catarata	X (comprimido/produto/alimento) com AO ou AO em si combate a catarata, previne degeneração macular.
C	Antioxidante X combate artrite	X (comprimido/produto/alimento) com AO ou AO em si capaz de combater artrite, o reumatismo.
D	Antioxidante X combate doenças degenerativas	X (comprimido/produto/alimento) com AO ou AO em si capaz de combater doenças degenerativas.
E	Antioxidante X previne várias doenças	X (comprimido/produto/alimento) com AO ou AO em si ajuda a prevenir várias doenças.

Quadro 11 – Legenda do Gráfico 5: Generalizações Indevidas.

d) Subcategorias de Conceitos Corretos

Entre os 294 trechos encontrados, somente 12 (4,1%) foram classificados como CC. O Gráfico 6 e o Quadro 12 mostram estes conceitos. O conceito mais frequente, com 3 ocorrências, foi: (A) *Em excesso, vitaminas e minerais fazem mal à saúde* (25,0%).

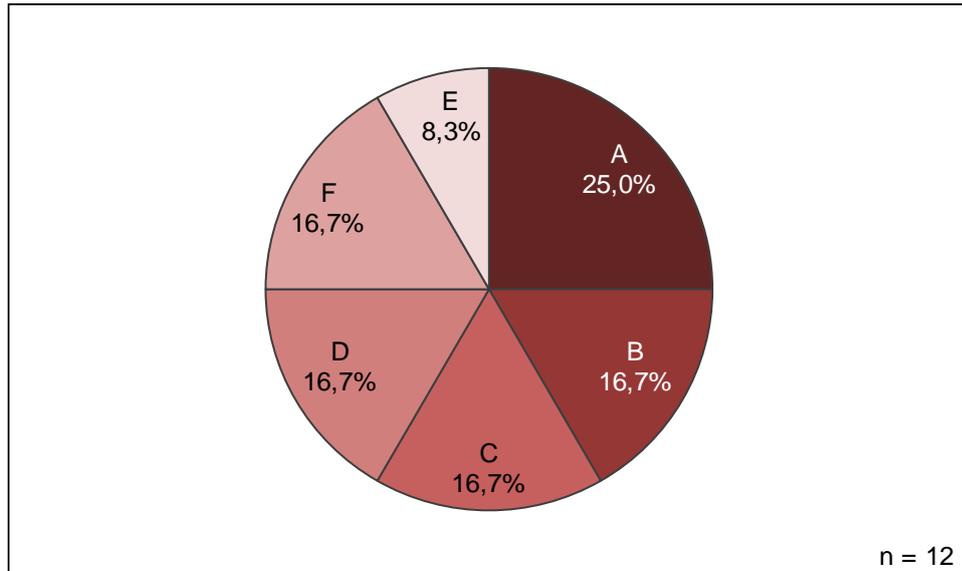


Gráfico 6 – Conceitos Corretos: frequência das subcategorias.
(Legenda alfabética: vide Quadro 12).

Legenda	Subcategorias – Conceitos Corretos
A	Em excesso, vitaminas e minerais fazem mal à saúde.
B	Suplementos de vitaminas/minerais/AO só devem ser consumidos em caso de deficiência; somente após a necessidade ser constatada.
C	O consumo de suplementos de AO pode ser maléfico; pode ser contrário ao de prevenção do envelhecimento; aumenta o risco de morte prematura.
D	Em excesso, vitaminas/AO causam formação de mais RL (ou têm ação oxidante).
E	RL são produzidos normalmente por certos processos bioquímicos do corpo.
F	As reações utilizadas para a síntese de "energia" liberam RL.

Quadro 12 – Legenda do Gráfico 6: Conceitos Corretos.

e) Subcategorias de Conceitos Errados

O Gráfico 7 e o Quadro 13 apresentam os CE. O conceito mais frequente desta categoria foi: (A) *RL são formados no processo de conversão de oxigênio em energia* (25,0%).

Os CE, como descrito nas Seções 3.1.1 e 4.1.1, constituem erros grosseiros. Desta forma, a baixa frequência desta categoria é fator positivo quanto ao conteúdo da revista analisada, mostrando o cuidado da revista em evitar erros conceituais básicos, apesar da alta frequência de conceitos não científicos.

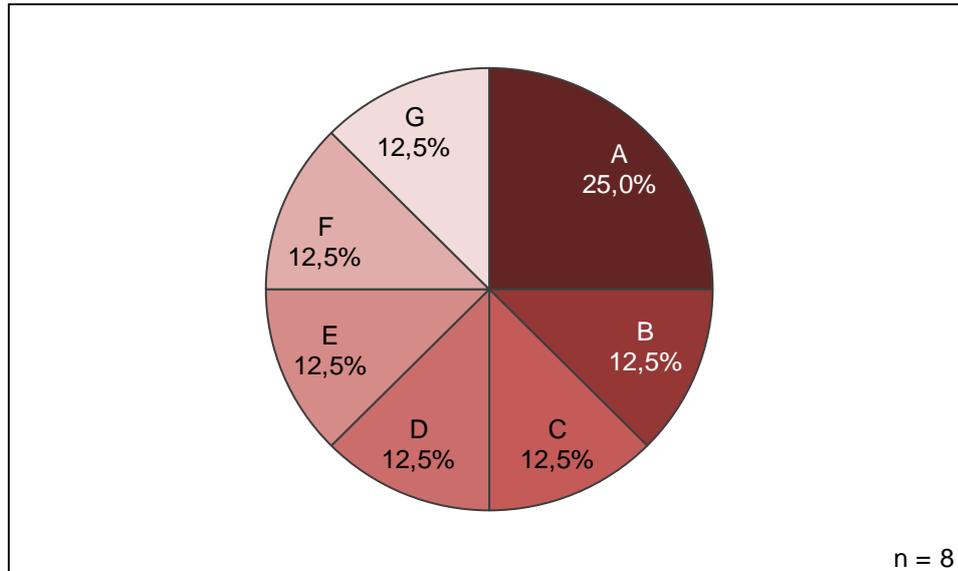


Gráfico 7 – Conceitos Errados: frequência das subcategorias.
(Legenda alfabética: vide Quadro 13).

Legenda	Subcategorias – Conceitos Errados
A	RL são formados no processo de conversão de oxigênio em energia.
B	RL produzem colesterol ruim.
C	O organismo envelhece porque vai se intoxicando de oxigênio.
D	É melhor ingerir alimentos ricos em AO no lugar de suplementos, porque os alimentos contêm fibras e micronutrientes que interagem entre si, determinando como o organismo irá absorver as vitaminas e minerais.
E	O licopeno, AO, acelera o aproveitamento dos alimentos na produção de energia.
F	RL são átomos de hidrogênio.
G	RL, em quantidades reduzidas, fortalecem o sistema imunológico.

Quadro 13 – Legenda do Gráfico 7: subcategorias de Conceitos Errados.

f) Não preenche os critérios de inclusão

O Quadro 14 mostra os trechos classificados como NPCI, seguidos da justificativa para esta classificação.

Legenda	Trecho	Justificativa
A	“ <i>Durante incontáveis séculos, os povos do Amazonas consumiram o açaí como fonte de longevidade’, diz a propaganda da [...]</i> ” (Veja, 2007, Edição 2003, p. 104).	Durante a leitura do material este trecho foi selecionado, mas foi classificado como NPCI por <u>não</u> conter informação explícita sobre radicais livres e/ou antioxidantes e suas ações na saúde/doença (Seção 3.1, critério de inclusão item a).
B	“ <i>[...] o vinho tinto, famoso por suas propriedades no combate ao envelhecimento</i> ” (Veja, 2007, Edição 2003, p. 104).	Idem A.
C	“ <i>A chegada do açaí ao mercado americano fez surgir dezenas de produtos que usam a fruta como matéria-prima. São cremes antienvelhecimento, xampus e sucos</i> ” (Veja, 2007, Edição 2003, p. 103).	Idem A.
D	“ <i>Antioxidantes – Caiu por terra a crença de que antioxidantes como a vitamina E e o betacaroteno fazem bem ao coração. Seu efeito antioxidante sobre o colesterol não é suficiente para causar mudanças no quadro cardiológico</i> ” (Veja, 2007, Edição 2023, p. 117).	Durante a leitura do material, este trecho foi selecionado, mas foi classificado como NPCI, pois não foi possível atribuir a ele uma categoria dentre aquelas disponíveis.
E	“ <i>Não exagere. É chatíssimo comer antioxidantes, deliciar-se com fibras e pensar em vitaminas saltitantes diante da fruteira</i> ” (Veja, 2009, Edição 2114, p. 73).	Idem D.
F	“ <i>[...] os pesquisadores do Projeto de Pesquisa sobre o Sudário de Turim [...] submeteram fios do sudário a análises microscópicas e à ação de potentes antioxidantes, entre eles a diimida</i> ” (Veja, 2012, Edição 2263, p. 128).	Idem A.

Quadro 14 – Trechos classificados como NPCI.

4.1.2.1 Considerações

Ao longo do levantamento de conceitos alternativos na revista *Veja*, observou-se a presença de outros tipos de conceitos/informações que não poderiam ser considerados rigorosamente corretos, mas que também não se tratavam de conceitos alternativos.

Desta forma, foi considerado importante também investigar e categorizar estes outros conteúdos, dado o volume destes conceitos/informações e, para tanto, foram criadas as categorias descritas nas Seções 3.1.1 e 4.1.1.

Em levantamento bibliográfico a respeito da categorização de conceitos alternativos foram encontradas algumas formas de classificar estes conceitos:

- i. Zoller (1996) menciona que muitos estudos estabelecem distinções entre *misconceptions* e conceitos alternativos, e ainda que as respostas dos estudantes poderiam ser subdivididas em *misconceptions*, *misunderstandings* e *no conceptions*.
- ii. Davis (1997) divide os conceitos alternativos em noções pré-concebidas (*preconceived notions*), crenças não científicas (*nonscientific beliefs*), *conceptual misunderstandings*, conceitos alternativos vernaculares (*vernacular misconceptions*) e conceitos alternativos factuais (*factual misconceptions*).
- iii. Skelly (1993) separa os conceitos alternativos de acordo com sua origem em conceitos alternativos provenientes da experiência (*experiential misconceptions*) e conceitos alternativos provenientes da instrução (*instructional misconceptions*). Estes últimos são subdivididos em: (1) conceitos alternativos relacionados à linguagem (*language related misconceptions*) que podem ainda ser classificados como provenientes do vocabulário, de analogias e metáforas e de símbolos; (2) conceitos alternativos relacionados ao conhecimento prévio; (3) conceitos alternativos relacionados à sobrecarga da memória de curto prazo; (4) incompatibilidade entre as demandas cognitivas das disciplinas e o nível de desenvolvimento do aprendiz; (5) conceitos alternativos devido a estratégias mentais inapropriadas; e (6) conceitos alternativos relacionados ao nível de conhecimento dos estudantes (*misconceptions due to students' standards of epistemology*).

Como é possível observar, a classificação de conceitos alternativos requer do investigador um trabalho minucioso e a percepção de padrões muitas vezes sutis e de difícil distinção.

Da mesma forma, a tarefa aqui desenvolvida, ou seja, a observação de padrões de conceitos e a confecção de categorias para classificá-los, também apresentou suas dificuldades, especialmente com relação à distinção entre as categorias, bastante sutil, pois não constituem separações dicotômicas e sim um *continuum*.

Apesar disso, a criação de outras categorias capazes de abarcar os conceitos que não poderiam ser classificados como conceitos corretos, incorretos ou alternativos, e a distinção entre elas, mostrou-se necessária, pois, do contrário, uma grande quantidade de conceitos relevantes para este trabalho seriam perdidos.

Os dados encontrados nesta investigação reforçaram a previsão de que junto a este tema e, provavelmente, em decorrência de seu apelo comercial, têm-se disseminado nos meios de comunicação – aqui exemplificados pela mídia impressa – grande quantidade de conceitos alternativos sobre radicais livres, principalmente no que se relacionam aos antioxidantes.

Os dados também mostraram que estas mídias têm disseminado, como já foi mencionado, outros conceitos que não constituem conceitos alternativos propriamente ditos, tampouco podem ser considerados conceitos corretos do ponto vista científico – e que, no âmbito deste estudo, foram denominados generalizações indevidas (GI) e conceitos indutivos (CI) – mas contribuem de forma importante com o montante de conceitos inapropriados veiculados por essas mídias.

Esta investigação mostrou, ainda, que é frequente o aparecimento de informações (classificadas como II) inseridas nestes materiais e que, embora corretas, parecem ter a finalidade, não explícita, de estimular o consumo de suplementos de antioxidantes ou de produtos que contém antioxidantes na sua composição.

Diante destes dados, cabe enfatizar que a revista *Veja* é a revista semanal de maior circulação nacional e é considerada uma mídia impressa das mais respeitáveis no país. Desta forma, a grande quantidade de CA (55,4% do total de trechos analisados) e o somatório de CNC (91,2% – CA, II, CI e GI somados) frente à escassez de CC (4,1%) encontrados nesta revista devem ser motivo de preocupação a cientistas e especialistas da área, pois este tema tem sido vastamente explorado em anúncios publicitários que incentivam o consumo de suplementos de antioxidantes, prática desaconselhada pela literatura científica (Bowen, 2003; Cerqueira et al, 2007; Kowaltowski, 2015).

4.1.3 Validação das categorias

Utilizando o material de classificação descrito na Seção 3.1.2, cada um dos três classificadores realizou a classificação dos trechos selecionados (31 trechos). Obteve-se os seguintes valores de concordância entre a classificação indicada pela autora deste trabalho e aquela indicada por cada um dos três classificadores, respectivamente: 38,7% (12 trechos); 54,8% (17 trechos); 38,7% (12 trechos).

Estes resultados não são suficientes para validar o sistema de classificação (chave dicotômica e quadro descritivo, descritos na Seção 3.1.2) de conceitos proposto neste trabalho.

Embora a validação de sistemas de classificação seja desejável, a impossibilidade de validar o sistema proposto neste trabalho não deve significar que o material coletado na revista *Veja* tenha sido classificado de forma aleatória e/ou que as categorias criadas não estejam adequadamente definidas.

A validação de sistemas de classificação como este requer o treinamento dos classificadores até que se atinja pelo menos 80% de concordância e isto geralmente exige de 8 a 12 períodos de treinamento (Fraenkel; Wallen, 2009, p. 159).

É possível ainda, que a validação, não seja apropriada, ou mesmo necessária, a este tipo de estudo, como ressaltam Fraenkel e Wallen (2009, p. 161):

Enquanto muitos pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa utilizam muitos dos procedimentos descritos, alguns adotam a posição de que a validação e a confiabilidade, como são comumente definidas, são irrelevantes ou inadequadas, pois tentam descrever situações ou eventos específicos vistos por um indivíduo em particular. Ao invés da validação e confiabilidade, eles [os pesquisadores] enfatizam a honestidade, a credibilidade (*believability*), a competência (*expertise*) e a integridade do pesquisador.

Com a criação das categorias, procurou-se estabelecer uma gradação entre os conceitos encontrados, ainda que a separação entre as categorias seja sutil e/ou possam existir sobreposições entre as categorias, em consequência de se tratarem de um *continuum* e não de separações dicotômicas.

Apesar da sutileza entre os vários tipos de conceitos encontrados foi possível evidenciar o alto percentual de conceitos não científicos sobre o tema presentes na mídia impressa.

Acredita-se, que este estudo contribui para mostrar esta variabilidade de nuances que separam conceitos cientificamente corretos, pertencentes ao vocabulário técnico dos especialistas, dos conceitos transpostos para uma linguagem bem menos rigorosa e destinados a públicos de diversas áreas e níveis de formação.

Acredita-se ainda que as categorias confeccionadas ao longo deste estudo podem ser utilizadas, desde que devidamente adaptadas, para a investigação de conceitos de outros temas ou servir de guia para a confecção de novas categorias em estudos de natureza semelhante a este.

4.2 LEVANTAMENTO DE CONCEITOS SOBRE RADICAIS LIVRES EM LIVROS DE BIOQUÍMICA

Esta seção apresenta o levantamento de conceitos sobre radicais livres (e antioxidantes) nos 5 livros de Bioquímica selecionados. Foram verificadas ao todo 28 edições e 22, destas edições, apresentaram conteúdo de interesse e foram analisadas. Os trechos analisados foram aqueles que puderam ser localizados no índice remissivo ou no sumário dos respectivos livros, utilizando-se os termos de busca mencionados na Seção 3.2.

Nesta seção, serão transcritos apenas os trechos que tratam diretamente do escopo deste trabalho. A transcrição mais completa dos textos encontra-se nos Anexos, cuja identificação será oportunamente indicada ao final da discussão do material de cada livro.

É importante frisar que as concepções encontradas nos livros de Bioquímica serão consideradas de acordo com as concepções atualmente aceitas no meio científico e, portanto, conceitos que hoje, dentro deste trabalho, são denominados conceitos alternativos, poderiam ser conceitos corretos na época da publicação dos livros analisados neste estudo.

4.2.1 Campbell – Bioquímica

Foram analisadas sete edições deste livro, como mostra o Quadro 15:

Edição	Ano	Idioma	Referência Bibliográfica
1 ^a	1991	Inglês	Campbell, 1991
2 ^a	1995	Inglês	Campbell, 1995
3 ^a	1999	Inglês	Campbell, 1999
5 ^a	2007	Português	Campbell; Farrell, 2007
6 ^a	2008	Inglês	Campbell; Farrell, 2008
7 ^a	2012	Inglês	Campbell; Farrell, 2012
8 ^a	2015	Português	Campbell; Farrell, 2015

Quadro 15 – Edições analisadas do livro Campbell – Bioquímica.

O material encontrado apresenta pequenas variações entre as edições analisadas, desta forma, optou-se por transcrever, nesta seção, os trechos de interesse presentes na 8^a edição:

8ª edição (2015)

Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas

p. 213

Vitamina E

[...]

Outra função dos antioxidantes como a vitamina E é reagir com – e assim, remover – as substâncias bastante reativas e altamente perigosas conhecidas como radicais livres (1). [...]

O trecho número (1) apresenta conceitos alternativos. Em primeiro lugar, devido à concepção de que antioxidantes são capazes de remover os radicais livres do organismo, conceito este que contribui para a concepção de que os radicais livres devem ser combatidos e até eliminados do organismo. Em segundo lugar, devido às propriedades atribuídas aos radicais livres em “substâncias bastante reativas e altamente perigosas”, por generalizar estas propriedades para todos os radicais livres.

Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas

p. 213

Vitamina E

[...]

Um radical livre tem, pelo menos, um elétron desemparelhado, responsável por seu alto grau de reatividade (2). Os radicais livres podem ter um papel importante no desenvolvimento do câncer e no processo de envelhecimento (3).

[...]

Radicais livres – moléculas altamente reativas que têm no mínimo um elétron desemparelhado (4).

O trecho (2) está correto, com a ressalva de que a alta reatividade não é característica de todos os radicais livres, mas a presença do elétron desemparelhado aumenta a reatividade das espécies químicas radicalares em comparação às não radicalares.

O trecho número (3) está correto.

O trecho (4) apresenta um conceito alternativo ao atribuir a alta reatividade a todos os radicais livres.

Estes conceitos presentes no texto, associados à falta de exemplos de funções fisiológicas dependentes de radicais livres, devem fazer com que os aspectos negativos sobre radicais livres adquiram um peso maior na formação conceitual dos leitores.

Cabe salientar que as concepções encontradas neste material correspondiam ao conhecimento disponível à época das primeiras edições e que, portanto, correspondem a informações que, hoje, estão desatualizadas.

Para consultar o texto presente em todas as edições analisadas, vide Anexo A.

4.2.2 Lehninger – Princípios de Bioquímica

O Quadro 16 apresenta as edições analisadas do livro Lehninger – Princípios de Bioquímica:

Edição	Ano	Idioma	Referência Bibliográfica
1 ^a	1984	Português	Lehninger, 1984
2 ^a	1995	Português	Lehninger, 1995
3 ^a	2002	Português	Lehninger, 2002
4 ^a	2006	Português	Nelson; Cox, 2007
5 ^a	2008	Inglês	Nelson; Cox, 2008
6 ^a	2013	Inglês	Nelson; Cox, 2013

Quadro 16 – Edições analisadas do livro Lehninger – Princípios de Bioquímica.

1^a edição (1984)

Capítulo 17, Transporte de elétrons, fosforilação oxidativa e regulação da produção de ATP

p. 342

A Redução Incompleta do Oxigênio Pode Ser Causa de Lesões Celulares

[...]

O peróxido de hidrogênio e o [radical] superóxido são extremamente tóxicos para as células porque atacam os ácidos graxos insaturados componentes da parte lipídica da membrana, o que provoca sua lesão **(1)**.

O trecho **(1)** está correto, contudo, pode contribuir para reforçar concepções alternativas trazidas pelos leitores. A adoção de “extremamente tóxicos” para caracterizar os compostos mencionados contribui especialmente para reforçar estes conceitos alternativos e é uma característica muito mencionada nos meios de comunicação para caracterizar os radicais livres, como indicou a análise realizada na mídia impressa (Seção 4.1). Estes termos também aparecem na literatura científica, principalmente na época das primeiras descobertas sobre os radicais livres e em revistas atuais não específicas da área.

Capítulo 17, Transporte de elétrons, fosforilação oxidativa e regulação da produção de ATP

p. 342

A Redução Incompleta do Oxigênio Pode Ser Causa de Lesões Celulares

[...]

O peróxido de hidrogênio, embora tóxico, pode ser útil. O besouro bombardeiro produz uma solução concentrada de peróxido de hidrogênio [...] e uma solução de hidroquinona [...]. Quando ameaçado, [...] ataca (e envenena) seus inimigos lançando um jato quente (40°C) de uma quinona tóxica, resultante da oxidação explosiva da hidroquinona pelo peróxido de hidrogênio (2).

O trecho (2) está correto e destaca uma função biológica importante, um mecanismo de defesa do besouro bombardeiro, contrapondo-se ao enunciado em (1), contudo não apresenta uma função biológica para o corpo humano e, desta forma, o conceito presente em (1) adquire um peso maior para a formação conceitual sobre o tema.

2ª edição (1995)

Capítulo 2, Células

p. 26

Os peroxissomos destroem o peróxido de hidrogênio, e os glioxissomos convertem gorduras em carboidratos

[...] radicais livres e peróxido de hidrogênio (H₂O₂), espécies químicas muito reativas que podem lesar a maquinaria celular (1).

Capítulo 18, Fosforilação oxidativa e fofosforilação

p. 410, 412

[...] o peróxido de hidrogênio ou radicais hidroxila livres – espécies muito reativas que lesariam os componentes celulares (2).

O trecho (1) apresenta um conceito alternativo ao afirmar que (todos) os radicais livres são espécies químicas muito reativas que podem causar danos às células.

O trecho (2), muito semelhante a (1), não pode ser considerado conceito alternativo, pois indica as espécies químicas reativas. Contudo, este texto reforça o conceito apresentado em (1).

Capítulo 21, Biossínteses de aminoácidos, nucleotídeos e moléculas relacionadas

p. 542

[...]

A ribonucleotídeo redutase é notável pelo fato de seu mecanismo de reação prover o exemplo melhor caracterizado do envolvimento de radicais livres nas transformações bioquímicas (3). Desta forma, ela é um protótipo para as reações envolvendo radicais intermediários, uma vez tidos como muito raros nos sistemas biológicos (4).

O trecho (3) contribui com uma visão positiva, embora não tão enfática quanto os trechos (1) e (2), ao destacar o envolvimento de radicais livres em “transformações bioquímicas”.

O trecho (4) também apresenta um aspecto positivo sobre radicais livres ao enunciar que estes eram “tidos como muito raros nos sistemas biológicos”, indicando para o leitor que radicais livres são comumente encontrados em sistemas biológicos e, tomando os trechos (3) e (4) conjuntamente, são normais e necessários ao funcionamento do organismo.

Embora os trechos (3) e (4) correspondam a visões positivas sobre radicais livres, eles se encontram distantes espacialmente dos trechos (1) e (2) e, por conta disso, é minimizada a possibilidade destes enunciados (3 e 4) amenizarem as concepções expostas nos dois primeiros trechos (1 e 2). Assim, para um leitor que venha a entrar em contato apenas com os trechos (1) e/ou (2), prevalecerá a visão contida nestes excertos, enquanto o contrário acontecerá para os trechos (3) e/ou (4).

3ª Edição (2002)

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 524

[...] o peróxido de hidrogênio ou os radicais hidroxila livres, que são espécies muito reativas que podem danificar os componentes celulares (1).

[...]

Este trecho repete o trecho (2) presente na 2ª edição e não é um conceito alternativo, embora possa contribuir para reforçar conceitos alternativos trazidos pelos leitores.

4ª Edição – 2007

Parte II, Bioenergética e Metabolismo

p. 484

Reações dos radicais livres

Antigamente considerada rara, a clivagem homolítica de ligações covalentes com geração de radicais livres é, atualmente, sabida ocorrer em muitos processos bioquímicos (1).

O trecho (1) está correto e contém um aspecto positivo sobre o tema ao enunciar que a geração de radicais livres ocorre “em muitos processos bioquímicos”. Entretanto, a distância espacial entre este trecho e os demais prejudica a formação de uma concepção geral mais apropriada sobre radicais livres.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 692

[...] o heme *b* do complexo II [...] pode funcionar na redução da frequência com que os elétrons “escapam” do sistema [cadeia de transporte de elétrons] e movem-se do succinato para o oxigênio molecular produzindo o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o radical superóxido (•O₂⁻) conhecidos como espécies oxigênio reativas (ROS) (2).
[...]

O trecho (2) está correto, mas o trecho “pode funcionar na redução da frequência com que os elétrons ‘escapam’ do sistema” pode reforçar, para indivíduos que possuem conceitos alternativos, a concepção de que radicais livres devem ser evitados.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 694

[...] peróxido de hidrogênio ou os radicais hidroxila livres, que são espécies muito reativas que pode danificar os componentes celulares (3).
[...]

O trecho (3) repete os trechos (2) da 2ª edição e (1) da 3ª edição, e está correto. Este trecho pode contribuir para reforçar, se o leitor possuir, o conceito alternativo de que todos os radicais livres seriam muito reativos e prejudiciais.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 715-716

Papel das Mitocôndrias na Apoptose e no Estresse

[...] vários passos no processo de redução do oxigênio na mitocôndria têm a possibilidade de produzir radicais livres muito reativos que podem danificar as células (4).

[...]

O trecho (4) está correto, mas pode contribuir para reforçar conceito alternativo trazido pelo leitor de que todos os radicais livres seriam muito reativos e prejudiciais.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 715-716

Papel das Mitocôndrias na Apoptose e no Estresse

[...]

O radical superóxido, $\cdot\text{O}_2^-$, é muito reativo e pode danificar enzimas, lipídios de membrana e ácidos nucleicos (5).

O trecho (5) está correto, pois se refere a um radical livre específico.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 715-716

Papel das Mitocôndrias na Apoptose e no Estresse

[...]. De 0,1% até tanto quanto 4% do O_2 empregado pela mitocôndria que está respirando forma $\cdot\text{O}_2^-$ – quantidade mais que suficiente para provocar efeitos letais na célula, a menos que os radicais livres assim formados sejam rapidamente neutralizados (6).

O trecho (6) está correto, mas em indivíduos que apresentem conceitos alternativos sobre o tema, estas informações podem reforçar tais conceitos.

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 715-716

Papel das Mitocôndrias na Apoptose e no Estresse

[...]. Para prevenir a lesão oxidativa pelo $\cdot\text{O}_2^-$ as células têm várias formas da enzima superóxido dismutase [...]. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gerado por essa reação é tornado inócuo pela ação da glutathione peroxidase. [...]. A glutathione reductase recicla a glutathione oxidada para sua forma reduzida [...]. A glutathione reduzida

também funciona na manutenção no estado reduzido dos grupos sulfidril de proteínas, prevenindo alguns dos efeitos deletérios do estresse oxidativo (7).

O trecho (7) indica algumas enzimas capazes de neutralizar espécies reativas de oxigênio e está correto.

Com exceção do trecho (1), todos os outros trechos enfatizaram ou contribuíram para reforçar uma visão negativa sobre o tema.

5ª Edição – 2008

Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types

p. 498

Free-Radical Reactions

Once thought to be rare, the homolytic cleavage of covalent bonds to generate free radicals has now been found in a wide range of biochemical processes (1).

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 715

[...]

The heme *b* of Complex II [...]; it may serve instead to reduce the frequency with which electrons “leak” out of system, moving from succinate to molecular oxygen to produce the reactive oxygen species (ROS) hydrogen peroxide (H₂O₂) and superoxide radical ([•]O₂⁻) (2) [...].

Os trechos (1) e (2) repetem os trechos (1) e (2) da 4ª edição, discutidos anteriormente. O primeiro mostra um aspecto positivo e o segundo um aspecto negativo sobre radicais livres.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 720-721

Reactive Oxygen Species Are Generated during Oxidative Phosphorylation

Several steps in the path of oxygen reduction in mitochondria have the potential to produce highly reactive free radicals that can damage cells (3).

[...]

The superoxide free radical thus generated is highly reactive; its formation also leads to production of the even more reactive hydroxyl free radical [•]OH (4).

These reactive oxygen species can wreak havoc, reacting with and damaging enzymes, membrane lipids, and nucleic acids (5).

[...]

Os trechos (3), (4) e (5) são similares aos trechos (4) e (5) da 4ª edição, e enfatizam características negativas dos radicais livres.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 720-721

Reactive Oxygen Species Are Generate during Oxidative Phosphorylation

[...]. In actively respiring mitochondria, 0,1% to as much as 4% of the O₂ used in respiration forms [•]O₂⁻ – more than enough to have lethal effects unless the free radical is quickly disposed of (6).

[...]

O trecho (6) corresponde ao trecho (6) da 4ª edição e também reforça a visão negativa sobre radicais livres.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 720-721

Reactive Oxygen Species Are Generate during Oxidative Phosphorylation

[...]

To prevent oxidative damage by [•]O₂⁻, cells have several forms of the enzyme superoxide dismutase [...]. The hydrogen peroxide (H₂O₂) thus generated is rendered harmless by the action of glutathione peroxidase. Glutathione reductase recycles the oxidized glutathione to its reduced form [...]. Reduced glutathione also serves to keep protein sulfhydryl groups in their reduced state, preventing some of the deleterious effects of oxidative stress (7).

[...]

Em (7), repete-se o exposto no trecho (7) da 4ª edição.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 733-734

Hypoxia leads to ROS Production and Several Adaptive Responses

In hypoxic cells, there is an imbalance between the input of electrons from fuel oxidation in the mitochondrial matrix and transfer of electrons to molecular oxygen, leading to increased formation of reactive oxygen species. In addition to the glutathione peroxidase system, cells have two other lines of defense against ROS. One is regulation of pyruvate dehydrogenase (PDH) [...]. A second means of preventing ROS formation is replacement of one subunit of Complex IV, known as COX4-1, with another subunit, COX4-2 [...]. [...]. When these mechanisms for dealing with ROS are insufficient, due to genetic mutation affecting one of the protective proteins or under conditions of very high rates of ROS production, mitochondrial function is compromised (8). Mitochondrial damage is thought to be involved in aging, heart failure, certain rare cases of diabetes, and several maternally inherited genetic that affect the nervous system (9).

Os trechos (8) e (9) apresentam novidades em relação à 4ª edição, ao explorar o envolvimento de espécies reativas de oxigênio na hipóxia. O conteúdo de (8) está correto. O conteúdo presente em (9) está correto, embora reforce uma visão negativa a respeito de espécies reativas de oxigênio ao mencionar o envelhecimento e algumas patologias, sem mencionar também processos fisiológicos que dependem destas espécies reativas.

6ª Edição – 2013

Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types

p. 514

Free-Radical Reactions

Once thought to be rare, the homolytic cleavage of covalent bonds to generate free radicals has now been found in a wide range of biochemical processes (1).

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 740

[...]

The heme *b* of Complex II is apparently not in the direct path of electron transfer; it may serve instead to reduce the frequency with which electrons “leak” out of system, moving from succinate to molecular oxygen to produce the reactive oxygen species (ROS) hydrogen peroxide (H₂O₂) and superoxide radical ([•]O₂⁻) [...]

(2).

p. 745-746

Reactive Oxygen Species Are Generate during Oxidative Phosphorylation

Several steps in the path of oxygen reduction in mitochondria have the potential to produce highly reactive free radicals that can damage cells (3).

[...]

The superoxide free radical thus generated is highly reactive; its formation also leads to production of the even more reactive hydroxyl free radical [•]OH (4).

Reactive oxygen species can wreak havoc, reacting with and damaging enzymes, membrane lipids, and nucleic acids (5). In actively respiring mitochondria, 0,1% to as much as 4% of the O₂ used in respiration forms [•]O₂⁻ – more than enough to have lethal effects unless the free radical is quickly disposed of (6).

[...]

Os trechos (1) a (6) repetem o conteúdo dos trechos (1) a (6) da 5ª edição e foram discutidos anteriormente.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 745-746

Reactive Oxygen Species Are Generate during Oxidative Phosphorylation

[...]

Although overproduction of ROS is clearly detrimental, low levels of ROS may be used by the cell as a signal reflecting the insufficient supply of oxygen (hypoxia), triggering metabolic adjustments (7).

O trecho (7) está correto e mostra um aspecto positivo sobre os radicais livres, que é a de sinalizar e provocar modificações metabólicas devido ao suprimento insuficiente de oxigênio.

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 745-746

Reactive Oxygen Species Are Generate during Oxidative Phosphorylation

[...]

To prevent oxidative damage by $\cdot\text{O}_2^-$, cells have several forms of the enzyme superoxide dismutase, which catalyzes the reaction [...]. The hydrogen peroxide (H_2O_2) thus generated is rendered harmless by the action of glutathione peroxidase. Glutathione reductase recycles the oxidized glutathione to its reduced form [...]. Reduced glutathione also serves to keep protein sulfhydryl groups in their reduced state, preventing some of the deleterious effects of oxidative stress (8).

[...]

Hypoxia leads to ROS Production and Several Adaptive Responses

In hypoxic cells there is an imbalance between the input of electrons from fuel oxidation in the mitochondrial matrix and transfer of electrons to molecular oxygen, leading to increased formation of reactive oxygen species. In addition to the glutathione peroxidase system, cells have two other lines of defense against ROS. One is regulation of pyruvate dehydrogenase (PDH) [...]. A second means of preventing ROS formation is replacement of one subunit of Complex IV, known as COX4-1, with another subunit, COX4-2, that is better suited to hypoxic conditions [...]. When these mechanisms for dealing with ROS are insufficient, due to genetic mutation affecting one of the protective proteins or under conditions of very high rates of ROS production, mitochondrial function is compromised (9).

Mitochondrial damage is thought to be involved in aging, heart failure, certain rare cases of diabetes, and several maternally inherited genetic that affect the nervous system (10).

Os trechos (8) a (10) repetem o conteúdo dos trechos (7) a (9) da 5ª edição.

Embora os trechos (1) e (7) tragam visões positivas sobre radicais livres, a maior parte do conteúdo do livro explora os pontos negativos sobre o tema.

Para um leitor familiarizado com o tema, não deve haver problema com relação ao aspecto conceitual. Para um leitor não familiarizado ou que apresente conceitos alternativos, poderá haver formação ou reforço de conceitos alternativos.

Para consultar o texto presente em todas as edições analisadas, vide Anexo B.

4.2.3 Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica

Foram analisadas quatro edições de Marzzoco e Torres, Quadro 17.

Edição	Ano	Idioma	Referência Bibliográfica
1 ^a	1990	Português	Marzzoco; Torres, 1990
2 ^a	1999	Português	Marzzoco; Torres, 1999
3 ^a	2007	Português	Marzzoco; Torres, 2007
4 ^a	2015	Português	Marzzoco; Torres, 2015

Quadro 17 – Edições analisadas do livro Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica.

Não foi localizado material sobre radicais livres nas duas primeiras edições deste livro. A análise da 3^a e da 4^a edições encontra-se a seguir:

3^a edição – 2007

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...] a redução parcial do oxigênio, por adição de um elétron de cada vez, gera *radicais livres*, que podem causar dano severo às células. Alguns exemplos são o *ânion superóxido* e o *radical hidroxila* (1).

[...]

O trecho (1) está correto, contudo, em um indivíduo que já possua conceitos alternativos sobre o tema, pode contribuir para o reforço do conceito alternativo de que todos os radicais livres seriam prejudiciais às células.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...]. A adição de um elétron ao oxigênio molecular origina o íon superóxido, que reage com um elétron e gera o íon peróxido; este protona-se rapidamente, originando o peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é um oxidante potente e, embora não seja um radical livre, pode originar o radical hidroxila, um dos radicais mais reativos (2).

[...]

O íon superóxido, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila são chamados, conjuntamente, de *espécies reativas de oxigênio (ROS)*, da denominação inglesa (3).

[...] há fortes evidências de que haja produção de radical superóxido nos Complexos I e II (e, talvez, no Complexo III), por reação da forma semiquinona da coenzima Q ou do FMN com o oxigênio (4). [...]. A cadeia de transporte de elétrons mitocondrial é a maior fonte endógena de espécies reativas de oxigênio (5).

[...]

Os trechos (2) a (5) estão corretos.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

A formação de espécies reativas de oxigênio acontece ainda nos peroxissomos, no retículo endoplasmático e nas células do sistema imunológico; neste último caso, os radicais livres desempenham função essencial, qual seja, combater infecções bacterianas (6).

[...]

O trecho (6) está correto e apresenta uma função fisiológica essencial que depende de radicais livres, contrapondo-se ao conceito alternativo de que todos os radicais livres são sempre danosos à saúde.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...]. Fatores externos ao organismo, como radiação cósmica e poluição ambiental, também podem levar à produção de radicais livres (7).

As espécies reativas de oxigênio reagem com proteínas e DNA, alterando suas estruturas, e com lipídios, convertendo-os a peróxidos (8). [...]. Ainda mais, os peróxidos de lipídios geram outros radicais livres, amplificando o dano a macromoléculas (9).

[...]

Os trechos (7) a (9) estão corretos, entretanto, assim como o trecho (1), podem contribuir para reforçar conceitos alternativos trazidos pelos leitores.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...]

As células dispõem de sistemas enzimáticos para a dissipação de radicais livres. A ação conjunta da *superóxido dismutase* e da *catalase*, por exemplo, converte superóxido em água:

[...]

Outra enzima que catalisa a redução de H_2O_2 e de peróxidos de lipídios é a *glutathione peroxidase* (10).

Além de enzimas, os seres humanos contam com a proteção de antioxidantes de baixa massa molar, como as *vitaminas A, C, E* e os *carotenóides* (11). Em doses elevadas, entretanto, a vitamina C atua como pró-oxidante. Os conhecimentos atuais não permitem recomendar suplementação desses antioxidantes (12).

[...]

Os trechos (10) a (12) estão corretos. O trecho (12) apresenta um alerta importante com relação à ação pró-oxidante dos suplementos antioxidantes.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...]

Em condições normais do metabolismo celular, os mecanismos de defesa contra radicais livres permitem homeostase. Mas, quando há um aumento na produção dessas espécies, a capacidade protetora das enzimas e dos antioxidantes é ultrapassada, resultando em estresse oxidativo (13).

[...]

Como as espécies reativas de oxigênio reagem indiscriminadamente com uma grande variedade de componentes celulares e causam danos cumulativos, elas têm sido implicadas na etiologia do envelhecimento, de doenças neurodegenerativas (doenças de Parkinson e de Alzheimer), de câncer etc (14).

Os trechos (13) e (14) estão corretos. O trecho (14) pode contribuir para o reforço de conceitos alternativos em indivíduos que apresentem o conceito de que radicais livres são responsáveis apenas por processos patológicos.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa.

p. 141-142

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

Radical livre é uma espécie química capaz de existência independente e que contém um ou mais elétrons não-pareados na orbital externa. Essas espécies, em geral, são

extremamente instáveis e altamente reativas; ao reagirem com uma molécula, geram outro radical livre, iniciando uma reação em cadeia. Sua fórmula química é acompanhada de um ponto, representando o elétron não pareado (nota de rodapé) **(15)**.

O trecho (15) está correto. Cabe ressaltar uma diferença importante em “Essas espécies, em geral, são extremamente instáveis e altamente reativas” em relação a trechos semelhantes encontrados em outros livros, mas que não apresentam a ressalva “em geral”, indicando não se tratar de todos os radicais livres.

Capítulo 12, Metabolismo de Carboidratos: Via das Pentoses Fosfato.

p. 157

NADPH e Mecanismos antioxidantes

O NADPH constitui uma reserva importante de poder redutor [...] para os mecanismos celulares que previnem o estresse oxidativo **(16)**.
[...]

O trecho **(16)** está correto.

Capítulo 12, Metabolismo de Carboidratos: Via das Pentoses Fosfato.

p. 157

NADPH e Mecanismos antioxidantes

[...]. Em diversas reações do metabolismo oxidativo, são produzidas espécies reativas de oxigênio, devido à redução parcial do oxigênio. Estas espécies radicalares reagem praticamente com qualquer composto, as macromoléculas inclusive, causando alterações estruturais irreversíveis **(17)**.
[...]

O trecho 17 está correto, mas pode reforçar o conceito alternativo de que radicais livres são sempre prejudiciais, em indivíduos que apresentem tais conceitos.

Capítulo 12, Metabolismo de Carboidratos: Via das Pentoses Fosfato, p. 157.

p. 157

NADPH e Mecanismos antioxidantes

[...]. Os organismos dispõem de sistemas enzimáticos (superóxido dismutase e catalase) e não-enzimáticos (vitaminas antioxidantes), capazes de dissipar os radicais livres, contribuindo para a manutenção da integridade funcional das células **(18)**.
[...]

O trecho **(18)** está correto.

Todos os trechos analisados na presente edição de Marzzoco e Torres estão corretos e, apesar de parte dos trechos poder contribuir para reforçar conceitos alternativos trazidos pelos leitores, o texto introduz o leitor a aspectos positivos e negativos associados ao tema, evitando-se, desta forma, enfatizar aspectos somente negativos ou positivos.

4ª Edição - 2015

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 144-146

Radicais Livres

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

A transferência de quatro elétrons ao oxigênio, processada no Complexo IV, resulta na sua redução a água, por associação a quatro prótons. Todavia, à medida que os elétrons percorrem a cadeia respiratória, pode haver vazamento de elétrons que promovem a redução monoelétrica do O_2 dissolvido na matriz mitocondrial, originando radicais livres, que podem causar dano severo às células (1).

Radical livre é uma espécie química capaz de existência independente (daí a denominação *livre*) e que contém um ou mais elétrons não pareados no orbital externo. Essas espécies, em geral, são instáveis (meia-vida da ordem de nanosegundos) e altamente reativas; ao reagirem com uma molécula, geram outro radical livre, iniciando uma reação em cadeia. Sua fórmula química é acompanhada de um ponto, representando o elétron não pareado. Alguns exemplos são o *ânion radical superóxido* e o *radical hidroxila* (2).

A adição de um elétron ao oxigênio molecular origina o ânion radical superóxido que, recebendo um elétron, gera o ânion peróxido; este protona-se, originando o peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é um oxidante potente e, embora não seja um radical livre, pode originar o radical hidroxila, um dos radicais livres mais reativos conhecidos (3).

O ânion radical superóxido, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila são chamados, conjuntamente, de *espécies reativas de oxigênio (ROS)*, da denominação inglesa) (4).

Em contraposição à geração de radicais livres por transferência monoelétrica ao oxigênio dissolvido, a redução do oxigênio a água, catalisada pela citocromo *c* oxidase, apesar de envolver transferências de *um* elétron, ocorre sem que haja liberação de formas parcialmente reduzidas de oxigênio – os intermediários da reação permanecem firmemente ligados ao centro ativo da enzima, até que a água seja produzida. Por outro lado, há produção do radical superóxido nos Complexos I e III (em plantas, também no Complexo II), por reação da forma semiquinona da coenzima Q ou do FMN com oxigênio (5). Este processo é intensificado quando o gradiente eletroquímico torna-se elevado, por falta de ADP: a inibição resultante da cadeia de transporte de elétrons acarreta um aumento da meia-vida de intermediários com elétrons não pareados, capazes de reduzir O_2 a $O_2^{\bullet-}$.

A cadeia de transporte de elétrons mitocondrial é considerada, geralmente, como a maior fonte endógena de espécies reativas de oxigênio (6). Todavia, também são formadas em quantidades significativas nos peroxissomos, no retículo endoplasmático e nas membranas celulares (7). Fatores externos ao organismo, como radiação cósmica, poluição ambiental e muitas drogas também podem levar à produção de radicais livres (8).

Os trechos (1) a (8) são muito semelhantes aos trechos (1) a (7) da 3ª edição e, por isso, não serão discutidos.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 144-146

Radicais Livres

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...]

A formação de espécies reativas de oxigênio é um processo natural e inevitável nos organismos aeróbios. Estima-se que de 0,1% a 2% do oxigênio consumido por mitocôndrias seja convertido em radical superóxido, embora esses valores sejam questionados (9).

[...]

O trecho (9) está correto. A indicação de que a formação de espécies reativas de oxigênio é “um processo natural e inevitável nos organismos aeróbios” contribui no sentido de desfazer ou minimizar o conceito de que radicais livres não seriam naturais e poderiam ser totalmente evitados.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 144-146

Radicais Livres

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...] as células aeróbias dispõem de sistemas para a dissipação de radicais livres, que incluem enzimas e antioxidantes de baixa massa molar, e também de proteínas desacopladoras para minimizar a sua produção na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial.

A reação de decomposição chama-se *dismutação* e consiste na reação entre dois radicais livres, gerando produtos não radicalares. Uma das enzimas capazes de promover esta reação é a *superóxido dismutase*, que catalisa a dismutação de radicais superóxidos:

[...]

A catalase decompõe peróxido de hidrogênio em oxigênio e água:

[...]

A ação conjunta da *superóxido dismutase* e da *catalase* converte superóxido em água.

Outra enzima que catalisa a redução de H_2O_2 e de peróxidos de lipídios é a *glutathione peroxidase*.

Além de enzimas, o organismo humano conta com uma segunda linha de proteção contra as espécies reativas de oxigênio: os antioxidantes de baixa massa molar (em comparação com as enzimas). São compostos presentes nos alimentos de origem vegetal, dentre os quais se destacam: as *vitaminas A, C, E*, os carotenos (*β -caroteno*, precursor da vitamina A, e *licopeno*), os *polifenóis* (*resveratrol* e *flavonoides*) etc (10). [...]. A eficácia da utilização desses antioxidantes para impedir os efeitos nocivos das espécies reativas de oxigênio, apesar de intensamente pesquisada, permanece inconclusiva.

Em condições normais do metabolismo celular, os mecanismos de defesa contra radicais livres permitem homeostase. Mas, quando há um aumento na produção

dessas espécies, a capacidade protetora das enzimas e dos antioxidantes é ultrapassada, resultando em estresse oxidativo (11).

Como as espécies reativas de oxigênio reagem indiscriminadamente com uma grande variedade de componentes celulares e causam danos cumulativos, elas têm sido implicadas na etiologia do envelhecimento, de doenças neurodegenerativas (doenças de Parkinson e de Alzheimer) e cardiovasculares, de câncer (12). Os antioxidantes, há mais de 30 anos, vêm sendo testados como potenciais agentes na prevenção de tais doenças. Entretanto, a conclusão de estudos epidemiológicos amplos em seres humanos é que não trazem benefícios importantes e podem até ser danosos; por exemplo, a vitamina C, em doses elevadas, atua como pró-oxidante. Assim, os conhecimentos atuais não permitem recomendar suplementação desses antioxidantes (13).

Os trechos (10) a (13) são muito semelhantes aos trechos (10) a (14) da 3ª edição e, por isso, não serão discutidos.

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 144-146

Radicais Livres

As espécies reativas de oxigênio também têm funções biológicas importantes

O conceito tradicional de que as espécies reativas de oxigênio (ROS) atuam unicamente como agentes oxidantes, levando à disfunção de órgãos e tecidos, tem sido revisto. Na realidade, elas desempenham um duplo papel nas células aeróbias, atuando também como importantes entidades sinalizadoras em diversos processos fisiológicos essenciais. Ainda mais, os organismos são capazes de utilizar a alta reatividade das ROS, de maneira controlada, em situações específicas (14).

O exemplo clássico de uma função essencial desempenhada pelas ROS é o combate a infecções bacterianas. Nas células do sistema imunológico, como neutrófilos e macrófagos, uma enzima muito ativa, a NADPH oxidase, catalisa a transferência de elétrons do NADPH ao oxigênio, com produção de grandes quantidades de radical superóxido e água oxigenada, que eliminam as bactérias fagocitadas (15).

[...] . A descoberta de que as NADPH oxidases são expressas na maioria das células de mamíferos levou à verificação da participação das ROS na regulação de muitos processos, como a migração e proliferação de células, modificação pós-tradução de proteínas, modulação de cascatas de sinalização, síntese de hormônios etc (16).

Quando a atividade das enzimas intrinsecamente produtoras de ROS, como as NADPH oxidases, é exacerbada, instalam-se o estresse oxidativo e as moléculas a ele associadas. Para combater tais situações, diversos fármacos têm sido testados como inibidores dessas enzimas. A inibição da síntese de ROS seria uma abordagem alternativa à utilização de antioxidantes convencionais para a neutralização dessas espécies, uma vez formadas, tendo em vista a baixa eficácia clínica dos antioxidantes convencionais e seus paradoxais efeitos pró-oxidantes (17).

Ainda em relação à prevenção do acúmulo de ROS, os organismos aeróbios contam com a proteção natural das proteínas desacopladoras. Elas permitem manter níveis não tóxicos de ROS, mas compatíveis com a participação dessas espécies no controle dos processos citados, além de outros [...] (18).

Os trechos (14) a (18) estão corretos e acrescentam conceitos importantes ao texto com relação ao papel essencial e fisiológico das espécies reativas de oxigênio.

O texto compreendido entre os trechos (14) a (18), introduzido pelo título “As espécies reativas de oxigênio também têm funções biológicas importantes”, proporciona equilíbrio ao texto como um todo, especialmente em contraposição ao que foi exposto entre os trechos (1) a (13), prevenindo a predominância de conceitos relacionados somente aos efeitos nocivos dos radicais livres.

Para consultar o texto presente em todas as edições analisadas, vide Anexo C.

4.2.4 Stryer – Bioquímica

Foram analisadas sete edições de Stryer – Bioquímica, Quadro 18:

Edição	Ano	Idioma	Referência Bibliográfica
1 ^a	1976	Espanhol	Stryer, 1976
2 ^a	1982	Espanhol	Stryer, 1982
3 ^a	1992	Português	Stryer, 1992
4 ^a	1996	Português	Stryer, 1996
5 ^a	2004	Português	Berg; Tymoczko; Stryer, 2004
6 ^a	2008	Português	Berg; Tymoczko; Stryer, 2008
7 ^a	2014	Português	Berg; Tymoczko; Stryer, 2014

Quadro 18 – Edições analisadas do livro Stryer – Bioquímica.

Não foram encontrados textos sobre o tema na 1^a e na 2^a edições de Stryer.

3^a edição – 1992 e 4^a edição – 1996

O conteúdo localizado na 3^a e na 4^a edições é o mesmo, por isso, optou-se por transcrever nesta seção apenas o conteúdo da 4^a edição.

Capítulo 21, Fosforilação Oxidativa

p. 524-525

Derivados tóxicos do O₂, como o radical superóxido são destruídos por enzimas protetoras

[...] a redução de O₂ por um elétron produz O₂^{•-}, o *anionte superóxido*, um radical potencialmente destrutivo. [...]. A protonação do anionte superóxido gera o *radical hidroperoxila* (HO₂[•]), que pode reagir espontaneamente com outro anionte superóxido, formando *peróxido de hidrogênio* (H₂O₂) (1).

[...]

O trecho (1) está correto e embora mencione “potencialmente destrutivo”, o faz em relação a uma espécie radicalar e não aos radicais livres em geral.

Capítulo 21, Fosforilação Oxidativa

p. 524-525

Derivados tóxicos do O₂, como o radical superóxido são destruídos por enzimas protetoras

[...]

O aníon pode ser destruído pela *superóxido dismutase*, uma enzima que catalisa a conversão de dois desses radicais em peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e pela reação não catalisada de radicais hidroperoxila é destruído pela *catalase*, uma hemoproteína onipresente que catalisa a dismutação de peróxido de hidrogênio em água e oxigênio molecular (2).

[...]

O trecho (2) está correto.

Nos textos localizados na 3^a e na 4^a edições, não foram identificados conceitos alternativos.

5^a (2004), 6^a (2008) e 7^a (2014) Edições

Os textos localizados na 5^a, 6^a e 7^a edições de Stryer são semelhantes. Desta forma, estas edições serão analisadas em conjunto, tomando-se o cuidado de indicar os trechos que não estão presentes nas três edições. A transcrição a seguir foi retirada da 7^a edição.

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 544-546

Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras

[...]

Todavia, há riscos associados a redução do O₂. A transferência de quatro elétrons resulta em produtos seguros (duas moléculas de H₂O); contudo, a redução parcial gera compostos perigosos. Em especial, a transferência de um único elétron para O₂ forma ânion superóxido, enquanto a transferência de dois elétrons resulta em peróxido.

[...]

Os dois compostos são potencialmente destrutivos. [...] (1).

Embora a citocromo *c* oxidase e outras proteínas que reduzem O₂ sejam extremamente bem-sucedidas na retenção de intermediários, é inevitável a formação de pequenas quantidades de ânion superóxido e peróxido de hidrogênio (2). [...].

O título presente neste texto, em “são varridos por enzimas antioxidantes”, pode contribuir para reforçar ou manter conceitos alternativos trazidos pelos indivíduos.

Os trechos (1) e (2) estão corretos. Em (1), os termos “compostos perigosos” e “potencialmente destrutivos”, embora se refiram corretamente às espécies químicas mencionadas, podem contribuir para reforçar conceitos alternativos (radicais livres considerados prejudiciais à saúde) em indivíduos que já possuam estes conceitos alternativos. O trecho (2), por sua vez, deve contribuir para amenizar conceitos alternativos ao colocar que a formação dos compostos mencionados (ânion superóxido e peróxido de hidrogênio) é inevitável.

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 544-546

Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras

[...]

Superóxido, peróxido de hidrogênio e espécies que podem ser geradas a partir deles, como OH^\bullet , são coletivamente denominados *espécies reativas do oxigênio* (ROS do, inglês, *reactive oxygen species*) (3). A lesão oxidativa causada pelas espécies reativas do oxigênio já foi implicada no processo de envelhecimento, assim como em uma lista crescente enfermidades (tabela) (4).

[...]

Condições patológicas e outras condições que podem estar associadas à lesão por radicais livres
Aterogênese
Enfisema; bronquite
Doença de Parkinson
Distrofia muscular de Duchenne
Câncer cervical
Doença hepática alcoólica
Diabetes
Insuficiência renal aguda
Síndrome de Down
Fibroplasia retrolental
Distúrbios vasculares cerebrais
Isquemia; lesão por reperfusão

Fonte: Segundo D. B. Marks, A. D. Marks e C. M. Smith. *Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach* (Williams & Wilkins, 1996, p. 331).

Os trechos (3) e (4) estão corretos. O trecho (4) e tabela subsequente, embora corretos, enfatizam o papel de radicais livres no envelhecimento e em doenças e utilizam os termos “espécies reativas de oxigênio” e “radicais livres” de maneira genérica, apropriadas para o contexto no qual estão inseridas, mas desaconselhadas de acordo com a literatura da

área. A recomendação é para que, sempre que possível, as espécies químicas em questão sejam indicadas (Forman et al, 2015).

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 544-546

Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras

[...]

Quais são as estratégias de defesa celular contra a lesão oxidativa provocada pelas espécies reativas de oxigênio? A principal estratégia de defesa é a enzima *superóxido dismutase*. Esta enzima varre os radicais superóxido por meio de catálise da conversão de dois desses radicais em peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e por outros processos é retirado pela *catalase*, uma proteína heme ubíqua que catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio a água e oxigênio molecular.

[...]

A glutatona peroxidase também participa na retirada de H₂O₂. Outras defesas celulares contra a lesão oxidativa incluem as vitaminas antioxidantes, vitaminas E e C. Como a vitamina E é lipofílica, ela é especialmente valiosa na proteção de membranas contra a peroxidação de lipídios (5).

[...]

O trecho (5) está correto, contudo, novamente, o uso do termo “varre” pode contribuir para a manutenção de conceitos alternativos trazidos pelos leitores.

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 544-546

Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras

[...]

Um benefício a longo prazo dos exercícios físicos é o aumento da concentração de superóxido dismutase nas células. O elevado metabolismo aeróbico durante a prática de exercícios físicos provoca a geração de mais espécies reativas de oxigênio. Em resposta a isso, a célula sintetiza mais enzimas protetoras. O efeito é de proteção porque o aumento da concentração de superóxido dismutase protege mais efetivamente a célula durante os períodos de repouso (6).

[...]

O trecho (6), presente apenas na 6^a e 7^a edições, está correto. Este trecho traz uma informação diferente e nova em relação aos outros livros analisados. No grupo de pós-graduandos e de professores investigados neste trabalho (Seções 4.3.2 e 4.3.3), identificou-se o conceito alternativo de que exercícios físicos diminuem a produção de radicais livres.

Enunciados como este do trecho (6) colocam em conflito este conceito alternativo e permitem que o leitor modifique seu entendimento sobre o tema.

[...]

Apesar do fato de que as espécies reativas de oxigênio são perigos conhecidos, as evidências recentes sugerem que, em determinadas circunstâncias, a geração controlada dessas substâncias é importante nas vias de transdução de sinais. Por exemplo, os fatores de crescimento comprovadamente aumentam os níveis de ROS como parte de sua via de sinalização e ROS regulam canais e fatores de transcrição. Os papéis duplos das ROS constituem um excelente exemplo da imensa complexidade da bioquímica dos sistemas vivos: até mesmo substâncias potencialmente deletérias podem desempenhar funções úteis (7).

O trecho (7), presente apenas na 7ª edição, está correto. As informações trazidas por este trecho introduzem o leitor ao papel fisiológico dos radicais livres (espécies reativas), prevenindo, desta forma, que o leitor construa, ou mantenha, uma visão negativa sobre os radicais livres.

Capítulo 24, Biossíntese de Aminoácidos,

p. 733-734

O óxido nítrico, uma molécula sinalizadora de vida curta, é formado a partir da arginina

O *Óxido Nítrico (NO)* é um importante mensageiro em muitos processos de transmissão de sinais em vertebrados. Por exemplo, o NO estimula a biogênese mitocondrial. Esse radical livre gasoso é produzido de modo endógeno a partir de arginina [...] (8).

O trecho (8) está correto e destaca uma função fisiológica importante de um radical livre. Entretanto, este trecho está distante espacialmente dos trechos (1) a (5), presentes na 5ª, 6ª e 7ª edições, minimizando a possibilidade que este trecho possui de amenizar os aspectos deletérios dos radicais livres introduzidos anteriormente.

Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídios

p. 751

Os desoxirribonucleotídios são sintetizados pela redução de ribonucleotídios por meio de um mecanismo de formação de radicais livres

[...] (9)

O trecho (9) está correto e, assim como o trecho (8), destaca um processo fisiológico que depende de radicais livres e que também está espacialmente distante dos trechos (1) a (5).

Capítulo 28, Replicação, Reparo e Recombinação do DNA

p. 844

As bases podem ser danificadas por agentes oxidantes, agentes alquilantes e luz

Diversos agentes químicos podem alterar bases específicas dentro do DNA após o término da replicação. Esses agentes mutagênicos incluem espécies reativas de oxigênio, como o radical hidroxila (10).

[...]

O trecho (10), presente apenas na 6ª e 7ª edições, está correto. Para um leitor que possua conceitos alternativos, este trecho pode contribuir para reforçá-los.

Para a transcrição das edições analisadas, vide Anexo D.

4.2.5 Voet e Voet - Bioquímica

Foram analisadas quatro edições de Voet e Voet, Quadro 19:

Edição	Ano	Idioma	Referência Bibliográfica
1ª	1990	Inglês	Voet; Voet, 1990
2ª	1995	Inglês	Voet; Voet, 1995
3ª	2006	Português	Voet; Voet, 2006
4ª	2011	Inglês	Voet; Voet, 2011

Quadro 19 – Edições analisadas do livro Voet e Voet – Bioquímica.

Não foram localizados conteúdos sobre radicais livres e/ou antioxidantes nas 1ª e 2ª edições.

3ª Edição – 2006

Capítulo 14, Velocidade da Reação Enzimática

p. 481

Algumas Enzimas Chegam a Atingir a Perfeição Catalítica

[...]

A SOD [superóxido dismutase], que está presente em quase todas as células, atua inativando o altamente reativo, e, portanto perigoso, radical superóxido (O_2^{\bullet}) [...]
(1).

O trecho (1) está correto, entretanto pode contribuir para reforçar conceitos alternativos em indivíduos que apresentem tais conceitos.

Capítulo 19, Transdução de Sinal

p. 673

eNOS [óxido nítrico-sintase endotelial] e nNOS [óxido nítrico-sintase neuronal], mas não iNOS [óxido nítrico-sintase induzível], são reguladas por $[Ca^{2+}]$

[...] essas células [macrófagos e neutrófilos] iniciam a produção de grande quantidade de NO e continuam a produzi-lo por muitas horas. Macrófagos e neutrófilos ativados também produzem radical superóxido (O_2^*), que combina quimicamente com NO para formar o ainda mais tóxico peroxinitrito ($OONO^*$, que reage rapidamente com H_2O para formar o radical hidroxila, OH^* , altamente reativo (2), e NO_2), usado por estas células para matar a bactéria ingerida.

[...]

O trecho (2), sublinhado, está correto, pois atribui a reatividade a um radical livre específico. Contudo, para um leitor que apresente conceitos alternativos, este trecho pode contribuir para reforçar tais conceitos.

Capítulo 22, Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 812

Complexo II (Succinato:Coenzima Q-Oxidorrredutase)

[...]

Essas espécies reativas de oxigênio [íons superóxido e H_2O_2] (EROs) são altamente prejudiciais (3).

[...]

O trecho (3) é um conceito alternativo, pois embora as espécies químicas mencionadas possam causar danos, elas também participam de processos fisiológicos. Também é possível que um leitor interprete o trecho inapropriadamente, entendendo que as espécies reativas de oxigênio, todas as espécies, são prejudiciais.

4ª Edição – 2011

Chapter 10, Hemoglobin: Protein Function in Microcosm

p. 325

Myoglobin Both Detoxifies and Synthesizes Nitric Oxide

Paradoxically, the tissue damage caused by ischemia (inadequate blood flow, such as in a heart attack or stroke) is often exacerbated when blood flow to the deprived tissues is reestablished. This so-called reperfusion injury is caused, in part, by the highly destructive reactive oxygen species (ROS), such as the superoxide ion (O_2^*) and the hydroxyl radical (*OH), initially produced by hypoxic mitochondria when the blood supply is restored (1). [...].

O trecho (1) está correto. No entanto, o trecho “the highly destructive reactive oxygen species (ROS), such as the superoxide ion ($O_2^{\bullet-}$) and the hydroxyl radical ($\bullet OH$)” pode contribuir para reforçar conceitos alternativos em indivíduos que os apresentem.

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 840

Complex II Suppresses the Formation of Reactive Oxygen Species

[...] these reactive oxygen species [superoxide radical and H_2O_2] (ROS) are highly destructive (2).

[...]

O trecho (2) está correto e, como o trecho (1), pode contribuir para reforçar conceitos alternativos.

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 865-866

Partial Oxygen Reduction Produces Reactive Oxygen Species (ROS)

[...] reduced reactive oxygen species (ROS) that readily react with a variety of cellular components (3).

[...]

ROS readily extract electrons from other molecules, converting them to free radicals and thereby initiating a chain reaction (4).

[...]

Os trechos (3) e (4) estão corretos, mas podem reforçar o conceito alternativo de que radicais livres são prejudiciais em indivíduos que possuam este conceito.

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 865-866

Partial Oxygen Reduction Produces Reactive Oxygen Species (ROS)

[...]

The random nature of ROS attacks makes it difficult to characterize their reaction products, but all classes of biological molecules are susceptible to oxidative damage caused by free radicals (5). The oxidation of polyunsaturated lipids in cells may disrupt the structures of membranes, and oxidative damage to DNA may result in point mutations. Enzyme function may also be compromised through radical reactions with amino acid side chains. Because the mitochondrion is the site of the bulk of the cell's oxidative metabolism, its lipids, DNA, and proteins bear the brunt of free radical-related damage (6).

Several degenerative diseases, including Parkinson's, Alzheimer's, and Huntington's diseases, are associated with oxidative damage to mitochondria. Such observations have led to the free-radical theory of aging, which holds that free-radical reactions arising during the course of normal oxidative metabolism are at

least partially responsible for the aging process. In fact, individuals with congenital defects in their mitochondrial DNA suffer from a variety of symptoms typical of old age, including neuromotor difficulties, deafness, and dementia. These genetic defects may increase the susceptibility of mitochondria to ROS-generated damage (7).

Os trechos (5) a (7) estão corretos, contudo, assim como os trechos anteriores, pode contribuir para reforçar os conceitos alternativos de que radicais livres são prejudiciais e causadores de doenças, em leitores que apresentem estes conceitos, principalmente por não destacar também funções fisiológicas dos radicais livres.

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 865-866

Cells Are Equipped with Antioxidant Mechanisms

Antioxidants eliminate oxidative free radicals such as $O_2^{\bullet-}$ and $\bullet OH$. [...] enzyme superoxide dismutase (SOD), which is present in nearly all cells, catalyzes the conversion of $O_2^{\bullet-}$ to H_2O_2 [...]

[...]

H_2O_2 is degraded to water and oxygen by enzymes such as catalase [...]

[...]

And glutathione peroxidase [...]

[...]

Other potential antioxidants are plant-derived compounds such as ascorbic acid (vitamin C) and vitamin E, a group of compounds whose most prominent member is α -tocopherol (8).

[...]

O trecho (8) está correto, porém o enunciado “Antioxidants eliminate oxidative free radicals” reforça o conceito alternativo de que radicais livres devem ser eliminados do organismo.

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 865-866

Cells Are Equipped with Antioxidant Mechanisms

[...]

These compounds [vitamin C and vitamin E] may help protect plants from oxidative damage during photosynthesis, a process in which H_2O is oxidized to O_2 . However, clinical trials indicate that their use does not contribute to longevity in humans (9).

O trecho (9) está correto e destaca uma informação importante com relação à ingestão de antioxidantes e à longevidade.

De maneira geral, apesar dos textos presentes na 3ª e na 4ª edições de Voet e Voet estarem corretos, a falta de informações a respeito do papel dos radicais livres na manutenção

da saúde confere um peso maior para as informações apresentadas no texto sobre o papel dos radicais livres no desenvolvimento de doenças.

Para a transcrição completa das edições analisadas, vide Anexo E.

4.2.6 Considerações Gerais

O Quadro 20 mostra os principais tópicos associados a *radicais livres* e a *antioxidantes* que foram encontrados nos livros de Bioquímica analisados e o Quadro 21 apresenta exemplos de trechos presentes nos livros para cada tópico (os Quadros 20 e 21 são apresentados a seguir).

A maior parte dos conceitos sobre radicais livres e antioxidantes localizados nos livros de Bioquímica analisados neste trabalho (Seções 4.2.1 a 4.2.5) constituem conceitos corretos, mas que, possivelmente, contribuam para formar ou reforçar conceitos alternativos trazidos pelos leitores.

Os tópicos mais frequentes encontrados nos livros de Bioquímica correspondem a atributos negativos a respeito de radicais livres (Quadro 20, Aspectos negativos, 77,5%). Dentre eles os mais frequentes foram:

- i. Radicais livres são prejudiciais, tóxicos, danosos (24,4%);
- ii. Radicais livres são altamente reativos (23,1%);
- iii. Associação de radicais livres e doenças. Exemplos: Parkinson, diabetes (10,6%).

Em grande parte destes livros, a indicação de que existem processos fisiológicos (Quadro 20, Aspectos positivos, 13,8%) que dependem de radicais livres aparece apenas em edições mais recentes e, mesmo assim, quase sempre em trechos curtos que se perdem em textos que enfatizam, por conta disso, processos patológicos associados a radicais livres.

A predominância de aspectos negativos sobre o tema, ainda que constituam conceitos corretos, somada aos conceitos comumente encontrados na mídia impressa (Seção 4.1) parece reforçar a concepção geral de que radicais livres são sempre prejudiciais à saúde e que antioxidantes são sempre benéficos.

É possível, ainda, que a adoção dos termos “espécies reativas” e “radicais livres” – iniciada em momento anterior à possibilidade de identificação das espécies químicas envolvidas nos processos patológicos comumente associados a radicais livres – frequentes nos livros de Bioquímica e na mídia impressa, tenha, de forma não intencional, contribuído para a

manutenção do conceito de que os radicais livres, como se fossem um único composto, seriam deletérios ao organismo.

À vista disso, acredita-se que os livros de bioquímica devam, gradativamente, introduzir conceitos e termos mais atualizados desta área, destacando, o papel de radicais livres em processos fisiológicos e a importância de identificar as espécies reativas, radicalares ou não, envolvidas nestes processos, como tem recomendado a literatura atual (Forman et al, 2015).

Livro/Edição	ASPECTOS NEGATIVOS						ASPECTO NEUTRO	ASPECTOS POSITIVOS			
	RL são prejudiciais, tóxicos, danosos.	RL são altamente reativos.	Associação de RL e doenças. Ex: Parkinson, diabetes.	Associação de RL e envelhecimento.	RL devem ser varridos do organismo.	Associação de RL e estresse oxidativo.	Exemplos de mecanismos AO nas células.	Papel fisiológico dos RL.	Desaconselhar suplementação de AO.	RL, exercícios físicos e expressão de enzimas AO.	RL como naturais.
Campbell 1ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 2ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 3ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 5ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 6ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 7ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Campbell 8ª	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Lehninger 1ª	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lehninger 2ª	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lehninger 3ª	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lehninger 4ª	4	3	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Lehninger 5ª	2	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Lehninger 6ª	2	2	2	0	0	1	1	2	0	0	0
Marzzoco e Torres 3ª	3	1	1	1	0	2	3	1	1	0	0
Marzzoco e Torres 4ª	2	2	1	1	0	2	1	1	3	0	1
Stryer 3ª	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Stryer 4ª	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Stryer 5ª	2	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0
Stryer 6ª	3	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0
Stryer 7ª	3	0	1	1	1	0	1	3	0	1	0
Voet e Voet 3ª	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Voet e Voet 4ª	3	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
Total/tópico	39 (24,4%)	37 (23,1%)	17 (10,6%)	14 (8,8%)	10 (6,3%)	7 (4,4%)	14 (8,8%)	14 (8,8%)	5 (3,1%)	2 (1,3%)	1 (0,6%)
TOTAL DE OCORRÊNCIAS											
160 (100%)											

Quadro 20 – Livros de Bioquímica: frequência dos principais tópicos relacionados a radicais livres e antioxidantes.

Tópico	Exemplo	Referência
Radicais livres são prejudiciais, tóxicos, danosos.	<i>[...] o anionte superóxido, um radical potencialmente destrutivo [...].</i>	Stryer, 4ª edição
	<i>[...] possibilidade de produzir radicais livres [...] que podem danificar as células.</i>	Lehninger, 4ª edição
Radicais livres são altamente reativos.	<i>Radicais livres – moléculas altamente reativas que têm no mínimo um elétron desemparelhado.</i>	Campbell, 8ª edição
	<i>[...] peróxido de hidrogênio ou os radicais hidroxila livres, que são espécies muito reativas [...].</i>	Lehninger, 4ª edição
Associação de radicais livres e doenças. Ex: Parkinson, diabetes.	<i>[...] elas têm sido implicadas na etiologia do envelhecimento, de doenças neurodegenerativas (doenças de Parkinson e de Alzheimer) e cardiovasculares, de câncer.</i>	Marzzoco e Torres, 4ª edição
Associação de radicais livres e envelhecimento.	<i>Os radicais livres podem ter um papel importante [...] no processo de envelhecimento.</i>	Campbell, 8ª edição
Radicais livres devem ser varridos do organismo.	<i>Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras [...].</i>	Stryer, 7ª edição
Associação de radicais livres e estresse oxidativo.	<i>Mas, quando há um aumento na produção dessas espécies, a capacidade protetora das enzimas e dos antioxidantes é ultrapassada, resultando em estresse oxidativo.</i>	Marzzoco e Torres, 3ª edição
Exemplos de mecanismos antioxidantes nas células.	<i>Os organismos dispõem de sistemas enzimáticos (superóxido dismutase e catalase) e não-enzimáticos (vitaminas antioxidantes), capazes de dissipar os radicais livres, contribuindo para a manutenção da integridade funcional das células.</i>	Marzzoco e Torres, 3ª edição
Papel fisiológico dos radicais livres.	<i>[...] low levels of ROS may be used by the cell as a signal reflecting the insufficient supply of oxygen (hypoxia), triggering metabolic adjustments [...].</i>	Lehninger, 6ª edição
Desaconselhar suplementação de antioxidantes.	<i>Em doses elevadas, entretanto, a vitamina C atua como pró-oxidante. Os conhecimentos atuais não permitem recomendar suplementação desses antioxidantes.</i>	Marzzoco e Torres, 3ª edição
Radical livres, exercícios físicos e expressão de enzimas antioxidantes.	<i>These compounds [vitamin C and vitamin E] may help protect plants from oxidative damage during photosynthesis, a process in which H₂O is oxidized to O₂. However, clinical trials indicate that their use does not contribute to longevity in humans.</i>	Voet e Voet, 4ª edição
Radical livres como naturais.	<i>A formação de espécies reativas de oxigênio é um processo natural e inevitável nos organismos aeróbios.</i>	Marzzoco e Torres, 4ª edição

Quadro 21 – Livros de Bioquímica: exemplos de trechos para cada tópico apresentado no Quadro 20.

4.3 DIAGNÓSTICO DE CONCEITOS ALTERNATIVOS SOBRE RADICAIS LIVRES

Os resultados presentes nesta seção contemplam:

- O Questionário de Radicais Livres (Seção 4.3.1);
- O diagnóstico de conceitos alternativos entre os pós-graduandos (Seção 4.3.2);
- O diagnóstico de conceitos alternativos entre professores da Rede Pública (Seção 4.3.3).

4.3.1 Questionário de Radicais Livres

Segundo Gil (2008), na construção de um questionário devem ser observados alguns requisitos:

- i. Um questionário deve ter um número relativamente pequeno de perguntas (itens), pois questionários muito extensos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos;
- ii. Na formulação das perguntas, deve-se levar em consideração o sistema de referência do interrogado, bem como o seu nível de informação;
- iii. As perguntas devem ser formuladas de maneira clara, concreta e precisa;
- iv. As perguntas devem possibilitar uma única interpretação;
- v. As perguntas não devem sugerir respostas;
- vi. As perguntas devem referir-se a uma única ideia de cada vez;
- vii. As perguntas de um questionário podem ter significados diferentes para cada sujeito pesquisado.

Estes requisitos foram levados em conta na construção e reformulação do QRL (versões piloto e final), ainda que não seja possível avaliar se todos estes requisitos foram cumpridos adequadamente, pois foram realizadas apenas duas aplicações do questionário (aos pós-graduandos e aos professores da Rede Pública).

As versões piloto e final do QRL, descritas na Seção 3.3.1, encontram-se nos Apêndice F e Apêndice G, respectivamente. Para distinguir entre o pré- e o pós-testes da versão final do QRL, na ocasião de sua aplicação, eles foram denominados *Pré-Questionário de Radicais Livres* e *Pós-Questionário de Radicais Livres*, respectivamente.

Cabe observar que o formato adotado para a versão final (duas etapas modificado) difere bastante daquele adotado para a versão piloto (três etapas).

Esta decisão foi tomada com base nos resultados observados entre os pós-graduandos (Seção 4.3.2) e também devido a relatos dos mesmos sobre a dificuldade com relação ao conteúdo, à extensão e ao formato da versão piloto.

Assim, acreditou-se que a versão final do QRL seria a mais adequada do ponto de vista da complexidade do conteúdo, formato e tempo despendido para respondê-la e, adicionalmente, contribuiria para a tabulação, a análise e o tratamento dos dados por ela obtidos. Sobre a validação e confiabilidade do QRL, vide Seção 4.3.4.

4.3.2 Conceitos alternativos entre os pós-graduandos

Os conceitos alternativos diagnosticados entre os pós-graduandos, aplicando a versão piloto do QRL, encontram-se a seguir. A disciplina de pós-graduação contou com 15 pós-graduandos matriculados dos quais um é a autora deste trabalho e que, portanto, não respondeu o questionário.

4.3.2.1 Versão piloto do QRL: Parte 1

A seguir (Gráficos 8, 9 e 10), as respostas dadas à parte 1 da versão piloto do QRL, que caracteriza a amostra de pós-graduandos matriculados na disciplina *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres*.

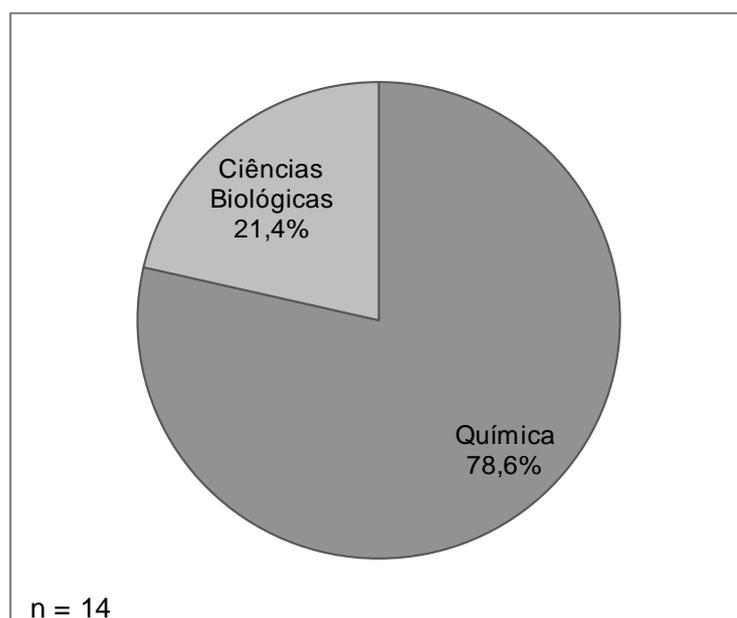


Gráfico 8 – Curso de graduação dos pós-graduandos.

Pelo Gráfico 8, observa-se a predominância de curso de graduação em Química, com 78,6% (11 pós-graduandos), enquanto em Biologia, 21,4% (3 pós-graduandos).

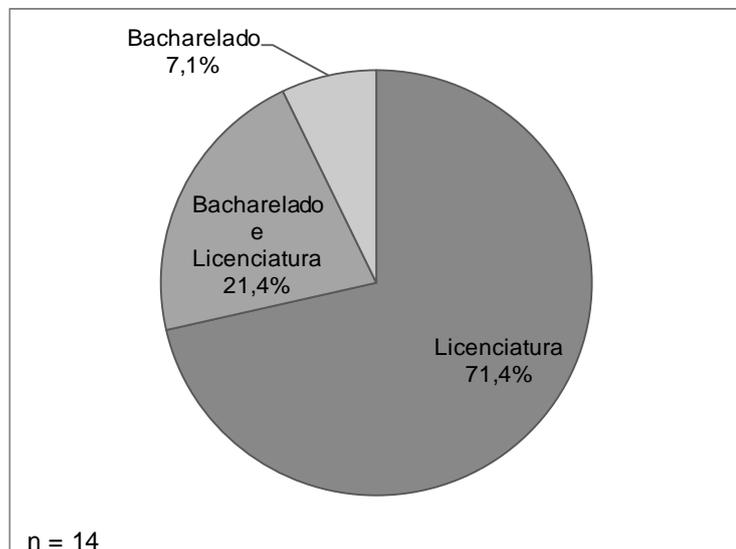


Gráfico 9 – Distribuição dos pós-graduandos entre licenciatura e bacharelado.

O Gráfico 9 mostra que 71,4% dos pós-graduandos (10 pós-graduandos) realizaram cursos de Licenciatura, 21,4% (3 pós-graduandos) cursaram Licenciatura e Bacharelado, e 7,1% (1 pós-graduando), apenas Bacharelado.

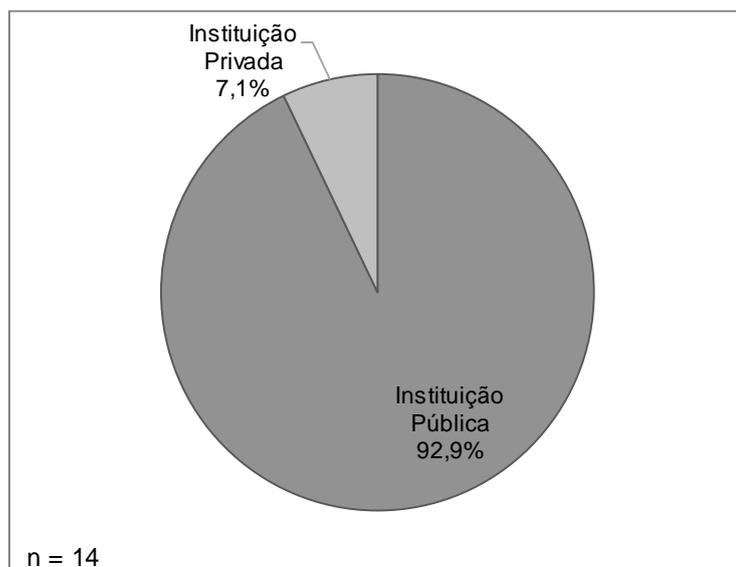


Gráfico 10 – Distribuição dos pós-graduandos entre instituições de Ensino Superior públicas e privadas.

A maioria dos pós-graduandos é proveniente de instituições públicas de Ensino Superior, com 92,9%, enquanto 7,1% são provenientes de instituição privada (Gráfico 10).

As instituições de ensino das quais eles são provenientes são bastante variadas e distribuídas entre os Estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo.

As instituições de Ensino Superior nas quais estes pós-graduandos se formaram, bem como as respostas dadas à parte 1 da versão piloto do QRL, encontram-se no Apêndice M.

O Gráfico 11 permite observar que 21,4% dos pós-graduandos (3 pós-graduandos) tinham mestrado e 7,1% (1 pós-graduando), curso de especialização, concluídos na ocasião de preenchimento da versão piloto do QRL.

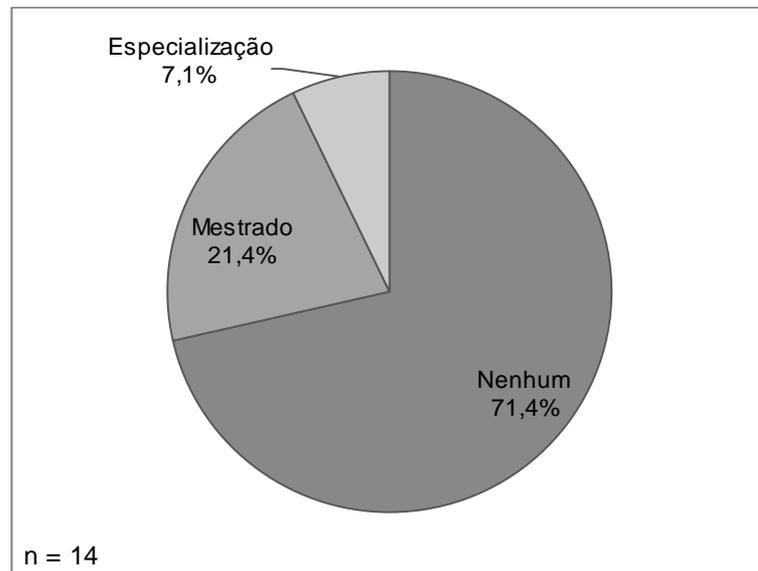


Gráfico 11 – Pós-graduandos com curso de pós-graduação concluído.

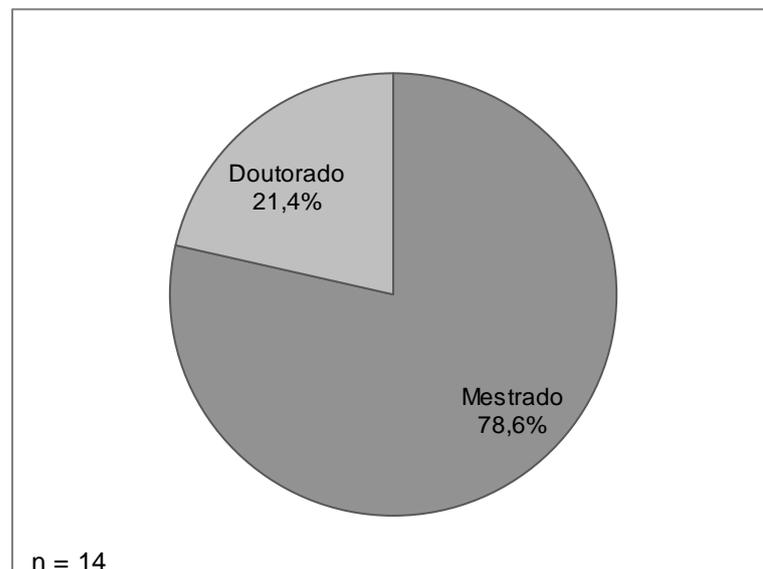


Gráfico 12 – Distribuição dos pós-graduandos entre mestrado e doutorado.

O Gráfico 12 mostra que, dos 14 pós-graduandos que responderam o questionário, 11 estão no mestrado (78,6%) e 3 no doutorado (21,4%). Dos quais 13 pelo Programa Interunidades – Ensino de Ciências e 1 pelo Programa de Pós-Graduação em Química do IQ-USP.

O Apêndice N apresenta as respostas dos pós-graduandos sobre pós-graduação dadas à parte 1 da versão piloto do QRL.

4.3.2.2 Versão piloto do QRL: Parte 2

O desempenho dos pós-graduandos na parte 2 da versão piloto do QRL (Apêndice F) é apresentado nesta seção.

Nos gráficos a seguir, as colunas em vermelho correspondem à 1ª etapa – julgamento do item (Verdadeiro/Falso). As colunas em verde, 2ª etapa – justificativas para a 1ª etapa (múltipla escolha, alternativa *e* é para preenchimento do participante). As colunas em azul, 3ª etapa – nível de certeza para a resposta dada na 1ª e 2ª etapas.

As considerações qualitativas sobre o desempenho dos participantes baseiam-se nas categorias estabelecidas para a versão piloto do QRL (Seção 3.3.1.1 – Quadro 1) e foram consideradas para frequências maiores do que 7,1%.

Item 1

O item 1 (Figura 7 e Gráfico 13) apresentou frequência de 92,9 % para a resposta correta (alternativa V), 42,9% para a justificativa correta (alternativa C) e distribuição dos participantes entre os níveis de certeza TC (42,9%) e NTC (42,9%).

A escolha de NTC para o nível de certeza quando da resposta e da justificativa corretas pode indicar insegurança do participante. As justificativas incorretas A (14,3%) e B (35,7%) também foram escolhidas e podem constituir conceitos alternativos para TC/NTC e falta de conhecimento para ECR.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 1.

Item 1: Radicais livres são espécies químicas que possuem um ou mais elétrons que não estão emparelhados.
 Verdadeiro* Falso

Justificativa:

a) São espécies químicas que possuem apenas um elétron não emparelhado.
 b) O elétron está desemparelhado porque não faz parte de nenhuma ligação química.
 c) O elétron está desemparelhado porque não possui um elétron de spin oposto para parear-se.*
 d) O elétron está desemparelhado porque não possui um elétron de mesmo spin para parear-se.
 e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 7 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item1.

*Resposta correta.

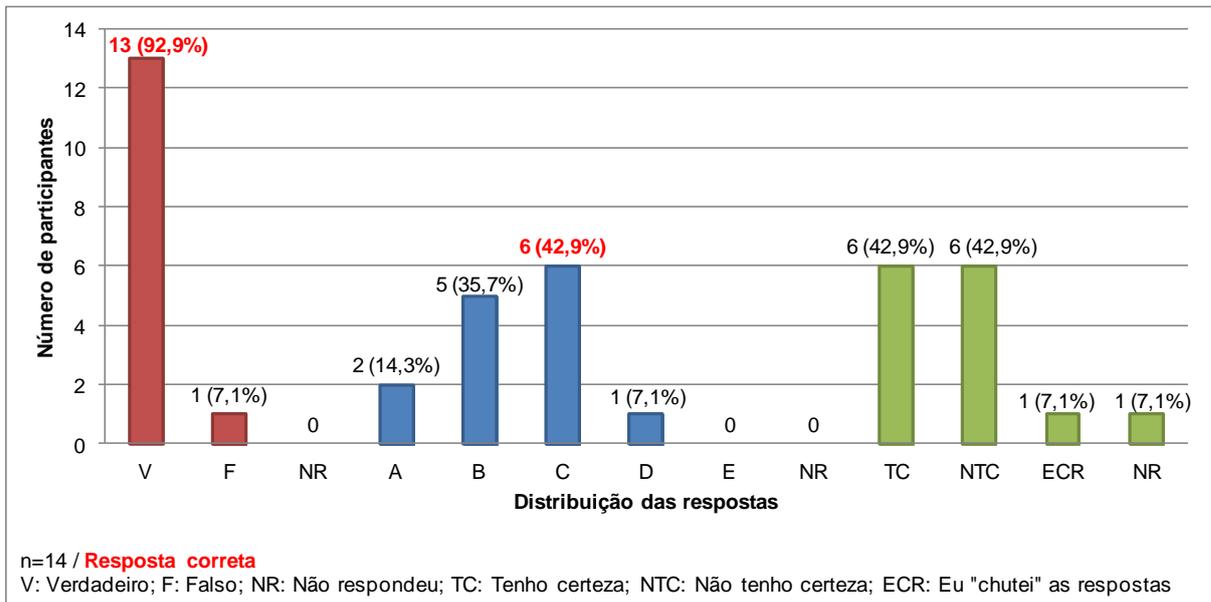


Gráfico 13 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 1 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 2

O item 2 (Figura 8 e Gráfico 14) apresentou frequência de 78,6% para resposta correta (alternativa F) e 57,1% para a justificativa correta (alternativa D). A frequência para o nível de certeza ficou distribuída entre TC (42,9%) e NTC (57,1%), sinalizando insegurança (para as respostas corretas) ou falta de conhecimento (para as respostas incorretas) em mais da metade dos participantes.

Item 2: Radicais livres são espécies químicas carregadas negativamente.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) O elétron não emparelhado lhes confere uma carga negativa.
 b) Elas possuem carga positiva devido à falta de um elétron.
 c) São espécies químicas neutras, apesar de possuírem um elétron desemparelhado.
 d) Podem ser espécies químicas neutras ou íons.*
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 8 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 2.

*Resposta correta.

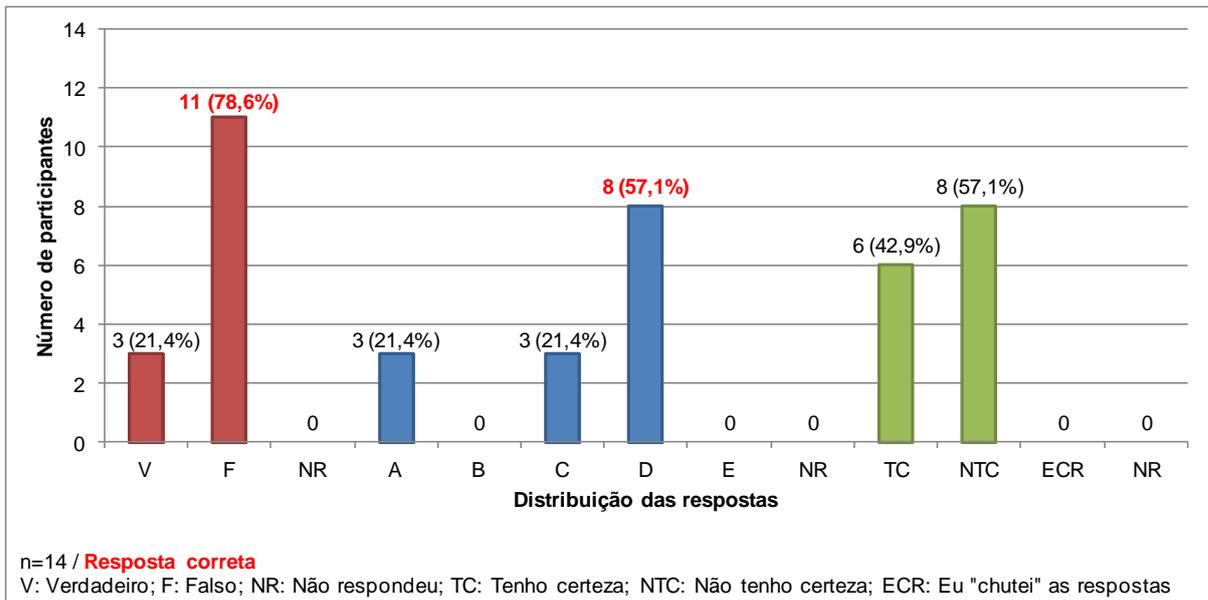


Gráfico 14 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 2 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

A resposta incorreta (alternativa V: 21,4%) e as justificativas incorretas A e C (21,4% para ambas) também foram marcadas e podem indicar a presença de conceitos alternativos (entre os que indicaram TC/NTC).

Na alternativa E, apenas um pós-graduando deixou comentário: “*Para ter carga negativa, deve existir excesso de elétrons, por isso são neutras*”. Por este comentário, percebe-se desconhecimento do participante com relação ao enunciado do item 2, podendo configurar conceito alternativo com relação à presença de radicais livres carregados.

Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 2.

Item 3

O item 3 (Figura 9 e Gráfico 15) apresentou frequência de 78,6% para a resposta incorreta (alternativa V), 21,4% para a resposta correta (alternativa F) e 50,0% para a

justificativa correta (C), configurando incoerência na resposta dos participantes, mas sinalizando a possibilidade de conceitos alternativos. As justificativas incorretas A e B (14,3% e 35,7%, respectivamente) indicam a possibilidade de se tratarem de conceitos alternativos para nível de certeza assinalado com TC (21,4%) ou NTC (78,6%).

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 3.

Item 3: Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) Existem radicais livres estáveis, mas são sempre, por definição, altamente reativos.
 b) Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muitos curtos e altamente reativos, chegando a danificar proteínas, lipídios e até moléculas de DNA.
 c) Os radicais livres, em geral, possuem tempos de meia-vida muito curtos e são muito reativos, mas existem radicais livres pouco reativos e/ou com tempos de meia-vida mais longos.*
 d) Devido a serem extremamente instáveis e altamente reativos, os radicais livres não podem ser dosados.
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 9 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 3.

*Resposta correta.

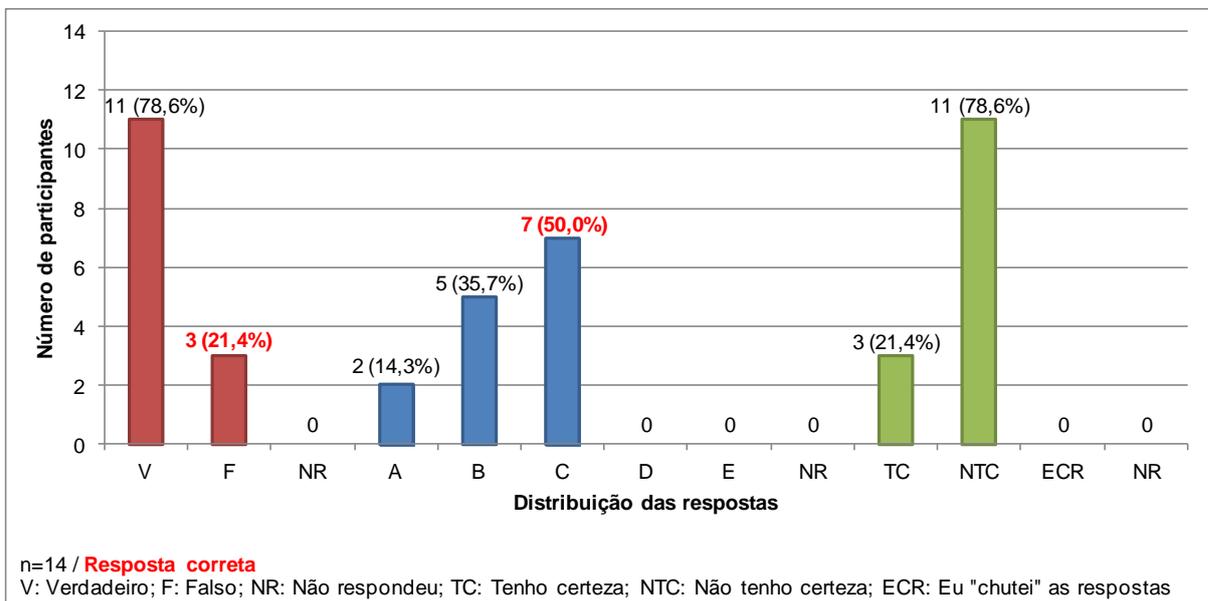


Gráfico 15 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 3 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 4

O item 4 (Figura 10 e Gráfico 16) apresentou frequência de 78,6% para a resposta correta (alternativa F), de 57,1% para a justificativa correta (alternativa A) e predomínio de

64,3% para NTC. Estes resultados podem indicar insegurança do participante (para as respostas corretas).

Item 4: Um radical livre não pode reagir com outro radical livre. () Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

- a) O elétron desemparelhado de um radical livre pode formar uma ligação covalente com o elétron desemparelhado de outro radical, estabilizando-os.*
- b) O elétron desemparelhado de um radical livre pode formar uma ligação iônica com o elétron desemparelhado de outro radical livre, estabilizando-os.
- c) Radicais livres não podem reagir entre si, pois os elétrons desemparelhados repelem-se por estarem carregados negativamente.
- d) Radicais livres não podem reagir entre si, porque são espécies químicas muito instáveis.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza.
- b) Não tenho certeza.
- c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 10 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 4.

*Resposta correta.

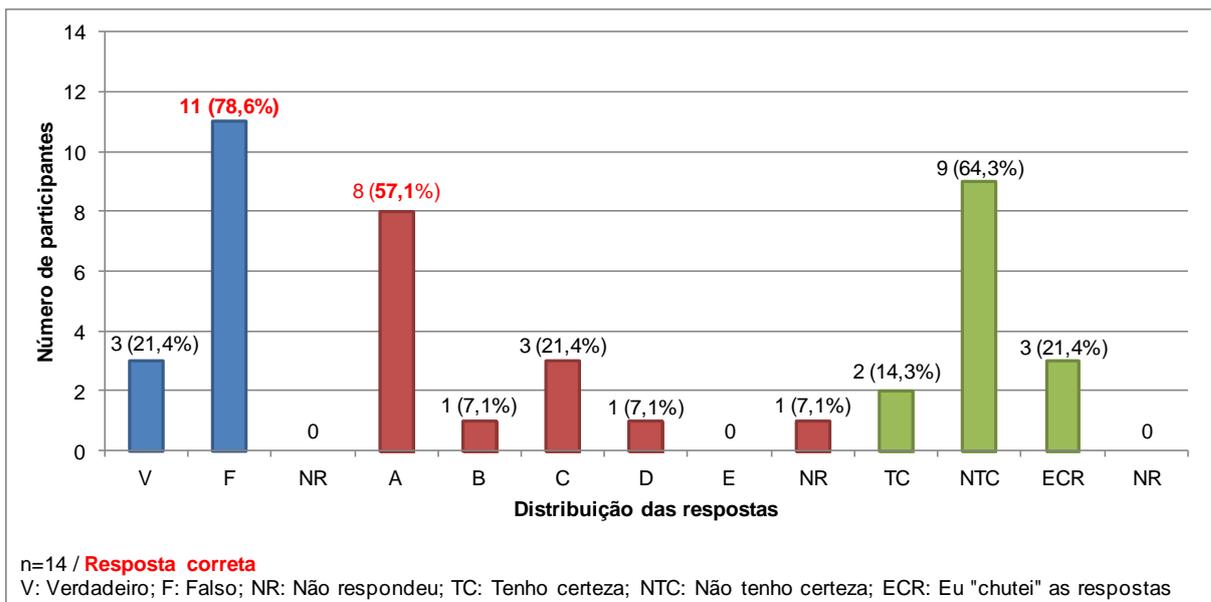


Gráfico 16 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 4 da versão piloto do QRL. A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

A frequência de 21,4% para a resposta incorreta (alternativa V) e de 21,4% para a justificativa C pode indicar a presença de conceito alternativo (para o nível de certeza TC/NTC) ou falta de conhecimento (para ECR).

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 4.

Item 5

O item 5 (Figura 11 e Gráfico 17) apresentou baixa frequência para a resposta correta (alternativa F, 21,4%), mas alta frequência para a justificativa correta (alternativa C, 57,1%), constituindo incoerência entre as respostas. Contudo, a frequência de 85,7% para NTC, principalmente, e de 21,4% para ECR podem explicar esta incoerência como falta de conhecimento.

Item 5: Os termos Espécies Reativas de Oxigênio e Espécies Reativas de Nitrogênio são usados para designar os radicais livres de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

a) São termos que se referem a moléculas altamente reativas que contém oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

b) São os termos técnicos para designar os radicais livres contendo oxigênio e os radicais livres contendo nitrogênio, respectivamente.

c) São termos que se referem a moléculas reativas de oxigênio e nitrogênio, respectivamente, e que podem ser radicalares e não radicalares.*

d) São os termos utilizados para se referir a espécies químicas que reagem com oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 11 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 5.

* Resposta correta.

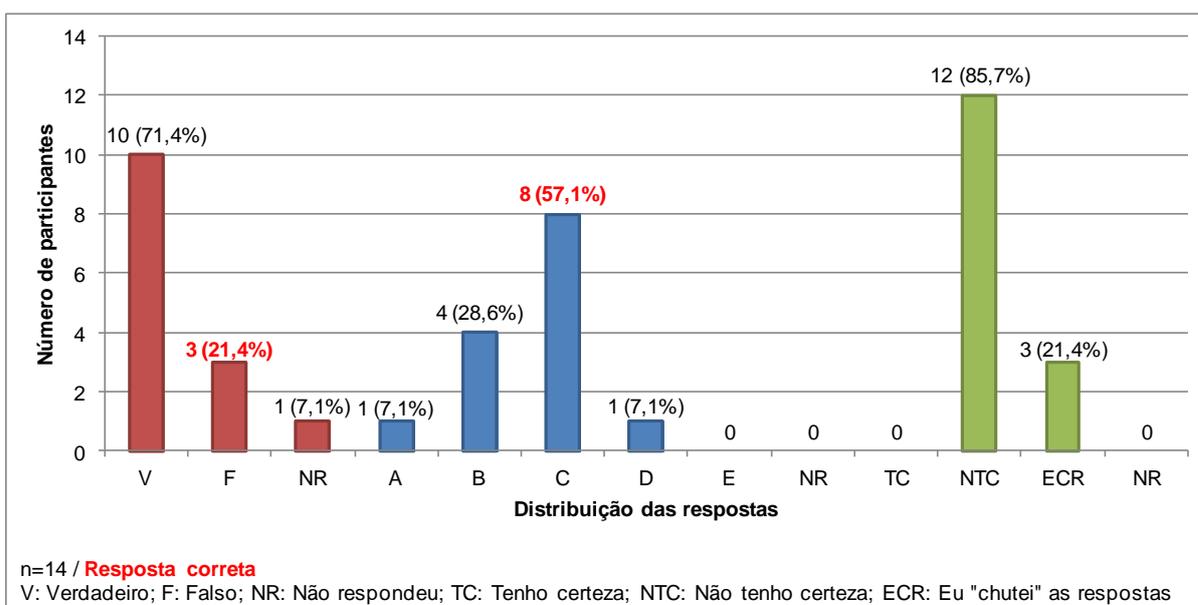


Gráfico 17 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 5 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 5.

Item 6

No item 6 (Figura 12 e Gráfico 18), houve 100,0% de acerto (alternativa V) para a 1ª etapa e 92,9% de acerto para a 2ª etapa (alternativa B). O nível de certeza ficou distribuído entre TC (57,1%) e NTC (42,9%), este último indicando falta de segurança diante da alta frequência de respostas corretas.

Item 6: Existem radicais livres que são produzidos normalmente pelo organismo.
 Verdadeiro* Falso
 Justificativa:
 a) São compostos tóxicos e devem ser evitados ao máximo para manter a integridade do organismo.
 b) Podem ser produzidos em certos compartimentos celulares como parte de mecanismos fisiológicos e de regulação ou como produtos secundários de vias metabólicas, mas podem estar relacionados a situações patológicas.*
 c) Radicais livres são gerados em situações não saudáveis como o consumo de alimentos contendo aditivos (por exemplo, corantes e conservantes) e pela presença de agrotóxicos e/ou hormônios.
 d) Radicais livres resultam do consumo de medicamentos e da exposição solar.
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 12 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 6.

*Resposta correta.

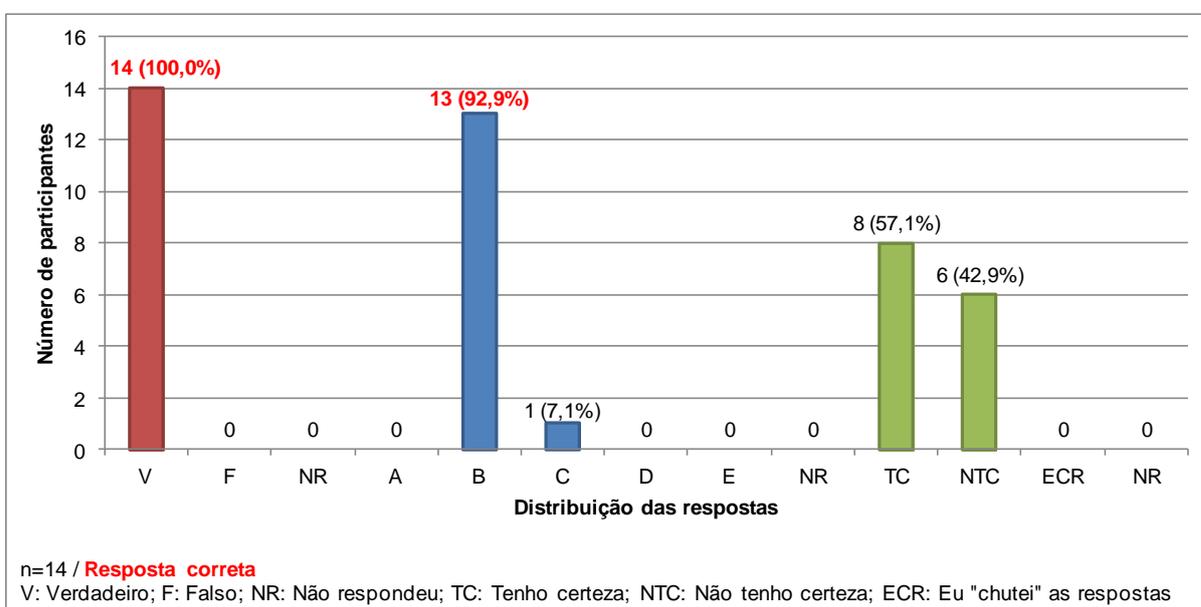


Gráfico 18 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 6 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 6.

Item 7

O item 7 (Figura 13 e Gráfico 19) apresentou alta frequência de respostas corretas (alternativa F, 71,4%), mas frequência de 42,9% para a justificativa correta (alternativa C) e alta frequência para o nível de certeza NTC (64,3%), significando, de modo geral, falta de conhecimento/insegurança com o assunto. A frequência de 28,6 % para alternativa incorreta V e distribuição das justificativas incorretas entre A (7,1%), B (7,1%) D (35,7%) e E (7,1%), associadas à baixa frequência de TC (21,4%) e alta de NTC (64,3%), indicam falta de conhecimento dos participantes, apesar da alta frequência de respostas corretas para a 1ª etapa.

Na alternativa E, um participante registrou o seguinte comentário: “A *prática de exercícios não leva a [sic] produção de radicais livres*”. Este comentário expressa conceito alternativo, pois existe aumento na produção de radicais livres (ERO, na Cadeia de Transporte de Elétrons mitocondrial) durante atividades físicas.

Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 7.

<p>Item 7: A prática de exercícios físicos aeróbicos (por exemplo, corrida, natação, andar de bicicleta) leva à produção de radicais livres e causa lesões celulares.</p>		
<p>() Verdadeiro</p>		<p>() Falso*</p>
<p>Justificativa:</p>		
<p>a) Somente exercícios físicos anaeróbicos (por exemplo, musculação) levam à produção de radicais livres, causando lesões em células.</p>		
<p>b) Qualquer tipo de exercício físico leva à produção de radicais livres, causando lesões em células.</p>		
<p>c) A prática de exercícios físicos aeróbicos (por exemplo, corrida, natação, andar de bicicleta) leva à produção de radicais livres, mas quando existe condicionamento físico, o organismo tem estratégias adaptativas, evitando as lesões celulares.*</p>		
<p>d) Qualquer exercício físico combate radicais livres.</p>		
<p>e)</p>		
<p>.....</p>		
<p>Meu nível de certeza para estas respostas:</p>		
<p>a) Tenho certeza.</p>	<p>b) Não tenho certeza.</p>	<p>c) Eu “chutei” as respostas.</p>

Figura 13 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 7.

* Resposta correta.

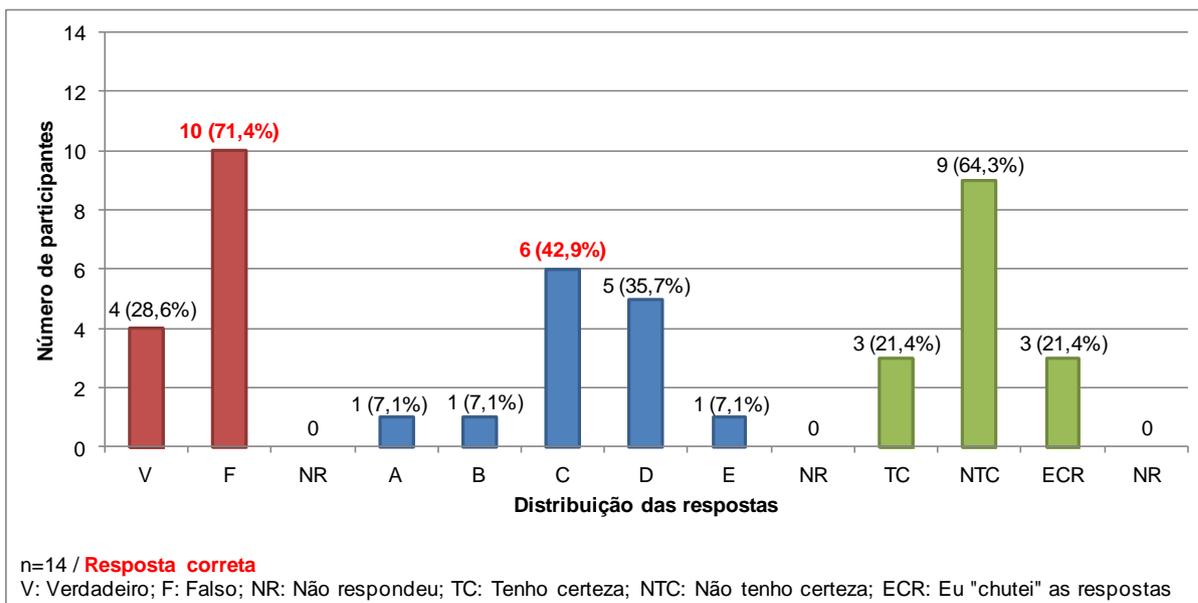


Gráfico 19 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 7 da versão piloto do QRL. A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 8

No item 8 (Figura 14 e Gráfico 20), houve 100,0% de erro na 1ª etapa (alternativa V), 35,7% de frequência para a justificativa correta (alternativa A) e nível de certeza distribuído entre TC (21,4%) e NTC (78,6%), sinalizando presença de conceitos alternativos.

Adicionalmente, as justificativas incorretas B (42,9%) e C (14,3%), e o nível de certeza NTC (78,6%) também indicam conceitos alternativos.

Contudo, existe a possibilidade de confusão dos participantes com relação a este item. De fato, radicais livres podem levar ao envelhecimento celular, mas nem sempre os radicais livres irão causar lesões e nem toda lesão irá culminar em envelhecimento e morte celular, pois as células possuem mecanismos antioxidantes e de reparo de lesões. Deste modo, acredita-se que ao escolher a alternativa V (incorreta), os participantes não levaram em consideração o enunciado ser categórico com relação ao assunto.

Comentário na alternativa E: “As alternativas a e b são complementares”. A alternativa B é um conceito alternativo, pois embora antioxidantes atuem prevenindo lesões causadas por radicais livres, a suplementação é totalmente desencorajada devido à possibilidade de promover a formação de mais radicais livres.

Item 8: Os radicais livres podem causar lesões em moléculas de DNA, proteínas e lipídios, levando ao envelhecimento precoce.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte celular precoce, quando há falha dos mecanismos antioxidantes ou quando eles são insuficientes.*
 b) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte precoce da célula, mas ao utilizar suplementos de vitamina C ou outros antioxidantes pode-se prevenir estes danos.
 c) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte precoce da célula, mas somente ao utilizar suplementos contendo combinações de vitaminas e minerais pode-se prevenir estes danos, devido à ação sinérgica entre estes compostos.
 d) Os radicais livres não levam ao envelhecimento celular, pois não são capazes de causar lesões em membranas.
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 14 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 8.

* Resposta correta.

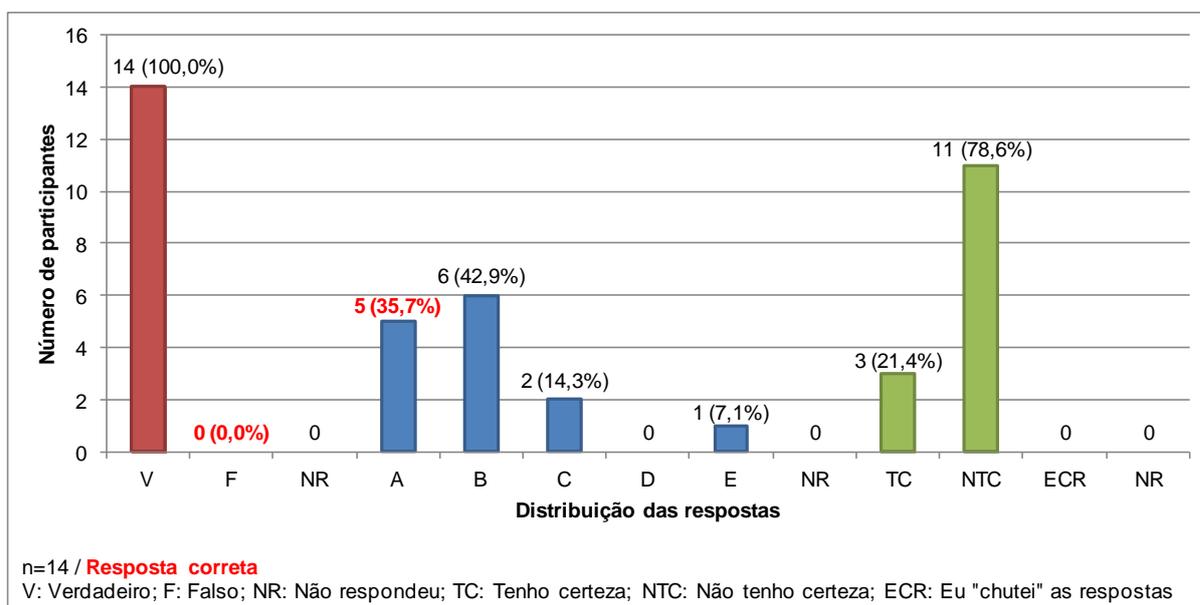


Gráfico 20 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 8 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 8.

Item 9

No item 9 (Figura 15 e Gráfico 21), a frequência de respostas corretas (alternativa V, 92,9%) e de justificativas corretas (alternativa C, 71,4%) foi alta. As frequências de 28,6% para TC e 64,3% para NTC sinalizam falta de segurança.

O percentual de 14,3% para a alternativa A, incorreta, pode indicar a presença de conceito alternativo, contudo de baixa frequência.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 9.

Item 9: A exposição solar leva à formação de radicais livres nas células epiteliais.
 Verdadeiro* Falso
 Justificativa:
 a) Por isso é recomendada a utilização de cremes contendo vitaminas e outros antioxidantes, mas eles só são efetivos quando são de boa qualidade e estão associados a uma alimentação equilibrada.
 b) Por isso, o uso de cosméticos contendo antioxidantes é recomendado, contudo o emprego de tratamentos naturais, como máscaras faciais à base frutas frescas é preferencial, pois não contém antioxidantes sintéticos.
 c) Por isso, estão associados a mecanismos de envelhecimento e câncer de pele.*
 d) Não existe qualquer associação entre radicais livres e danos a células epiteliais.
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 15 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 9.

*Resposta correta.

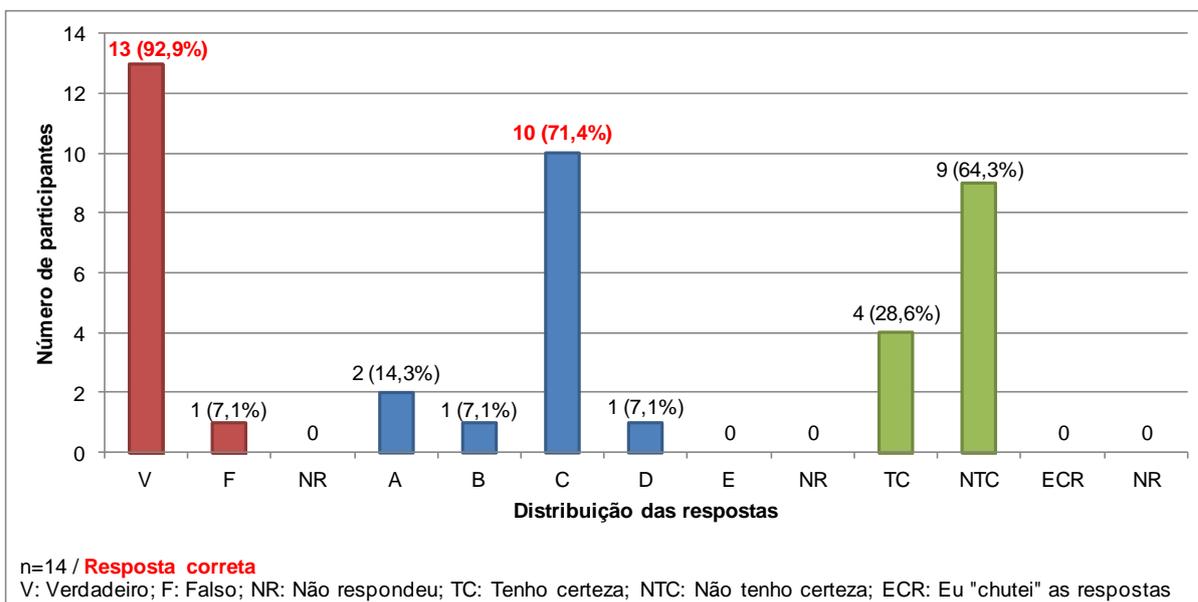


Gráfico 21 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 9 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 10

O item 10 (Figura 16 e Gráfico 22) apresentou 78,6% de respostas corretas (alternativa V) e 50,0% de justificativas corretas (alternativa C). Este desempenho, associado

à frequência de 14,3% para TC e de 64,3% para NTC, pode indicar falta de segurança dos participantes.

A frequência de 28,6% para a justificativa B, incorreta, chama a atenção, principalmente por se tratar de um grupo de pós-graduandos com predomínio de graduados em Química. Contudo, a observação da distribuição da frequência para os níveis de certeza (TC: 14,3%; NTC: 64,3%; ECR: 21,4%) dá indícios de se tratar muito mais de falta de conhecimento do que de conceito alternativo.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 10.

Item 10: Antioxidantes, como as vitaminas C e E, reagem com os radicais livres, fazendo com que deixem de ser radicais livres.

() Verdadeiro* () Falso

Justificativa:

a) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante recebe o elétron doado pelo radical livre.

b) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante doa o elétron que falta ao radical livre.

c) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação em que o antioxidante doa ou recebe elétrons para radical livre.*

d) Antioxidantes não reagem com os radicais livres.

e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 16 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 10.

*Resposta correta.

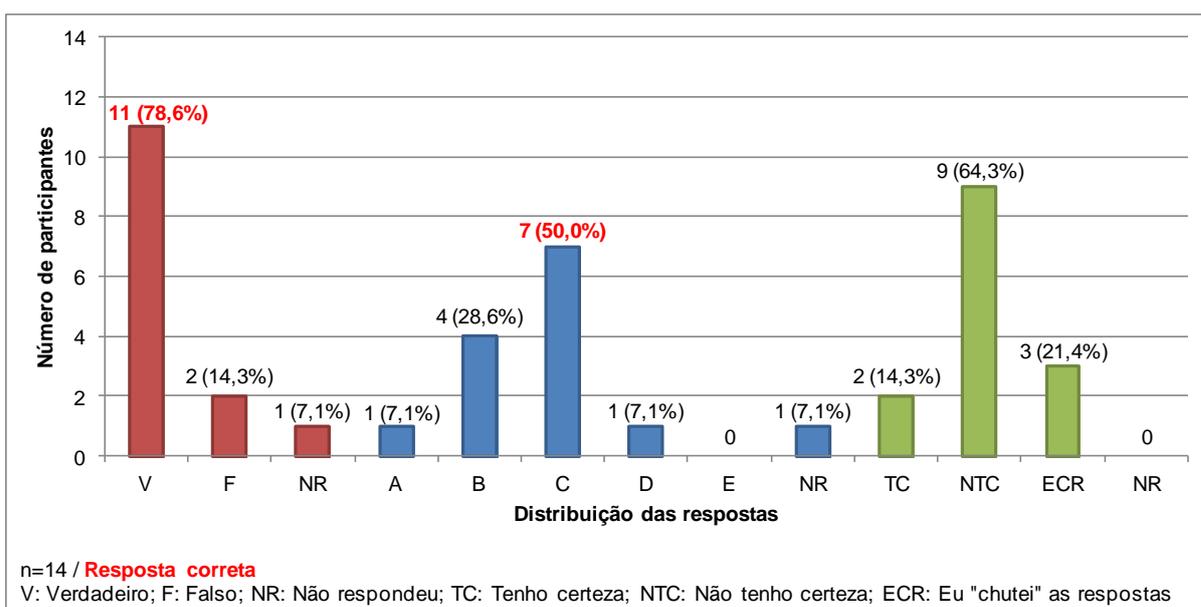


Gráfico 22 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 10 da versão piloto do QRL. A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 11

No item 11 (Figura 17 e Gráfico 23), os participantes mostraram alta frequência para a resposta correta (alternativa F, 85,7%) e moderada para a justificativa correta (alternativa C, 50,0%). Estas frequências associadas ao nível de certeza de 14,3% para TC e 71,4% para NTC, indicam falta de segurança. As frequências de 14,3% para a resposta incorreta V e de 35,7% para a justificativa incorreta D podem configurar conceitos alternativos, mas o perfil geral deste item parece sinalizar falta de conhecimento.

Item 11: Antioxidantes são moléculas que possuem carga positiva.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) Antioxidantes possuem carga positiva e são capazes de captar os elétrons dos radicais livres.
 b) Antioxidantes possuem carga positiva e são capazes de formar um par iônico com os radicais livres.
 c) Antioxidantes são moléculas capazes de doar ou receber elétrons para os radicais livres e esta propriedade não está relacionada à sua carga.*
 d) Antioxidantes formam complexos com os radicais livres, estabilizando-os.
 e)

 Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 17 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 11.

*Resposta correta.

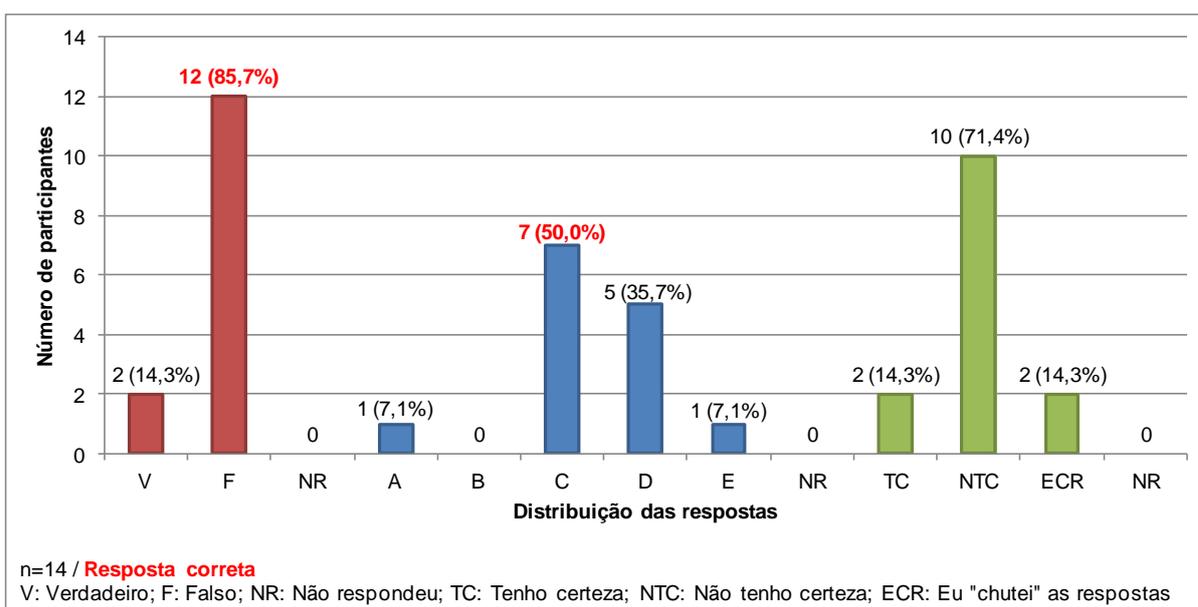


Gráfico 23 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 11 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Para este item, apareceram os seguintes comentários na alternativa E: (1) “Antioxidantes são espécies que reagem com os radicais doando elétrons, independente da carga”; e (2) “Com exercícios físicos é possível combater de forma mais eficiente”.

O primeiro é um conceito correto, muito embora, num sentido mais amplo, antioxidantes possam doar e receber elétrons.

O segundo está parcialmente correto, pois exercícios físicos promovem o aumento da geração de radicais livres (espécies reativas de oxigênio, na Cadeia de Transporte de Elétrons), contudo exercícios físicos regulares promovem o aumento da produção endógena de enzimas antioxidantes e, conseqüentemente, promovem o combate aos radicais livres. Exercícios físicos esporádicos, entretanto, não possuem esta característica e, ao contrário, promovem aumento das lesões causadas por radicais livres, devido à falta de enzimas antioxidantes disponíveis. Assim, o enunciado em (2) pode caracterizar conceito alternativo se tomado sem especificar a regularidade das atividades físicas ou caso seja considerado que exercícios físicos sempre combatem radicais livres sem que haja produção de radicais livres.

Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 11.

Item 12

O item 12 (Figura 18 e Gráfico 24) apresentou alta frequência para a resposta incorreta (alternativa V, 78,6%) e alta frequência para a justificativa correta (alternativa A, 71,4%), configurando uma aparente incoerência. Uma explicação para este fato é a possível falta de conhecimento sobre a afirmação contida neste item (*“A ingestão de suplementos contendo antioxidantes [...] é uma boa estratégia para combater os radicais livres”*), mas não sobre o conteúdo da justificativa A (*“A suplementação só pode ser realizada em caso de deficiência e deve ser composta do nutriente cuja deficiência tenha sido detectada”*). Este resultado significa que a construção deste item foi falha, ao permitir a escolha da justificativa correta para uma resposta incorreta.

A frequência 14,3% para a justificativa incorreta (C) pode indicar presença de conceito alternativo, mas diante do quadro geral de desempenho neste item, parece se tratar de falta de conhecimento.

Não houve comentários na alternativa E para este item. Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 12.

Item 12: A ingestão de suplementos contendo antioxidantes (suplementos vitamínicos) é uma boa estratégia para combater os radicais livres.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

a) A suplementação só pode ser realizada em caso de deficiência e deve ser composta do nutriente cuja deficiência tenha sido detectada.*

b) Exercícios físicos intensos provocam o aumento na produção de radicais livres nas células e para prevenir o envelhecimento precoce causado pelos radicais livres, deve-se ingerir suplementos alimentares contendo vitaminas e minerais logo após a prática dos exercícios.

c) Só se deve utilizar suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos, caso eles sejam exercícios extenuantes.

d) A utilização de suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos é benéfica em qualquer situação.

e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 18 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 12.

*Resposta correta.

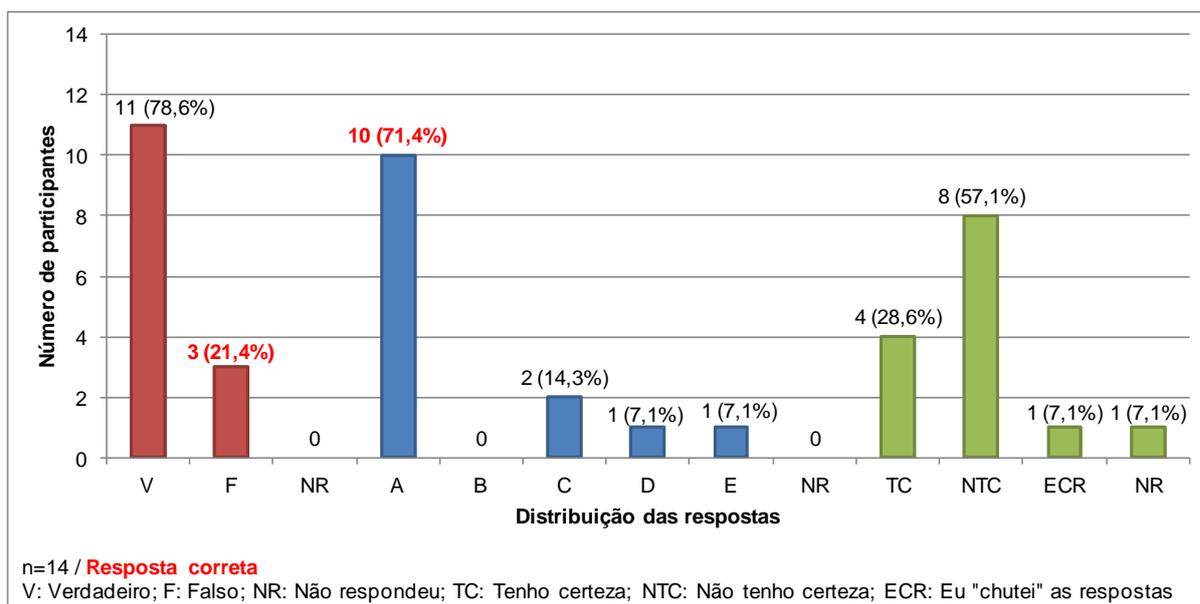


Gráfico 24 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 12 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Item 13

O item 13 (Figura 19 e Gráfico 25) apresentou 100,0% de respostas corretas (alternativa V) e distribuição de 50,0% (D) e 28,4% (E) para justificativas incorretas. Este resultado, associado à frequência de 14,3% e 71,4% para TC e NTC, respectivamente, indica insegurança e falta de conhecimento, apesar da frequência alta para a resposta correta.

Item 13: Suplementos de vitaminas e minerais são inócuos e podem ser utilizados sem preocupação para combater os malefícios dos radicais livres, pois só trazem benefícios.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

a) Tomar suplementos vitamínicos só é benéfico quando estão presentes pelo menos duas vitaminas diferentes, pois uma irá restabelecer a outra, formando um segundo radical livre que será pouco reativo e será facilmente eliminado do organismo.

b) Tomar suplementos de vitaminas e minerais pode promover a formação de radicais livres, portanto seu uso não é recomendado.*

c) A ingestão de vitaminas para combater os radicais livres só é eficaz se ingerirmos enzimas antioxidantes ao mesmo tempo.

d) Ação dos suplementos de vitaminas e minerais só é eficaz quando existem enzimas antioxidantes para terminar a reação.

e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 19 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 2-Item 13.

*Resposta correta.

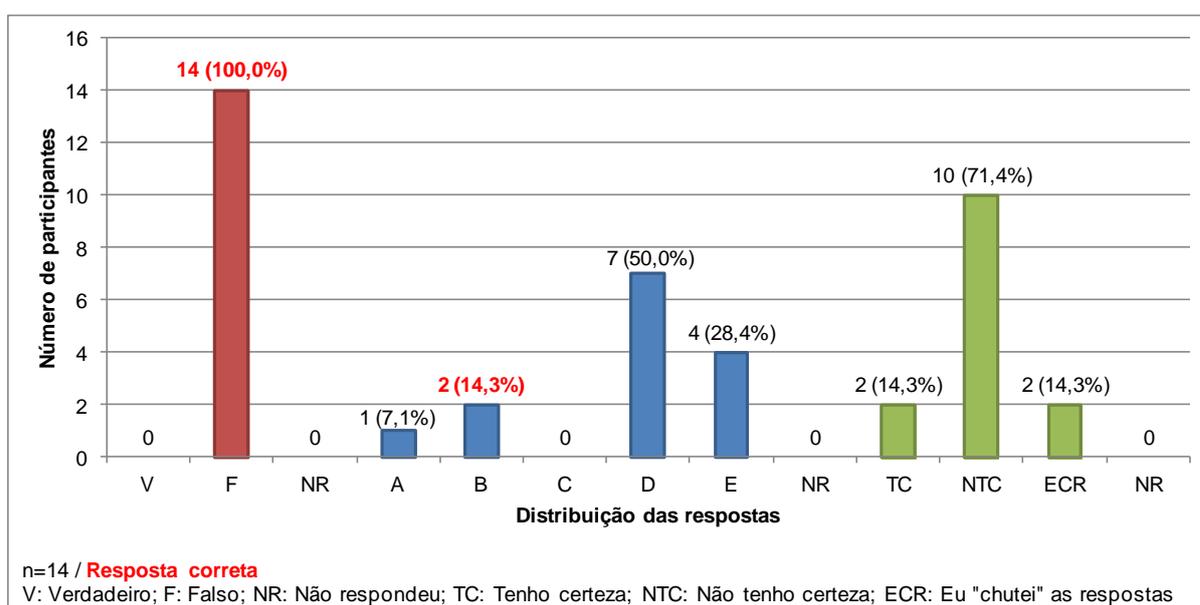


Gráfico 25 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 2-Item 13 da versão piloto do QRL.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Na alternativa E, apareceram os seguintes comentários: (1) “*Não são inócuos, pois o excesso de algumas vitaminas no organismo pode trazer danos, por exemplo, vitamina D*”; (2) “*Quando tomados em situações onde não há necessidade, podem levar à formação de radicais livres*”; (3) “*As vitaminas e minerais só devem ser consumidos caso haja a sua ausência no organismo*”.

O comentário (2) está correto e os comentários (1) e (3) estão corretos, mas com ressalvas.

Em (1), “*o excesso de algumas vitaminas*”: a rigor, o excesso de qualquer vitamina pode ser prejudicial. Quando nos referimos aos radicais livres, a vitamina D não atua como

antioxidante em nosso organismo. Exemplos mais adequados seriam as vitaminas C e E, comumente utilizadas na forma de suplementos alimentares.

Em (3), “*só devem ser consumidos caso haja ausência no organismo*”: a ausência de algum nutriente ou substância é quase impossível. Existem situações em que são de difícil detecção, devido a baixíssimas concentrações, mas certamente não se espera uma situação de “ausência” para administrar suplementos de vitaminas/minerais de forma medicamentosa (terapêutica).

Assim, (1) e (3) apresentam conceitos alternativos sobre a suplementação vitamínica de forma geral, mas não em relação aos radicais livres.

Para classificação completa dos conceitos apresentados pelos pós-graduandos, caso a caso: Apêndice O, Item 13.

4.3.2.3 Versão piloto do QRL: Parte 3

Item 1

Item 1: A molécula a seguir possui 2 elétrons desemparelhados. E o elemento químico Ya tem número atômico (Z) igual a 8. Ao ganhar um elétron, como ele deve ser representado (alternativas **a** a **d**) e como deve ser a estrutura de Lewis desta molécula (espaço indicado)?

$$\text{Ya}_2 + 1e^- \rightarrow ?$$

a) Ya_2^\bullet
 b) $\text{Ya}_2^{\bullet-}$
 c) $\text{Ya}_2^{\bullet+}$
 d) $\text{Ya}_2 + 1e^- \rightarrow$ não reage

Estrutura de Lewis:

$$\left[\cdot \ddot{\text{Ya}} \text{---} \ddot{\text{Ya}} : \right]^-$$

Justificativa:

a) A molécula se torna um radical livre ao receber um elétron.
 b) A molécula se torna um ânion radical livre, pois o elétron recebido paria com um dos elétrons desemparelhados.*
 c) A molécula se torna um cátion radical livre, pois os dois elétrons desemparelhados equivalem à falta de um par de elétrons.
 d) A molécula repele o elétron, devido à presença dos elétrons desemparelhados.
 e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Figura 20 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 1.

*Resposta correta.

O item 1 (Figura 20 e Gráfico 26) desta parte da versão piloto do QRL apresentou alto índice de acerto para a pergunta (colunas vermelhas), com 64,3% para a alternativa correta (B) e moderado para a justificativa correta (alternativa B, 50,0%, colunas azuis). E, novamente, como nos itens anteriores (Parte 2), houve alta frequência para o nível de certeza (colunas verdes) NTC (50,0%) e um pouco maior para ECR (35,5%), indicando conceito alternativo, mas com tendência à falta de conhecimento.

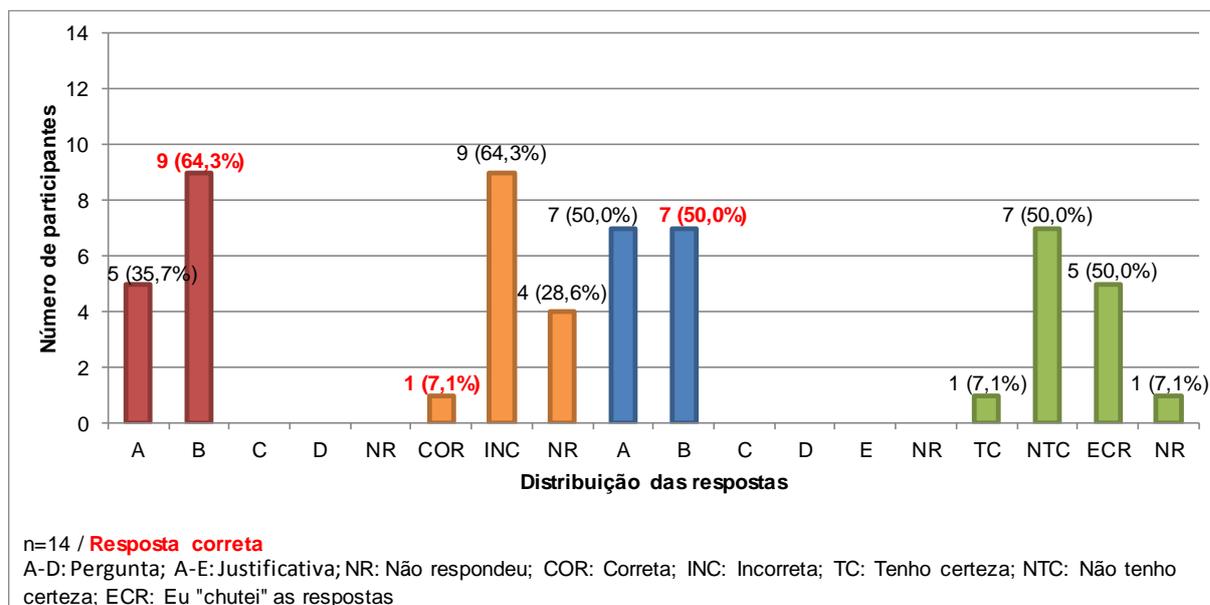


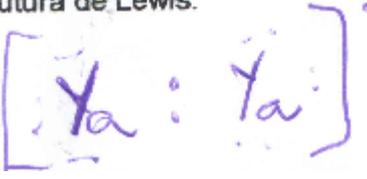
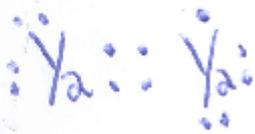
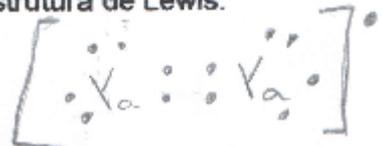
Gráfico 26 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 3-Item 1 na versão piloto do QRL. A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

As respostas dissertativas (Gráfico 26, colunas laranjas) apresentadas pelos pós-graduandos colaboram com a hipótese de falta de conhecimento, pois houve um baixo número de respostas corretas (1 resposta correta, 9 respostas erradas, 4 não responderam). Alguns exemplos podem ser observados no Quadro 22.

Como se pode notar, muitas das representações dos pós-graduandos não condizem com a valência do oxigênio molecular, representada pelo símbolo genérico Y_{a_2} , ao receber um elétron.

Estas respostas, associadas ao baixo nível de certeza, indicam que este item contribuiu pouco para o diagnóstico de conceitos alternativos e, por isso, foi excluído da versão final.

A ideia inicial com a proposição deste item era a de confrontar a representação eletrônica comumente empregada para a molécula de oxigênio com sua natureza de diradical e, assim, observar como os participantes representariam a molécula de oxigênio ao receber um elétron.

Identificação ⁴	Resposta
Questionário 4	<p>Estrutura de Lewis:</p> 
Questionário 10	<p>Estrutura de Lewis:</p> 
Questionário 11	<p>Estrutura de Lewis:</p> 
Questionário 12	<p>Estrutura de Lewis:</p> 
Questionário 14	

Quadro 22 – Exemplos de respostas dos pós-graduandos: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 1.

Bucat e Mocerino (2009) mencionam o problema de representar os elétrons de valência nas moléculas, como é o caso do oxigênio molecular:

[...] nós devemos perguntar se o oxigênio molecular possui uma ligação dupla e dois pares de elétrons livres em cada átomo de oxigênio [Figura 21, A] – uma estrutura que não concilia a natureza paramagnética do oxigênio – ou uma ligação simples e um número ímpar elétrons em cada átomo [Figura 21, B]. Não há uma representação universalmente aceita para a distribuição eletrônica intramolecular para o oxigênio molecular.

⁴ Esta identificação numérica, bem como as subsequentes, é aleatória e serve apenas para localizar o questionário de onde a informação foi retirada; ela não identifica o indivíduo que respondeu o questionário; questionários de tipos diferentes, mas que apresentam a mesma numeração, não correspondem ao mesmo indivíduo, apenas à ordem em que foram numerados.

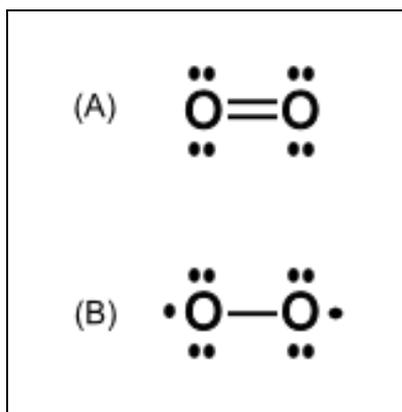


Figura 21 – Representações para a molécula de oxigênio.

Item 2

Apenas 35,7% dos pós-graduandos acertaram este item (Figura 22 e Gráfico 27). O nível de certeza distribuído entre 7,1% (TC), 57,1% (NTC), 14,3% (ECR) e 21,4% (NR), indica falta de conhecimento dos participantes, portanto trata-se de um item com nível de dificuldade inadequado para o diagnóstico de conceitos alternativos sobre o objeto de estudo deste trabalho.

Item 2: A estrutura a seguir é a vitamina E (α -tocoferol), um antioxidante. A região da molécula que reage com um radical livre está circulada. Como você imagina que ela poderia reagir com um radical livre qualquer (por exemplo, RO^*)?

Espera-se a indicação de que o radical livre ataca o hidrogênio da hidroxila, deixando a vitamina E na forma de radical livre.

Meu nível de certeza para estas respostas:

a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 22 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 3-Item 2.

*Resposta correta.

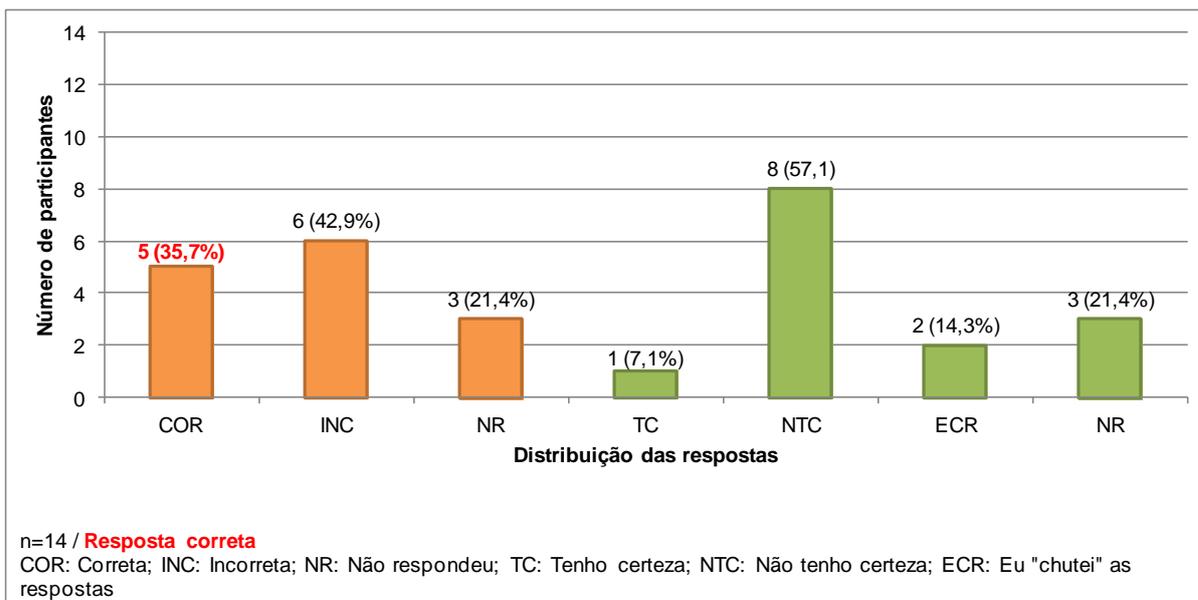


Gráfico 27 – Desempenho dos pós-graduandos na Parte 3-Item 2 da versão piloto do QRL. A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Como no item 1, as respostas dissertativas (5 respostas corretas, 6 respostas erradas e 3 não responderam, colunas laranjas; para exemplos vide Quadro 23), associadas aos níveis de certeza, sugerem falta de conhecimento sobre este tópico. Desta forma, optou-se por excluir este item da versão final do QRL, por entender que não houve contribuições significativas para o levantamento de conceitos alternativos sobre radicais livres.

Identificação	Resposta
Questionário 1	<i>Não reagiria.</i>
Questionário 4	<i>O oxigênio da hidroxila capturaria o elétron desemparelhado e, em seguida, esse elétron participaria do fenômeno de ressonância do anel benzênico.</i>
Questionário 11	
Questionário 13	<i>Um par de elétrons do oxigênio do grupo OH reage com o radical.</i>
Questionário 14	

Quadro 23 – Exemplos de respostas dos pós-graduandos: versão piloto do QRL – Parte 3-Item 2.

4.3.2.4 Versão piloto do QRL: Parte 4

A parte 4 desta versão piloto foi incluída com a intenção de coletar mais dados sobre o nível de dificuldade do questionário e diagnosticar conceitos alternativos não abrangidos pela versão piloto nas partes anteriores.

Item 1

<p>Item 1: Ao longo do questionário você encontrou alguma palavra ou símbolo cujo significado você não conhece ou não se lembra? <input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso</p> <p>Indique a seguir:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">Não conheço:</td> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">Não me lembro:</td> </tr> </table>		Não conheço:	Não me lembro:
Não conheço:	Não me lembro:		

Figura 23 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 4-Item 1.

Não conheço	Frequência absoluta
RO* --> Não conheço/lembro este tipo de representação	1
Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio	1
Inócuos	1
Exercícios extenuantes	1

Quadro 24 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 1 da versão piloto do QRL (a).

Não me lembro	Frequência absoluta
Elétron de spin oposto	1
Estrutura de Lewis	3
$Y_{a_2}^{*-}$ e $Y_{a_2}^{*+}$	1
“ação sinérgica” no item 8	1
Dosagem de radicais livres --> item 3	1
Produção de radicais livres pelo organismo	1
Relação entre radicais livres e atividade física	1
Espécie Reativa de Oxigênio	1
α -tocoferol	1

Quadro 25 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 1 da versão piloto do QRL (b).

Para o item 1 (Figura 23), houve um baixo número de respostas para a parte 4 da versão piloto do QRL. O Quadro 24 mostra as respostas registradas pelos participantes para “Não conheço” e o Quadro 25, para “Não me lembro”.

Estas respostas, embora em pequeno número, forneceram subsídios para a estruturação da versão final, principalmente com relação à linguagem e também em relação ao nível de dificuldade do conteúdo.

Com esta parte do QRL, tinha-se o intuito de rastrear outros conceitos alternativos não previstos nas partes anteriores, mas devido ao número restrito de respostas, optou-se por retirar esta parte da versão final, pois além de diminuir o tempo de resolução do questionário, o resultado desta parte da versão piloto contribuiu muito pouco para o diagnóstico de conceitos alternativos sobre radicais livres.

Item 2

Item 2: Você conhece alguma outra informação sobre radicais livres que não tenha sido mencionada neste questionário? Qual(is)?

Figura 24 – Enunciado: Versão piloto do QRL – Parte 4-Item 2.

As respostas apresentadas para o item 2 (Figura 24) encontram-se no Quadro 26.

Respostas
Não me recordo de nenhuma.
Não. Sei pouco sobre o tema.
Não.
Não.
Acredito que o questionário abrange diversas informações sobre radicais livres, algumas das quais, eu não tinha informação anteriormente.
Radicais livres podem beneficiar o organismo em situações de infecções e inflamações. Alguns medicamentos contêm radicais livres que atuam como princípio ativo. A vitamina C é um antioxidante que eventualmente, se em excesso, [pode] agir como um radical em determinadas condições.
Não consigo me recordar de nada diferente, a não ser a existência de radicais em reações que nada têm a ver com os organismos, como o mecanismo de destruição da camada de ozônio por CFC, ou mecanismo radicalares de reações de polimerização, por exemplo.
Não. Na verdade, não [me] lembro de ter estudado várias questões, especialmente aquelas representadas/estudadas/relacionadas ao mecanismo metabólico.
Não.
Não, conheço muito pouco sobre.
A maior parte está presente no questionário.
Que radicais livres são espécies reativas de oxigênio. E que alguns radicais livres desempenham funções fisiológicas como, por exemplo, a regulação do fluxo sanguíneo (óxido nítrico).

Quadro 26 – Respostas dissertativas dos pós-graduandos na Parte 4-Item 2 da versão piloto do QRL.

Novamente, assim como no item anterior, este item contribuiu para a composição da versão final do QRL, pois indicou conteúdos desconhecidos para os pós-graduandos e que, possivelmente, seriam desconhecidos para os professores matriculados no curso de extensão.

4.3.2.5 Considerações sobre a versão piloto do QRL e o desempenho dos pós-graduandos

Muitos dos pós-graduandos participantes deste estudo atuam ou já atuaram como professores de Química e Biologia e, portanto, seu desempenho na resolução da versão piloto do QRL forneceria um ótimo indicativo do desempenho que os professores poderiam apresentar. Desta forma, a apreciação do desempenho dos pós-graduandos ao longo do questionário, suas dificuldades e percepções sobre o mesmo, foram contribuições importantes para refinar o instrumento.

Ao adotar a alternativa correta para a etapa de justificativa como a *melhor* alternativa correta, em contraposição a uma alternativa correta no meio de alternativas incorretas, pretendia-se aumentar o nível cognitivo do questionário, segundo sugere Tamir (1991). Contudo, este formato de nível cognitivo mais alto, aumentou o nível de dificuldade do questionário, contribuindo para níveis de certeza mais baixos e dificuldade de resolução pelos pós-graduandos. Assim, este foi um dos pontos considerados na confecção da versão final do QRL ao se optar por excluir a etapa de justificativa.

4.3.2.6 Conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos

O Quadro 27 apresenta os conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos na versão piloto do QRL, segundo os critérios estabelecidos na Seção 3.3.1.1. Dentre os conceitos alternativos observados, os mais frequentes foram:

- *Os radicais livres podem causar lesões em moléculas de DNA, proteínas e lipídios, levando ao envelhecimento precoce*: apresentado por 9 entre 14 pós-graduandos (64,3%);
- *Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte precoce da célula, mas ao utilizar suplementos de vitamina C ou outros antioxidantes pode-se prevenir estes danos*: 6 ocorrências (42,9%);
- *Ação dos suplementos de vitaminas e minerais só é eficaz quando existem enzimas antioxidantes para terminar a reação*: 6 ocorrências (42,9%);
- *Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muito curtos e altamente reativos, chegando a danificar proteínas, lipídios e até moléculas de DNA*: 5 ocorrências (35,7%).

PARTE	ITEM	CONCEITO ALTERNATIVO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA (n= 14)	FREQUÊNCIA PERCENTUAL
2	8	Os radicais livres podem causar lesões em moléculas de DNA, proteínas e lipídios, levando ao envelhecimento precoce.	9	64,3
2	8C	Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA podendo levar à morte precoce da célula, mas ao utilizar suplementos de vitamina C ou outros antioxidantes pode-se prevenir estes danos.	6	42,9
2	13D	Ação dos suplementos de vitaminas e minerais só é eficaz quando existem enzimas antioxidantes para terminar a reação.	6	42,9
2	3B	Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muitos curtos e altamente reativos, chegando a danificar proteínas, lipídios e até moléculas de DNA.	5	35,7
2	1B	O elétron do radical livre está desemparelhado porque não faz parte de nenhuma ligação química.	4	28,6
2	7D	Qualquer exercício físico combate radicais livres.	4	28,6
2	11D	Antioxidantes formam complexos com os radicais livres, estabilizando-os.	4	28,6
3	1A	[Um birradical ao receber 1 elétron]. Representação: $Y_2\cdot$. A molécula se torna um radical livre ao receber um elétron.	4	28,6
2	2A	O elétron não emparelhado [dos radicais livres] lhes confere uma carga negativa.	3	21,4
2	2C	Radicais livres são espécies químicas neutras, apesar de possuírem um elétron desemparelhado.	3	21,4
2	5	Os termos Espécies Reativas de Oxigênio e Espécies Reativas de Nitrogênio são usados para designar os radicais livres de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.	3	21,4
2	5B	São os termos técnicos para designar os radicais livres contendo oxigênio e os radicais livres contendo nitrogênio, respectivamente.	3	21,4
2	10B	Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante doa o elétron que falta ao radical livre.	3	21,4
2	4C	Radicais livres não podem reagir entre si, pois os elétrons desemparelhados repelem-se por estarem carregados negativamente.	2	14,3
2	8D	[...] podendo levar à morte precoce da célula, mas somente ao utilizar suplementos contendo combinações de vitaminas e minerais pode-se prevenir estes danos, devido à ação sinérgica entre estes compostos.	2	14,3
2	9A	A exposição solar leva à formação de radicais livres nas células epiteliais. Por isso é recomendada a utilização de cremes contendo vitaminas e outros antioxidantes, mas eles só são efetivos quando são de boa qualidade e estão associados a uma alimentação equilibrada.	2	14,3
2	12	A ingestão de suplementos contendo antioxidantes (suplementos vitamínicos) é uma boa estratégia para combater os radicais livres.	2	14,3
2	1A	Radicais livres são espécies químicas que possuem apenas um elétron não emparelhado.	1	7,1
2	1D	O elétron do radical livre está desemparelhado porque não possui um elétron de mesmo spin para parear-se.	1	7,1
2	3 ^a	Existem radicais livres estáveis, mas são sempre, por definição, altamente reativos.	1	7,1
2	4B	O elétron desemparelhado de um radical livre pode formar uma ligação iônica com o elétron desemparelhado de outro radical livre, estabilizando-os.	1	7,1
2	6C	Existem radicais livres que são produzidos normalmente pelo organismo. Radicais livres são gerados em situações não saudáveis como o consumo de alimentos contendo aditivos (por exemplo, corantes e conservantes) e pela presença de agrotóxicos e/ou hormônios.	1	7,1
2	7E	A prática de exercícios não leva a [sic] produção de radicais livres.	1	7,1
2	8E	[...] podendo levar à morte celular precoce, quando há falha dos mecanismos antioxidantes ou quando eles são insuficientes. [...] ao utilizar suplementos de vitamina C ou outros antioxidantes pode-se prevenir estes danos [indicou A e B]	1	7,1

Quadro 27 – Conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos. (Continua na próxima página).

PARTE	ITEM	CONCEITO ALTERNATIVO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA (n= 14)	FREQUÊNCIA PERCENTUAL
2	9B	A exposição solar leva à formação de radicais livres nas células epiteliais. Por isso, o uso de cosméticos contendo antioxidantes é recomendado, contudo o emprego de tratamentos naturais, como máscaras faciais à base frutas frescas é preferencial, pois não contém antioxidantes sintéticos.	1	7,1
2	9D	Não existe qualquer associação entre radicais livres e danos a células epiteliais.	1	7,1
2	10A	Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante recebe o elétron doado pelo radical livre.	1	7,1
2	10C	Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação em que o antioxidante doa ou recebe elétrons para radical livre.	1	7,1
2	11E	Antioxidantes são espécies que reagem com os radicais doando elétrons, independente da carga.	1	7,1
2	12C	Só se deve utilizar suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos, caso eles sejam exercícios extenuantes.	1	7,1
2	12D	A utilização de suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos é benéfica em qualquer situação.	1	7,1
2	12E	[Mas] com exercícios físicos é possível combater de forma mais eficiente.	1	7,1
2	13A	Tomar suplementos vitamínicos só é benéfico quando estão presentes pelo menos duas vitaminas diferentes, pois uma irá restabelecer a outra, formando um segundo radical livre que será pouco reativo e será facilmente eliminado do organismo.	1	7,1
2	13E	Não são inócuos, pois o excesso de <i>algumas</i> vitaminas no organismo pode trazer danos, por exemplo vitamina D.	1	7,1
2	13E	As vitaminas e minerais só devem ser consumidos caso haja a sua <i>ausência</i> no organismo.	1	7,1
3	2	O oxigênio da hidroxila capturaria o elétron desemparelhado e, em seguida, esse elétron participaria do fenômeno de ressonância do anel benzênico.	1	7,1
3	2	Um par de elétrons do oxigênio do grupo OH reage com o radical.	1	7,1
3	2	Indicação de entrada do radical livre (RO [•]) no lugar do grupo OH.	1	7,1

Quadro 27 – Conceitos alternativos apresentados pelos pós-graduandos. (Continuação).

A maioria dos pós-graduandos escolheu o nível de certeza NTC ao avaliar os itens da versão piloto do QRL. E, embora estes conceitos tenham sido detectados seguindo os critérios estabelecidos (Seção 3.3.1.1), não se pode examiná-los desconsiderando o fato de que os pós-graduandos declararam não ter certeza sobre o assunto.

Portanto, é possível que os conceitos alternativos diagnosticados não configurem conceitos alternativos, mas falta de conhecimento. Ainda assim, o QRL fornece pistas sobre os conceitos alternativos que podem ter se formado sobre o objeto de estudo deste trabalho.

4.3.3 Conceitos alternativos entre professores da rede pública

Esta seção está dividida em:

- Seção 4.3.3.1: Perfil Profissional;

- Seção 4.3.3.2: Conceitos alternativos apresentados pelos professores da Rede Pública;
- Seção 4.3.3.3: Conhecimentos Sobre Radicais Livres.

4.3.3.1 Perfil Profissional

Conforme mencionado na Seção 3.3.3, Figura 5, a aplicação do questionário de *Perfil Profissional* (Apêndice K) ocorreu no quarto dia do curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida* (Seção 4.4.2).

Devido a variações no número de indivíduos presentes no dia de aplicação do questionário, e por se tratar de questionários sem identificação, existem pequenas variações no número de graduados para cada curso entre os questionários de *Perfil Profissional* (seção atual), os questionários *pré-QRL* e *pós-QRL*, e ainda em relação ao número oficial de presentes (Seção 4.4.2).

O questionário de *Perfil Profissional* forneceu dados sobre a formação acadêmica, experiência docente e número médio de alunos para o qual os professores matriculados no curso de extensão (Seção 4.4.2) lecionavam.

Dos 27 professores que responderam a este questionário, 44,4% (12 professores) são graduados em Ciências Biológicas e 37,0% (10 professores), em Química (Gráfico 28); sendo que 74,1% fizeram a graduação em instituições privadas e 22,2% em instituições públicas (Gráfico 29).

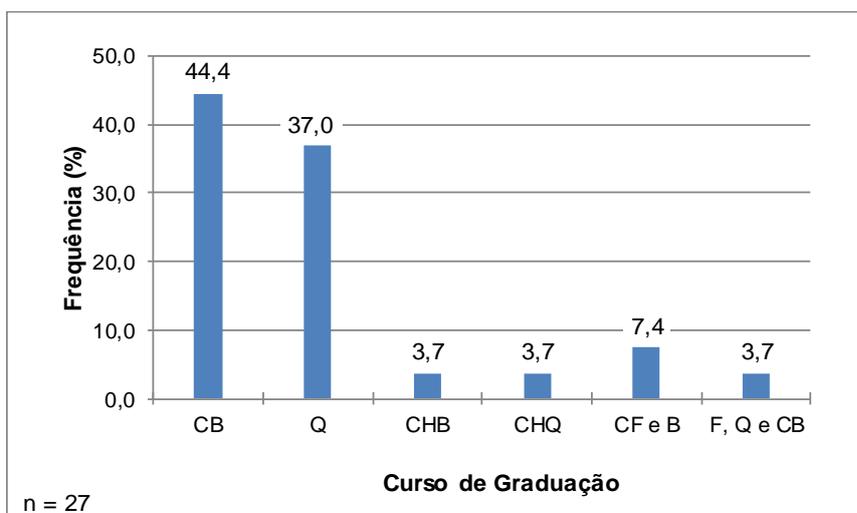


Gráfico 28 – Formação acadêmica dos professores: Graduação.

CB: Ciências Biológicas; Q: Química; CHB: Ciências com Habilitação em Biológica; CHQ: Ciências com Habilitação em Química; CF e B: Ciências Físicas e Biológicas; F, Q e CB: Farmácia, Química e Ciências Biológicas.

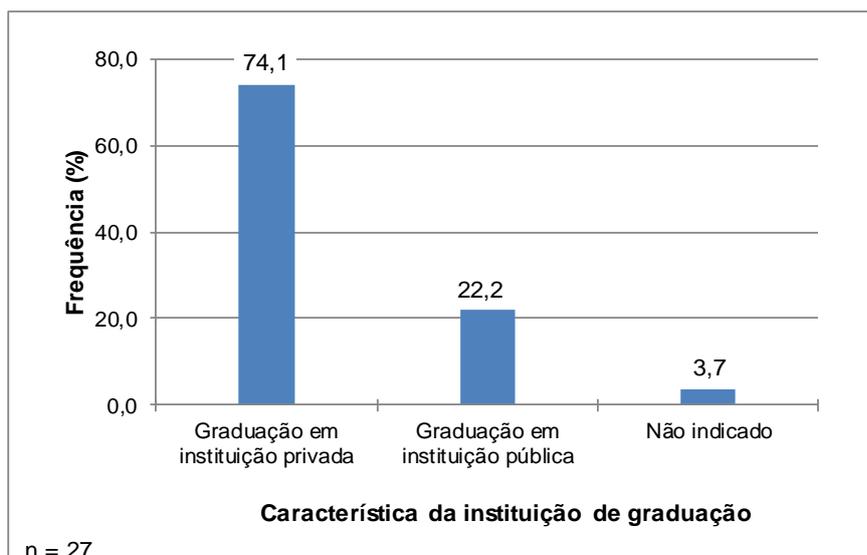


Gráfico 29 – Formação acadêmica dos professores: distribuição entre instituições privadas e públicas.

Com relação à pós-graduação (Gráfico 30): 55,6% (15 professores) não possuem curso de pós-graduação; 25,9% (7 professores) dos professores possuem Especialização *Lato Sensu* concluída; 3,7% (1 professor) possui Especialização e Mestrado concluídos; e 3,7% (1 professor) possui Mestrado em andamento.

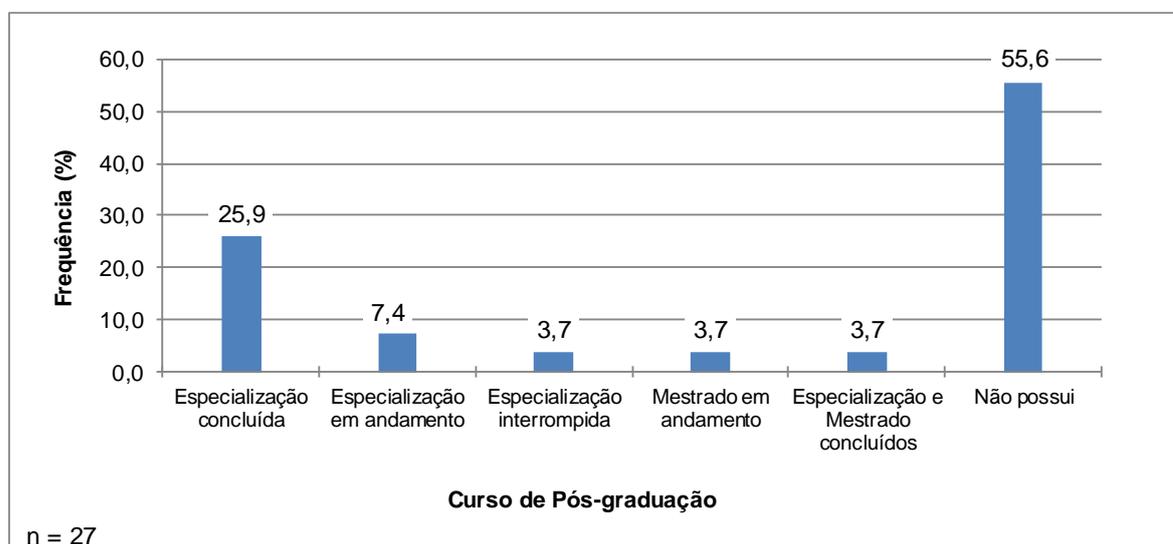


Gráfico 30 – Formação acadêmica dos professores: Pós-graduação.

Os dados mostram que a maioria dos professores matriculados no curso de extensão é formada em instituições privadas de Ensino Superior e quase metade do grupo possui curso concluído de pós-graduação, a maioria de Especialização *Lato Sensu*, ou algum tipo de contato com a pós-graduação, como cursos em andamento ou interrompidos.

Os cursos de pós-graduação indicados pelos professores são de áreas diversificadas como: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino de Química, Formação de Professores para o Ensino Superior, Educação, Gestão Escolar, Pedagogia, Psicopedagogia, Química, Biotecnologia, Ciência e Tecnologia, Cosméticos, Microbiologia Clínica, Cosmetologia Clínica e Farmácia.

Os Apêndices P e Q apresentam mais detalhes sobre a formação acadêmica desses professores, como as instituições em que se graduaram e os cursos de especialização que cursaram.

O questionário *Perfil Profissional* também forneceu dados sobre o número médio de alunos de Ensino Fundamental e Ensino Médio para os quais os professores lecionam (Apêndice R). O gráfico com estes dados será apresentado na Seção 4.4.2.

4.3.3.2 Conceitos alternativos apresentados pelos professores da Rede Pública

O Gráfico 31, a seguir, apresenta a graduação declarada pelos professores matriculados no curso de extensão ao responderem o QRL (versão final, Apêndice G). Como é possível observar, o número de formados em Biologia (54,8% = 17 participantes) é maior em relação aos formados em Química (41,9% = 13 participantes).

Apesar desta diferença, manteve-se o propósito do curso: distribuir Químicos e Biólogos nos grupos de trabalho, de modo a promover o auxílio mútuo e a complementação de conhecimentos na resolução das atividades.

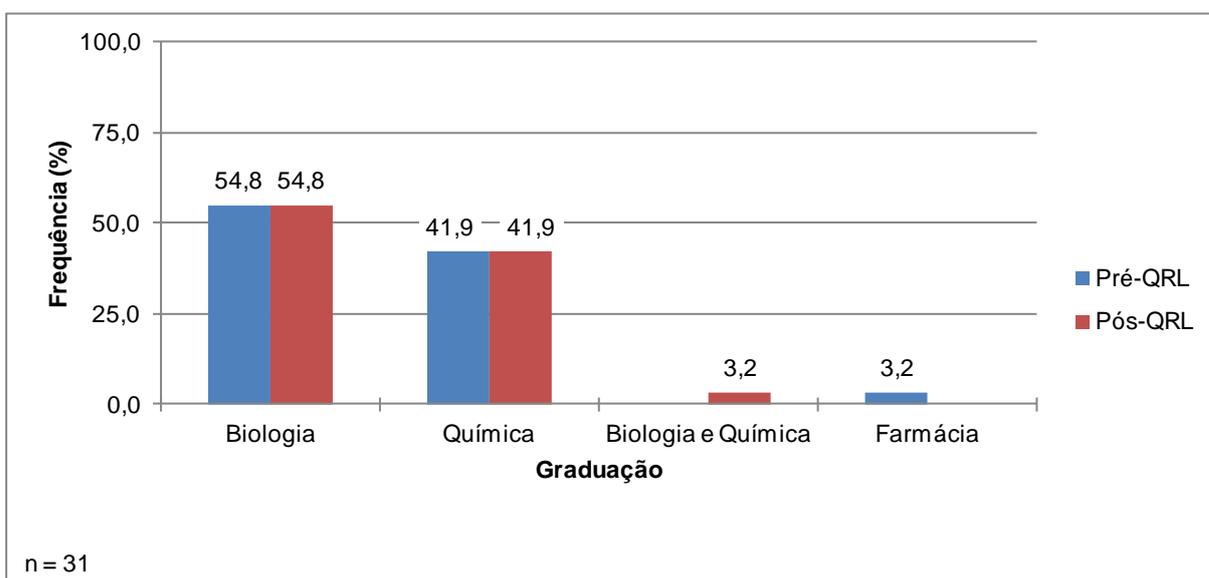


Gráfico 31 – Curso de graduação dos professores matriculados no curso de extensão.

O perfil de desempenho dos professores da Rede Pública matriculados no curso de extensão pré- e pós-intervenção estão dispostos a seguir e separados de acordo com seus respectivos temas, da seguinte forma:

- Grupo 1: Radicais livres são extremamente instáveis e altamente reativos – Itens 1, 6, 10 e 20;
- Grupo 2: Radicais livres prejudicam o funcionamento celular – Itens 2 e 17;
- Grupo 3: Exercícios físicos diminuem a formação radicais livres – Itens 3, 12 e 18;
- Grupo 4: Radicais livres ocorrem em situações anormais do organismo – Itens 4, 11, 19;
- Grupo 5: Vitaminas e antioxidantes são sinônimos – Itens 5 e 21;
- Grupo 6: Radicais livres são prejudiciais à saúde – Itens 7, 14 e 23;
- Grupo 7: O elétron desemparelhado sempre confere instabilidade ao radical livre – Itens 8 e 16;
- Grupo 9: Suplementos de antioxidantes combatem os radicais livres – Itens 9 e 15;
- Grupo 10: Radicais livres causam envelhecimento – Itens 13 e 22.

Para cada item, apresenta-se a distribuição das respostas para a 1ª etapa (julgamento da afirmação) e 2ª etapa (nível de certeza).

a) Grupo 1 – Radicais livres são extremamente instáveis e altamente reativos

Item 1 – *Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas.*

O item 1 reproduz um enunciado muito comum em materiais sobre o assunto destinados a público não acadêmico.

O índice de erros deste item (Gráfico 32) foi muito alto (90,3% e 96,8% para o pré- e pós-teste, respectivamente), mantendo-se muito estável no pré- e no pós-teste. O nível de certeza (Gráfico 33) apresentou-se distribuído ao longo da escala, mas notadamente maior no pós-teste.

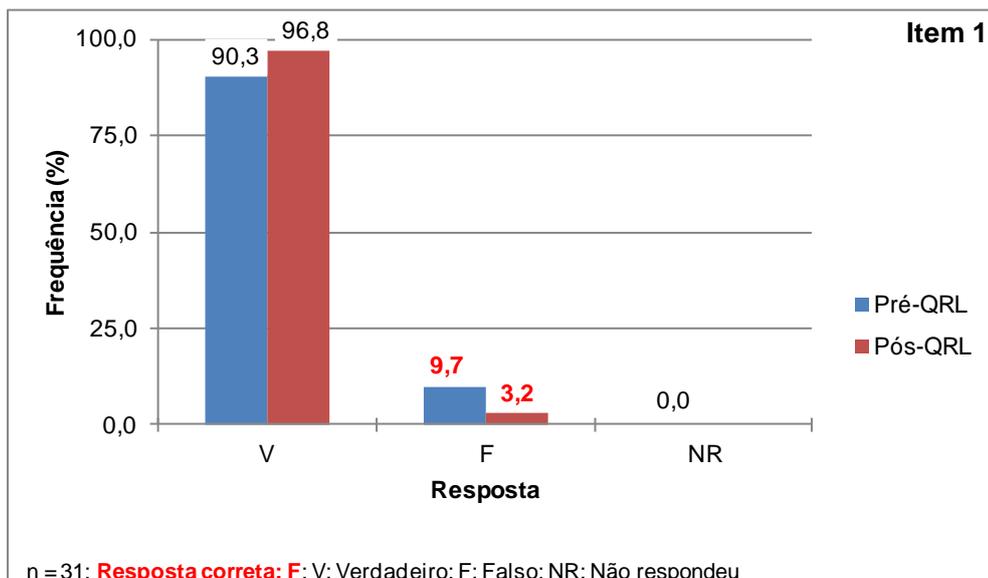


Gráfico 32 – Desempenho dos professores: QRL – Item 1.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

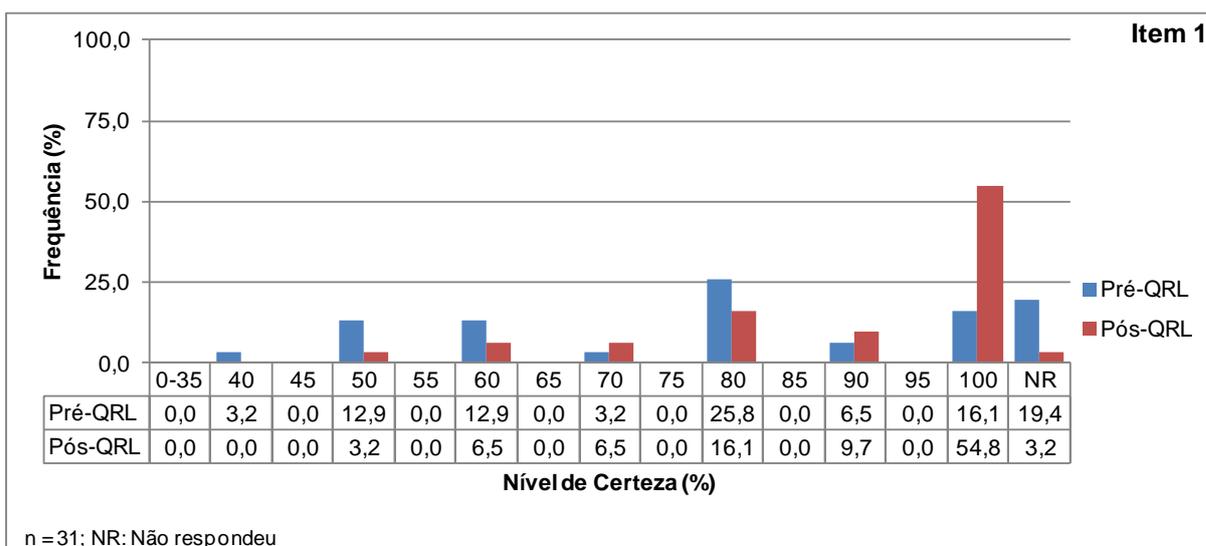


Gráfico 33 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 1.

Este perfil de desempenho (alta frequência de erros, aumento do percentual de erros no pós-teste, aumento do nível de certeza no pós-teste) se repetiu em muitos dos itens do QRL que serão apresentados a seguir. Desta forma, muitas das considerações sobre o resultado para o item 1 aplicam-se também a outros itens e isto será indicado quando for o caso.

Considerações:

- I. A alta frequência de respostas incorretas no pré-teste:
 - a. Sugere a presença de conceito alternativo pré-intervenção;

- b. Pode decorrer da interpretação do enunciado com significado diferente daquele que se pretendeu veicular (por exemplo, julgar o item 1 verdadeiro, por não interpretar enunciado do item para *todos* os radicais livres, mas para *parte* dos radicais livres), pois:
 - i. É difícil a construção de itens inequivocamente corretos e que não deem margem a interpretações diversas daquelas pretendidas, sem utilizar advérbios como *nunca*, *sempre*, *todos* e *alguns* que poderiam induzir à escolha da resposta correta;
 - ii. Os itens podem ter significados diferentes para cada sujeito pesquisado (Gil, 2008, p. 122);

II. A alta frequência de respostas incorretas no pós-teste sugere que a intervenção não foi eficiente e:

- a. Isto pode ser consequência da amplitude de tópicos abordados durante o curso (ver Seção 4.4.2, material instrucional), da carga horária alta e espaço de tempo curto (30 horas em cinco dias) e, portanto, não configurar uma intervenção específica e focada nos conceitos alternativos. O curso de extensão não foi oferecido com o intuito de remover conceitos alternativos, embora fosse desejável, mas principalmente de promover o contato dos professores com o tema e ampliar seus conhecimentos sobre radicais livres;
- b. A intervenção foi planejada antes do pré-teste, portanto não poderia focar nos conceitos alternativos detectados. O pré-teste, por sua vez, foi construído para prospecção dos conceitos alternativos, pois não haviam sido encontradas publicações científicas investigando conceitos alternativos sobre radicais livres até o momento da construção e aplicação do QRL (Seção 3.3.1);
- c. A hipótese de que a intervenção teria reforçado conceitos alternativos é pouco provável de ter ocorrido para tantos conceitos diferentes, mas plausível para alguns dos conceitos;
- d. A intervenção não interferiu com os conceitos alternativos, mas incrementou a autoconfiança, causando aumento dos níveis de certeza;

III. O instrumento não foi adequado para o diagnóstico pretendido;

- IV. A maior parte das informações sobre radicais livres são provenientes do senso comum e não têm origem acadêmica (é um tema pouco explorado no ambiente escolar, mesmo durante a graduação), mas nas mídias impressa, digital e televisiva, disto decorre:
- Que a presença de conceitos alternativos no pré-teste foi devida a informações do senso comum;
 - O curso de extensão foi o primeiro contato formal com o tema e não foi suficiente para remover conceitos alternativos adquiridos ao longo de anos.

A sustentação para a consideração II-b está no principal enunciado da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isso e o ensine de acordo” (Ausubel et al., 1978, p. iv). Também defendida pela Teoria da Mudança Conceitual (Posner et al, 1982):

A busca pelo entendimento do estudante como resultado da instrução, pela memorização ou pelo conhecimento, requer que o instrutor leve em conta o conhecimento prévio do estudante e forneça apoio para o estudante integrar o conhecimento novo com seus conceitos prévios. A confrontação explícita entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo é o elemento crítico no ensino para a compreensão.

O conhecimento prévio dos estudantes interage com o conhecimento apresentado na instrução formal e pode resultar em aprendizados não intencionais (Wandersee et al, 1994 apud Wenning, 2008).

Item 6 – Radicais livres são espécies químicas muito estáveis e pouco reativas.

Com enunciado semelhante ao item 1, este item apresentou distribuição de respostas (Gráfico 34) bem diferente ao observado no item anterior.

O pré-teste apresentou 61,3% de respostas incorretas contra 100% de respostas corretas no pós-teste. E, novamente, o nível de certeza (Gráfico 35) aumentou no pós-teste, com 74,2% dos participantes indicando 100% de certeza.

Apesar de os itens 1 e 6 abordarem o mesmo assunto e de maneira muito semelhante, os termos “muito estáveis e pouco reativas” podem ter induzido à resposta correta, possivelmente por enunciarem o oposto do item 1 e porque o tema *radicais livres* é comumente associado (senso comum) à instabilidade e à reatividade.

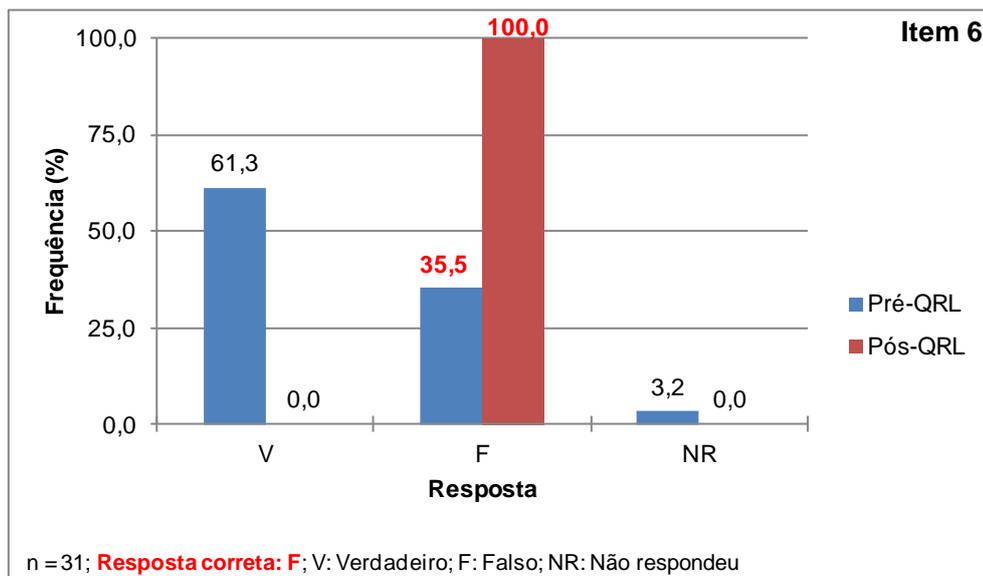


Gráfico 34 – Desempenho dos professores: QRL – Item 6.
A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

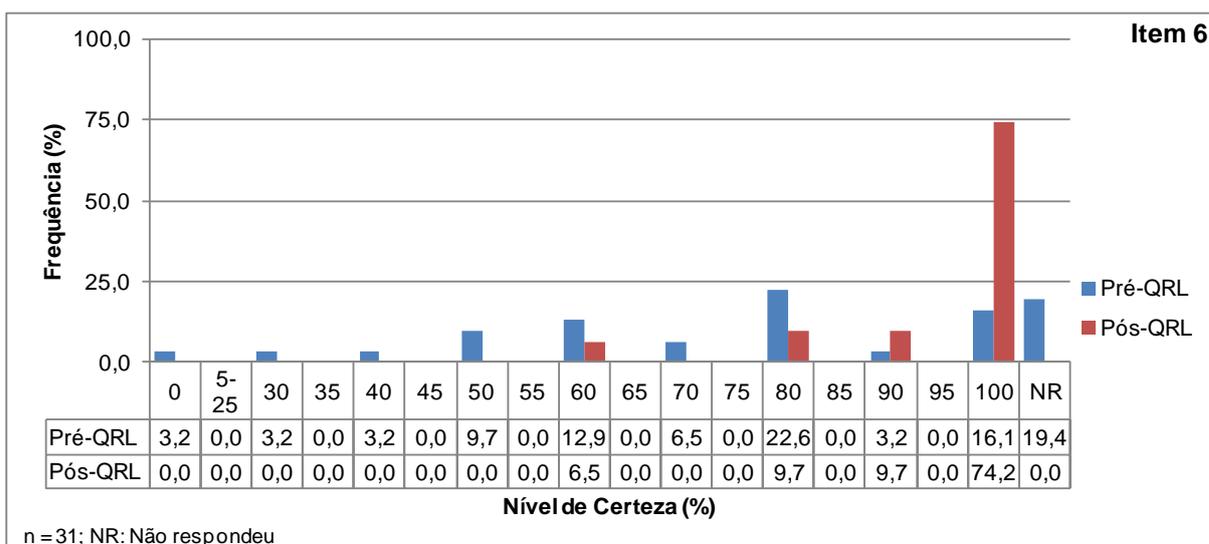


Gráfico 35 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 6.

Item 10 – Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muito curtos e que reagem facilmente com outros compostos.

O item 10 parafraseia o enunciado do item 1 e apresentou um perfil de respostas (Gráfico 36) muito semelhante ao do item 1 (Gráfico 32). Houve aumento na frequência de respostas corretas para o pós-teste, indo de 9,7% no pré-teste para 22,6% no pós-teste.

Contudo, assim como para o item 1, o percentual de respostas incorretas (90,3% no pré-teste e 77,4% no pós-teste) é muito maior ao de respostas corretas.

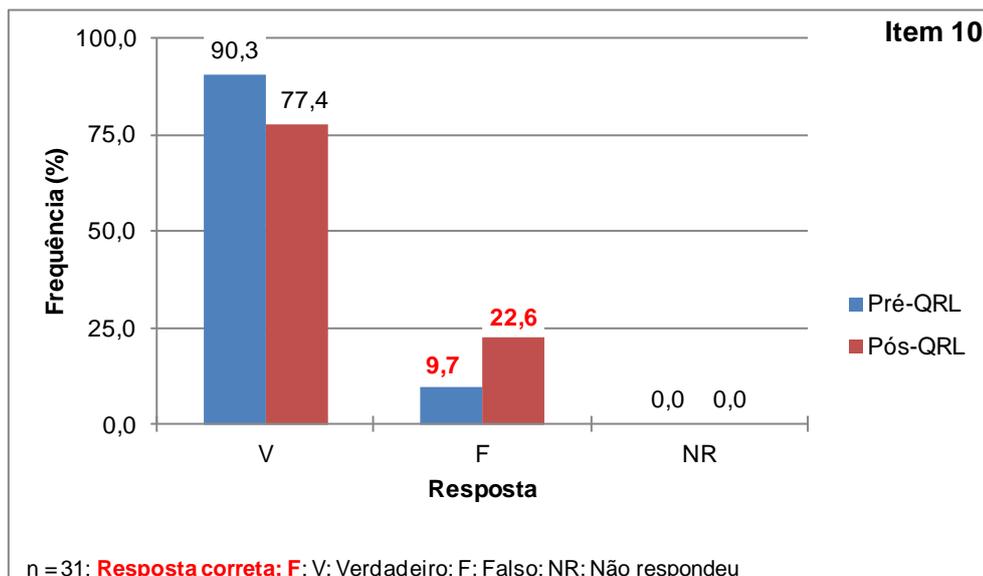


Gráfico 36 – Desempenho dos professores: QRL – Item 10.
A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

O nível de certeza (Gráfico 37) aumentou no pós-teste, mas com percentual menor para o nível de 100% de certeza, que foi de 41,9% de frequência para o item 10 (Gráfico 37), enquanto para o item 1 foi de 54,8% (Gráfico 33).

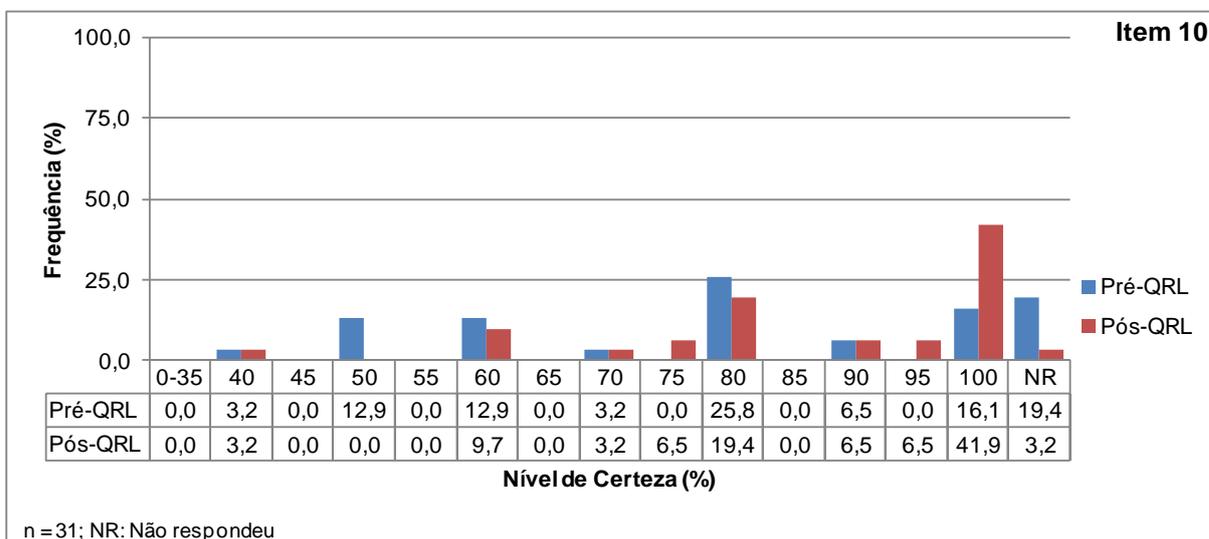


Gráfico 37 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 10.

Item 20 – Os radicais livres podem ter reatividade e instabilidade variados.

Neste item, os professores apresentaram alta frequência de respostas corretas (Gráfico 38), contudo houve declínio de respostas corretas (de 90,3% para 77,4%) e aumento

de respostas incorretas (de 6,5% para 19,4%) do pré-teste para o pós-teste. E, assim como nos itens 1, 6 e 10, houve aumento nos níveis de certeza (Gráfico 39).

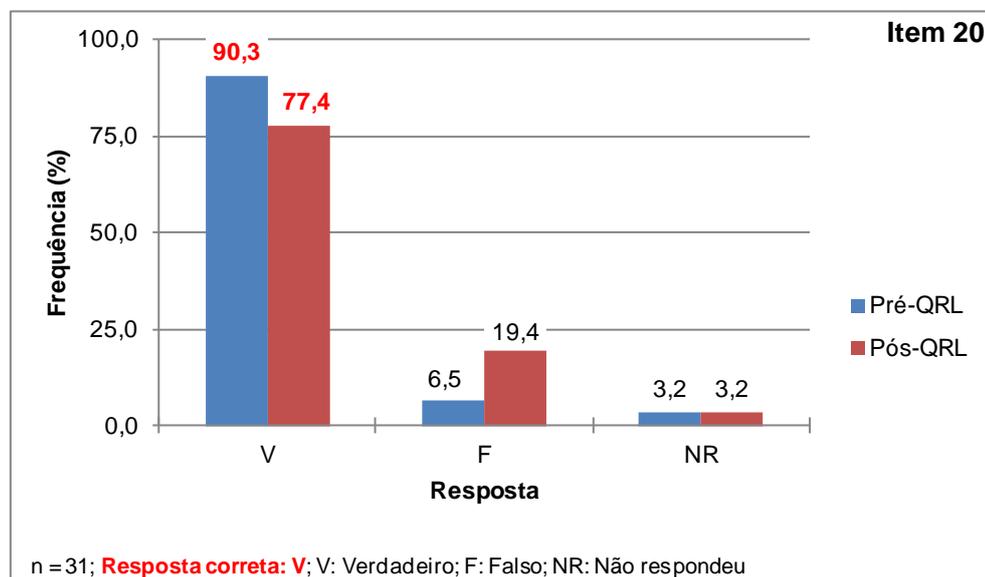


Gráfico 38 – Desempenho dos professores: QRL – Item 20.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

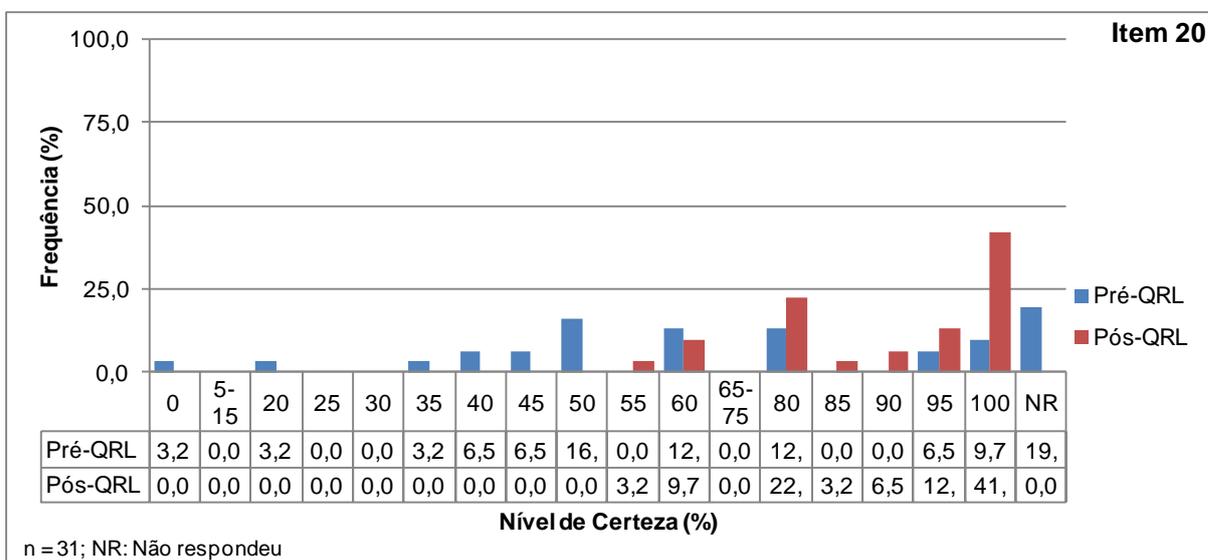


Gráfico 39 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 20.

Ao tomar os resultados do conjunto de itens descritos anteriormente (itens 1, 6, 10 e 20), observa-se tendência para o conceito de radicais livres serem muito instáveis e muito reativos e este conceito poderia configurar um conceito alternativo sobre o tema, desde que tomadas as devidas ressalvas mencionadas no item 1 (Seção 4.3.3.2, a, Item 1, considerações i-iv).

b) Grupo 2 – Radicais livres prejudicam o funcionamento celular

Item 2 – *Sob efeito dos radicais livres as células têm suas funções prejudicadas.*

O item 2 (Gráfico 40) apresentou baixo índice de acertos e declínio de respostas corretas no pós-teste (25,8% e 16,1%, pré- e pós-testes, respectivamente). O nível de certeza (Gráfico 41) apresentou-se mais distribuído no pré-teste e concentrado em 100% no pós-teste (54,8%).

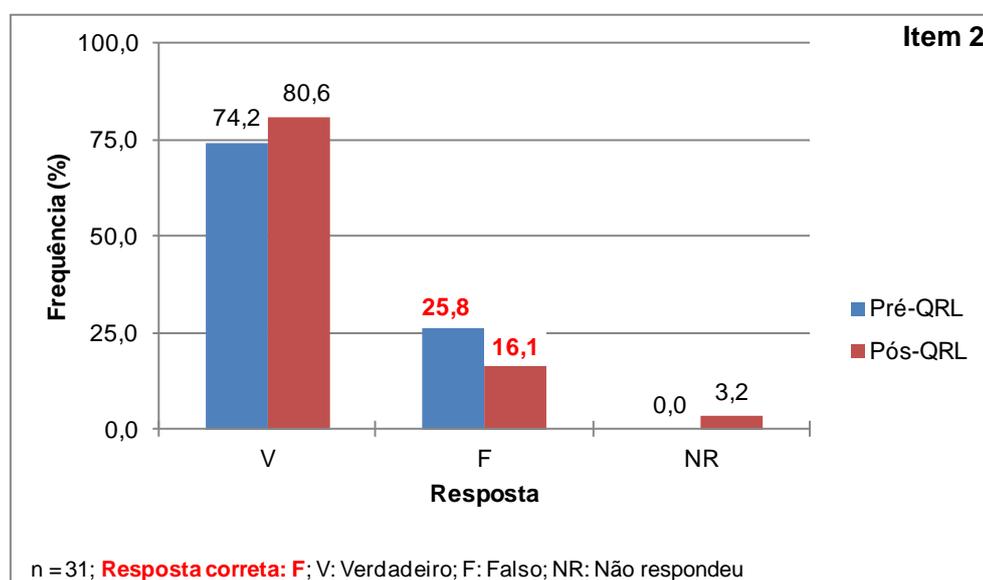


Gráfico 40 – Desempenho dos professores: QRL – Item 2.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

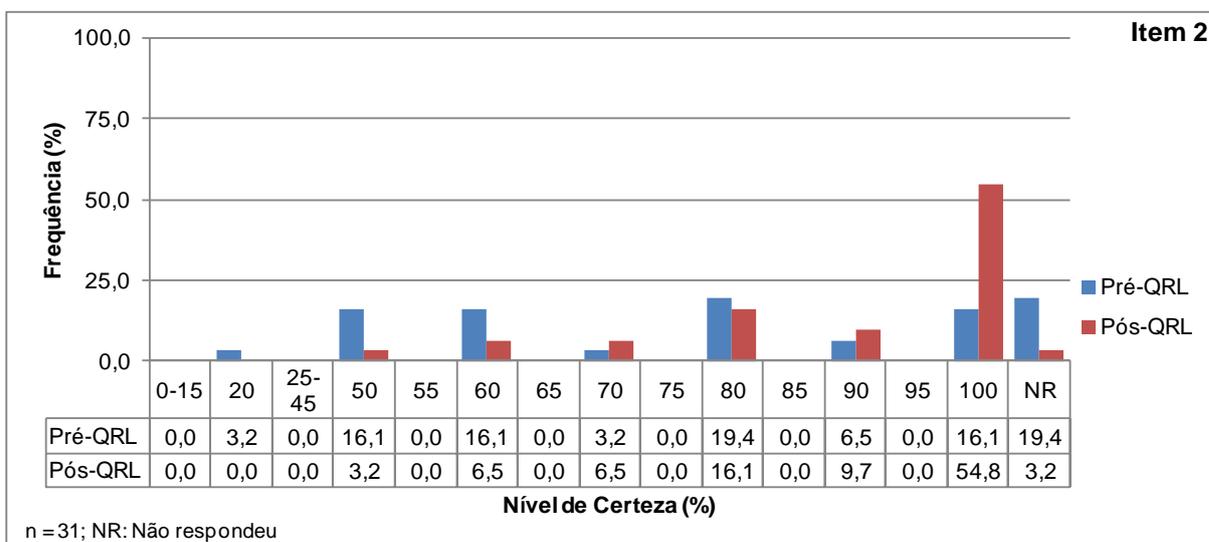


Gráfico 41 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 2.

Esperava-se proporção maior de respostas corretas no pós-teste, já que a intervenção mostrou funções fisiológicas dependentes de radicais livres. O resultado no pré-teste (74,2% de respostas incorretas) mostra que este é um conceito trazido pelos professores e que resistiu à intervenção no pós-teste (80,6% de respostas incorretas).

Acredita-se que este resultado seja decorrente da interpretação equivocada do item ou da má formulação do item. Possivelmente, os participantes tenham considerado que por existirem radicais livres que prejudicam *algumas* funções celulares, o enunciado seria verdadeiro, quando na verdade o enunciado se refere a *todos* os radicais livres (“[...] *dos radicais livres*[...]”) e *todas* as células (“*as células* têm suas [...]”).

Item 17 – *Sob efeito de radicais livres ocorre manutenção de funções celulares importantes.*

A hipótese de problema na formulação/interpretação do item 2 é reforçada pelo resultado obtido no item 17 (Gráfico 42). Neste item, em “manutenção de funções celulares”, espera-se a interpretação de que *existem* funções celulares que dependem de radicais livres.

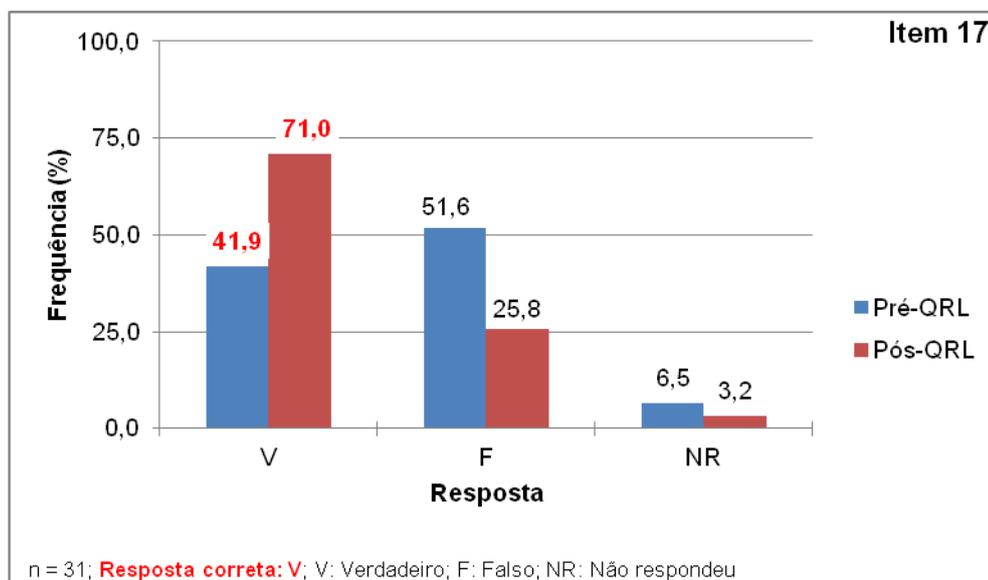


Gráfico 42 – Desempenho dos professores: QRL – Item 17.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

A proporção de respostas corretas (41,9% no pré-teste e 71,0% no pós-teste) é maior do que o de respostas incorretas (51,6% no pré-teste e 25,8% no pós-teste), sugerindo que o conceito alternativo estava presente no pré-teste e que a intervenção foi positiva para diminuir sua incidência. À semelhança dos itens anteriores, não se pode descartar as considerações mencionadas no item 1 (Seção 4.3.3.2, a, Item 1, considerações i-iv).

O nível de certeza (Gráfico 43), no pré-teste, apresenta-se distribuído ao longo da escala e, no pós-teste, mais concentrado nos níveis de maior certeza, contribuindo para a hipótese de que a intervenção aumenta os níveis de certeza independentemente das respostas estarem corretas ou incorretas.

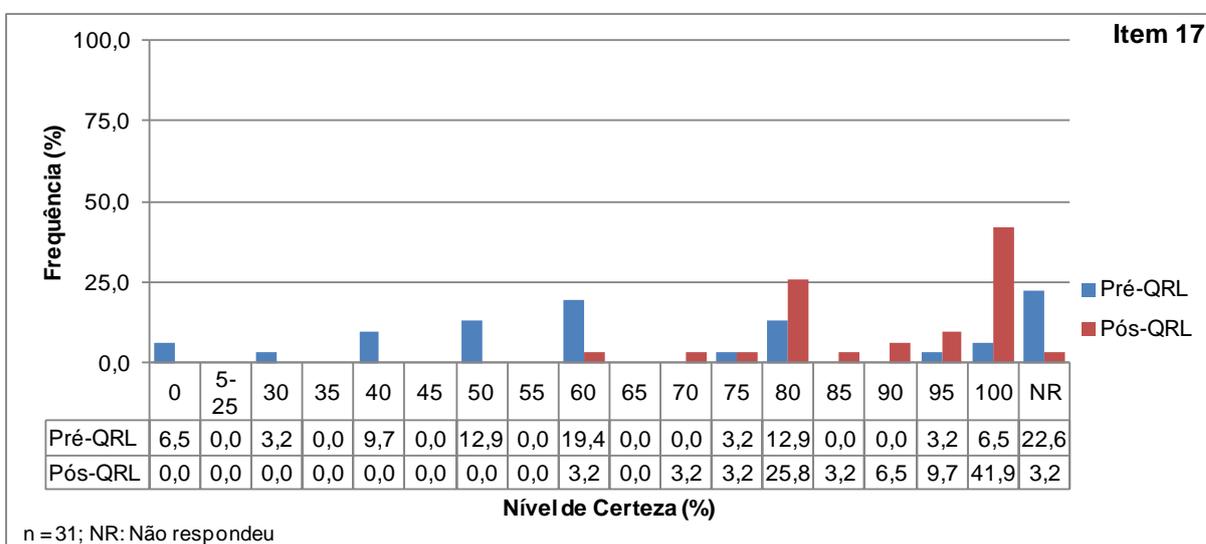


Gráfico 43 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 17.

c) Grupo 3 – Exercícios físicos diminuem a formação radicais livres

Item 3 – *A prática de exercícios físicos diminui a formação de radicais livres.*

O item 3 (Gráfico 44) apresentou alta frequência de respostas incorretas no pré- e no pós-teste, mantendo-se muito estável (61,3% e 64,5%, respectivamente). E o nível de certeza (Gráfico 45) aumentou no pós-teste, ficando mais concentrado nos níveis de certeza maiores.

A presença das respostas incorretas no pós-teste indica que o conceito foi trazido pelos participantes e se manteve após a intervenção.

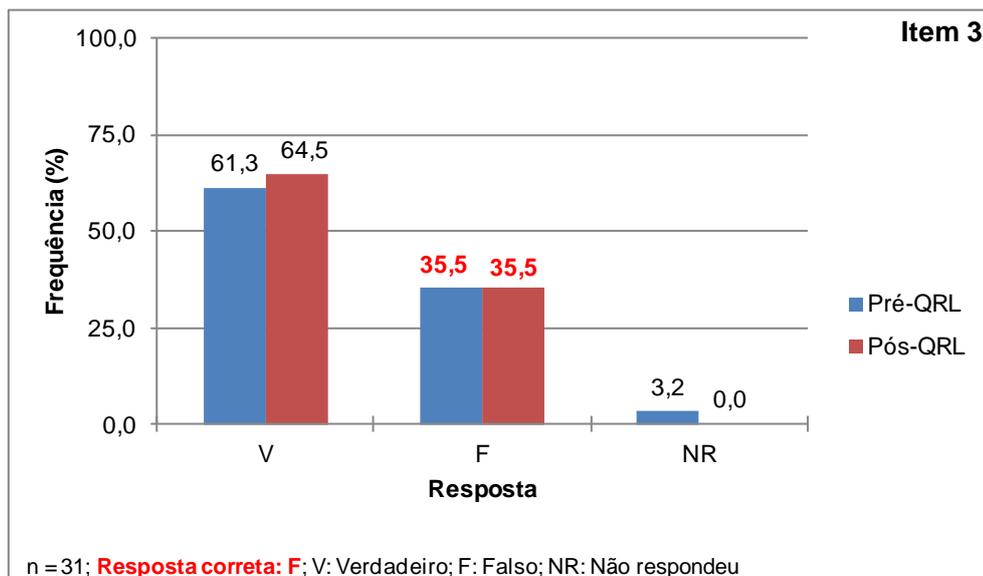


Gráfico 44 – Desempenho dos professores: QRL – Item 3.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

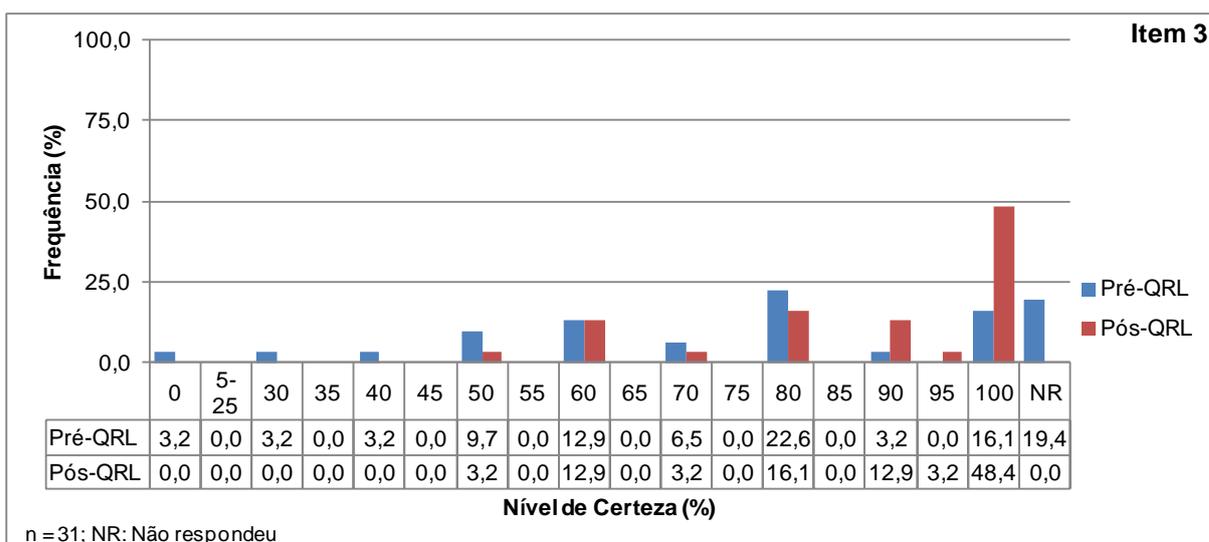


Gráfico 45 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 3.

Cabe salientar que, no tocante a este aspecto, os participantes realizaram atividades específicas para o estudo da formação de radicais livres nas mitocôndrias e a relação entre atividade física e lesões causadas por radicais livres, com suporte de atividades de exploração guiada de softwares educacionais⁵ (Torres et al, 2015, p. 41-50).

Acredita-se que os participantes tenham interpretado “diminui a formação de radicais livres” como “diminui a formação de lesões”, que é o que de fato ocorre em indivíduos treinados (Torres et al, 2015, p. 48-50) e, por isso, tenham escolhido a respostas incorretas.

⁵ Software *Cadeia de Transporte de Elétrons*: <http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/busca.php?acao=filtrar2>
 Software *Radicais Livres*: <http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=76#.VQMscE7Y98>

Item 12 – A atividade física combate a formação de radicais livres.

O item 12 (Gráfico 46) apresentou alta frequência para a resposta incorreta (71,0% no pré-teste e 64,5% no pós-teste) com ligeiro aumento de respostas corretas no pós-teste (25,8% no pré-teste e 35,5% no pós-teste). O nível de certeza (Gráfico 47) apresentou-se distribuído ao longo da escala no pré-teste e concentrado nos valores mais altos no pós-teste.

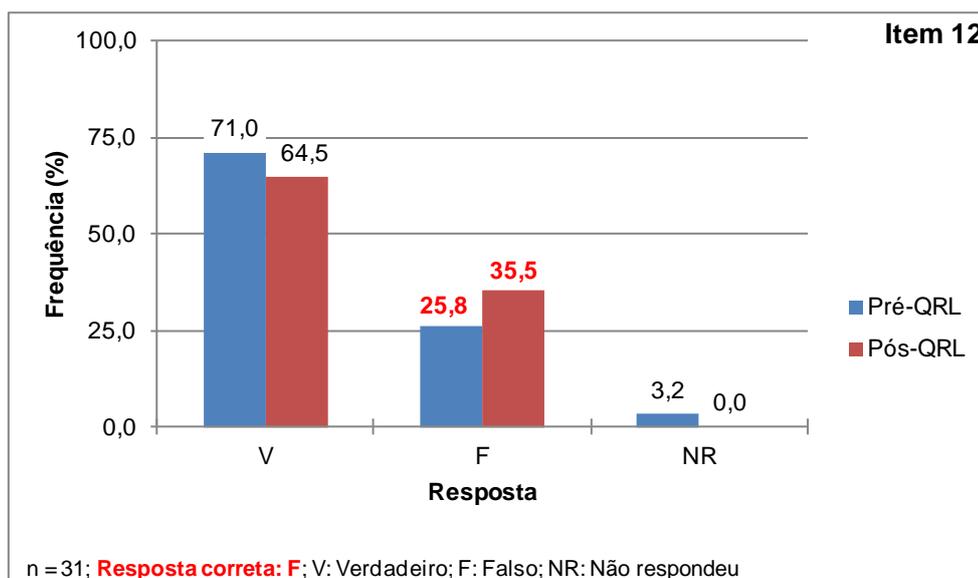


Gráfico 46 – Desempenho dos professores: QRL – Item 12.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

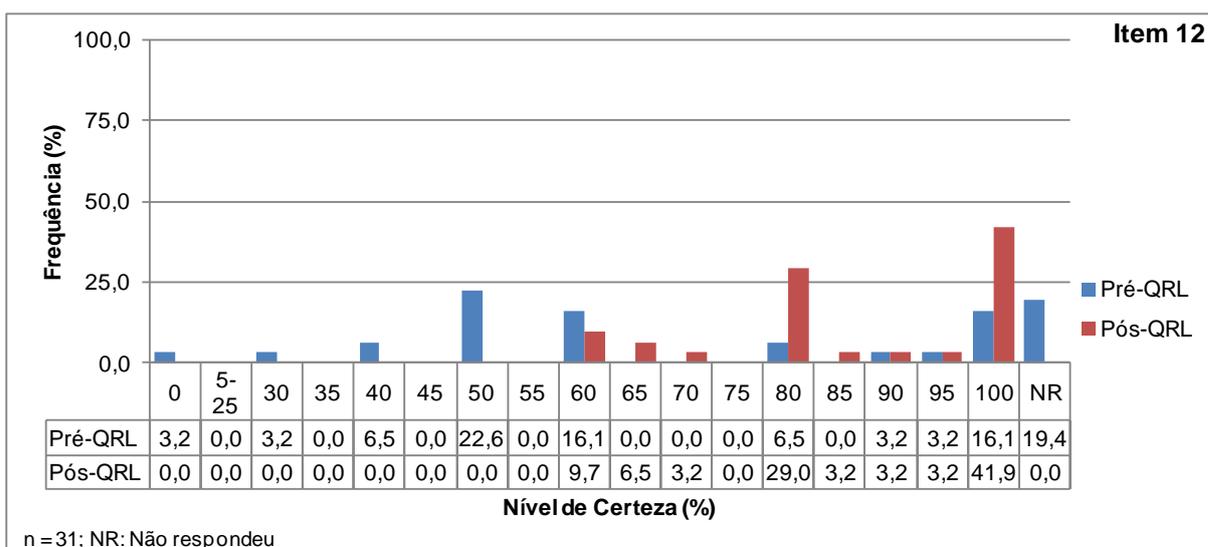


Gráfico 47 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 12.

Acredita-se que o item 12 tenha sido interpretado de modo semelhante ao item 3: “combate a formação de radicais livres” como “combate as lesões causadas por radicais livres”. É sabido que a atividade física em indivíduos condicionados diminui a suscetibilidade

às lesões causadas por radicais livres, pois o condicionamento promove a síntese de enzimas antioxidantes. A rigor, o enunciado do item 12 está incorreto, pois exercícios físicos, em indivíduos treinados ou não, sempre promovem a formação de radicais livres na Cadeia de Transporte de Elétrons mitocondrial.

Item 18 – *Os exercícios físicos aumentam a formação de radicais livres.*

O item 18 (Gráfico 48) apresentou baixa frequência para a resposta correta, com aumento do percentual de acertos (19,4% no pré-teste e 32,3% no pós-teste) e dos níveis de certeza (Gráfico 49) no pós-teste.

O enunciado do item 18 diz exatamente o oposto do item 3 e está correto. Novamente, o resultado do item 18 parece decorrer da interpretação dos participantes com relação ao enunciado.

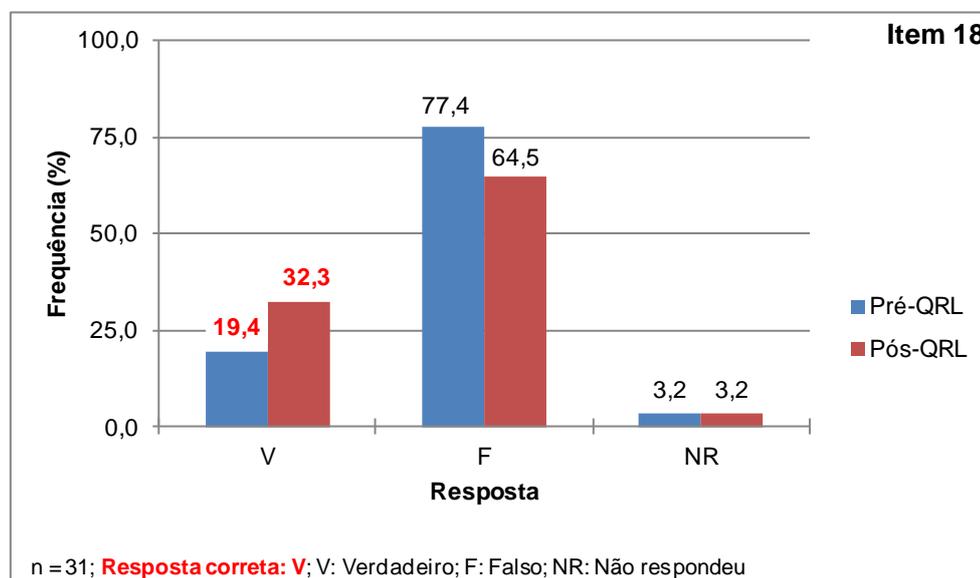


Gráfico 48 – Desempenho dos professores: QRL – Item 18.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

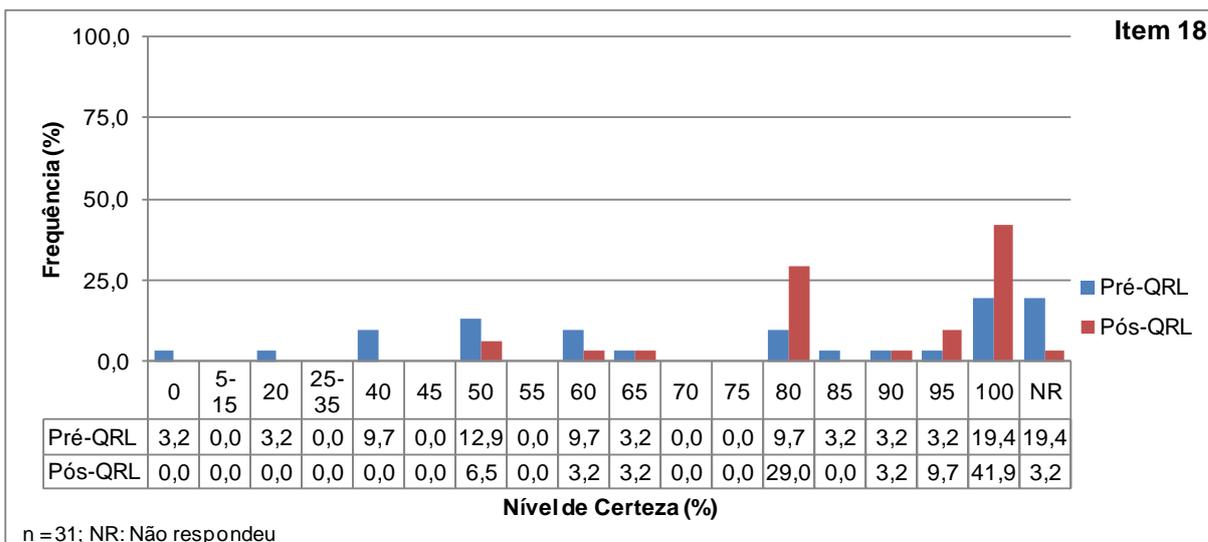


Gráfico 49 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 18.

De forma geral, os itens deste grupo apresentaram melhora nos índices de acerto para o pós-teste (item 3: 35,5% no pré- e 35,5% no pós-teste; item 12: 25,8% e 35,5%; item 18: 19,4% e 32,3%) e coerência de resultados entre os itens. Contudo, a porcentagem de respostas incorretas se manteve muito alta mesmo no pós-teste, sugerindo que a construção dos itens 3, 12 e 18 não foi adequada e/ou a intervenção não foi eficaz para remover o conceito alternativo.

Apesar das ressalvas, os resultados dos itens 3, 12 e 18 sugerem a presença de conceito alternativo.

d) Grupo 4 – Radicais livres ocorrem em situações anormais do organismo

Item 4 - *Os radicais livres são decorrentes de situações anormais em nosso organismo.*

O item 4 (Gráfico 50) apresentou alta frequência de respostas corretas pré- e pós-teste (80,6% e 90,3%, respectivamente) e aumento do nível de frequência (Gráfico 51) no pós-teste (61,3% para 100% de certeza).

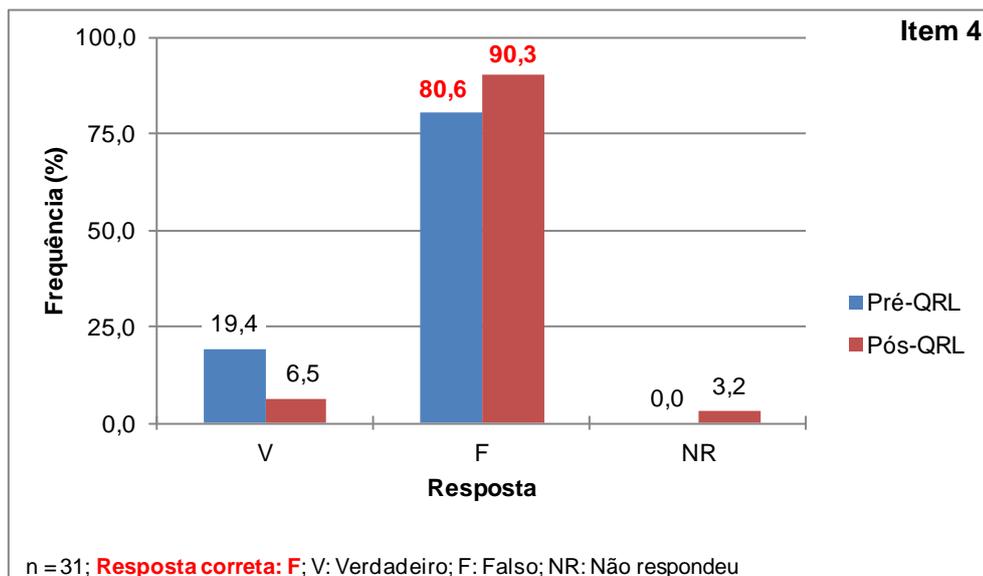


Gráfico 50 – Desempenho dos professores: QRL – Item 4.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

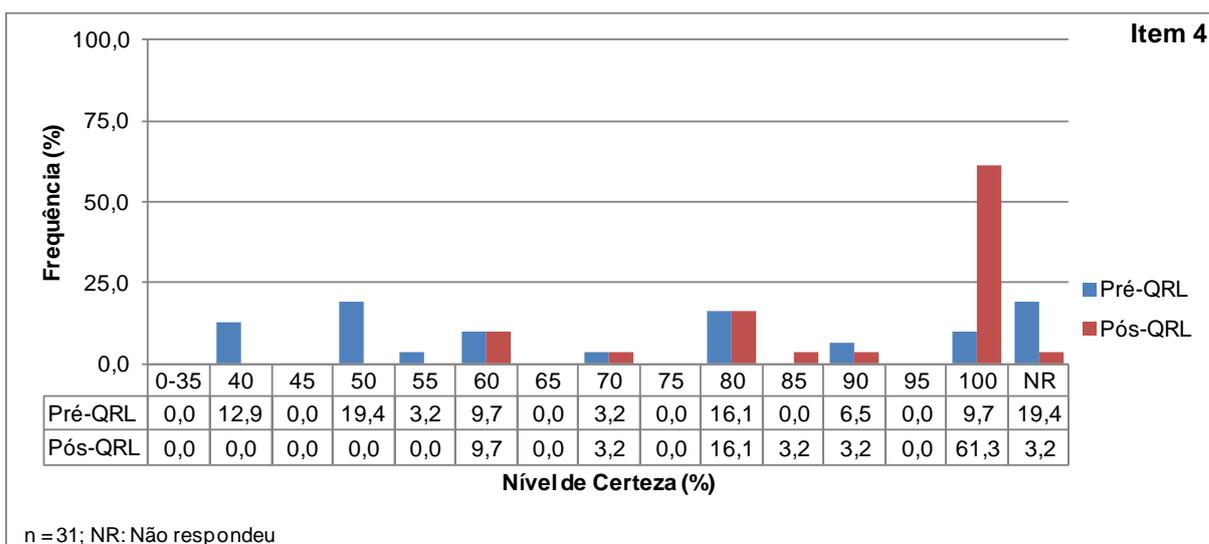


Gráfico 51 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 4.

Este resultado sugere que o conceito do item 4 seja de conhecimento dos participantes, contudo deve ser considerado com cautela dados os resultados dos outros itens.

Item 11 – *Os radicais livres resultam de situações de desequilíbrio em nosso organismo.*

Para o item 11 (Gráfico 52), a proporção de respostas corretas e incorretas pré- e pós-teste foi muito semelhante: 51,6% e 54,8% para respostas incorretas pré- e pós-teste, respectivamente; 48,4% e 45,2% para respostas corretas. Houve ligeiro declínio na frequência

das respostas corretas e aumento do nível de certeza (Gráfico 53), que passou de 6,5% no pré-teste para 35,5% no pós-teste para o nível de 100% de certeza.

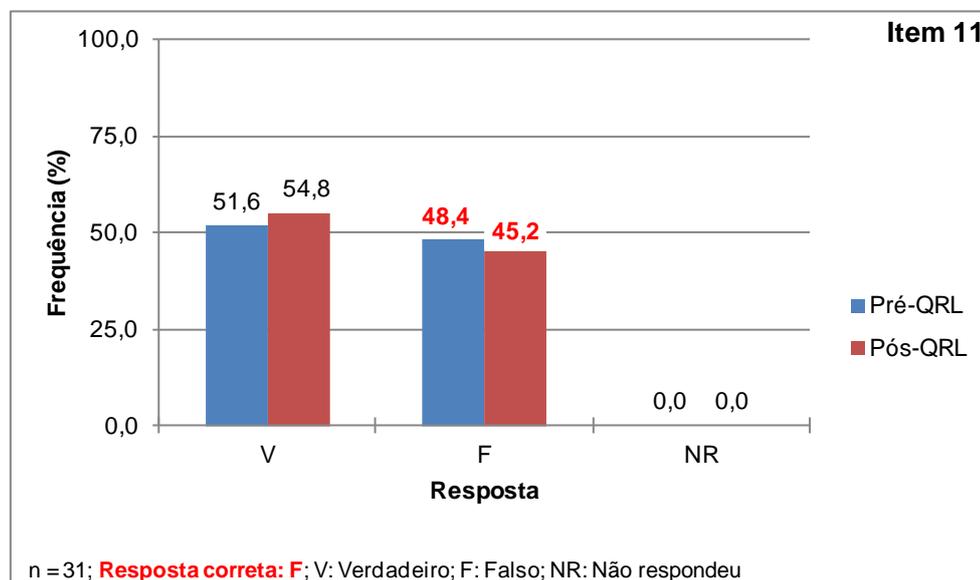


Gráfico 52 – Desempenho dos professores: QRL – Item 11.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

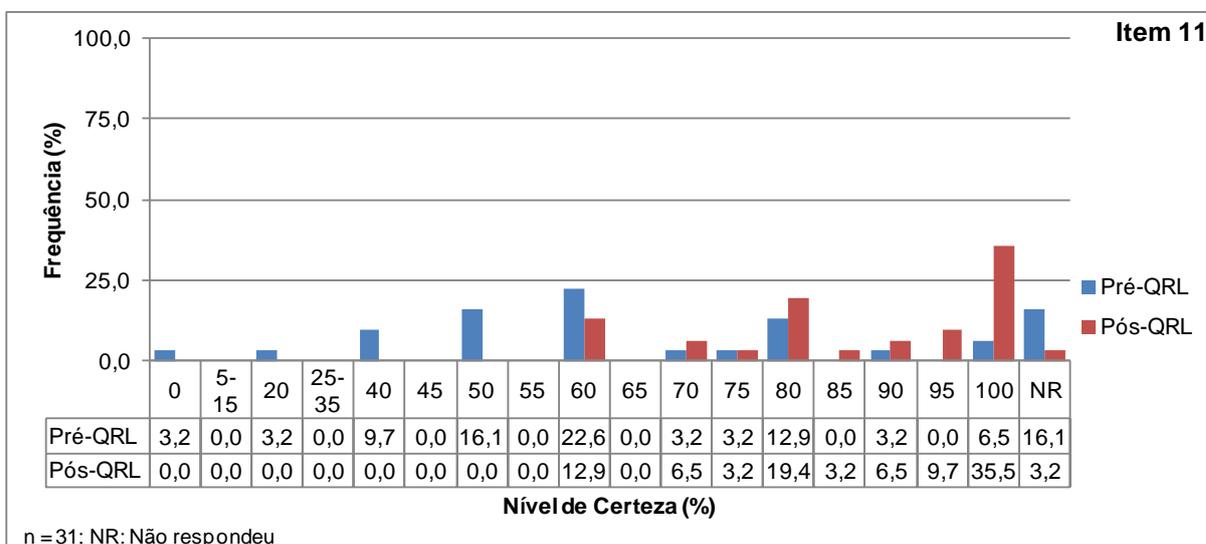


Gráfico 53 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 11.

Este resultado sugere insegurança com relação ao item, possivelmente pelas conotações da palavra *desequilíbrio*. Outra possibilidade, ao comparar o resultado do item 4 ao do item 11, é o termo “normal/anormal” ser tomado por “comum/incomum”, pois os participantes podem carregar o conceito alternativo de que os radicais livres ocorrem comumente (normalmente) em nosso organismo, mas em decorrência de situações anormais (de *desequilíbrio*).

Desta forma, os enunciados dos itens 4 e 11 não se mostraram adequados.

Item 19 – *Nosso corpo produz radicais livres normalmente.*

O item 19 (Gráfico 54) apresentou frequência igual para respostas corretas pré- e pós-teste: 96,8%. E aumento nos níveis de certeza (Gráfico 55) no pós-teste para o nível de 100% de certeza: 6,5% no pré-teste e 77,4% no pós-teste.

Este resultado sugere que o conceito veiculado no item 19 seja de conhecimento dos participantes e que a intervenção contribuiu positivamente para aumentar os níveis de certeza. Contudo, não se pode desconsiderar o exposto, anteriormente, no item 11.

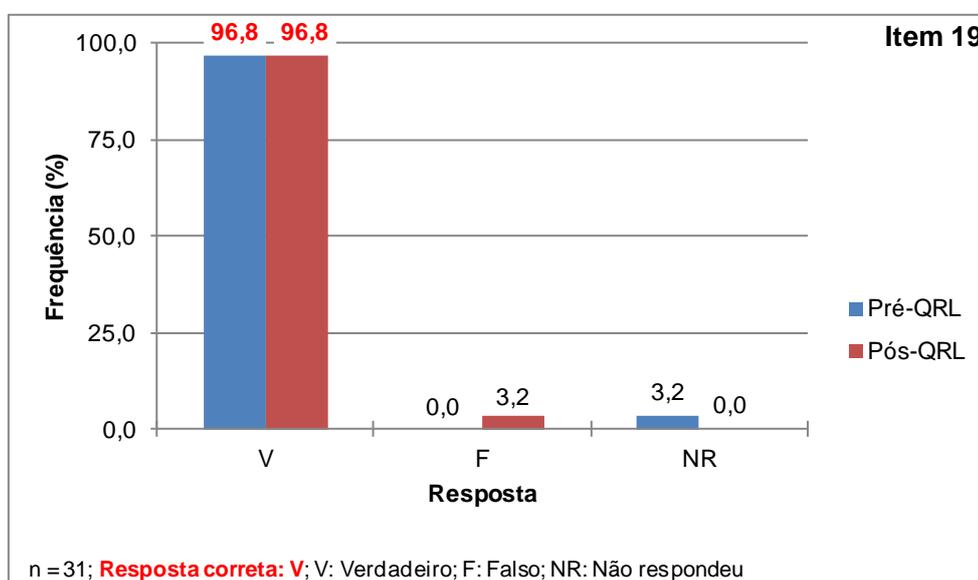


Gráfico 54 – Desempenho dos professores: QRL – Item 19.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

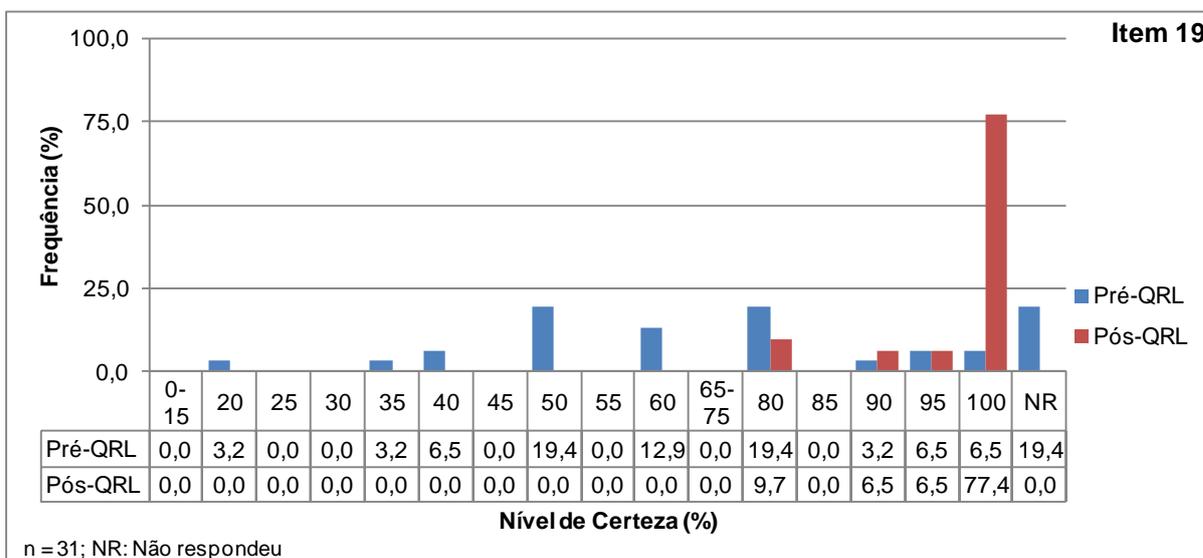


Gráfico 55 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 19.

e) Grupo 5 – Vitaminas e antioxidantes são sinônimos

Item 5 – As vitaminas são antioxidantes.

Para o item 5 (Gráfico 56), houve baixo índice de respostas corretas e aumento no percentual de erros no pós-teste: de 74,2% no pré-teste para 90,3% no pós-teste para a resposta incorreta. Semelhante aos itens anteriores, houve aumento nos níveis de certeza (Gráfico 57), com 58,1% para o nível de 100% de certeza no pós-teste.

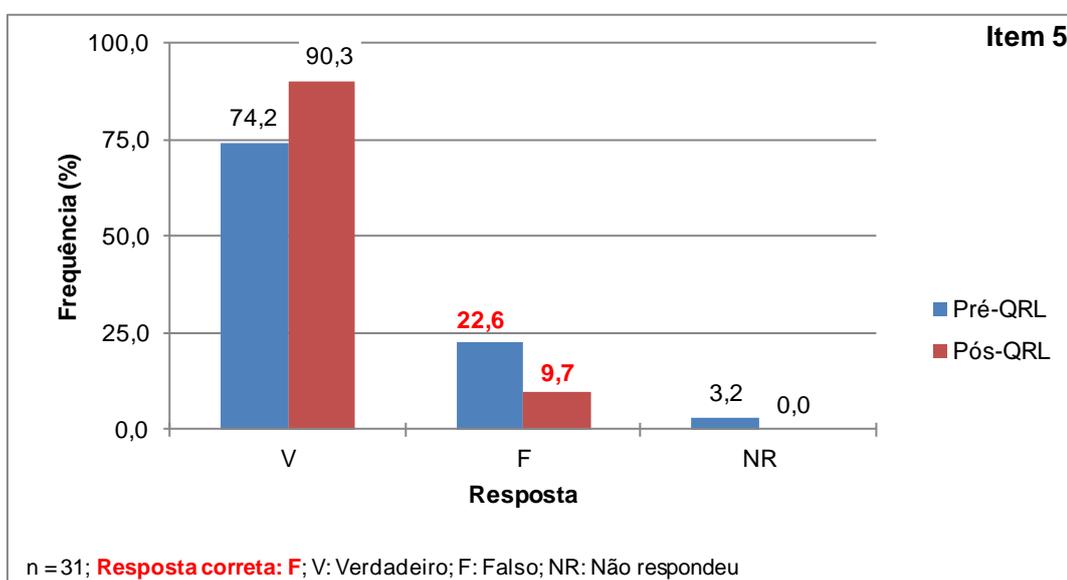


Gráfico 56 – Desempenho dos professores: QRL – Item 5.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

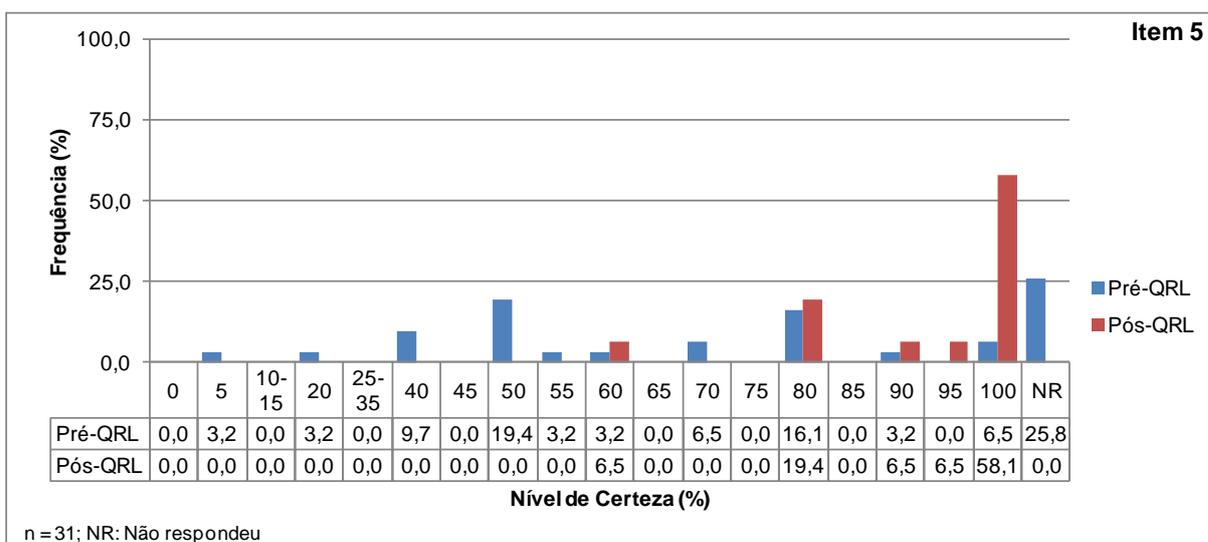


Gráfico 57 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 5

Este resultado sugere: (1) que os participantes trazem o conceito de vitaminas e antioxidantes tomados como sinônimos e (2) que a intervenção reforçou este conceito. Com relação a (2), cabe ressaltar que a intervenção não se ocupou, como já foi mencionado, de remover conceitos específicos, nem se ocupou de estudar vitaminas cuja atividade não fosse antioxidante. Desta forma, acredita-se que ao não mencionar outras funções vitamínicas, tenha-se reforçado este conceito alternativo.

Item 21 – Antioxidantes são vitaminas.

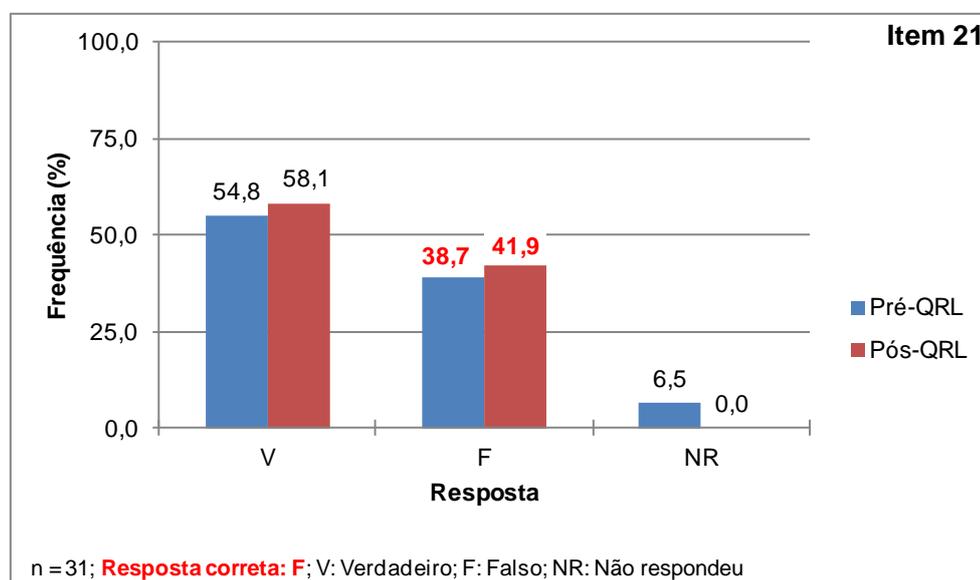


Gráfico 58 – Desempenho dos professores: QRL – Item 21.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

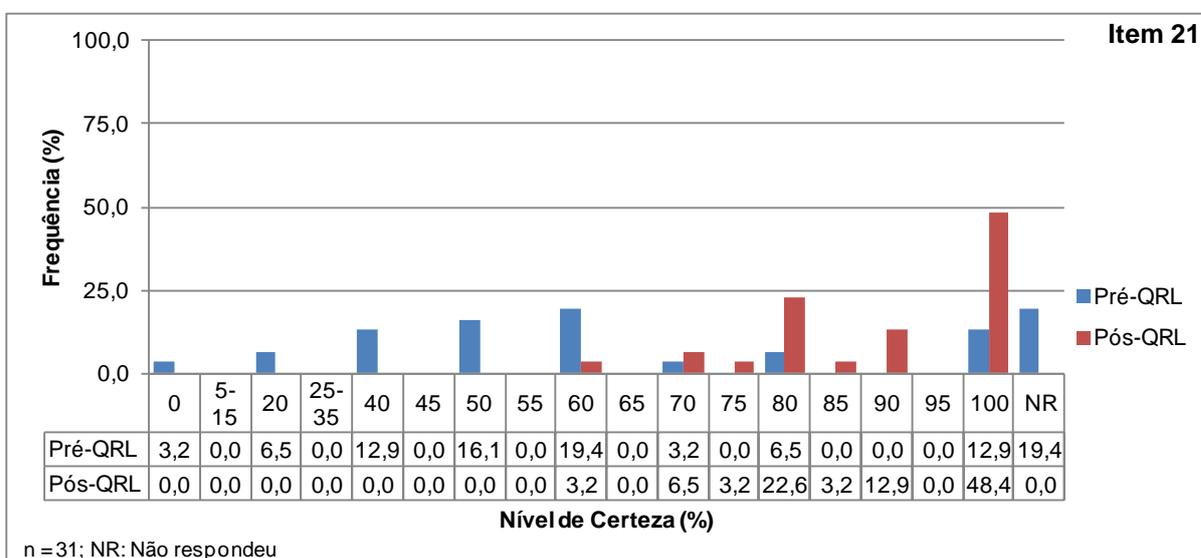


Gráfico 59 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 21.

Com resultado semelhante ao do item 5, o item 21 (Gráfico 58) apresentou frequência de respostas incorretas maior que a de respostas corretas e aumento discreto no pós-teste para ambas: 54,8% e 58,1% para respostas incorretas, pré- e pós-teste, respectivamente; 38,7% e 41,9% para respostas corretas. E aumento dos níveis de certeza (Gráfico 59) no pós-teste, com 48,4% de frequência para o nível de 100% de certeza.

f) Grupo 6 – Radicais livres são prejudiciais à saúde

Item 7 – Os radicais livres são compostos benéficos às células.

O resultado do item 7 (Gráfico 60) apresentou alta frequência de respostas corretas e declínio das mesmas no pós-teste: 90,3% e 67,7% para o pré- e o pós-teste, respectivamente. E aumento nos níveis de certeza (Gráfico 61, a seguir) no pós-teste, com 51,6% de frequência para o nível 100%.

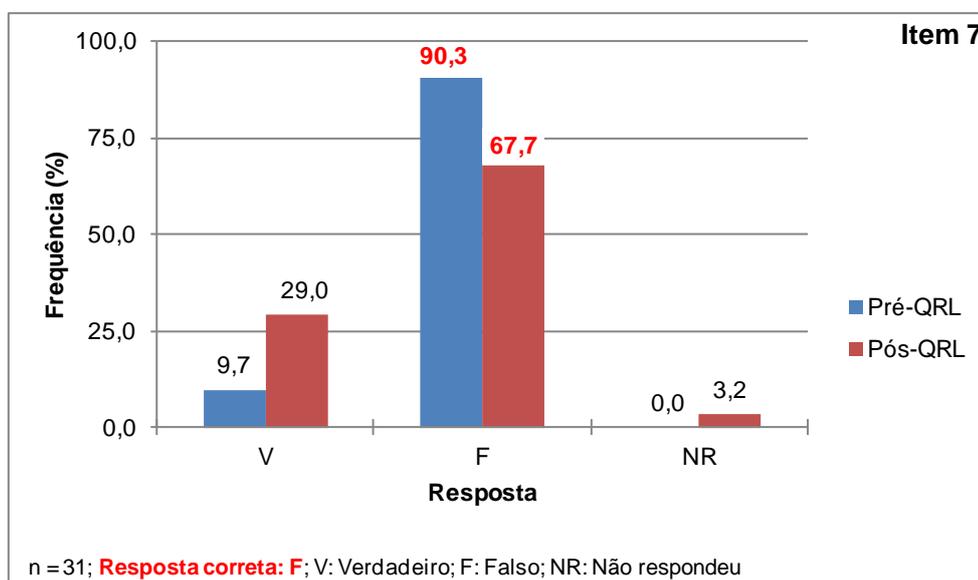


Gráfico 60 – Desempenho dos professores: QRL – Item 7.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

Embora este resultado sugira baixa frequência para conceito alternativo, dado o alto índice de respostas corretas, o enunciado do item pode ter induzido os participantes a escolherem a resposta correta, já que é do senso comum o conceito de radicais livres como maléficos, mas não o de radicais livres como benéficos. Ou seja, acredita-se que ao

escolherem a resposta correta, os participantes tenham levado em conta os malefícios e não os benefícios dos radicais livres.

Desta forma, o declínio do percentual de acertos pós-intervenção poderia ser visto positivamente, se considerarmos a interpretação mencionada na Seção 4.3.3.2-a, Item 1, consideração II-b (considerar a parte e não o todo), pois parece ter introduzido o conceito de que existem radicais livres benéficos.

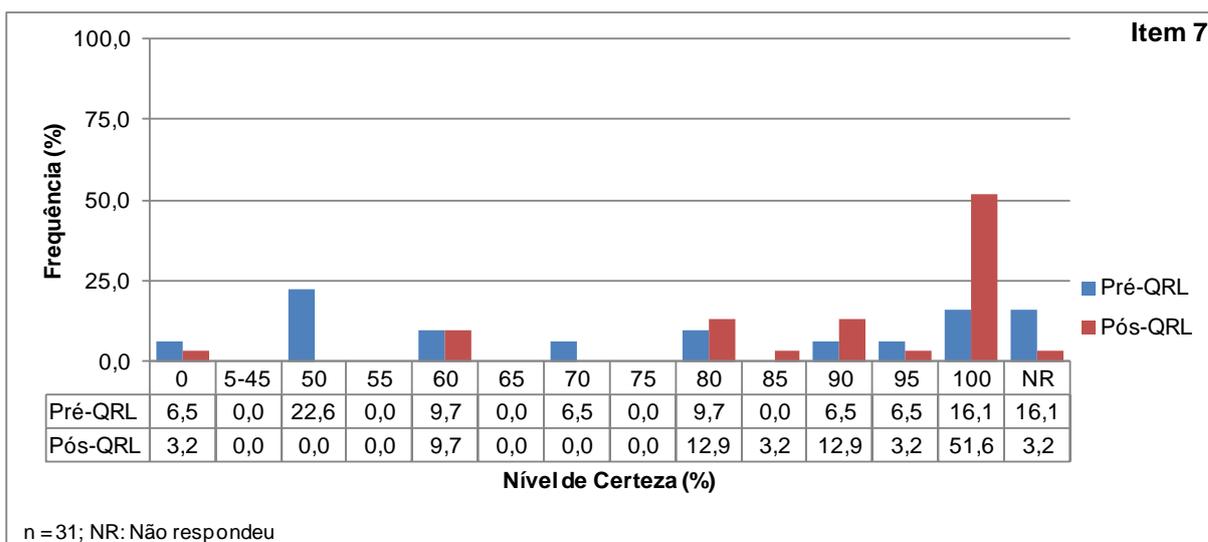


Gráfico 61 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 7.

Item 14 – *Os radicais livres são compostos maléficos.*

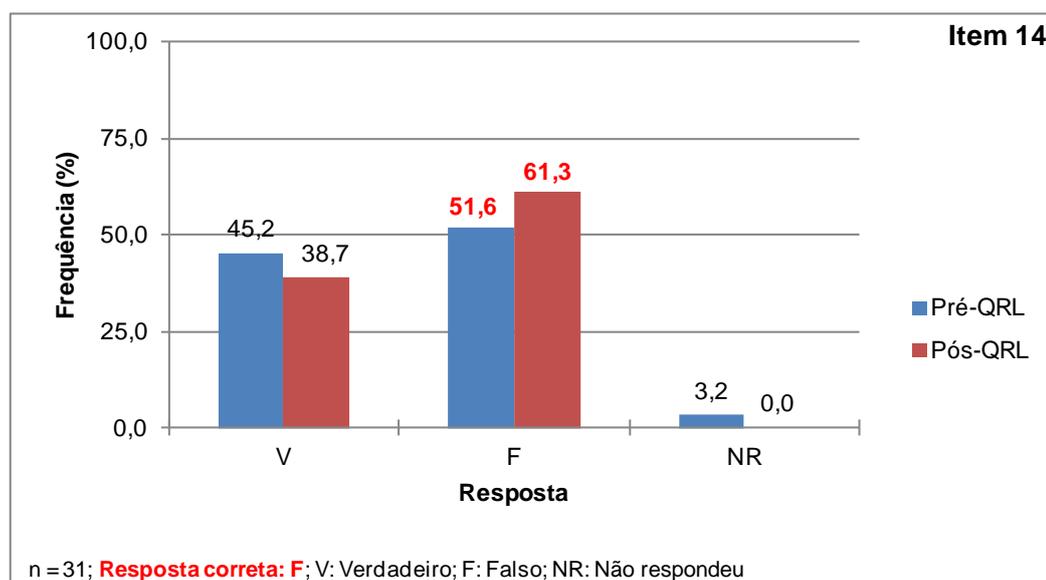


Gráfico 62 – Desempenho dos professores: QRL – Item 14.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

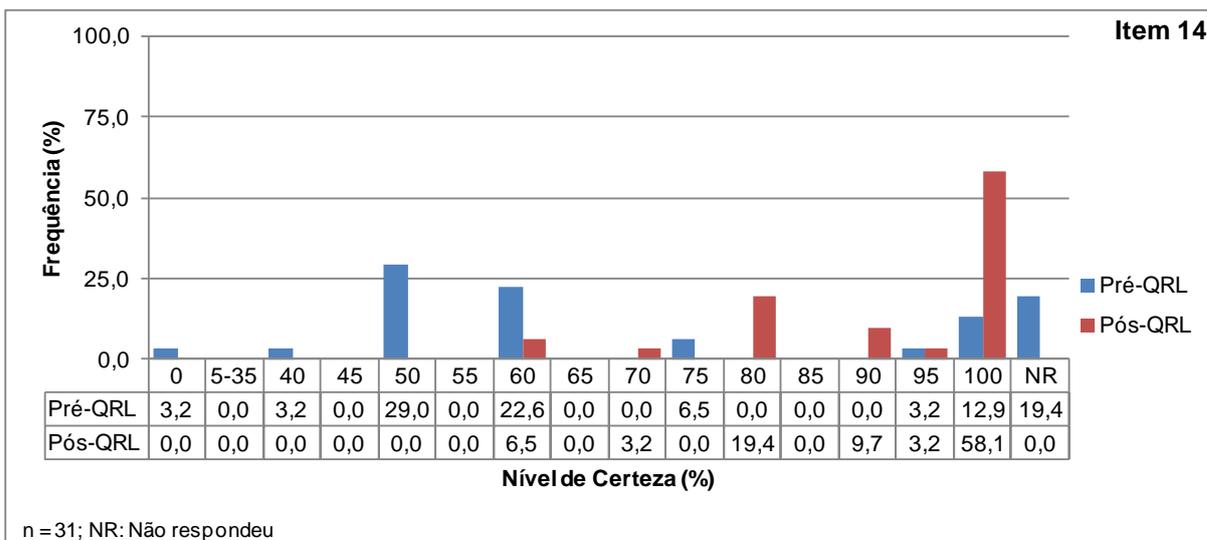


Gráfico 63 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 14.

O item 14 (Gráfico 62) apresentou 51,6% de respostas corretas no pré-teste e 61,3% no pós-teste. E aumento nos níveis certeza (Gráfico 63) no pós-teste com 58,1% de frequência para 100% de certeza. Ao contrário do item 7, o item 14 apresentou aumento no percentual de respostas corretas. Novamente, não se pode descartar a questão de interpretação equivocada do enunciado como o exposto no item 7, pois o enunciado do item 14 diz o oposto do enunciado do item 7 e, portanto, seria esperado um resultado semelhante entre os itens.

Item 23 – *Os radicais livres podem ser benéficos e/ou maléficos às células.*

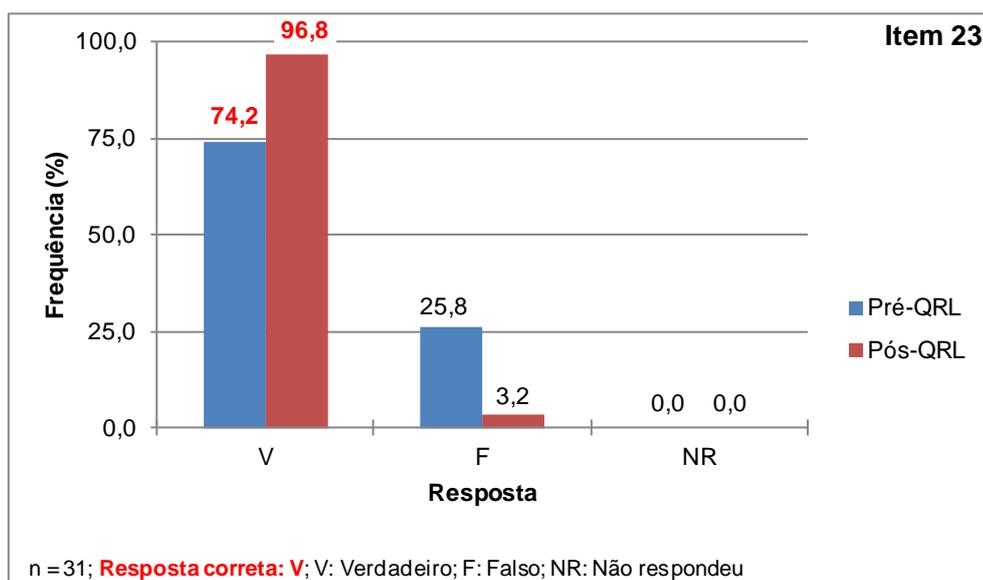


Gráfico 64 – Desempenho dos professores: QRL – Item 23.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

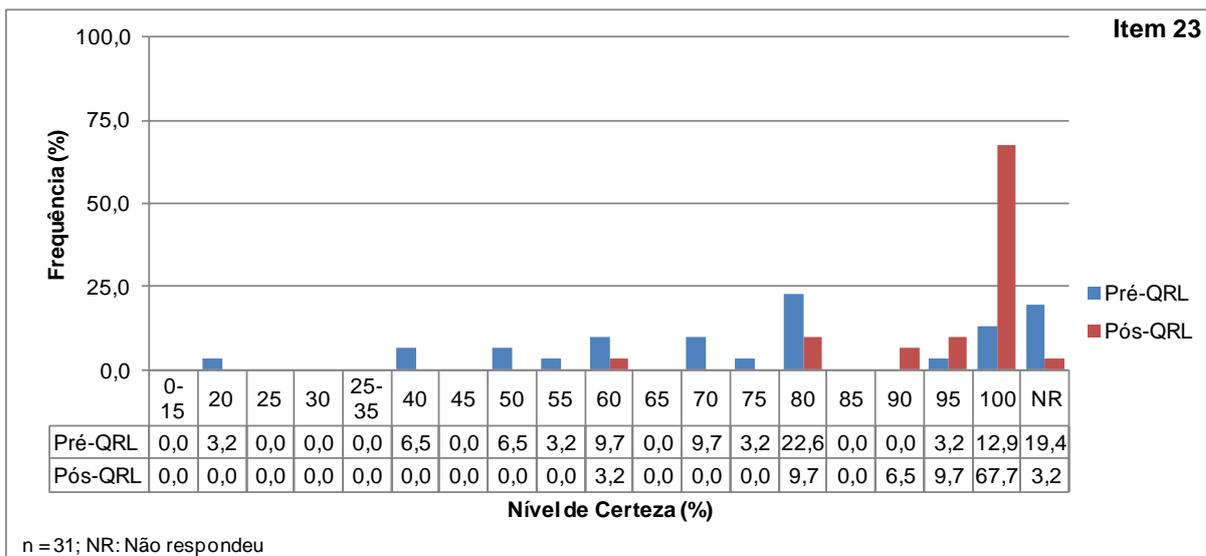


Gráfico 65 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 23.

Para o item 23 (Gráfico 64), a frequência de respostas corretas foi de 74,2% no pré-teste e 96,8% no pós-teste. Os níveis de certeza (Gráfico 65) aumentaram no pós-teste, com 67,7% de frequência para o nível 100%. Estes resultados sugerem que a intervenção foi positiva para aumentar a frequência de respostas corretas. Cabe a observação de que a frequência de respostas corretas no pré-teste também foi alta e que é possível que a estrutura o item (“maléficos e/ou benéficos”) tenha induzido este resultado pré-intervenção.

g) Grupo 7 – O elétron desemparelhado sempre confere instabilidade ao radical livre

Item 8 – *O elétron desemparelhado confere instabilidade ao radical livre.*

O item 8 (Gráfico 66) apresentou alta frequência de respostas incorretas pré- e pós-teste, com aumento neste último: 87,1% e 90,3%, respectivamente. Como nos itens já discutidos, houve aumento nos níveis de certeza (Gráfico 67), com 64,5% de frequência para o nível 100%.

O resultado do pré-teste indica que este conceito alternativo estava presente antes da intervenção e o resultado do pós-teste, que a intervenção não foi capaz de diminuir a incidência deste conceito.

Novamente, o enunciado do item pode ter propiciado este resultado. De fato, o elétron desemparelhado do radical livre pode ser responsável por sua instabilidade, mas nem sempre radicais livres são instáveis e, portanto, nem sempre o elétron desemparelhado irá

provocar instabilidade na espécie química em questão. Na verdade, a instabilidade de uma espécie radicalar depende, além do elétron desemparelhado, do arranjo estrutural da molécula que irá ou não estabilizar a forma radicalar.

Adicionalmente, o curso não ofereceu uma atividade específica para o estudo da estabilidade de radicais livres e, desta forma, pode ter contribuído com o aumento da frequência de respostas incorretas diante da possível interpretação mencionada acima.

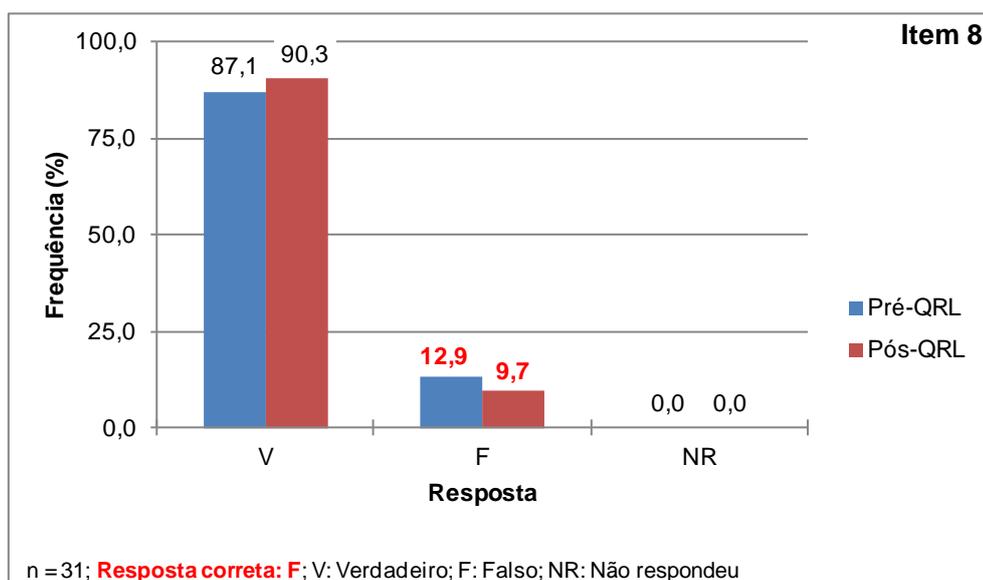


Gráfico 66 – Desempenho dos professores: QRL – Item 8.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

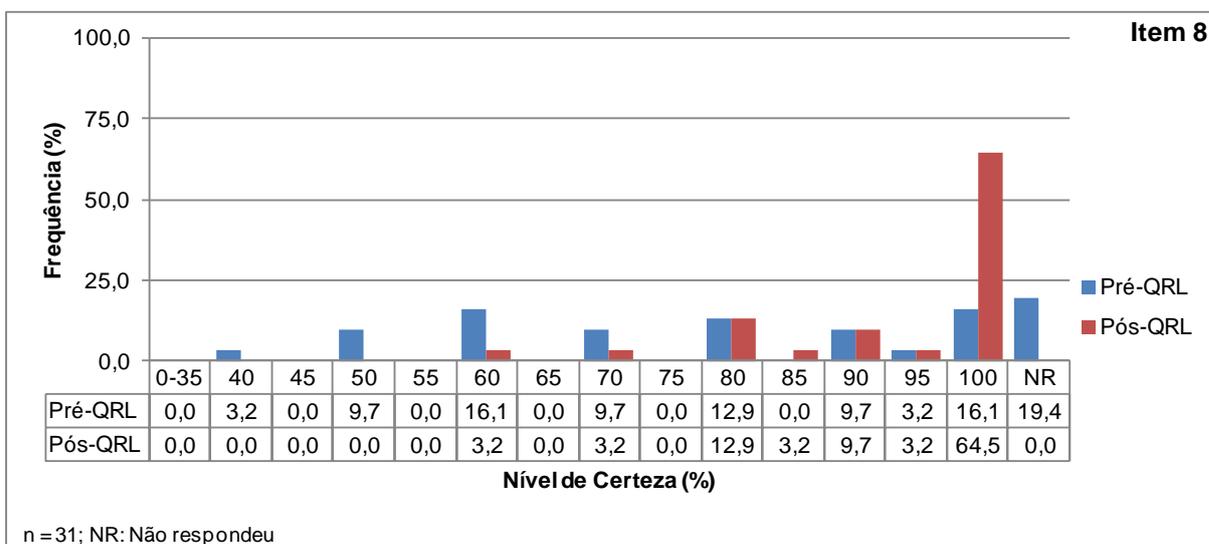


Gráfico 67 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 8.

Item 16 – O elétron desemparelhado confere estabilidade aos radicais livres.

Em concordância com o resultado do item 8, o item 16 (Gráfico 68) apresentou frequência de respostas corretas de 71,0% no pré-teste e 80,6% no pós-teste. E aumento dos níveis de certeza (Gráfico 69), de 19,4% no pré-teste para 61,3% no pós-teste para o nível de 100% de certeza.

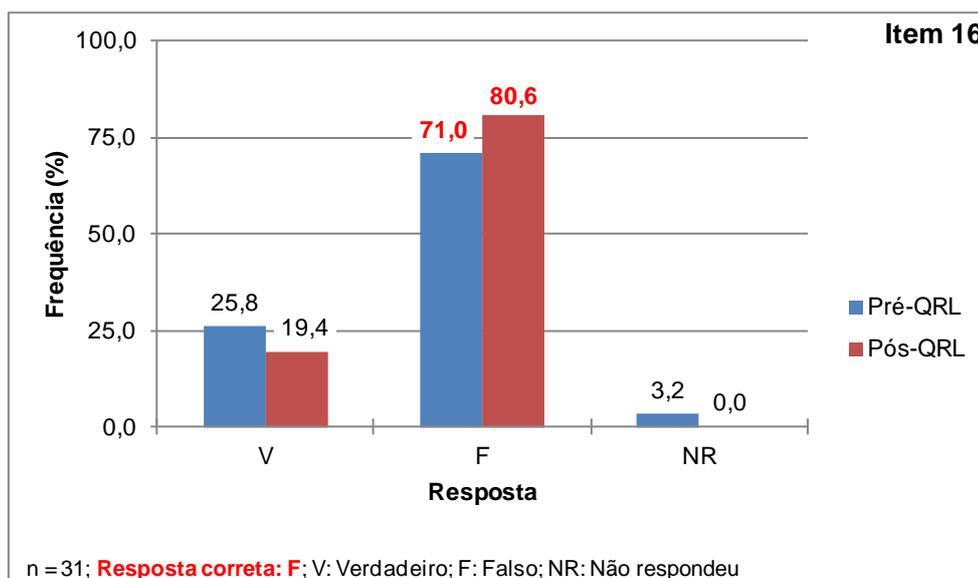


Gráfico 68 – Desempenho dos professores: QRL – Item 16.
A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

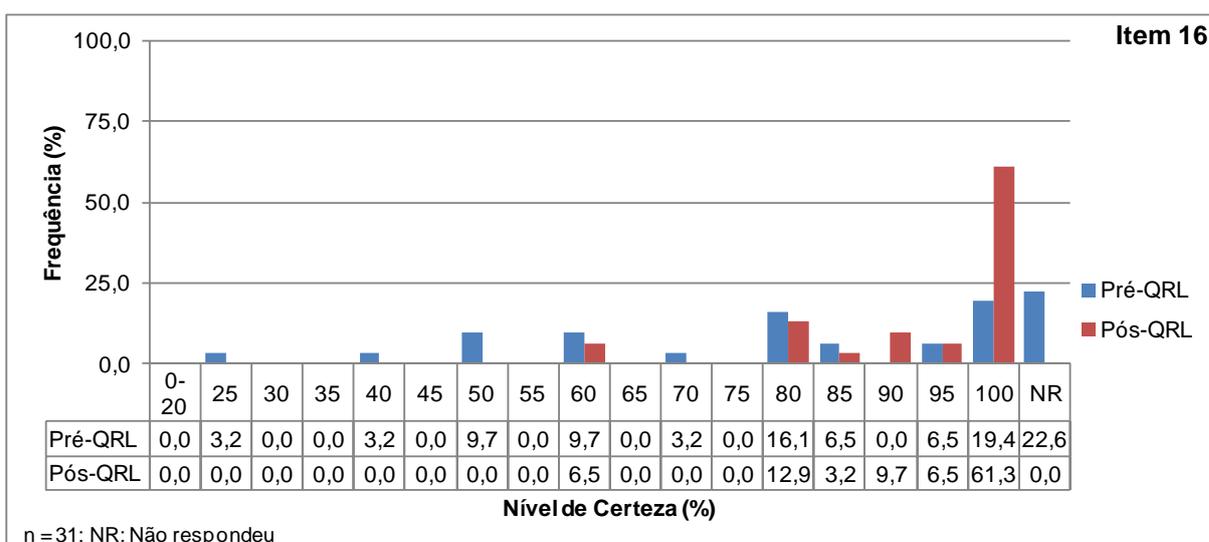


Gráfico 69 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 16.

O resultado do item 16, confrontado ao item 8, sugere que, apesar do alto índice de acertos para o item 16, para responder a este item os participantes tenham usado o senso

comum de que o elétron desemparelhado confere instabilidade e não que isto dependa da estrutura da espécie química.

h) Grupo 8 – Suplementos de antioxidantes combatem os radicais livres

Item 9 – *Suplementos de antioxidantes, como as vitaminas C e E, podem aumentar a formação de radicais livres.*

O item 9 (Gráfico 70) apresentou 80,6% de respostas incorretas no pré-teste e 61,3% no pós-teste. Novamente, os níveis de certeza (Gráfico 71) no pós-teste foram maiores do que no pré-teste, com 58,1% para o nível de 100% de certeza.

A intervenção promoveu aumento do percentual de respostas corretas, contudo de modo discreto. Assim como foi exposto na Seção 4.3.3.2-c, Grupo 3, item 3, os participantes realizaram atividades específicas para o estudo da formação de radicais livres nas mitocôndrias e seus mecanismos antioxidantes (Torres et al, 2015, p. 41-48 e 75-78) e, portanto, esperava-se aumento da frequência de respostas corretas no pós-teste, como de fato ocorreu. Este resultado difere daquele observado para o item 3, cujo assunto também foi abordado em atividades específicas durante o curso de extensão, mas não apresentou mudança na frequência de respostas corretas pré- e pós-teste (35,5%).

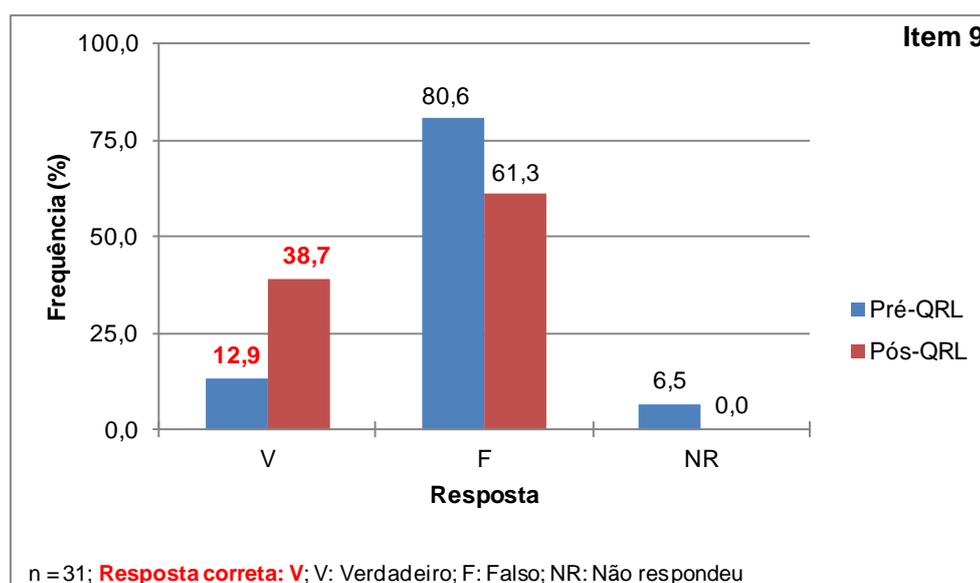


Gráfico 70 – Desempenho dos professores: QRL – Item 9.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

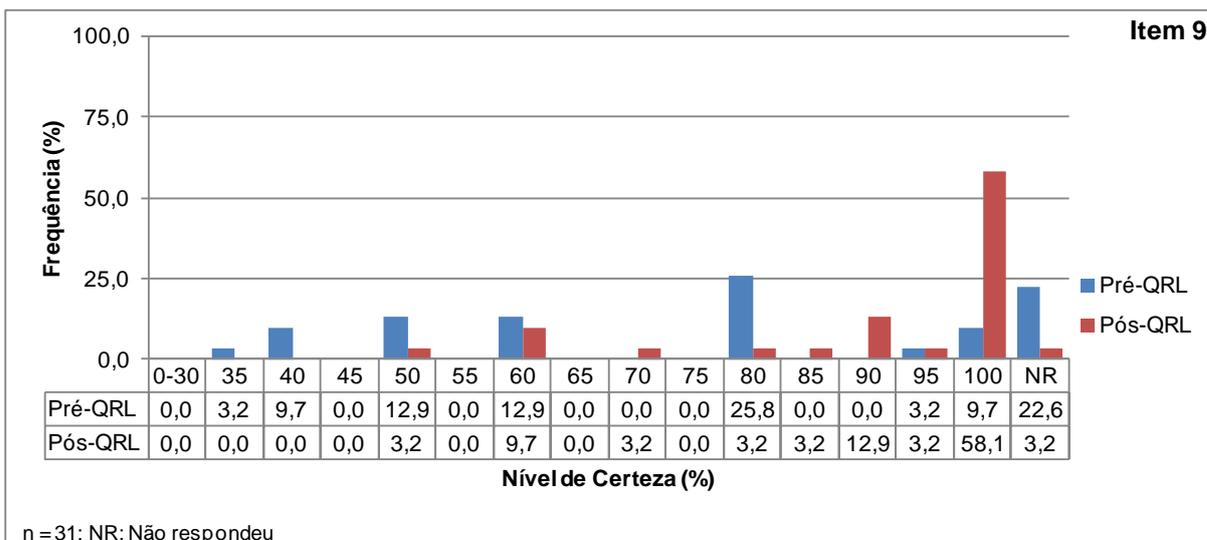


Gráfico 71 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 9.

Item 15 – *Os suplementos de antioxidantes, como as vitaminas C e E, diminuem a formação de radicais livres.*

O item 15 (Gráfico 72) apresentou 83,9% de respostas incorretas no pré-teste e 80,6% no pós-teste. Os níveis de certeza (Gráfico 73) aumentaram no pós-teste, com 25,8% de frequência para nível 80% e 48,4% para o nível 100%.

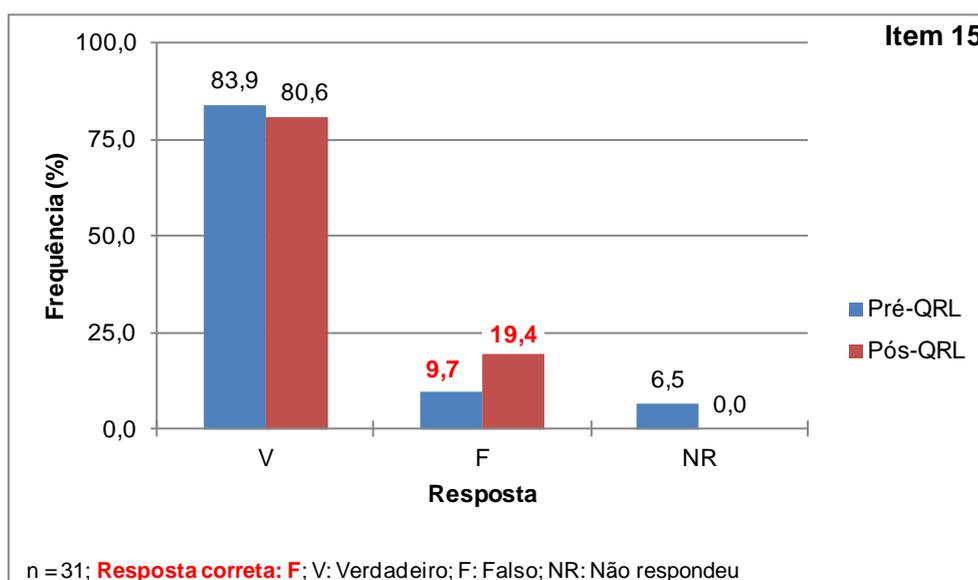


Gráfico 72 – Desempenho dos professores: QRL – Item 15.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

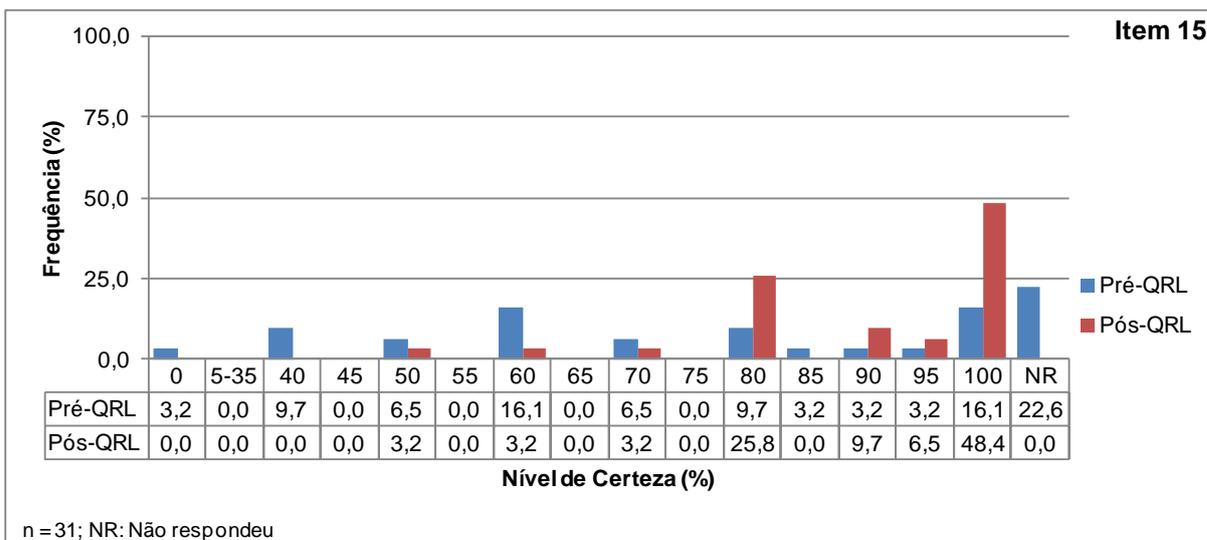


Gráfico 73 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 15.

Este resultado, analisado frente ao resultado do item 9, sugere se tratar de um conceito alternativo (“suplementos de antioxidantes diminuem a formação de radicais livres”) e de difícil remoção, apesar da frequência de respostas corretas no pré- e no pós-testes ter aumentado de 9,7% para 19,4%.

i) Grupo 9 – Radicais livres causam envelhecimento

Item 13 – Os radicais livres causam envelhecimento.

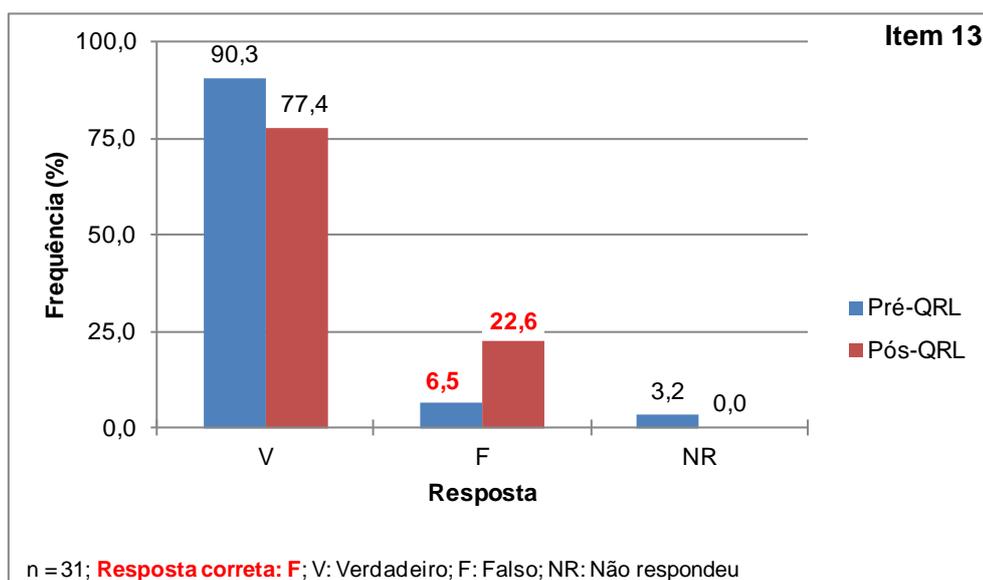


Gráfico 74 – Desempenho dos professores: QRL – Item 13.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

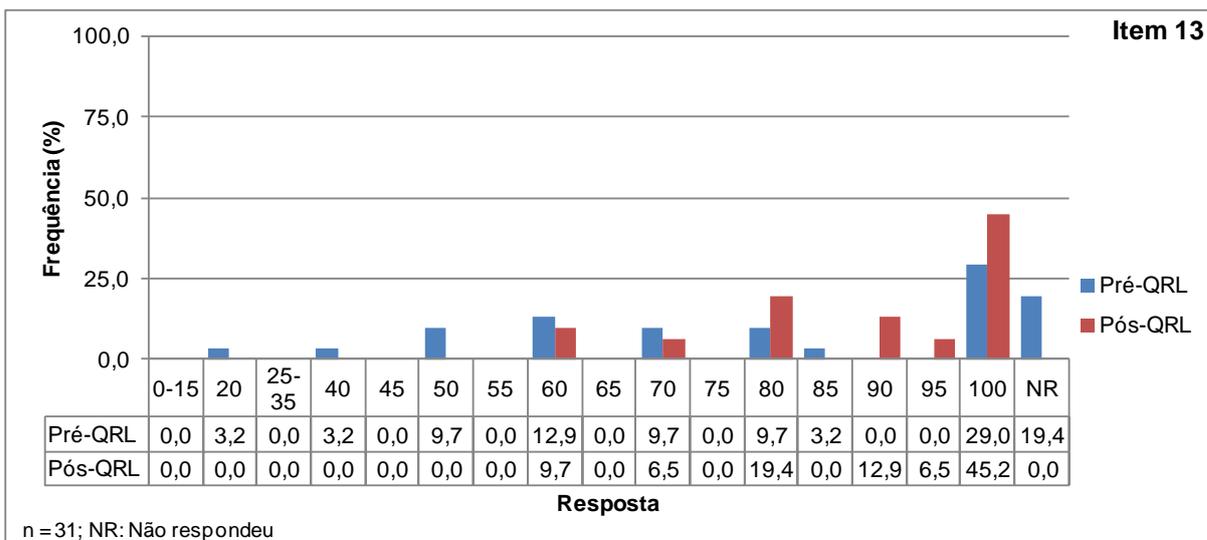


Gráfico 75 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 13.

A frequência de respostas incorretas para o item 13 (Gráfico 74) foi alta: 90,3% no pré-teste e 77,4% no pós-teste. E os níveis de certeza (Gráfico 75) no pós-teste foram maiores: 45,2% para o nível de 100% de certeza.

Apesar do aumento do percentual de respostas corretas no pós-teste (de 6,5% para 22,6%), este conceito foi persistente à intervenção e se mostrou bastante arraigado entre os participantes de acordo com o resultado apresentado neste item.

Item 22 – *Os radicais livres estão associados ao envelhecimento.*

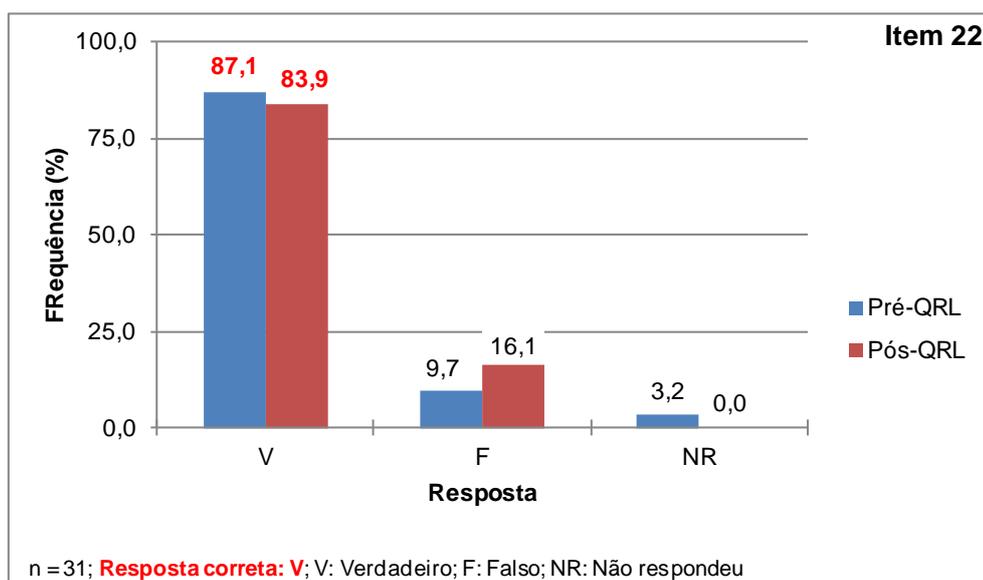


Gráfico 76 – Desempenho dos professores: QRL – Item 22.

A resposta correta está indicada pelos valores com fonte vermelha.

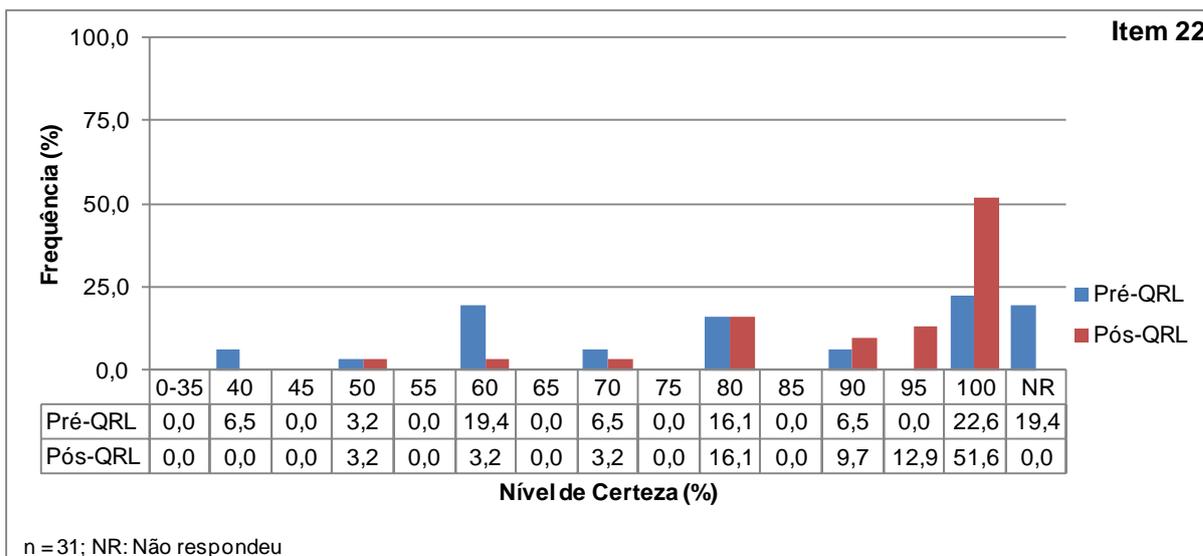


Gráfico 77 – Nível de Certeza dos professores: QRL – Item 22.

O item 22 (Gráfico 76) apresentou 87,1% de respostas corretas no pré-teste e 83,9% no pós-teste, e aumento nos níveis de certeza (Gráfico 77) no pós-teste, com 51,6% de frequência para o nível de 100% de certeza.

Este item não pode ser considerado sem a observação dos resultados do item 13, e desta forma, o alto índice de acertos do item 22 deve ser entendido como decorrência do conceito alternativo observado no item 13 (“radicais livres causam envelhecimento”) e não como uma compreensão dos participantes de que radicais livres podem causar envelhecimento dependendo do tipo de radical livre, sua localização celular e concentração.

4.3.3.3 *Conhecimentos Sobre Radicais Livres*

O questionário *Conhecimentos Sobre Radicais Livres* (Apêndice L), aplicado no último dia do curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida* (Seções 3.4.2 e 4.4.2), oferece informações sobre o contato dos professores com o tema *radicais livres* antes do curso de extensão e a percepção do nível de conhecimento sobre o assunto após o curso (que será apresentada na Seção 4.4.2).

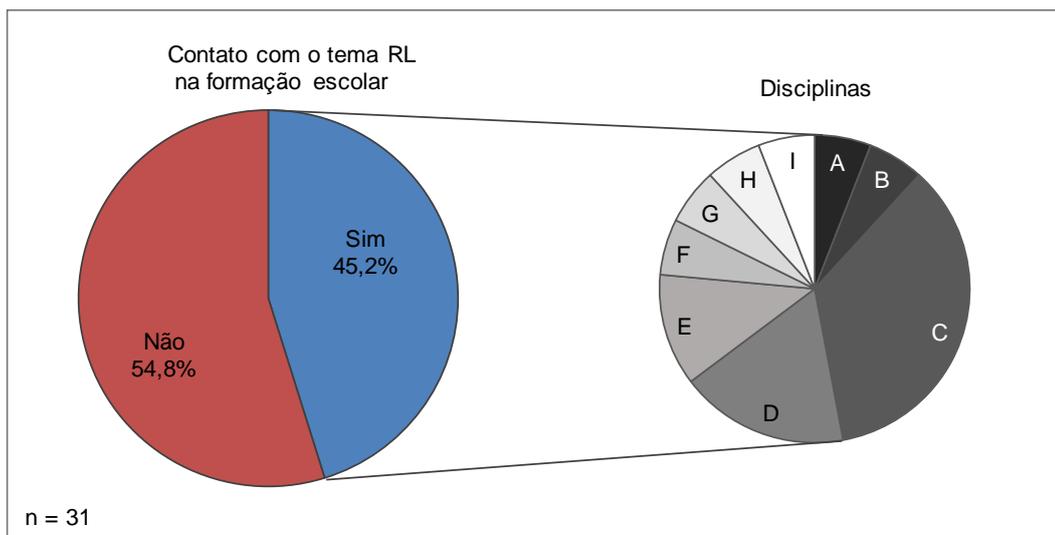


Gráfico 78 – Contato dos professores com o tema *radicais livres* na formação escolar. (Legenda alfabética: vide Quadro 28)

Legenda	Nível de Ensino	Disciplina	Frequência (%)
A	Ensino Básico	Química	5,9
B	Ensino Técnico	Química	5,9
C	Ensino Superior	Bioquímica	35,3
D		Química	17,6
E		Biologia	11,8
F		Química	5,9
G		Bioquímica e Química Orgânica	5,9
H		Biologia Molecular e Fisiologia	5,9
I	Ao lecionar	Química	5,9

Quadro 28 – Legenda do Gráfico 78: contato dos professores com o tema *radicais livres*.

Como é possível observar pelo Gráfico 78 e Quadro 28, 54,8% dos professores (17 dos 31 professores) declararam não ter entrado em contato com o tema *radicais livres* ao longo de sua formação escolar. E dentre os que tiveram contato (45,2% – 14 dos 31 professores) com o tema, 35,3% (6 professores) o tiveram durante o Ensino Superior na disciplina de Bioquímica. E ainda, um dos professores (5,9%) declarou ter entrado em contato com o tema ao lecioná-lo em disciplina de Química.

4.3.4 Validação e Confiabilidade do Questionário de Radicais Livres

A validação é o processo de coletar e analisar evidências que oferecem suporte para as inferências que os pesquisadores fazem com base nos dados que coletam (Fraenkel;

Wallen, 2009, p. 148). Em outras palavras, é determinar se realmente está sendo medido aquilo que se pretende (Silveira, 1993).

Segundo Silveira (1993), no domínio das ciências humanas, pode-se destacar três formas de validade de medidas: (i) validade de conteúdo; (ii) validade em relação a critério; e (iii) validade de construto.

A validade de conteúdo de um questionário ocorre quando seus itens são representativos do universo que ele pretende representar (Cronbach; Meehl, 1955; Silveira, 1993).

A validade em relação a critério refere-se a quão forte é a relação entre uma variável (critério) obtida pelo instrumento a ser validado e outra obtida por meio de outro instrumento ou medida (Silveira, 1993; Fraenkel; Wallen, 2009, p. 148).

A validação de construto ocorre quando as respostas dadas a um teste refletem um construto⁶, que é a representação de algum atributo ou qualidade pessoal que não é “operacionalmente definido” (Cronbach; Meehl, 1955; Silveira, 1993). Segundo Martins (2006), a validade de construto se refere ao grau em que um instrumento de medidas se relaciona consistentemente com outras medições assemelhadas derivadas da mesma teoria e conceitos que estão sendo medidos.

Considerou-se que para o QRL somente as duas primeiras, validade de conteúdo e validação em relação a critério, seriam aplicáveis.

Em relação à validade de conteúdo, considera-se que o QRL está validado no que se refere à correção do conteúdo, pois foi revisado por especialistas da área de Radicais Livres e da área de Ensino de Bioquímica, como foi descrito na Seção 3.3.1. Contudo, não é possível saber se os itens do QRL são representativos do universo “conceitos alternativos sobre radicais livres em professores”, pois publicações de trabalhos semelhantes são escassas. Como mencionado na Seção 3.3.1, após a construção e a aplicação do QRL foram localizados dois trabalhos, Silva et al (2009) e Santos et al (2013), contudo as definições de *conceitos alternativos*, *conceitos corretos* e *conceitos errados* adotadas por estes trabalhos, bem como os conceitos sobre radicais livres que estão enquadrados em cada uma destas categorias, diferem daquelas adotadas no presente trabalho. Desta forma, não foi possível determinar se existem outros conceitos alternativos sobre radicais livres não abrangidos pelo QRL. Ainda assim, acredita-se que os itens do questionário representam o rol de conceitos alternativos encontrados durante os levantamentos que precederam a construção do instrumento.

⁶ Construtos são “traços, aptidões ou características supostamente existentes e abstraídos de uma variedade de comportamento que tenham significado educacional (ou psicológico)”, como “fluência verbal, rendimento escolar, aptidão mecânica, inteligência, motivação, agressividade, entre outros” (Vianna, 1983).

Sobre a validade em relação a critério, embora aplicável ao QRL, não existem medidas ou instrumentos comparáveis ao QRL para que seja possível avaliar a correlação entre suas medidas.

A confiabilidade de um instrumento trata da consistência das medidas ou respostas (*scores*) obtidas por ele. Ela indica o quão consistentes as medidas são para cada indivíduo de uma aplicação do instrumento para outra e de um conjunto de itens para outro (Fraenkel; Wallen, 2009, p. 154).

É importante sublinhar que a confiabilidade é uma característica das medidas (*scores*) obtidas na aplicação de um teste e não uma característica do teste em si, (Caruso, 2000 apud Streiner, 2003; Pedhazur; Schmelkin apud Streiner, 2003; Yin; Fan, 2000 apud Streiner, 2003) e, portanto, um teste não pode ser considerado confiável ou não confiável, pois a confiabilidade é uma propriedade dos *scores* apresentados por uma população em particular ao responder o teste (Feldt; Brennan, 1989 apud Wilkinson and the Task Force on Statistical Inference, 1999).

Ela pode ser estimada por medidas de consistência interna, que são métodos que requerem apenas uma aplicação do instrumento, como a abordagem de Kuder e Richardson (1937), fórmula número 20, comumente denominada KR-20, utilizada para estimar a confiabilidade de escalas dicotômicas, como as do tipo sim/não, certo/errado⁷ e 0/1 (Fraenkel; Wallen, 2009, p. 156; Carmines; Zeller, 1979, p. 44 e 48).

Esta abordagem, o KR-20, aplica-se à primeira etapa da versão final do QRL que é constituída de questões do tipo verdadeiro/falso. O KR-20 para as respostas à versão final do QRL (para todos os itens ou para os grupos de conceitos apresentados na Seção 4.3.3.2) encontra-se no Quadro 29, calculado com auxílio do software SPSS (SPSS Inc, 2008).

Os valores considerados aceitáveis para o KR-20⁸ variam de 0,70 a 0,95 (Tavakol, Dennick, 2011), contudo a maioria dos autores indica que a consistência interna deve ser de pelo menos 0,70 (Fraenkel; Wallen, 2009, p. 157; Nunnally, 1978 e Nunnally; Bernstein, 1994 apud Streiner 2003). Desta forma, o Quadro 29, a seguir, mostra que os coeficientes mais próximos dos valores desejáveis foram aqueles correspondentes a todos os itens (0,571 para o Pré-QRL e 0,606 para o Pós-QRL) e para o Grupo 3 (0,684 para o Pré-QRL e 0,768 para o

⁷ A utilização de coeficientes como o KR-20 em escalas que medem conhecimento não é consenso, embora sejam largamente utilizadas. Segundo Streiner (2003 apud Campo-Arias; Oviedo, 2008), *“este tipo de coeficiente só pode calcular apropriadamente escalas que medem atributos ou características e não o conhecimento sobre um tópico em particular [...], ou seja, que necessitam de treinamento ou conhecimento prévio em um tópico em particular”*.

⁸ Os valores de referência indicados para o KR-20 são aqueles comumente adotados para o alfa de Cronbach (Cronbach; Meehl, 1955), pois o KR-20 equivale matematicamente ao alfa de Cronbach e é interpretado da mesma maneira (Carmines; Zeller, 1979, p. 48; Campo-Arias; Oviedo, 2008).

Pós-QRL) e que, portanto, não foi possível atingir os valores considerados adequados para o KR-20.

Grupos	Itens	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos	Todos	0,571	0,606
1	1; 6; 10; 20	-0,372	0,317
2	2; 17	0,564	0,431
3	3; 12; 18	0,684	0,768
4	4; 11; 19	0,225	0,167
5	5; 21	-0,250	0,253
6	7; 14; 23	0,283	0,079
7	8; 16	-2,708	-1,205
8	9; 15	-0,286	0,432
9	13; 22	0,176	-1,275

Quadro 29 – KR-20 para as respostas dos professores à 1ª etapa da versão final do QRL.

Acredita-se que este resultado, observado conjuntamente àqueles apresentados na Seção 4.3.3.2, indica que o instrumento necessitaria de: (i) adaptações e novas aplicações para adequá-lo ao público-alvo e (ii) triangulação dos resultados por meio de entrevistas com os indivíduos do grupo investigado. Ambos, (i) e (ii), não são factíveis dentro do período proposto para este trabalho e, em se tratando da possibilidade (ii), devido à necessidade de deslocamento aos locais de trabalho dos professores investigados, muitos dos quais em outros municípios do Estado de São Paulo.

O Apêndice S apresenta o KR-20 para itens excluídos, considerando-se todos os itens do QRL (Parte 1) e os itens agrupados (Partes 2-4).

4.4 DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DAS INTERVENÇÕES

As Seções 4.4.1 e 4.4.2 apresentam a composição e avaliação da disciplina *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* e do curso de extensão *Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida*, respectivamente.

4.4.1 Disciplina Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres

A disciplina de pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres*, oferecida pelo *Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências*, ocorreu no segundo semestre de 2014, fornecendo um total de 15 créditos e contando com 15 pós-graduandos matriculados, incluindo esta orientanda. O desenvolvimento desta disciplina fez parte integrante deste projeto de mestrado; e a atuação da pós-graduanda foi, por isto, diferenciada em relação à dos outros participantes.

Esta disciplina teve por objetivos (i) contribuir para a formação pedagógica e de conteúdo específico (radicais livres) dos pós-graduandos e (ii) fornecer subsídios e ferramentas para o planejamento e a execução de um curso de extensão sobre o tema.

Segundo um modelo já consagrado neste grupo de pesquisa (Macedo et al, 1999), a disciplina foi estruturada de modo a induzir a participação e o engajamento dos pós-graduandos na execução da tarefa de criar um curso de extensão, e que não fosse composto por uma sequência de palestras. Em linhas gerais, esta disciplina seguiu a seguinte sequência:

- 1ª semana: recepção dos pós-graduandos; aplicação da versão piloto do QRL; apresentação da disciplina; apresentação dos pós-graduandos matriculados;
- 2ª semana: discussão dos itens da versão piloto do QRL;
- 3ª semana: discussão de aspectos de organização do curso com equipe da Secretaria do Instituto de Química; discussão e definição dos tópicos a serem abordados no curso;
- 4ª semana: definição do nome e logotipo do curso; discussão dos tópicos a serem abordados no curso; definição dos grupos de trabalho responsabilizados por cada tópico;
- 5ª semana: discussão de atividades a serem desenvolvidas para cada tópico; estabelecimento de cronograma inicial para o curso;
- 6ª semana: discussão sobre os tópicos e atividades do curso;
- 7ª semana: discussão de atividades propostas para o curso e revisão do conteúdo do *website* (Anexo F) de divulgação do curso (confeccionado pela Secretaria do Instituto de Química);
- 8ª-12ª semanas: discussão de atividades propostas para o curso;
- 13ª semana: seleção dos participantes do curso;
- 14ª semana: discussão da versão final do QRL;

- 15^a-16^a semanas: discussão da versão final do material instrucional e atividades do curso.

Todas as decisões com relação ao curso, bem como as atividades desenvolvidas ao longo da disciplina, foram desenvolvidas conjuntamente por todos os pós-graduandos matriculados na disciplina.

A disciplina foi bem avaliada pelos pós-graduandos, como mostra o Quadro 30, obtido a partir das respostas dadas ao questionário de avaliação da disciplina aplicado pelo coordenador da disciplina ao final do curso de extensão *Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida*.

Característica avaliada	Nota média atribuída (n = 15, 100%)
Os objetivos da disciplina estavam claros.	9,4
A estratégia adotada (deixar o planejamento integral do curso a cargo dos pós-graduandos) foi apropriada.	8,9
A disciplina constituiu uma experiência pedagógica relevante.	9,7
A disciplina ajudou a prepará-lo(a) para planejar outros cursos.	9,6
A disciplina contribuiu para sua formação como professor(a)/orientador(a).	9,5
A disciplina preparou-o(a) para organizar material de suporte (apostilas, equipamentos, infraestrutura em geral).	8,6
A disciplina motivou-o(a) para a docência/orientação.	9,6
O número de créditos é compatível com a carga horária da disciplina.	9,6
Planejar o curso foi uma atividade agradável.	9,3
Ministrar o curso foi uma atividade agradável.	9,4
A disciplina contribuiu para aprofundar, ou rever, seus próprios conhecimentos de Química/Bioquímica.	9,4
Experiências deste tipo são importantes na formação do pós-graduando.	9,9
Você aconselharia seus colegas a participar de experiência semelhante.	9,8

Quadro 30 – Avaliação da disciplina pelos pós-graduandos.

4.4.2 Curso Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida

O curso de extensão *Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida* ofereceu 40 vagas (20 para professores de Química e 20 para professores de Biologia) e recebeu um total de 142 inscrições vindas de diversas regiões do Estado de São Paulo (Anexo G). Contou com a presença de 33 dos 40 selecionados, 18 da Biologia e 15 da Química (dos quais dois não compareceram até o final).

Sua divulgação ocorreu por meio de um *website* (Anexo F), construído pela equipe da Secretaria do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e anunciado no *website* deste mesmo instituto (Anexo H), e por intermédio da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo em seu Boletim Semanal da Coordenadoria de Gestão da Educação Básica (CGEB) de 29 de outubro de 2014 (Secretaria de Estado da Educação; CGEB, 2014), divulgado em sua *intranet* (Anexo I).

O Quadro 31 contém uma síntese dos temas, atividades e estratégias adotadas no curso e a disposição espacial dos participantes ao desenvolvê-las.

Dia	Tema	Atividades	Estratégias	Disposição
1°	Recepção	Apresentação do curso	-----	2 turmas em uma sala
	Introdução	Aula expositiva	Aula expositiva	2 turmas em uma sala
	Radiação e a Formação de Radicais Livres	Apresentação de vídeos; resolução de exercícios com suporte dos vídeos, do texto do material instrucional e da discussão em grupo.	Trabalho em grupo	Turmas em salas separadas
2°	Radicais Livres na Atmosfera	Resolução das atividades do material instrucional com suporte de texto presente no material e discussão em grupo.	Trabalho em grupo	Turmas em salas separadas
	Protetor Solar e as Fototerapias	Discussão em grupo apoiada pelo material instrucional e aula expositiva. Palestra sobre fototerapia– Tayana Mazin Tsubone	Trabalho em grupo e aula expositiva Aula expositiva	2 turmas em uma sala
3°	Radicais Livres, Atividade Física e Envelhecimento	Resolução das atividades do material instrucional com suporte de texto presente no material, de <i>softwares</i> educacionais e da discussão em grupo.	Trabalho em grupo	Turmas em salas separadas e 2 turmas em uma sala.
4°	Radicais livres, alimentação e as defesas antioxidantes	Resolução de atividades do material instrucional apoiada pelo texto; aula expositiva; realização de experimento no laboratório.	Trabalho em grupo; aula expositiva e atividade de laboratório	2 turmas em uma sala
5°	Radicais livres na indústria	Resolução de atividades do material instrucional apoiada pelo texto, aula expositiva e uso de vídeos.	Trabalho em grupo e aula expositiva	2 turmas em uma sala

Quadro 31 – Síntese das Atividades do curso Radicais Livres.

Este curso foi realizado no período de 12 a 16 de janeiro de 2015, com duração de 30 horas, e foi totalmente gratuito. Os participantes foram divididos em duas turmas para a

maioria das atividades e trabalharam em grupos de 4 integrantes, dos quais 2 eram professores de Biologia e 2 de Química.

A estratégia de trabalho adotada nestes grupos foi dividida em duas etapas: discussão em grupo e discussão com a turma. Na primeira, a discussão em grupo, os participantes deveriam resolver as atividades propostas no material instrucional, discutindo o assunto com os integrantes do grupo, podendo solicitar a assessoria dos professores do curso sempre que necessário (pós-graduandos matriculados na disciplina descrita na Seção 4.4.1). Na segunda, a discussão com a turma, as atividades executadas nos grupos deveriam ser discutidas com toda a turma, promovendo a colaboração entre os participantes e elucidando dúvidas e perguntas.

O material instrucional desenvolvido para o curso está disponibilizado na Biblioteca Digital de Ciências⁹ (Torres et al, 2015). Após sua realização, o curso de extensão foi noticiado pelo Jornal *O Alquimista* (Anexo J) de março de 2015, publicação do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP, 2015).

O curso foi bem avaliado pelos participantes, como mostra o Quadro 32, obtido por meio de questionário de avaliação do curso, aplicado pelo supervisor do curso ao final do curso de extensão.

Nº	Característica avaliada	Nota média atribuída
1	O curso atendeu às suas expectativas.	9,3
2	Os objetivos do curso ficaram claros.	9,2
3	As estratégias adotadas foram adequadas.	9,2
4	O número de alunos (4) em cada grupo foi adequado.	9,8
5	Os itens escolhidos sobre o tema foram interessantes.	9,4
6	O tempo dedicado ao curso foi bem aproveitado.	9,4
7	O material escrito (apostila) foi bem produzido.	9,3
8	O curso contribuiu para seu aprendizado.	9,6
9	Seu interesse pelo tema aumentou.	9,7
10	O atendimento da Secretaria foi adequado.	9,9
11	A organização geral do curso foi adequada.	9,6
12	Valeu?	9,8

Quadro 32 – Avaliação do curso de extensão pelos participantes.

Observação: Afirmações 1-9, 11 e 12, n = 31; Afirmação 10, n = 30.

⁹ Link: <http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=1545#.VQGkpOF7Y98>

Os participantes também indicaram que seus conhecimentos sobre radicais livres aumentaram após frequentarem o curso, como mostra o Gráfico 79, a seguir, obtido do questionário *Conhecimentos Sobre Radicais Livres* (Apêndice L).

Desta forma, embora não tenha sido possível remover os conceitos alternativos identificados no Pré-QRL e mantidos Pós-QRL, como já foi discutido na Seção 4.3.3.2, o curso permitiu aumentar os conhecimentos dos participantes sobre o tema, cumprindo, portanto, os objetivos do curso que eram de promover o contato dos professores com o tema e ampliar seus conhecimentos sobre radicais livres, sendo que muitos dos professores haviam entrado em contato formalmente com o assunto durante o curso de extensão.

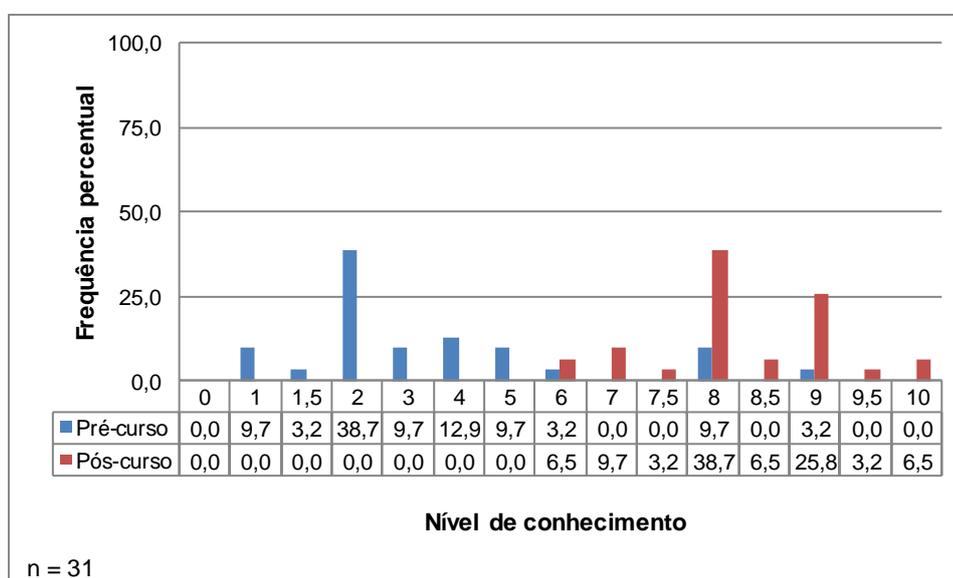


Gráfico 79 – Percepção dos professores sobre seu nível de conhecimento sobre radicais livres pré- e pós-intervenção.

Observação: a tabela abaixo do eixo “Nível de conhecimento” apresenta a frequência percentual das respostas dadas pelos participantes para cada valor da escala do nível de conhecimento.

Adicionalmente, o potencial de expansão de um curso de extensão como este, que foi oferecido a professores da rede pública, é alto e justifica a escolha do público-alvo. O Gráfico 80, a seguir, mostra que o curso de extensão *Radicais Livres e suas Interfaces com a Vida* tem o potencial de atingir indiretamente 11422 estudantes, que é o número de estudantes para os quais os professores matriculados no curso, somados, lecionam.

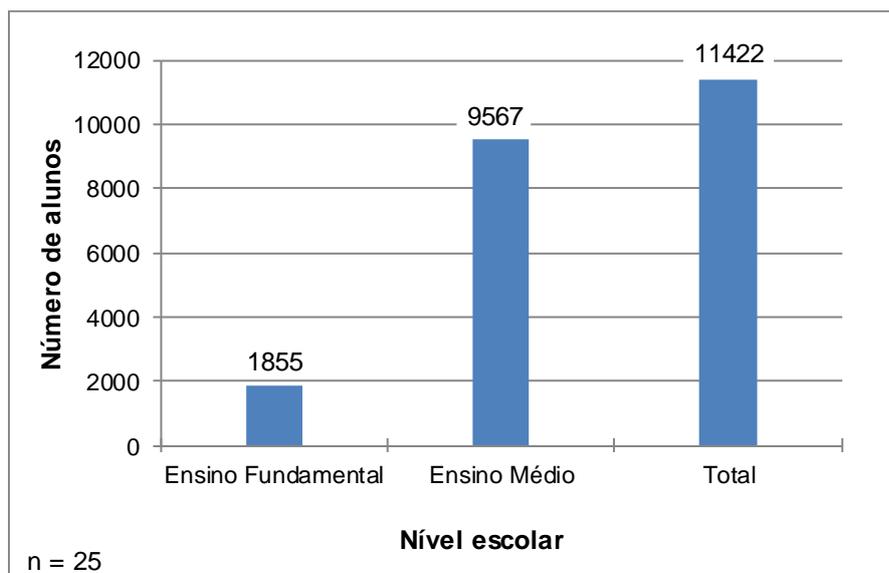


Gráfico 80 – Número potencial de estudantes atingidos pelo curso de extensão.

Este número (11422 estudantes) evidencia a importância de iniciativas como esta para a difusão e a informação sobre temas relevantes para a sociedade e para promover a aproximação entre a escola e, conseqüentemente, a comunidade e a universidade.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho se divide em cinco eixos principais: (a) levantamento de conceitos alternativos sobre radicais livres na mídia impressa; (b) levantamento de conceitos alternativos sobre radicais livres em livros de Bioquímica; (c) diagnóstico de conceitos alternativos em um grupo de pós-graduandos; (d) diagnóstico de conceitos alternativos em professores de Química e Biologia; e (e) planejamento e implementação de intervenção.

No levantamento de conceitos alternativos na revista *Veja* (a), identificou-se um alto percentual de conceitos não científicos (91,2%), sendo que 55,4% do total de conceitos encontrados corresponderam a conceitos alternativos.

A criação das categorias utilizadas para classificar o material levantado na mídia impressa se mostrou complexa frente às nuances de interpretação possibilitadas pelos conceitos e pelo exercício de analisá-los sob a perspectiva de um indivíduo leigo no assunto, mas com o rigor científico.

As categorias confeccionadas para o levantamento na mídia impressa oferecem ponto de partida para análises semelhantes a esta e permitem observar conceitos que, de outra forma, teriam se perdido caso fossem utilizadas apenas as categorias CC, CE e CA.

Nos livros de Bioquímica (b), a maior parte dos conceitos sobre radicais livres e antioxidantes encontrados foram considerados conceitos corretos, contudo tais conceitos podem contribuir para a formação ou o reforço de conceitos alternativos nos leitores. Os tópicos mais frequentes em relação a radicais livres e antioxidantes nos livros analisados enfatizam aspectos negativos com relação ao tema e, ainda que sejam conceitos corretos, quando se somam aos conceitos comumente encontrados na mídia impressa, parecem reforçar a concepção geral de que “radicais livres são sempre prejudiciais à saúde” e que “antioxidantes são sempre benéficos”.

A construção do instrumento para diagnóstico dos conceitos alternativos (QRL) apresentou dificuldades e restrições próprias e contou com as respostas dos pós-graduandos (c) como etapa essencial de sua confecção.

A adoção do questionário em três etapas para a versão piloto do QRL, no qual a justificativa correta deveria ser aquela que *melhor* justificasse o conceito julgado na 1ª etapa, parece ter dificultado sua resolução pelos pós-graduandos, que apresentaram, de forma geral, baixo domínio sobre o tema e baixos níveis de certeza, indicando que a versão piloto do QRL teria nível de dificuldade mais alto do que o adequado para a finalidade pretendida.

Assim, a proposta de confeccionar um questionário de nível cognitivo mais alto, proporcionado pela análise que o participante deveria fazer na escolha da *melhor* justificativa, não foi adequada para a população analisada, possivelmente pela falta de contato acadêmico com o conteúdo. Como o questionário seria aplicado para um público (professores da Rede Pública de Ensino) supostamente menos familiarizado com o assunto, foi tomada a decisão de simplificá-lo.

Os resultados obtidos com a aplicação da versão piloto do QRL aos pós-graduandos, associados ao tempo despendido por eles na resolução do questionário e seus relatos sobre o instrumento, forneceram subsídios para a construção da versão final do QRL.

Com bases nestas informações, a versão final do QRL foi estruturada de modo a facilitar sua resolução – em conteúdo, nível de dificuldade dos itens e tempo despendido – e a análise dos dados obtidos a partir dela. Deste modo, a 2ª etapa (justificativa) foi excluída desta versão, apesar de constituir etapa relevante no levantamento de conceitos alternativos.

Os professores (d) matriculados no curso de extensão, de modo similar aos pós-graduandos, apresentaram baixos percentuais de acerto e níveis de certeza mais baixos no pré-teste. No pós-teste (não aplicado aos pós-graduandos), apresentaram índices de acerto muito parecidos aos do pré-teste e aumento nos níveis de certeza.

Desta forma, algumas hipóteses foram levantadas com o intuito de explicar este resultado inesperado, distribuídas em três hipóteses principais: (i) problemas com o instrumento diagnóstico; (ii) interpretação dos professores sobre os itens do QRL; e (iii) a ineficácia da intervenção planejada (curso *Radicais Livres e suas interfaces com a vida*).

Adicionalmente, este tema é pouco tratado ao longo da formação escolar, mesmo na graduação, refletindo nos resultados de insegurança e falta de conhecimento encontrados.

Tanto a disciplina quanto o curso de extensão (e) foram muito bem avaliados, pelos pós-graduandos e professores, respectivamente.

A intervenção planejada pelos pós-graduandos ofereceu uma variedade de tópicos relacionados aos radicais livres e teve como objetivo principal fornecer um curso de extensão sobre o tema, e não uma intervenção específica para a remoção de conceitos alternativos.

Para o desenvolvimento de intervenções específicas destinadas à remoção de conceitos alternativos, seria necessário realizar o diagnóstico prévio para identificá-los e só então planejar a intervenção. Além disso, até o momento da realização do curso de extensão, não haviam sido localizadas publicações com estudos de natureza semelhante a esta, e as que foram encontradas (Santos et al, 2013; Silva et al, 2009) constituem estudos bastante

preliminares. Este trabalho constitui, desta forma, um estudo de prospecção de conceitos alternativos sobre radicais livres entre professores.

Adicionalmente, uma intervenção voltada para a remoção dos conceitos alternativos possivelmente não poderia ocorrer dentro da estrutura proposta para a disciplina *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres*, na qual se realizou o planejamento e a execução do curso de extensão *Radicais Livres e suas interfaces com a vida*. Isto porque esta disciplina propõe total liberdade aos pós-graduandos na seleção de tópicos e estratégias a serem adotados, característica esta que é central para aprendizado dos pós-graduandos de como se planeja um curso (Macedo et al, 1999).

Por ser um tema pouco tratado durante a formação escolar, acredita-se que muitos dos conceitos alternativos detectados neste trabalho sejam provenientes do senso comum e de fontes de informação não acadêmicas, como jornais, revistas, televisão e *internet*.

Por fim, os conceitos alternativos encontrados entre professores da rede pública e pós-graduandos, bem como os conceitos não científicos, entre eles os conceitos alternativos, encontrados na revista *Veja*, devem preocupar cientistas e especialistas da área de radicais livres, dada a exploração deste tema em anúncios publicitários que incentivam a suplementação de antioxidantes. Adicionalmente, acredita-se que a inserção de conteúdos sobre o papel fisiológicos dos radicais livres ou o destaque destes aspectos em livros de *Bioquímica*, devem contribuir positivamente para amenizar o conceito geral de que radicais livres seriam prejudiciais à saúde.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Balushi SM, Ambusaidi AK, Al-Shuaili AH, Taylor N. Omani Twelfth Grade Students' Most Common Misconceptions in Chemistry. *Science Educational International*. 2012 Sep; 23(3):221-240.

Alís JC. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2005; 2(2):183-208.

Alves Filho JP. Atividades experimentais: do método à prática construtivista [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação; 2000.

Andrews TM, Price RM, Mead LS et al. Biology Undergraduates' Misconceptions about Genetic Drift. *CBE – Life Sciences Education*. 2012 Sep;11(3):248-259.

ANER – Associação Nacional de Editores de Revistas. 2011-2014 [citado 28 mai 2014 e 9 fev 2015]. Disponível em: <http://aner.org.br/dados-de-mercado/circulacao/>.

Arslan HO, Cigdemoglu C, Moseley C. A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. *International Journal of Science Education*. 2012, Jul; 34(11):1667-1686.

Atkins P, Jones L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Alencastro RB, tradutor. 3a ed. Porto Alegre: Bookman; 2006.

Augusto O. *Radicais livres: bons, maus e naturais*. São Paulo: Oficina de Textos; 2006.

Ausubel DP, Novak JD, Hanesian H. *Educational psychology: a cognitive view*. 2nd ed. New York: Holt Rinehart and Winston; 1978. p. iv.

Ausubel DP. *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Boston: Kluwer Academic Publishres; 2000. Chapter 1, Preview of Assimilation Theory of Meaningful Learning and Retention.

Bast A, Haenen GR. Ten misconceptions about antioxidants. *Trends in pharmacological sciences*. 2013; 34(8):430-436.

Berg JM, Tymoczko J, Stryer L. Bioquímica. Moreira AJMS, Campos JP, Motta PA, tradutores. 5a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004. Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa, p. 524-525; Capítulo 24, Biossíntese de aminoácidos, p. 710; Cap. 25, Biossíntese de Nucleotídeos, p. 726.

Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. Bioquímica. Moreira AJMS, Campos JP, Motta PA, tradutores. 6a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008. Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa, p. 520-521; Capítulo 24, Biossíntese de Aminoácidos, p. 705; Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídeos, p. 721; Capítulo 28, Replicação, Reparo e Recombinação do DNA, p. 809.

Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. Bioquímica. Moreira AJMS et al, tradutores. 7a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014. Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa, p. 544-546; Capítulo 24, Biossíntese de Aminoácidos, p. 733-734; Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídeos, p. 751; Capítulo 28, Replicação Reparo e Recombinação do DNA, p. 844.

Bowen DJ; Thornquist M; Anderson K et al. Stopping the active intervention: CARET. *Controlled Clinical Trials*. 2003; 24(1):39-50.

Bucat B, Mocerino M. Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations. In: Gilbert JK, Treagust D. *Multiple Representations in Chemical Education*. Springer Netherlands; 2009. v.4, p. 16.

Caleon I, Subramaniam R. Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*. 2010a, May; 32(7):939-961.

Caleon IS, Subramaniam R. Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Res Sci Educ*. 2010b, May; 40(3):313-337.

Campanario JM, Otero JC. Más allá de las de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 2000; 18(2):155-169.

Campbell MK. *Biochemistry*. 1st ed. Philadelphia: Saunders College Publishing; 1991. Chapter 7, Lipids, p. 135, 139.

Campbell MK. *Biochemistry*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing; 1995. Chapter 8, Lipids and Membranes, p. 267, 271.

Campbell MK. Biochemistry. 3rd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing; 1999. Chapter 6, Lipids and Membranes, p. 223, 227-228.

Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. All Tasks, tradução 5a ed. Vol. 1, Bioquímica Básica. São Paulo: Thomson; 2007. Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas, p. 219, 221-222

Campbell MK, Farrell SO. Biochemistry. 6th ed. Belmont: CA Brooks/Cole; 2008. Chapter 8, Lipids and Proteins Are Associated in Biological Membranes, p. 222, 226.

Campbell MK, Farrell SO. Biochemistry. 7th ed. Belmont: CA Brooks/Cole; 2012. Chapter 8, Lipids and Proteins Are Associated in Biological Membranes, p. 214, 218.

Campbell MK, Farrel SO. Bioquímica. Matos RM, tradutor. 8a ed. São Paulo: Cengage Learning; 2015. Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas, p. 209, 213.

Campo-Arias A, Oviedo HC. Propiedades Psicométricas de una Escala: la Consistencia Interna. Revista de Salud Pública. 2008 Dec; 10(5):831-839.

Carmines EG, Zeller RA. Reliability and Validity Assessment. United States: SAGE Publications; 1979, p. 43-48.

Cerqueira FM, Medeiros MHG, Augusto O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. Química Nova. 2007; 30(2):441-449.

Chandrasegaran AL, Treagust DF, Mocerino M. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. Chemistry Education Research and Practice. 2007; 8(3):293-307.

Cheong IP-A, Treagust D, Kyeleve IJ et al. Evaluation of Students' Conceptual Understanding of Malaria. International Journal of Science Education. 2010, Dec; 32(18):2497-2519.

Chevallard Y. La Transposición Didáctica. Del saber sabio al saber enseñado. 3a. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2009.

Cicuto CAT. Desenvolvimento da análise de vizinhança em mapas conceituais a partir do uso de um conceito obrigatório [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências; 2011.

Clement J, Brown DE, Zietsman A. Not all preconceptions are misconceptions: finding ‘anchoring conceptions’ for grounding instruction on students’ intuitions. *International Journal of Science Education*. 1989; 11(Special Issue):554-565.

Coley JD, Tanner KD. Common origins of diverse misconceptions: cognitive principles and the development of biology thinking. *CBE-Life Sciences Education*. 2012; 11(3):209-215.

Coley JD, Tanner K. Relations between Intuitive Biological thinking and Biological Misconceptions in Biology Majors and Nonmajors. *CBE – Life Sciences Education*. Spring 2015; 14:1-19.

Coordenadoria de Gestão de Educação Básica, Secretaria de Estado da Educação. Informação 02: Curso de Atualização da USP “Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida”. *Boletim Semanal CGEB [Intranet]*. 2014, Out 29; Ano 2(72):3.

Cronbach JL, Meehl PE. Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*. 1955; 52(4):281-302.

Davis BG. Misconceptions as barriers to understanding science. *Science teaching reconsidered: A hand book*. Washington, DC: National Academy; 1997. Chapter 4, Misconceptions as Barriers to Understanding Science; p. 27-32.

Diniz Júnior AI, Silva JRRT. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS. *Química Nova na Escola*. 2016; 38(1):60-69.

Driver R. Changing conceptions. *Tijdschrift voor Didactiek der B-wetenschappen*. 1988; 6(3):161-198.

Dröge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*. 2002; 82(1):47-95.

Fraenkel JR, Wallen NE. *How to Design and Evaluate Research in Education*. 7a ed. New York: McGraw-Hill; 2009. Chapter 8, Validity and Reliability, p. 146-164.

Forman HJ, Augusto O, Flohe-Brigelius R et al. Even free radicals should follow some rules: A Guide to free radical research terminology and methodology. *Free Radical Biology and Medicine*. 2015 Jan; 78:233-235.

Garvin-Doxas K, Klymkowsky M, Elrod S. Building, Using, and Maximizing the Impact of Concept Inventories in the Biological Sciences: Report on a National Science Foundation–sponsored Conference on the Construction of Concept Inventories in the Biological Sciences. *CBE – Life Sciences Education*. Winter 2007; 6:277-282.

Gericke NM, Hagberg M, dos Santos VC et al. Conceptual variation or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. *Science & Education*. 2014; 23(2):381-416.

Gil AC. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6a ed. São Paulo: Editora Atlas; 2008. Capítulo 12, Questionário, p.121-135.

Google [citado 8 jun. 2016]. Disponível em: <https://www.google.com.br/>.

Google [citado 30 jun. 2014]. Disponível em: <https://www.google.com.br/>.

Guy R. Overcoming misconceptions in neurophysiology learning: an approach using color-coded animations. *Advances in physiology education*. 2012; 36(3):226-228.

Hadenfeldt JC, Neumann K, Bernholt S et al. Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*. 2016; 53(4):683-708.

Halliwell, B. (2011). Free radicals and antioxidants—quo vadis?. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2011; 32(3):125-130.

Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutrition reviews*. 2012; 70(5):257-265.

Hasan S, Bagayoko D, Kelley EL. Misconceptions and the Certainty of Response Index (CRI). *Phys. Educ*. 1999, Sep; 34(5):294-299.

Instituto de Química da Universidade de São Paulo. *Jornal O Alquimista*. 2015, mar; Edição Número 122, p. 3. [citado 6 mar. 2015]. Disponível em: <http://www2.iq.usp.br/alquimista/alquimista122.pdf>. 6 mar 2015.

Instituto de Química da Universidade de São Paulo. *Website* do curso de extensão Radicais Livres e suas interfaces com a vida [citado 18 nov. 2014]. Disponível em: http://www2.iq.usp.br/bioquimica/Curso_Radicais_Livres_2015/Index.html

Keeley, P. Misunderstanding misconceptions. *Science Scope*. 2012; 35(8):12-15.

Kowaltowski, A. Uma breve história do oxigênio, um gás vital, mas tóxico. In: *O que é metabolismo? Como nossos corpos transformaram o que comemos no que somos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

Kuder JF, Richardson MW. The Theory of Stimulation of Test Reliability. *Psychometrika*. 1937 Sep; 2(3):151-160.

Lee, K. H. (2006). Evaluation and reconstruction of mathematics textbooks by prospective teachers. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*. 2006; 4:41-48.

Lehninger AL. *Princípios de Bioquímica*. Lodi WR, Simões AA, tradutores. 1a ed. São Paulo: Sarvier; 1984. Capítulo 17, Transporte de elétrons, fosforilação oxidativa e regulação da produção de ATP, p. 342.

Lehninger AL. *Princípios de Bioquímica*. Simões AA, Lodi WRN, coordenação da tradução. 2a ed. São Paulo: Sarvier; 1995. Capítulo 2, Células, p. 26; Capítulo 18, Fosforilação oxidativa e fosfofosforilação, p. 410, 412; Capítulo 21, Biossínteses de aminoácidos, nucleotídeos e moléculas relacionadas, p. 542.

Lehninger AL. *Princípios de Bioquímica*. Simões AA, Lodi WRN, coordenação da tradução. 3a ed. São Paulo: Sarvier; 2002. Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação, p. 524.

Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. 1932; 22(140), 55 p.

Linenberger KJ, Bretz SL. Biochemistry students' ideas about shape and charge in enzyme-substrate interactions. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2014; 42(3):203-212.

Luxford CJ, Bretz SL. Development of the Bonding Representations Inventory To Identify Student Misconceptions about Covalent and Ionic Bonding Representations. *Journal of Chemical Education*. 2014; 91(3):312-320.

Macedo DV, De-Paula E, Torres BB. Training graduate students to be teachers. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 1999; 32(12):1457-1465.

McFarland J, Wenderoth MP, Michael J et al. A conceptual framework for homeostasis: development and validation. *Advances in physiology education*. 2016; 40(2): 213-222.

Martins GA. Sobre Confiabilidade e Validade. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*. jan/abr 2006; 8(20):1-12.

Martins RM. A transposição didática do papel termodinâmico do ATP gera conceitos alternativos? [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Química, Departamento de Bioquímica; 2012.

Marzzoco A, Torres BB. *Bioquímica Básica*. 1a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1990.

Marzzoco A, Torres BB. *Bioquímica Básica*. 2a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1999.

Marzzoco A, Torres BB. *Bioquímica Básica*. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007. Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa, p. 141-142; Capítulo 12, Metabolismo de Carboidratos: Via das Pentoses Fosfato, p. 157.

Marzzoco A, Torres BB. *Bioquímica Básica*. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa, p. 144-146.

Montagna E. Conceitos alternativos sobre equilíbrio químico e suas consequências no aprendizado de Bioquímica: diagnóstico e intervenções recuperatórias [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Química, Departamento de Bioquímica; 2014.

Moreira MA. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999. Capítulo 10, A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Moreira AM, Greca IM, Palmero MLR. Modelos mentales y modelos conceptuales en la Enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*. 2002; 2(3):84-96.

Morton JP, Doran DA, MacLaren DPM. Common student misconceptions in exercise physiology and biochemistry. *Advances in Physiology Education*. 2008 Jun; 32(2):142-146.

Nelson DL, Cox MM. Lehninger Princípios de Bioquímica. Simões AA, Lodi WRN, coordenação da tradução. 4a ed. São Paulo: Sarvier; 2007. Parte II, Bioenergética e Metabolismo, p. 484; Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação, p. 692, 694, 715-716.

Nelson DL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry. 5th ed. New York: W. H. Freeman; 2008. Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types, p. 498; Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation, p. 715, 720-721, 733-734.

Nelson DL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry. 6th ed. New York: W. H. Freeman; 2013. Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types, p. 514; Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation, p. 740, 745-746, 760-761.

Ozgur S, Pelitoglu FC. The Investigation of 6th Grade Student Misconceptions Originated from Didactic about the “Digestive System” Subject. Educational Sciences: Theory & Practice. 2008; 8(1): 149-159.

Pacher P, Beckman JS, Liaudet L. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. Physiological reviews. 2007; 87(1):315-424.

Parolo ME, Barbieri LM, Chrobak R. La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química universitária. Enseñanza de Las Ciencias. 2004; 22(1):79-92

Pekdag B, Azizoglu N. Semantic mistakes and didactic difficulties in teaching the “amount of substance” concept: a useful model. Chemistry Education Research and Practice. 2013; 14(1):117-129.

Pelizzari A, Kriegl MDL, Baron MP, Finck NTL et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. Revista PEC. 2002; 2(1):37-42.

Pesman H, Eryilmaz A. Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions about Simple Electric Circuits. The Journal of Educational Research. 2010, Feb; 103(3): 208-222.

Planinic M, Boone WJ, Krsnik R et al. Exploring Alternative conceptions from Newtonian Dynamics and Simple DC Circuits: Links between Item Difficulty and Item Confidence. Journal of Research in Science Teaching. 2006; 43(2):150-171.

Posner GJ, Strike KA, Hewson PW et al. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. Sci Educ. 1982; 66(2):211-227.

Santo A, Zhu H, Li YR. Free Radicals: From Health to Disease. *Reactive Oxygen Species*. 2016; 2(4):245-263.

Santos NS, Costa FJ, Chaves ACI. Efeitos positivos da utilização de recursos multimídia no processo ensino-aprendizagem de radicais livres e antioxidantes no ensino médio. IX ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências; 10-14 novembro 2013; Águas de Lindóia, Brasil. Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.

Sbaragli S, Santi G (2015). Teacher's choices as the cause of misconceptions in the learning of the concept of angle. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*. 2011; 4(2):117-157.

Scatigno AC, Torres BB. Diagnósticos e intervenções no Ensino de Bioquímica. 2016; *Journal of Biochemistry Education*, 24(1):29-51.

Secretaria de Estado da Educação; Coordenadoria de Gestão da Educação Básica. Boletim Semanal CGEB [*intranet*]. 29 out. 2014, Ano 2, Número 2.

Silva FC, Ribeiro RC; Chaves ACL. Radicais Livres e antioxidantes: concepções e expectativas dos professores do Ensino Médio. VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências; 8 novembro 2009; Florianópolis, Brasil. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, 2009.

Silveira FL. Validação de testes em papel e lápis. In: Moreira AM, Silveira FL. Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista e a avaliação de testes de papel e lápis. Porto Alegre: EDIPUCRS; 1993, p. 67-87.

Skelly KM. The Development and Validation of a Categorization of Sources of Misconceptions in Chemistry. Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics; August 1-4, 1993; Ithaca, New York. The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, 1993.

SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

Streiner DL. Starting at the Beginning: An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency. 2003; *Journal of Personality Assessment*, 80(1):99-103.

Stryer L. Bioquímica. Pérez MR, tradutor. 1a ed. Barcelona: Reverté, 1976.

Stryer L. Bioquímica. Macarulla JM, tradutor. 2a ed. Madrid: Reverté, 1982.

Stryer L. Bioquímica. Campos JP, Macedo LF, Motta PA, tradutores. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1992. Capítulo 17, Fosforilação Oxidativa, p. 348-349.

Stryer L. Bioquímica. Moreira AJMS et al, tradutores. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1996. Capítulo 21, Fosforilação Oxidativa, p. 524-525.

Tamir P. Multiple Choice Items: How to Gain the Most Out of Them. *Biochemical Education*. 1991; 19(4):188-192.

Tan KCD, Goh NK, Chia LS et al. Development and Application of a Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Instrument to Assess High School Students' Understanding of Inorganic Chemistry Qualitative Analysis. *Journal of Research in Science Teaching*. 2002; 39(4):283-301.

Tavakol M, Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*. 2011; 2:53-55.

Tavares R. Aprendizagem Significativa. *Revista Conceitos*. 2004; 5(10):55-42.

Torres BB et al. Radicais Livres e suas interfaces com a vida. *Biblioteca Digital de Ciências*, 06 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=1545>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

Treagust DF. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*. 1988, Apr; 10(2):159-169.

Treagust DF. Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. *Proceedings of the Assessment in Science Teaching and Learning Symposium*; 2006 Sep 28; Sydney, Australia. Sydney: UniServe Science; 2006. p. 1-9.

Tshuma T, Sanders M. Textbooks as a Possible Influence on Unscientific Ideas about Evolution. *Journal of Biological Education*. 2015; 49(4):354-369.

Tümay H. Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*. 2016; 17(2):229-245.

Universidade de São Paulo. Sistema Júpiterweb [citado 12 abr 2016]. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/>.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J et al. Free Radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2007; 39(1):44-84.

Vázquez Alonso A. El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 1994; 12(1):3-14.

Veja. São Paulo: Editora Abril [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Os novos suplementos nutricionais. São Paulo: Editora Abril. 2000 mar 29 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1642, p. 84. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Ibidem, p. 85.

Veja. Chocolate amargo faz bem ao coração. São Paulo: Editora Abril. 2003 set 3 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed 1818, p. 74. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Os superprotetores solares. São Paulo: Editora Abril. 2003 nov. 26 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1830, p. 100. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. O chocolate quente faz bem. São Paulo: Editora Abril. 2003 dez 17 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]. 2004; ed. 1833, p. 114. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Mais um benefício do chá verde. São Paulo: Editora Abril. 2004 mar 3 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1843, p. 97. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Pesquisa revela como prolongar a vida. São Paulo: Editora Abril. 2004 jun 2 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1856, p. 99. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Médicos liberam o consumo de ovo. São Paulo: Editora Abril. 2006 out 4 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1976, p. 104. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Café: o grão que mudou o mundo. São Paulo: Editora Abril. 2006 nov 15 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 1982, p. 96. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Trinta anos de dietas: o que aprendemos com elas? São Paulo: Editora Abril. 2007 mar 21 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2000, p. 67. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. O açai ganha mercado no exterior. São Paulo: Editora Abril. 2007 out 27 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2003, p. 103-104, 106. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Angioplastias e medicamentos evitam cirurgias. São Paulo: Editora Abril. 2007 ago 29 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2023, p. 117. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Os seres vivos que sobrevivem por séculos. São Paulo: Editora Abril. 2007 nov 7 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2033, p. 137. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Entrevista: Mehmet Oz. Oz São Paulo: Editora Abril. 2007 dez 5 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014] Edição 2037, p. 17. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja Especial. Energia. São Paulo: Editora Abril. 2008 mai 28 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2062, p. 52. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Terapias heterodoxas. São Paulo: Editora Abril. 2009 jan 7 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2094, p. 86. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Comer sem culpa. São Paulo: Editora Abril. 2009 mai 27 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2114, p. 73. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Como livrar seu corpo do excesso de toxinas. São Paulo: Editora Abril. 2012 fev 22 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2257, p. 70. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Ibidem, p. 72.

Veja. O Santo Sudário resiste. São Paulo: Editora Abril. 2012 abr 4 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2263, p. 128. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Veja. Um novo equipamento contra a celulite. São Paulo: Editora Abril. 2012 jun 6 [citado 21 jul 2014 a 27 out 2014]; ed. 2272, p. 162. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/acervodigital/>.

Vianna HM. Validade de construto em testes educacionais. *Educação e Seleção*. 1983; (8):35-44.

Villafañe SM, Loertscher J, Minderhout V et al. Uncovering Students' Incorrect Ideas about Foundational Concepts for Biochemistry. *Chemistry Educational Research and Practice*. 2011; 12(2):210-218.

Voet D, Voet JG. *Biochemistry*. 1st ed. New York: Chichester Wiley; 1990.

Voet D, Voet JG. *Biochemistry*. 2nd ed. New York: J. Wiley & Sons; 1995.

Voet D, Voet JG. *Bioquímica*. Veiga ABG et al, tradutores. 3rd ed. Porto Alegre: Artmed; 2006. Capítulo 14, Velocidade da Reação Enzimática, p. 481; Capítulo 19, Transdução de Sinal, p. 673; Capítulo 22, Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa, p. 812.

Voet D, Voet JG. *Biochemistry*. 4th ed. Hoboken: J. Wiley & Sons; 2011. Chapter 10, Hemoglobin: Protein Function in Microcosm, p. 325; Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation, p. 840, 865-866.

Wang J-R. Development and validation of a Two-Tier Instrument to Examine Understanding of Internal Transport in Plants and the Human Circulatory System. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2004, Jun; 2(2):131-157.

Wenning CJ. Dealing more effectively with alternative conceptions in science. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*. 2008 Summer; 5(1):11-19.

Wilkinson L, The Task Force on Statistical Inference. *Statistical Methods in Psychology Journals*. 1999 Aug; 54(8):594-604.

Yakmaci-Guzel B. Preservice Chemistry Teachers in Action: An Evaluation of Attempts for Changing High School Students' Chemistry Misconceptions into More Scientific Conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*. 2013; 14(1):95-104.

Zoller U. The Use of Examinations for Revealing and Distinguishing Between Students' Misconceptions, Misunderstandings and "No Conceptions" in College Chemistry. *Research in Science Education*. 1996; 26(3):317-326.

APÊNDICES

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Validação das categorias: folha com instruções.....	182
APÊNDICE B – Validação das categorias: amostra para classificação	183
APÊNDICE C – Validação das categorias: chave dicotômica	186
APÊNDICE D – Validação das categorias: quadro descritivo das categorias.....	187
APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja.....	188
APÊNDICE F – Versão piloto do QRL.....	197
APÊNDICE G – Versão final do QRL.....	203
APÊNDICE H – Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL	205
APÊNDICE I – TCLE aplicado aos pós-graduandos	209
APÊNDICE J – TCLE aplicado aos professores da Rede Pública	210
APÊNDICE K – Questionário de Perfil Profissional	211
APÊNDICE L – Questionário de Conhecimentos Sobre Radicais Livres	212
APÊNDICE M – Respostas dos pós-graduandos à Parte 1 da versão piloto do QRL: Graduação	213
APÊNDICE N – Respostas dos pós-graduandos à Parte 1 da versão piloto do QRL: Pós-graduação	214
APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL	215
APÊNDICE P – Respostas dos professores ao questionário Perfil Profissional – Formação Acadêmica: Graduação.....	222
APÊNDICE Q – Respostas dos professores ao questionário Perfil Profissional – Formação Acadêmica: Pós-graduação	223
APÊNDICE R – Respostas dos professores ao questionário Perfil Profissional – Experiência Docente.....	224
APÊNDICE S – KR-20 para o QRL quando algum item é deletado.....	225

APÊNDICE A – Validação das categorias: folha com instruções

INSTRUÇÕES

1. O material que você recebeu é composto por:
 - i. **Folha A** – Trechos a serem classificados
 - ii. **Folha B** – Chave dicotômica para classificação
 - iii. **Folha C** – Quadro descritivo das categorias

2. Para classificar os trechos contidos na **Folha A**, você deve seguir a chave dicotômica apresentada na **Folha B**.

3. Ao encontrar, com o auxílio da **Folha B**, uma possível categoria para o trecho em análise, você deve confirmar sua escolha utilizando o quadro descritivo da **Folha C**.

4. Caso você não encontre uma categoria adequada para o trecho em questão, indique com a sigla **NE** (não encontrada).

Abreviações

Radicais livres / radical livre: RL

Antioxidantes / antioxidante: AO

APÊNDICE B – Validação das categorias: amostra para classificação

FOLHA A – Parte 1

TRECHOS PARA CLASSIFICAÇÃO

Identificação	Trecho	Categoria
1	Gordura Monoinsaturada – Mantém a integridade das membranas celulares, tem em sua composição substâncias antioxidantes [...]	
2	Q10, Pycnogenol, NADH, n-acetilcisteína, SAME [...]. Depois das vitaminas e minerais, são essas as pílulas da vez. Trata-se das novas substâncias da categoria dos antioxidantes, aqueles compostos capazes de inibir a ação dos radicais livres [...]	
3	[...] radicais livres [...] comprometem o bom funcionamento do organismo.	
4	[...] propõe é a utilização de outro elemento do vinho – o extrato de polifenol – em tratamentos de beleza. [...] tem propriedades antioxidantes, o que ajuda a combater [...] e o envelhecimento da pele.	
5	A alimentação deve ser rica em substâncias antioxidantes, como as vitaminas A, C e E.	
6	[...] o stress oxidativo [decorrente dos radicais livres], que danifica os tecidos e induz a inflamações crônicas, câncer e doenças neurodegenerativas.	
7	[...] vitaminas, especialmente C e E. Com poderes antioxidantes [...] ajudando a evitar o aparecimento de sulcos	
8	O chocolate amargo é rico em flavonoides. [...] essas substâncias têm poderes antioxidantes – ou seja, combatem os radicais livres [...]	
9	[...] “radicais livres” [...] encurtando-lhes a vida útil [das células].	
10	[o prato] é rico em substâncias como flavonoides, gorduras saudáveis e antioxidantes. Ajuda a [...] desacelerar o envelhecimento das células.	

APÊNDICE B – Validação das categorias: amostra para classificação (continuação)

FOLHA A – Parte 2

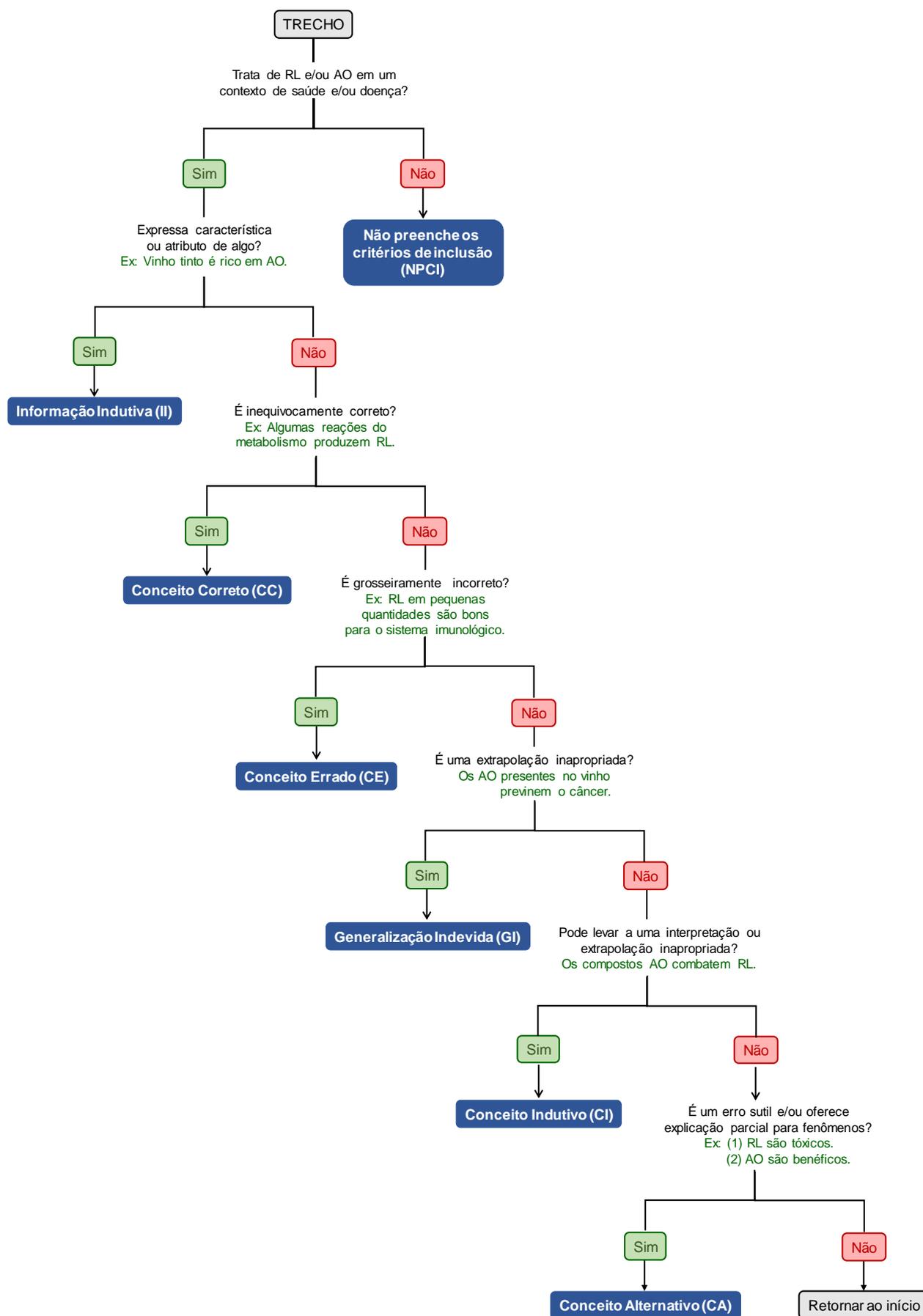
Identificação	Trecho	Categoria
11	[o açaí] É um dos alimentos com maior concentração de antioxidantes.	
12	[...] não há comprovação de que antioxidantes artificiais tenham efeito benéfico sobre o corpo. Na verdade, o excesso deles pode até fazer mal.	
13	O lado saudável do vinho está nos compostos fenólicos, um grupo de substâncias capazes de deter o efeito prejudicial dos radicais livres.	
14	Cerca de 5% do oxigênio que o corpo absorve para transformar em energia permanece no corpo em forma altamente reativa conhecida como "radicais livres".	
15	[...] radicais livres [...] intensificando o envelhecimento.	
16	[Durante o sono] O corpo se livra de alguns radicais livres, moléculas que podem causar [envelhecimento precoce e] até tumores.	
17	Quem não cederia ao apelo de um único comprimido [com antioxidantes] capaz de [...] combater doenças como [...] a artrite?	
18	Ao longo da vida, porém, fatores externos, como a exposição à radiação, a agrotóxicos, ao fumo e à poluição, aumentam a quantidade de radicais livres no organismo a tal ponto que não há enzima antioxidante suficiente para os reparos.	
19	[...] a formação de radicais livres e, em consequência, danificam vários órgãos e tecidos do organismo [...]	
20	[...] os ácidos clorogênicos [...], cuja ação antioxidante é bastante conhecida [...]	
21	As reações químicas por meio das quais o organismo sintetiza energia também produzem radicais livres [...] provocam [...] o envelhecimento do corpo [...]	

APÊNDICE B – Validação das categorias: amostra para classificação (continuação)

FOLHA A – Parte 3

Identificação	Trecho	Categoria
22	Estudos em animais indicam que o resveratrol, por seus poderes antioxidantes, ao combater a ação dos radicais livres[...]	
23	Ao receberem menos energia, as células do corpo se desaceleram e, conseqüentemente, reduzem a produção desse lixo [radicais livres] com nome de grupo revolucionário de maio de 1968.	
24	[...] cerveja preta [...] alguns compostos antioxidantes encontrados na bebida contribuem para evitar danos celulares similares aos da catarata.	
25	A chegada do açaí ao mercado americano fez surgir dezenas de produtos que usam a fruta como matéria-prima. São cremes antienvhecimento, xampus e sucos.	
26	Os radicais livres agridem, ainda, o material genético das células.	
27	A castanha-do-pará é fonte primordial de selênio, antioxidante e coadjuvante em alguns processos cerebrais	
28	A luta interna contra os radicais livres	
29	[...] antioxidantes sintéticos com poder de ação multiplicado por cem [...] [nos darão o poder de controlar doenças e] debelar os agentes tóxicos [radicais livres] com facilidade.	
30	Para ser metabolizada, a substância [o álcool] exige grande esforço do órgão. Tal demanda aumenta a produção de radicais livres.	
31	O consumo de peixes, óleos vegetais, frutas e legumes aumenta a quantidade de substâncias antioxidantes [...]	

APÊNDICE C – Validação das categorias: chave dicotômica



APÊNDICE D – Validação das categorias: quadro descritivo das categorias

FOLHA C

DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS

Categoria	Sigla	Descrição	Exemplos
Conceito Correto	CC	Informação inequivocamente correta e que não leve a conclusões incorretas	<i>Em vez de as novas pílulas [suplementos de AO] funcionarem como antioxidantes, podem proporcionar a formação de mais radicais livres.</i>
Conceito Errado	CE	Informação grosseiramente incorreta	<i>[...] radicais livres – subproduto formado pelas células no processo de conversão do oxigênio em “combustível” para o corpo.</i>
Conceito Alternativo	CA	Informação incorreta, erro sutil	<i>[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].</i> <i>[...] antioxidantes poderosos, como os flavonoides e os polifenóis, que varrem os radicais livres do organismo [...].</i>
Generalização Indevida	GI	Princípios corretos, mas a partir deles são feitas generalizações que a ciência não permite (conceito é uma <u>extrapolação</u> inadequada)	<i>Luteína – [...] para evitar o câncer [...].</i> <i>O tomate é fonte de vitaminas A e C e de licopeno, um antioxidante que protege contra alguns tipos de câncer.</i>
Conceito Indutivo	CI	Informação incompleta e que pode levar à formação de CA (conceito se refere a uma <u>consequência</u>)	<i>Quando agredidas, elas [as mitocôndrias] deflagram a produção excessiva de radicais livres [...].</i> <i>Em lugar de quatro cafezinhos por dia, beba quatro copos de chá verde. Essa bebida concentra muitos antioxidantes e nutrientes bons para a saúde.</i>
Informação Indutiva	II	Informação correta, mas induz formação de conceito positivo sobre AO e negativo sobre RL (informação se refere a uma <u>característica</u>)	<i>Ácido alfa-lipoico – Um dos mais poderosos antioxidantes [...].</i>
Não preenche os critérios de inclusão	NPCI	Trecho retornado pelo sistema de busca da revista, mas que não atende os critérios de inclusão	<i>[...] submeteram fios do sudário a análises microscópicas e a ação de potentes antioxidantes, entre eles a diimida.</i>

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
1	2000	1642	Q10, Pycnogenol, NADH, n-acetilcisteína, SAME [...]. Depois das vitaminas e minerais, são essas as pílulas da vez. Trata-se das novas substâncias da categoria dos antioxidantes, aqueles compostos capazes de inibir a ação dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
2	2000	1642	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas que vagam pela corrente sanguínea [...].	CA	RL são tóxicos
3	2000	1642	[...] radicais livres [...] corroem as células.	CA	RL danificam as células
4	2000	1642	[...] radicais livres [...] degeneram os tecidos [...].	CA	RL danificam as células
5	2000	1642	[...] radicais livres [...] comprometem o bom funcionamento do organismo.	CA	RL comprometem o funcionamento das células
6	2000	1642	Quem não cederia ao apelo de um único comprimido [com antioxidantes] capaz de deter o envelhecimento [...]?	CA	AO combatem o envelhecimento
7	2000	1642	Quem não cederia ao apelo de um único comprimido [com antioxidantes] capaz de [...] combater doenças como o câncer [...]?	GI	Antioxidante X combate câncer
8	2000	1642	Quem não cederia ao apelo de um único comprimido [com antioxidantes] capaz de [...] combater doenças como [...] a artrite?	GI	Antioxidante X combate artrite
9	2000	1642	[...] em excesso, algumas vitaminas e minerais fazem mal à saúde.	CC	Em excesso, vitaminas e minerais fazem mal à saúde
10	2000	1642	Em vez de as novas pílulas funcionarem como antioxidantes, podem proporcionar a formação de mais radicais livres.	CC	Em excesso, vitaminas/AO causam formação de mais RL
11	2000	1642	E, com eles [os radicais livres], acelerar o envelhecimento [...].	CA	RL causam envelhecimento
12	2000	1642	É imprescindível que todos esses suplementos sejam receitados somente em caso de deficiência no organismo.	CC	Suplementos de vitaminas/minerais/AO só devem ser consumidos em caso de deficiência; somente após a necessidade ser constatada
13	2000	1642	Ácido alfa-lipóico – Um dos mais poderosos antioxidantes [...].	II	X é um AO potente
14	2000	1642	NADH – [...] prevenindo o envelhecimento precoce.	CA	AO combatem o envelhecimento
15	2000	1642	Licopeno – [...] prevenir o câncer de pele [...].	GI	Antioxidante X combate câncer
16	2000	1642	Licopeno – [...] prevenir doenças degenerativas.	GI	Antioxidante X combate doenças degenerativas
17	2000	1642	Luteína – [...] para evitar o câncer [...].	GI	Antioxidante X combate câncer
18	2000	1642	[...] propõe é a utilização de outro elemento do vinho – o extrato de polifenol – em tratamentos de beleza. [...] tem propriedades antioxidantes, o que ajuda a combater [...] o reumatismo [...].	GI	Antioxidante X combate artrite
19	2000	1669	[...] propõe é a utilização de outro elemento do vinho – o extrato de polifenol – em tratamentos de beleza. [...] tem propriedades antioxidantes, o que ajuda a combater [...] e o envelhecimento da pele.	CA	AO combatem o envelhecimento
20	2000	1669	[...] o resveratrol [...] ajudar a combater alguns tipos de câncer.	GI	Antioxidante X combate câncer
21	2000	1669	[...] resveratrol [...] atuando no combate ao câncer.	GI	Antioxidante X combate câncer
22	2001	1682	[...] cerveja preta [...] alguns compostos antioxidantes encontrados na bebida contribuem para evitar danos celulares similares aos da catarata.	GI	Antioxidante X combate catarata
23	2002	1745	[...] a ação dos chamados radicais livres sobre as células, produzindo colesterol ruim, é quase duas vezes mais intensa nos homens.	CE	RL produzem colesterol ruim
24	2002	1745	Os cientistas sugerem o uso de vitaminas antioxidantes, sob orientação médica, como forma de evitar a ação dessas substâncias [radicais livres] sobre o organismo.	CA	X combate RL
25	2003	1796	[...] vitaminas, especialmente C e E. Com poderes antioxidantes, elas combatem os radicais livres [...] ajudando a evitar o aparecimento de sulcos.	CA	X combate RL
26	2003	1796	[...] vitaminas, especialmente C e E. Com poderes antioxidantes [...] ajudando a evitar o aparecimento de sulcos.	CA	AO combatem o envelhecimento
27	2003	1796	[...] radicais livres, que aceleram o processo de envelhecimento [...].	CA	RL causam envelhecimento
28	2003	1818	O chocolate amargo é rico em flavonoides. [...] essas substâncias têm poderes antioxidantes – ou seja, combatem os radicais livres [...].	CA	X combate RL
29	2003	1818	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
30	2003	1818	[...] radicais livres [...] que comprometem o bom funcionamento do organismo.	CA	RL comprometem o funcionamento das células
31	2003	1828	[...] azeite [...] são ricos em vitamina E, um antioxidante que inibe a ação dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
32	2003	1828	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
33	2003	1828	[...] radicais livres [...] responsáveis pelo envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
34	2003	(a)1830	[...] os novos filtros contam com substâncias varredoras de radicais livres [...]. Essas substâncias são vitaminas C e E, flavonoides e anti-inflamatórios.	CA	AO varrem os RL do organismo
35	2003	(a)1830	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
6	2003	(a)1830	[...] radicais livres[...] danificam o DNA da célula [...].	CA	RL danificam o DNA

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
37	2003	(a)1830	[...] radicais livres [...] aceleram o envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
38	2003	(b) 1830	[...] exercício moderado [...] combate os radicais livres [...].	CA	X combate RL
39	2003	(b) 1830	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
40	2003	(b) 1830	[...] radicais livres [...] aceleram o envelhecimento [...].	CA	RL causam envelhecimento
41	2003	(b) 1830	[...] radicais livres [...] comprometem o bom funcionamento do organismo.	CA	RL comprometem o funcionamento das células
42	2003	1833	[...] chocolate [...] conter substâncias antioxidantes que ajudam a prevenir uma série de doenças [...].	GI	Antioxidante X previne várias doenças
43	2003	1833	[...] chocolate [...] conter substâncias antioxidantes que ajudam a prevenir [uma série de doenças – de distúrbios cardiovasculares a] determinados tipos de câncer.	GI	Antioxidante X combate câncer
44	2003	1833	Os compostos antioxidantes são substâncias que combatem os radicais livres [...].	CA	X combate RL
45	2004	1837	[...] o metabolismo [...] gera “radicais livres” [...].	CC	RL são produzidos normalmente por certos processos bioquímicos do corpo
46	2004	1837	[...] “radicais livres”, substâncias altamente reativas [...].	CA	RL são altamente reativos
47	2004	1837	[...] “radicais livres” que atacam a parede das células [...].	CA	RL danificam as células
48	2004	1837	[...] “radicais livres” [...] encurtando-lhes a vida útil [das células].	CA	RL causam envelhecimento
49	2003	1837	[...] com o metabolismo reduzido, diminui também a quantidade de radicais livres em circulação.	CI	X diminui a quantidade de RL
50	2004	(a) 1840	[...] um suplemento nutricional [...]. Combina substâncias contra o envelhecimento como a isoflavona, hormônio natural da soja, a vitamina C, que combate os radicais livres, e o licopeno, antioxidante.	CA	AO combatem o envelhecimento
51	2004	(a) 1840	[...] a vitamina C, que combate os radicais livres [...].	CA	X combate RL
52	2004	(a) 1840	[...] licopeno, antioxidante.	II	X é antioxidante
53	2004	(b) 1840	[Nos] alimentos [...] Betacaroteno – Antioxidante [...] quando em baixa concentração.	II	X é antioxidante
54	2004	(b) 1840	Betacaroteno – Antioxidante (ou seja, previne o envelhecimento das células) [...].	CA	AO combatem o envelhecimento
55	2004	(b) 1840	Ferro – [...] em excesso pode aumentar os radicais livres [...].	CI	X aumenta a quantidade de RL
56	2004	(b) 1840	[...] pode aumentar os radicais livres, acelerando o processo de envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
57	2004	1842	O consumo de peixes, óleos vegetais, frutas e legumes aumenta a quantidade de substâncias antioxidantes [...].	II	X é antioxidante
58	2004	1842	[...] antioxidantes, cuja presença no organismo inibe os efeitos destrutivos das inflamações.	CA	AO combatem os efeitos nocivos dos processos inflamatórios
59	2004	1843	[...] antioxidantes poderosos, como os flavonoides e os polifenóis, que varrem os radicais livres do organismo [...].	CA	AO varrem os RL do organismo
60	2004	1856	[...] tanto as frutas como as verduras são potentes antioxidantes naturais.	II	X é um AO potente
61	2004	1856	[...] antioxidantes naturais [...] têm capacidade para combater os temidos radicais livres [...].	CA	X combate RL
62	2004	1856	[...] radicais livres – subproduto formado pelas células no processo de conversão do oxigênio em “combustível” para o corpo.	CE	RL são formados no processo de conversão de oxigênio em energia
63	2004	1856	As vitaminas C, E e A, presentes em abundância em frutas como [...] [têm o poder de reduzir essas moléculas tóxicas] [os radicais livres].	CA	X combate RL
64	2004	1856	[...] têm o poder de reduzir essas moléculas tóxicas [os radicais livres].	CA	RL são tóxicos
65	2004	1856	[Os radicais livres] em excesso, comprometem o bom funcionamento do organismo.	CA	RL comprometem o funcionamento das células
66	2004	1856	[Os radicais livres] aceleram o envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
67	2004	1856	[O prato] é rico em substâncias como flavonoides, gorduras saudáveis e antioxidantes. Ajuda a [...] desacelerar o envelhecimento das células.	CA	AO combatem o envelhecimento
68	2004	1871	[...] teoria do dano oxidativo [...]. Segundo essa teoria, o organismo envelhece porque vai se intoxicando de oxigênio.	CE	O organismo envelhece porque vai se intoxicando de oxigênio
69	2004	1871	Cerca de 5% do oxigênio que o corpo absorve para transformar em energia permanece no corpo em forma altamente reativa conhecida como “radicais livres”.	CE	RL são formados no processo de conversão de oxigênio em energia
70	2004	1871	[Radicais livres] são moléculas ou átomos propensos a interagir com os tecidos celulares causando neles um processo de oxidação [...].	CA	RL provocam oxidação celular
71	2004	1871	[Radicais livres] são moléculas ou átomos propensos a interagir com os tecidos celulares causando [...] neles [...] destruição.	CA	RL danificam as células
72	2004	1871	Depois dos 40, todo mundo deve tomar suplementos vitamínicos e minerais [?]. Depende. Vitaminas e minerais combatem os radicais livres [...].	CA	X combate RL
73	2004	1871	[...] radicais livres – moléculas instáveis [...].	CA	RL são altamente reativos
74	2004	1871	[...] radicais livres [...] danificam o funcionamento das células [...].	CA	RL comprometem o funcionamento das células
75	2004	1871	[...] radicais livres [...] provocando o seu envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
76	2004	1871	O ideal é que esses compostos [vitaminas e minerais] sejam obtidos de uma alimentação diária balanceada e rica em frutas e verduras. [...] como quase ninguém leva uma vida regrada, é comum que se tenha deficiência de alguma vitamina. O certo é consultar um médico [...] para avaliar a necessidade de tomar suplementos vitamínicos e determinar a dose adequada.	CC	Suplementos de vitaminas/minerais/AO só devem ser consumidos em caso de deficiência; somente após a necessidade ser constatada
77	2004	1871	A soja é [...] rica em [...] antioxidantes naturais [...].	II	X é um AO potente
78	2004	1875	[...] o vinho contém cerca de 200 compostos fenólicos, substâncias que agem como antioxidantes [...].	II	X é antioxidante
79	2004	1875	[o resveratrol] é um forte antioxidante [...].	II	X é um AO potente
80	2004	1875	O lado saudável do vinho está nos compostos fenólicos, um grupo de substâncias capazes de deter o efeito prejudicial dos radicais livres.	CA	X combate RL
81	2004	1875	[...] radicais livres – responsáveis pelo processo de envelhecimento [...].	CA	RL causam envelhecimento
82	2004	1875	[...] radicais livres [...] conseqüente desencadeamento de muitas doenças degenerativas.	CA	RL causam doenças
83	2004	1875	[...] os polifenóis presentes nas sementes e na casca de uva e os flavonoides do vinho tinto teriam poder antioxidante muito superior ao das vitaminas C e E [...].	II	X tem mais AO do que Y
84	2004	1875	[...] os polifenóis presentes nas sementes e na casca de uva e os flavonoides do vinho tinto teriam poder antioxidante muito superior ao das vitaminas C e E [...]. Por esta razão, seriam excelentes aliados no tratamento anti-envelhecimento da pele [...].	CA	AO combatem o envelhecimento
85	2004	1884	[...] radicais livres, substâncias que danificam tecidos celulares [...].	CA	RL danificam as células
86	2004	1884	[...] radicais livres [...] intensificando o envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
87	2005	1892	Uva – As protoantocianinas, encontradas nas sementes de uva, possuem propriedades antioxidantes [...]. O fruto contém ainda flavonoides, de efeito antioxidante [...].	II	X é antioxidante
88	2005	(a) 1893	[...] a raiz dos males crônicos: o efeito oxidante dos radicais livres.	CA	RL provocam a oxidação celular
89	2005	(a) 1893	Nossa alimentação hoje é talvez menos rica em elementos protetores, como vitaminas [...].	CA	A maioria das pessoas não consegue quantidade suficiente de AO com a dieta
90	2005	(a) 1893	[Fatores ambientais – a poluição atmosférica, a queima de combustíveis fósseis, a utilização maciça de inseticidas na agricultura, os dejetos que liberam toxinas, o empobrecimento da comida] provocam em nossas células [...] a formação de radicais livres [...].	CA	RL são provenientes de fatores ambientais
91	2005	(a) 1893	[...] radicais livres, moléculas super-reativas [...].	CA	RL são altamente reativos
92	2005	(a) 1893	[...] radicais livres [moléculas super-reativas derivadas do oxigênio] que atacam o DNA, as proteínas, os lipídios.	CA	RL danificam o DNA
93	2005	(a) 1893	Normalmente essas moléculas [radicais livres] são neutralizadas por nossa defesa antioxidante.	CA	X combate RL
94	2005	(a) 1893	Mas essa defesa [antioxidante] tende a se enfraquecer com a idade ou, às vezes, não vence a quantidade de radicais livres. Quando isso acontece há o stress oxidativo [...].	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
95	2005	(a) 1893	[...] o stress oxidativo [decorrente dos radicais livres], que danifica os tecidos e induz a inflamações crônicas, câncer e doenças neurodegenerativas.	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
96	2005	(a) 1893	O papel dos fatores ambientais em doenças humanas não é comprovado por estudos toxicológicos ou epidemiológicos. Mas eles causam o mesmo efeito bioquímico, a formação de radicais livres.	CA	RL são provenientes de fatores ambientais
97	2005	(a) 1893	[...] a formação de radicais livres. Isso sim está provado; há uma quantidade enorme, uns 250 trabalhos, mostrando o papel do stress oxidativo na doença de Parkinson, e mais 1000 que comprovam os efeitos do stress oxidativo em outras doenças. O dado ainda controverso é qual a origem do stress oxidativo e como lutar contra ele. Contra o princípio da negação, eu proponho o princípio da precaução.	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
98	2005	(a) 1893	Como prevenir o stress oxidativo? [...].	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
99	xxxx	xxxx	[Como prevenir o stress oxidativo?] Os antioxidantes agem sobre uma cascata de reações químicas e devem ser combinados.	CA	X combate RL
100	2005	(a) 1893	Vitaminas não conseguem compensar todos os efeitos oxidantes [dos radicais livres].	CA	RL provocam oxidação celular
101	2005	(a) 1893	Precisa utilizar melhor os antioxidantes naturais, que nós mesmos fabricamos, como a glutatona, uma substância que tem papel fundamental na neutralização dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
102	2005	(a) 1893	[a glutatona] deixa de ser fabricada em quantidade suficiente a partir de 45, 50 anos. [...] Produzir glutatona estável e ingerível pela boca pode revolucionar o tratamento antioxidante.	CA	A suplementação com AO é benéfica
103	2005	(a) 1893	Existe toda uma gama de antioxidantes ainda por ser testada. [...] Temos de fazer testes clínicos com os extratos de plantas para ver como eles corrigem as carências antioxidantes do organismo.	CI	Outros
104	2005	(a) 1893	[...] suplementos alimentares, vitaminas e minerais em cápsulas [...] ajudam a combater males recorrentes da oxidação? Ajudam.	CA	X combate RL

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
105	2005	(a) 1893	Há doses excessivamente fortes, e sabemos que um antioxidante pode ser oxidante em doses muito altas. Não adianta tomar mais do que o necessário.	CC	Em excesso, vitaminas/AO causam formação de mais RL
106	2005	(a) 1893	O senhor toma vitaminas? Não, mas eu tomo antioxidantes. Tomo glutatona.	CA	A suplementação com AO é benéfica
107	2005	(b) 1893	Com propriedades antioxidantes, esses ácidos (ácidos clorogênicos, presentes no café) varreriam do organismo os radicais livres [...].	CA	AO varrem os RL do organismo
108	2005	(b) 1893	[...] os radicais livres, as moléculas associadas ao surgimento de doenças [...].	CA	RL causam doenças
109	2005	1894	Café – Substâncias antioxidantes na bebida bloqueariam o desenvolvimento das células cancerígenas.	GI	Antioxidante X combate câncer
110	2005	1899	[...] a indústria passou a investir nos [cosméticos contendo] antioxidantes, com a constatação de que vitaminas como a C e a E impedem ou minimizam a ação dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
111	2005	1899	[...] radicais livres, que aceleram o processo de envelhecimento e favorecem o aparecimento das rugas.	CA	RL causam envelhecimento
112	2005	1902	[...] uma dieta de baixo índice glicêmico diminui a produção de radicais livres.	II	Restrição calórica diminui a quantidade de RL
113	2005	1902	[...] radicais livres, que levam ao envelhecimento [...].	CA	RL causam envelhecimento
114	2005	1915	Antioxidantes como a vitamina E e C retardam o envelhecimento.	CA	AO combatem o envelhecimento
115	2005	1915	Polifenóis [...] que têm ação antioxidante [...].	II	X é antioxidante
116	2005	1916	[Durante o sono] O corpo se livra de alguns radicais livres, moléculas que podem causar envelhecimento precoce [...].	CA	RL causam envelhecimento
117	2005	1916	[Durante o sono] O corpo se livra de alguns radicais livres, moléculas que podem causar [envelhecimento precoce e] até tumores.	CA	RL causam doenças
118	2005	1919	A alimentação deve ser rica em substâncias antioxidantes, como as vitaminas A, C e E.	II	Outros
119	2005	1921	[...] a homocisteína, um aminoácido que contribui para a formação dos radicais livres, que lesam a parede dos vasos sanguíneos.	CA	RL causam doenças
120	2005	1921	Homocisteína – O aminoácido contribui para a formação de radicais livres – substâncias que lesam os vasos sanguíneos e aumentam o risco de formação de coágulos.	CA	RL causam doenças
121	2006	(a) 1969	Uma variedade de alface com as folhas totalmente roxas [...] tem um teor maior de antioxidantes – que ajudam no combate ao envelhecimento.	CA	AO combatem o envelhecimento
122	2006	(b) 1969	[...] o antioxidante mais potente do mercado, a idebenona é uma versão sintética da coenzima-Q10, que funciona como um neutralizador de radicais livres.	CA	X combate RL
123	2006	(b) 1969	[Nos anos 90, um grupo de cientistas alemães deu continuidade às pesquisas e] comprovou certos poderes antioxidantes da substância [a idebenona].	II	X é antioxidante
124	2006	(b) 1969	Os autores a alçaram [a idebenona] à condição de “superantioxidante”, mais efetivo do que a coenzima Q10, o ácido alfalipóico, a kinetina e as vitaminas C e E.	II	X é um AO potente
125	2006	1976	Outro benefício do ovo é a presença de antioxidantes, como a luteína e a zeaxantina, que ajudam a prevenir a degeneração macular.	GI	Antioxidante X combate catarata
126	2006	1976	Vitamina A – Tem ação antioxidante.	II	X é antioxidante
127	2006	1979	Aos 30 anos, os radicais livres atuam com maior intensidade, o que faz aparecer as primeiras rugas [...].	CA	RL causam envelhecimento
128	2006	1979	Densiskin – [...] combate radicais livres.	CA	X combate RL
129	2006	1979	Myoxinol – [...] age contra os radicais livres.	CA	X combate RL
130	2006	1979	Vitamina C tópica – Sua ação antioxidante protege a pele da ação dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
131	2006	1979	[...] radicais livres, que favorecem o envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
132	2006	1980	Ele [o HDL] também exerce funções antioxidantes [...] suas moléculas protegem a parede dos vasos e impedem o surgimento de lesões que facilitam o depósito de gordura nas artérias.	CI	X é AO e, por isso, previne doenças
133	2006	1980	Antioxidantes – Os alimentos ricos em substâncias antioxidantes dificultam o depósito de gordura nas artérias.	CI	X é AO e, por isso, previne doenças
134	2006	1981	Antioxidantes (retardam o envelhecimento celular).	CA	AO combatem o envelhecimento
135	2006	1981	[...] a substância [o chá verde] pode desempenhar seu papel de antioxidante e retardar o envelhecimento da pele.	CA	AO combatem o envelhecimento
136	2006	1982	[...] a bebida [o café] tem substâncias antioxidantes bastante potentes, como os sais minerais, a niacina (uma vitamina do complexo B) e os ácidos clorogênicos.	II	X é um AO potente
137	2006	1982	[Os antioxidantes] ajudam a combater o envelhecimento das células [...].	CA	AO combatem o envelhecimento
138	2006	1982	A quantidade de antioxidantes presentes num café supera a encontrada em outros alimentos considerados grandes fontes dessas substâncias [...].	II	X tem mais AO do que Y
139	2006	1982	Como o café é consumido em larga escala, ele se tornou para muita gente a principal fonte de antioxidantes.	II	X é antioxidante
140	2006	1982	Essas substâncias [os antioxidantes] têm sido entronizadas na medicina preventiva como os compostos naturais mais eficientes para diminuir o ritmo de progressão de doenças e evitar outras.	CA	AO previnem o aparecimento de doenças

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
141	2006	1982	[Nos] Estados Unidos o café é a principal fonte de antioxidantes na dieta [...].	II	X é antioxidante
142	2006	1982	Ele [o café] contribui, em média, com 1299 miligramas de antioxidantes por dia, quantidade mais do que suficiente para retardar o aparecimento de algumas doenças associadas ao envelhecimento.	CA	AO combatem o envelhecimento
143	2006	1982	Seus efeitos antioxidantes [do café] são comparáveis aos das vitaminas C e E e do betacaroteno.	II	X tem mais AO do que Y
144	2006	1982	[...] os ácidos clorogênicos [...], cuja ação antioxidante é bastante conhecida [...].	II	X é antioxidante
145	2006	1982	O ponto ideal de aquecimento é o da pré-fervura, condição em que a bebida [o café] preserva seus nutrientes, entre os quais os antioxidantes.	II	X preserva AO / X causa perda de AO
146	2006	1982	[o café] <u>atrasa</u> o envelhecimento [...].	CA	AO combatem o envelhecimento
147	2006	1982	O café é um dos alimentos com maior quantidade de antioxidantes, substâncias que reduzem o ritmo do processo de envelhecimento.	CA	AO combatem o envelhecimento
148	2006	1982	O café mais saudável é preparado com grão moído há pouco tempo [...] para evitar a perda de antioxidantes.	II	X preserva AO / X causa perda de AO
149	2006	1982	O café mais saudável é feito com água aquecida a 90 graus [...]. A ebulição leva à perda de antioxidantes.	II	X preserva AO / X causa perda de AO
150	2007	1991	Água antiacne – complexo de vitaminas e antioxidantes [...].	II	X é antioxidante
151	2007	1991	Iogurte da juventude - [...] uma dieta rica em antioxidantes, que ajudam a combater o envelhecimento das células [...].	CA	X combate RL
152	2007	1991	Chocolate da beleza – cacau orgânico e antioxidantes derivados de [...].	II	X é antioxidante
153	2007	1994	[...] cenoura faz bem para a vista. Isso porque ela é a principal fonte de betacaroteno, um precursor da vitamina A, cujos poderes antioxidantes são conhecidos desde a década de 80.	II	X é antioxidante
154	2007	1994	[A luteína e a zeaxantina] são antioxidantes, que preservam a saúde das células maculares.	GI	Antioxidante X combate catarata
155	2007	2000	Década de 90 – Surgem os primeiros indícios de que o chocolate amargo é rico em substâncias antioxidantes e, por isso, pode fazer bem.	II	X é um AO potente
156	2007	2000	Salmão bom (com poderes antioxidantes) é o que se pesca em águas geladas [...]. [...] salmão cultivado em cativeiro [...] não tem ação antioxidante.	II	X preserva AO / X causa perda de AO
157	2007	2000	O azeite de oliva – Se levado ao fogo, no entanto, perder seus poderes antioxidantes.	II	X preserva AO / X causa perda de AO
158	2007	2000	Cebola e alho – Os dois alimentos possuem muitos antioxidantes e fitoquímicos relacionados à vasodilatação.	II	X é um AO potente
159	2007	2003	Com base nas propriedades antioxidantes da fruta [o açaí] [...] criaram xampus, sabonetes e cremes, todos à base de açaí.	II	X é antioxidante
160	2007	2003	“Durante incontáveis séculos, os povos do Amazonas consumiram o açaí como fonte de longevidade”, diz a propaganda da [...].	NPCI	Não há subcategorias
161	2007	2003	As peças de marketing da empresa definem o açaí como o alimento com mais substâncias antioxidantes “da Terra”, deixando para trás outras frutas [...].	II	X tem mais AO do que Y
162	2007	2003	[...] o vinho tinto, famoso por suas propriedades no combate ao envelhecimento.	NPCI	Não há subcategorias
163	2007	2003	[...] a jabuticaba, que tem um poder antioxidante superior ao do açaí.	II	X tem mais AO do que Y
164	2007	2003	A chegada do açaí ao mercado americano fez surgir dezenas de produtos que usam a fruta como matéria-prima. São cremes antienvelhecimento, xampus e sucos.	NPCI	Não há subcategorias
165	2007	2005	Castanha-do-Pará [...] contém selênio, mineral que atua na prevenção aos radicais livres [...].	CA	X combate RL
166	2007	2005	[...] radicais livres – aquelas moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
167	2007	2005	[...] radicais livres [...] comprometem o funcionamento do organismo [...].	CA	RL comprometem o funcionamento das células
168	2007	2005	[...] radicais livres [...] fazem aumentar o risco de ocorrência de um câncer.	CA	RL causam doenças
169	2007	2010	Como são estruturas muito instáveis, essas toxinas [as AGEs, produto final da glicação avançada] favorecem a formação de radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
170	2007	2010	[...] a formação de radicais livres e, em consequência, danificam vários órgãos e tecidos do organismo [...].	CA	RL danificam as células
171	2007	2010	[...] a formação de radicais livres e, em consequência, danificam [...] especialmente as artérias.	CA	RL causam doenças
172	2007	2023	Antioxidantes – Caiu por terra a crença de que antioxidantes como a vitamina E e o betacaroteno fazem bem ao coração. Seu efeito antioxidante sobre o colesterol não é suficiente para causar mudanças no quadro cardiológico.	NPCI	Não há subcategorias
173	2007	2024	[...] suplementos como os antioxidantes e o ácido fólico [...] existem inúmeros estudos publicados nos últimos anos em periódicos médicos de respeito a favor [...] da utilização de tais suplementos.	CA	A suplementação com AO é benéfica
174	2007	2030	A medida [a hipotermia terapêutica] limita a ação de substâncias tóxicas, como os radicais livres [...].	CA	RL são tóxicos

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
175	2007	(a) 2033	As reações químicas por meio das quais o organismo sintetiza energia também produzem radicais livres [...].	CC	As reações utilizadas para a síntese de "energia" liberam RL
176	2007	(a) 2033	As reações químicas por meio das quais o organismo sintetiza energia também produzem radicais livres, que provocam a oxidação celular [...].	CA	RL provocam oxidação celular
177	2007	(a) 2033	As reações químicas por meio das quais o organismo sintetiza energia também produzem radicais livres [...] provocam[...] o envelhecimento do corpo [...].	CA	RL causam envelhecimento
178	2007	(b) 2033	[ADU, protetor solar] traz na fórmula uma substância antioxidante capaz de combater a formação de novos radicais livres – o que costuma ocorrer durante a exposição solar.	CA	X combate RL
179	2007	2036	[anúncio, chocolate] contém antioxidantes naturalmente presentes no cacau.	II	X é antioxidante
180	2007	2036	[anúncio, chocolate] tem 55% de cacau e antioxidantes naturais.	II	X é antioxidante
181	2007	2037	Existe uma fórmula para se manter mais jovem por mais tempo? Sim. Há quatorze agentes principais envolvidos no envelhecimento. Sete retardam o processo, como os antioxidantes [...].	CA	AO combatem o envelhecimento
182	2007	2037	[para combater o envelhecimento] não podem faltar nutrientes como o resveratrol da uva e o licopeno do tomate, que são poderosos antioxidantes.	CA	AO combatem o envelhecimento
183	2007	2037	Em lugar de quatro cafezinhos por dia, beba quatro copos de chá verde. Essa bebida concentra muitos antioxidantes e nutrientes bons para a saúde.	CI	X é AO e, por isso, previne doenças
184	2007	2037	[...] acredito que determinadas vitaminas [suplementos] podem melhorar a qualidade de vida e a longevidade. Entre elas estão as vitaminas A, B, C, D e E, além de cálcio, magnésio, selênio e zinco.	CA	AO combatem o envelhecimento
185	2007	2037	[O açúcar] é um dos alimentos com maior concentração de antioxidantes.	II	X tem mais AO do que Y
186	2007	2041	[anúncio, chocolate] Contém antioxidantes naturalmente presentes no cacau.	II	X é antioxidante
187	2007	2041	[anúncio, chocolate] tem 55% de cacau e antioxidantes naturais.	II	X é antioxidante
188	2008	2042	[...] resveratrol, substância com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias presentes na casca e nas sementes da fruta.	II	X é antioxidante
189	2008	2042	[Com o sequenciamento da uva será possível] aumenta nas uvas a concentração de resveratrol, substância com propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes.	II	X é antioxidante
190	2008	2043	Quem pensa que conhece chocolate deve provar os novos tipos feitos com alto teor de cacau, amargos e com seis vezes mais antioxidantes.	II	X tem mais AO do que Y
191	2008	2043	Os novos chocolates têm até seis vezes mais antioxidantes [...] do que os chocolates convencionais.	II	X tem mais AO do que Y
192	2008	2043	Os novos chocolates têm até seis vezes mais antioxidantes – que combatem o colesterol ruim e fortalecem o sistema imunológico.	II	X tem mais AO do que Y
193	2008	2046	O equilíbrio natural entre radicais livres e antioxidantes, envolvidos numa espécie de eterna luta marcial, muda em favor dos primeiros. À solta, essas moléculas, cuja ação pode ser comparada à ferrugem do ferro, passam a danificar os tecidos que encontram pelo caminho: tendão, cartilagem, músculo, osso. Os neurônios ficam mais sensíveis a aumentam a sensação de dores e espasmos.	CA	RL danificam as células
194	2008	2047	Tal qual o chá verde, elas [proteínas da soja] são também ricas em substâncias antioxidantes, capazes de prevenir o envelhecimento celular.	CA	AO combatem o envelhecimento
195	2008	2047	O consumo recomendado [de chá verde] varia conforme a concentração de substâncias antioxidantes no produto.	II	X é antioxidante
196	2008	2057	[...] no fim dos anos 70, [...] Linus Pauling passou a defender a tese de que megadoses de vitamina C retardariam o envelhecimento. Valer-se dessas drágeas com o intuito de viver mais, no entanto, pode ter o efeito inverso: ver roubados anos de vida.	CC	O consumo de suplementos de AO pode ser maléfico; pode ser contrário ao de prevenção do envelhecimento; aumenta o risco de morte prematura
197	2008	2057	Um grande estudo afirma que não é bom negócio você se entupir de suplementos nutricionais.	CC	Em excesso, vitaminas e minerais fazem mal à saúde
198	2008	2057	Segundo o estudo [revisão de pesquisas na área], a suplementação de vitaminas A, E e betacaroteno aumenta o risco de morte prematura.	CC	O consumo de suplementos de AO pode ser maléfico; pode ser contrário ao de prevenção do envelhecimento; aumenta o risco de morte prematura
199	2008	2057	Se alimentos ricos em antioxidantes fazem bem ao coração, à pele, à memória e ao vigor físico, por que o mesmo não vale para os suplementos? A resposta é que frutas e vegetais são ricos em fibras e em uma série de outros micronutrientes que interagem entre si. É essa interação que determina a forma como o organismo absorve as vitaminas e minerais.	CE	É melhor ingerir alimentos ricos em AO no lugar de suplementos, porque os alimentos contêm fibras e micronutrientes que interagem entre si, determinando como o organismo irá absorver as vitaminas e minerais
200	2008	2058	A boa alimentação [...] controla os radicais livres [...].	CI	X diminui a quantidade de RL

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
201	2008	2058	[...] radicais livres, as moléculas responsáveis pelo envelhecimento celular.	CA	RL causam envelhecimento
202	2008	2058	Chá verde – A bebida tem altas concentrações de flavonoides e polifenóis, antioxidantes poderosos contra o envelhecimento das células.	CA	AO combatem o envelhecimento
203	2008	2058	Chocolate meio amargo – Quanto maior a concentração de cacau em uma barra, maior a quantidade de substâncias antioxidantes, como os polifenóis e os flavonoides.	II	X tem mais AO do que Y
204	2008	2062	O tomate é fonte de vitaminas A e C e de licopeno, um antioxidante que protege contra alguns tipos de câncer.	GI	Antioxidante X combate câncer
205	2008	2062	O doce da beterraba e da cenoura [...] além de ambas proporcionarem antioxidantes.	II	X é antioxidante
206	2008	2062	O molho de tomate garante boas doses de licopeno, antioxidante que acelera o aproveitamento do macarrão e da salada de frutas na formação de energia.	CE	O licopeno, AO, acelera o aproveitamento dos alimentos na produção de energia
207	2008	2062	[...] frutas oleaginosas, ricas em gorduras mono e poli-insaturadas, vitaminas e minerais. Elas têm ação antioxidante [...].	II	X é antioxidante
208	2008	2062	A castanha-do-pará é fonte primordial de selênio, antioxidante e coadjuvante em alguns processos cerebrais.	II	X é antioxidante
209	2008	2064	O resveratrol, encontrado no vinho tinto, retarda o envelhecimento, segundo pesquisa americana.	CA	AO combatem o envelhecimento
210	2008	2064	[...] resveratrol, substância com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias encontradas na casca e nas sementes das uvas vermelhas.	II	X é antioxidante
211	2008	2064	Estudos em animais indicam que o resveratrol, por seus poderes antioxidantes, ao combater a ação dos radicais livres[...].	CA	X combate RL
212	2008	2064	Estudos em animais indicam que o resveratrol, por seus poderes antioxidantes [...] preservaria as células de lesões que podem levar ao câncer.	CA	AO previnem o aparecimento de doenças
213	2008	2067	Barra de cereal com castanha-do-pará – Reúne boa dose de substâncias antioxidantes [...].	II	X é antioxidante
214	2008	2069	Achocolatado orgânico – [...] reúne mais flavonoides – substâncias antioxidantes presentes no cacau.	II	X é antioxidante
215	2008	2091	Atingidas pelos raios solares, as células da pele são destruídas e liberam radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
216	2008	2091	Estes [os radicais livres de células destruídas], por sua vez, destroem outras células, num efeito em cadeia.	CA	RL danificam as células
217	2008	2091	O licopeno é uma substância antioxidante, capaz de combater a ação dos radicais livres [...].	CA	X combate RL
218	2008	2091	[...] radicais livres – causadores do envelhecimento da pele do rosto e do corpo.	CA	RL causam envelhecimento
219	2009	(a) 2094	Sabe-se, porém, que uma redução calórica média de 30% na dieta diária normal resulta em uma série de divididos. Um deles é a baixa na liberação de radicais livres [...].	II	Restrição calórica diminui a quantidade de RL
220	2009	(a) 2094	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
221	2009	(a) 2094	[...] radicais livres, as moléculas [...] envolvidas no envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
222	2009	(a) 2094	Ao receberem menos energia, as células do corpo se desaceleram e, consequentemente, reduzem a produção desse lixo [radicais livres] com nome de grupo revolucionário de maio de 1968.	CA	RL são um subproduto celular
223	2009	(b) 2094	É o caso dos radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
224	2009	(b) 2094	É o caso dos radicais livres, as moléculas [...] que aceleram o processo de envelhecimento dos órgãos.	CA	RL causam envelhecimento
225	2009	(b) 2094	Em sua maioria, tais moléculas [os radicais livres] são resíduos de reações químicas que envolvem o oxigênio usado pelas células na obtenção de energia.	CI	RL são um subproduto celular
226	2009	(b) 2094	Em condições normais, o corpo controla a quantidade de radicais livres por intermédio da liberação de enzimas antioxidantes.	CI	Outros
227	2009	(b) 2094	Ao longo da vida, porém, fatores externos, como a exposição à radiação, a agrotóxicos, ao fumo e à poluição, aumentam a quantidade de radicais livres no organismo a tal ponto que não há enzima antioxidante suficiente para os reparos.	CI	X aumenta a quantidade de RL
228	2009	(b) 2094	Quando isso ocorre [aumento na quantidade de radicais livres] o sistema se desequilibra e os tecidos acabam lesionados.	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
229	2009	(b) 2094	É o que os médicos chamam de stress oxidativo [aumento na quantidade de radicais livres e consequente lesão tecidual].	CI	RL estão associados ao estresse oxidativo
230	2009	(b) 2094	Acredita-se que os radicais livres estejam relacionados ao desenvolvimento de algumas doenças crônicas-degenerativas típicas da velhice, como Parkinson e Alzheimer.	CA	RL causam doenças
231	2009	(b) 2094	Os radicais livres agridem, ainda, o material genético das células.	CA	RL danificam o DNA
232	2009	(c) 2094	A bebida [o vinho] é rica em flavonoides, substâncias antioxidantes, que ajudam no combate aos radicais livres [...].	CA	X combate RL
233	2009	(c) 2094	[...] ajudam no combate aos radicais livres, preservando as células das lesões típicas do envelhecimento.	CA	AO combatem o envelhecimento
234	2009	(d) 2094	Nos anos 50, depois de identificar o papel dos radicais livres no processo de degradação celular [...].	CA	RL danificam as células
235	2009	(d) 2094	Os radicais livres são moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
236	2009	(d) 2094	Os radicais livres [...] danificam o DNA [...].	CA	RL danificam o DNA
237	2009	(d) 2094	Os radicais livres [...] aceleram o envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
238	2009	(d) 2094	Eles [os radicais livres] são combatidos naturalmente pelas vitaminas e minerais provenientes da alimentação, numa guerra que, no longo tempo, se revela perdida.	CA	X combate RL
239	2009	(d) 2094	[...] não há comprovação de que antioxidantes artificiais tenham efeito benéfico sobre o corpo. Na verdade, o excesso deles pode até fazer mal.	CC	Em excesso, vitaminas e minerais fazem mal à saúde
240	2009	(d) 2094	O uso do hormônio [melatonina] como elixir da juventude tem origem também na sua decantada ação antioxidante. Mas nada disso está provado cientificamente.	II	X é antioxidante
241	2009	(a) 2114	Não exagere. É chatíssimo comer antioxidantes, deliciar-se com fibras e pensar em vitaminas saltitantes diante da fruteira.	NPCI	Não há subcategorias
242	2009	(b) 2114	Os rins, por meio da urina, de fato eliminam subprodutos dos alimentos, como gorduras e radicais livres.	CA	RL são um subproduto celular
243	2009	(b) 2114	O fígado separa o que é alimento bom de restos, como colesterol e radicais livres, e os rins os expõem.	CA	RL são um subproduto celular
244	2009	(b) 2114	O chá verde é, de fato, uma interessante fonte de antioxidantes, moléculas que teoricamente retardam o envelhecimento, embora o processo seja de extrema complexidade.	CA	AO combatem o envelhecimento
245	2009	2121	Quando comemos, o corpo produz substâncias oxidantes, os radicais livres, que contribuem para o envelhecimento das células.	CA	RL causam envelhecimento
246	2009	2129	Existem estudos demonstrando que algumas substâncias antioxidantes, quando ingeridas, aumentam a resistência da pele contra o sol.	CI	X é AO e, por isso, previne doenças
247	2010	2154	A luta interna contra os radicais livres.	CA	Existe uma luta interna do organismo contra os RL
248	2010	2154	Cada substância presente nas pílulas contribui de determinada maneira no esforço de combater os radicais livres [...].	CA	X combate RL
249	2010	2154	[...] radicais livres, átomos de hidrogênio que ficam entre as células e que danificam as estruturas proteicas que dão sustentação à pele, entre elas o próprio colágeno.	CE	RL são átomos de hidrogênio
250	2010	2154	O stress, o cansaço, a má alimentação e a exposição ao sol aumentam a quantidade dos radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
251	2010	2188	Função anti-idade – em geral, protetores com essa função neutralizam os efeitos dos radicais livres por meio de antioxidantes como vitamina E, extratos de café e cacau [...].	CA	X combate RL
252	2010	2188	Por mais que se proteja a pele dos efeitos dos raios ultravioleta, ela sempre vai receber um pouco deles. É nesse momento que os antioxidantes atuam como segunda proteção.	CI	Outros
253	2010	2190	A hipótese mais aceita é a de que, mesmo quando curadas, as infecções deixam para trás processos inflamatórios em nível molecular [...]. [tais processos] [...] podem favorecer a liberação exagerada de [...] radicais livres [...].	CA	Os processos inflamatórios liberam quantidades excessivas de RL
254	2010	2190	A hipótese mais aceita é a de que, mesmo quando curadas, as infecções deixam para trás processos inflamatórios em nível molecular [...]. [tais processos] estão diretamente ligados ao processo de envelhecimento, uma vez que podem favorecer a liberação exagerada de [...] radicais livres [...].	CA	RL causam envelhecimento
255	2010	2190	[...] moléculas tóxicas, os radicais livres.	CA	RL são tóxicos
256	2010	2190	O fato de eles [ratos e macacos] serem alimentados com a quantidade de comida estritamente necessária para manter as funções vitais fez com que produzissem uma quantidade reduzidíssima de radicais livres [...].	II	Restrição calórica diminui a quantidade de RL
257	2010	2190	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
258	2010	2190	[...] radicais livres, as moléculas [...] associadas ao envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
259	2010	2190	A ideia é desenvolver anti-inflamatórios que possam ser tomados durante toda a vida de modo a combater as microinflamações associadas ao envelhecimento [associadas a radicais livres], sem causar efeitos colaterais graves no organismo.	CA	A ingestão crônica de anti-inflamatórios combate os RL liberados nas inflamações
260	2010	2190	Encontrada nos vinhos tintos, [o resveratrol] tem propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes.	II	X é antioxidante
261	2010	2190	Pesquisas com animais mostraram que doses regulares de resveratrol têm ação sobre os radicais livres [...].	CA	X combate RL
262	2010	2190	[...] radicais livres, as moléculas tóxicas [...].	CA	RL são tóxicos
263	2010	2190	[...] radicais livres, as moléculas [...] envolvidas no processo de envelhecimento.	CA	RL causam envelhecimento
264	2010	2190	A criação de mecanismos capazes de reprimir a manifestação do gene Rasgrf1 no sexo masculino pode ajudar os homens a ter uma estrutura física que proporcione a redução da síntese de radicais livres.	CI	X diminui a quantidade de RL
265	2010	2192	As frutas, legumes e verduras são ricos em compostos quimiopreventivos [...]. São as substâncias antioxidantes que inibem o desenvolvimento de células cancerosas.	GI	Antioxidante X combate câncer
266	2011	2233	[o azeite extravirgem] ajuda a reduzir o colesterol ruim, o LDL, além de inibir a ação dos radicais livres.	CA	X combate RL
267	2011	2238	Essas pimentas [<i>Capsicum</i>] são fontes de vitaminas A, C e E e contêm antioxidantes, que combatem os radicais livres.	CA	X combate RL
268	2012	2257	[...] os temidos radicais livres, moléculas altamente reagentes [...].	CA	RL são altamente reativos

APÊNDICE E – Classificação dos trechos da revista Veja (continuação)

Identificação	Ano	Edição	Trecho	Categoria	Subcategoria
269	2012	2257	[...] radicais livres, moléculas [...] que certos processos bioquímicos produzem naturalmente no corpo.	CC	RL são produzidos normalmente por certos processos bioquímicos do corpo
270	2012	2257	Em quantidades reduzidas, os radicais livres podem até ajudar a fortalecer o sistema imunológico [...].	CE	RL, em quantidades, reduzidas fortalecem o sistema imunológico
271	2012	2257	O problema se instala com o aumento nos níveis de radicais livres provocado por agressões que vêm de fora do corpo, trazidas pela poluição, cigarro, consumo exagerado de gorduras e açúcar e abuso do álcool.	CA	RL são provenientes de fatores ambientais
272	2012	2257	Quando a agressão externa é muito violenta, não há antioxidante que dê conta.	CA	RL são provenientes de fatores ambientais
273	2012	2257	Quando agredidas, elas [as mitocôndrias] deflagram a produção excessiva de radicais livres [...].	CI	X aumenta a quantidade de RL
274	2012	2257	[...] radicais livres, átomos ou moléculas <u>altamente reativos</u> [...].	CA	RL são altamente reativos
275	2012	2257	[...] radicais livres [...] que podem desequilibrar a bioquímica celular.	CA	RL danificam as células
276	2012	2257	O cigarro e o açúcar agredem as células das artérias provocando um quadro inflamatório e, conseqüentemente, estimulando a produção de radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
277	2012	2257	Para ser metabolizada, a substância [o álcool] exige grande esforço do órgão. Tal demanda aumenta a produção de radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
278	2012	2257	Na tentativa de metabolizar grandes quantidades de gordura, álcool e açúcar, as células intestinais aumentam seu ritmo metabólico, o que incrementa a síntese de radicais livres.	CI	X aumenta a quantidade de RL
279	2012	2257	Frutas – São ricas em nutrientes como as vitaminas A e C, de função antioxidante, que previnem a ação dos radicais livres.	CA	X combate RL
280	2012	2257	As chamadas brássicas (couves, brócolis e repolho) são fonte de glicosinolatos, que, além da ação antioxidante, ajudam a neutralizar agentes tóxicos.	II	X é antioxidante
281	2012	2257	O gengibre é rico em fitoquímicos, como o gingerol e a gingerdiona, com poder antioxidante e anti-inflamatório.	II	X é antioxidante
282	2012	2257	Oleaginosas – Essas sementes são boa fonte de gorduras poli-insaturadas e vitamina E, um antioxidante.	II	X é antioxidante
283	2012	2257	Bebidas alcoólicas – A bebida [...] inflama e altera a permeabilidade da mucosa intestinal, reduzindo as defesas antioxidantes do organismo.	CI	X diminui a quantidade de AO
284	2012	2257	As vitaminas e os minerais são essenciais ao bom funcionamento do organismo por dois motivos: além de antioxidantes poderosos, eles são imprescindíveis para ativar enzimas responsáveis pelo combate aos radicais livres.	CA	X combate RL
285	2012	2257	[...] a maioria das pessoas não consegue obter tais nutrientes [vitaminas e minerais] pela alimentação. Por isso, ele defende a suplementação intensa de substâncias antioxidantes.	CA	A maioria das pessoas não consegue quantidade suficiente de AO com a dieta
286	2012	2257	O comedimento alimentar regula o ritmo metabólico e, conseqüentemente, reduz a liberação de radicais livres.	II	Restrição calórica diminui a quantidade de RL
287	2012	2257	O stress é um dos principais fatores de risco para a ação dos <u>agentes tóxicos</u> , especialmente os radicais livres.	CA	RL são tóxicos
288	2012	2257	[...] antioxidantes sintéticos com poder de ação multiplicado por cem [...] nos darão o poder de controlar doenças [e debelar os agentes tóxicos [radicais livres] com facilidade].	CA	AO previnem o aparecimento de doenças
289	2012	2257	[...] antioxidantes sintéticos com poder de ação multiplicado por cem [...] [nos darão o poder de controlar doenças e] debelar os agentes tóxicos [radicais livres] com facilidade.	CA	X combate RL
290	2012	2263	[...] os pesquisadores do Projeto de Pesquisa sobre o Sudário de Turim [...] submeteram fios do sudário a análises microscópicas e à ação de potentes antioxidantes, entre eles a diimida.	NPCI	Não há subcategorias
291	2012	2272	Vitaminas A, C e E, licopeno, carotenoides e flavonoides, presentes em frutas, legumes e verduras, ajudam a combater a ação dos radicais livres nas células.	CA	X combate RL
292	2012	2275	Gordura Poli-insaturada – Possui alta capacidade de oxidação, o que leva à formação de radicais livres, moléculas com efeito tóxico [...].	CA	RL são tóxicos
293	2012	2275	Gordura Monoinsaturada – Mantém a integridade das membranas celulares, tem em sua composição substâncias antioxidantes [...].	II	X é antioxidante
294	2012	2285	Uma parte dos primatas foi alimentada com o correspondente a 2200 calorias diárias, compostas de substâncias antioxidantes, como [...]. As demais cobaias receberam o mesmo tipo de alimentação, mas com 30 % menos calorias. [...] a taxa de mortalidade foi a mesma entre os dois grupos.	CI	Outros

APÊNDICE F – Versão piloto do QRL

Laboratório de Ensino de Bioquímica

O preenchimento deste questionário é voluntário e anônimo, e as informações obtidas a partir dele serão utilizadas somente para Pesquisa e Publicação Científicas, e servirão de guia para o desenvolvimento de novos materiais e/ou abordagens didáticas. Agradecemos a sua participação!

PARTE 1

Graduação – Curso: () Bacharelado () Licenciatura
 Instituição (nome/sigla): UF: Ano de conclusão:
 Quais cursos de **Pós-graduação** você já fez ou está fazendo?
 () Especialização em () Cursando desde () Concluído em
 Instituição (nome/sigla): UF:
 () Mestrado em () Cursando desde () Concluído em
 Instituição (nome/sigla): UF:
 () Doutorado em () Cursando desde () Concluído em
 Instituição (nome/sigla): UF:

PARTE 2

Julgue a correção de cada item (Verdadeiro ou Falso), escolha a justificativa apropriada (alternativas **a a d**) ou justifique com suas próprias palavras (alternativa **e**), e indique seu nível de certeza (*** alternativas corretas**).

Item 1: Radicais livres são espécies químicas que possuem um ou mais elétrons que não estão emparelhados.

() Verdadeiro* () Falso

Justificativa:

- a) São espécies químicas que possuem apenas um elétron não emparelhado.
 b) O elétron está desemparelhado porque não faz parte de nenhuma ligação química.
 c) O elétron está desemparelhado porque não possui um elétron de spin oposto para parear-se.*
 d) O elétron está desemparelhado porque não possui um elétron de mesmo spin para parear-se.
 e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Item 2: Radicais livres são espécies químicas carregadas negativamente.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

- a) O elétron não emparelhado lhes confere uma carga negativa.
 b) Elas possuem carga positiva devido à falta de um elétron.
 c) São espécies químicas neutras, apesar de possuírem um elétron desemparelhado.
 d) Podem ser espécies químicas neutras ou íons.*
 e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Item 3: Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

- a) Existem radicais livres estáveis, mas são sempre, por definição, altamente reativos.
 b) Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muitos curtos e altamente reativos, chegando a danificar proteínas, lipídios e até moléculas de DNA.
 c) Os radicais livres, em geral, possuem tempos de meia-vida muito curtos e são muito reativos, mas existem radicais livres pouco reativos e/ou com tempos de meia-vida mais longos.*
 d) Devido a serem extremamente instáveis e altamente reativos, os radicais livres não podem ser dosados.
 e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

APÊNDICE F – Versão piloto do QRL (continuação)

Laboratório de Ensino de Bioquímica

- Item 4:** Um radical livre não pode reagir com outro radical livre.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) O elétron desemparelhado de um radical livre pode formar uma ligação covalente com o elétron desemparelhado de outro radical, estabilizando-os.*
 b) O elétron desemparelhado de um radical livre pode formar uma ligação iônica com o elétron desemparelhado de outro radical livre, estabilizando-os.
 c) Radicais livres não podem reagir entre si, pois os elétrons desemparelhados repelem-se por estarem carregados negativamente.
 d) Radicais livres não podem reagir entre si, porque são espécies químicas muito instáveis.
 e)
- Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.
- Item 5:** Os termos Espécies Reativas de Oxigênio e Espécies Reativas de Nitrogênio são usados para designar os radicais livres de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) São termos que se referem a moléculas altamente reativas que contém oxigênio e nitrogênio, respectivamente.
 b) São os termos técnicos para designar os radicais livres contendo oxigênio e os radicais livres contendo nitrogênio, respectivamente.
 c) São termos que se referem a moléculas reativas de oxigênio e nitrogênio, respectivamente, e que podem ser radicalares e não radicalares.*
 d) São os termos utilizados para se referir a espécies químicas que reagem com oxigênio e nitrogênio, respectivamente.
 e)
- Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.
- Item 6:** Existem radicais livres que são produzidos normalmente pelo organismo.
 Verdadeiro* Falso
 Justificativa:
 a) São compostos tóxicos e devem ser evitados ao máximo para manter a integridade do organismo.
 b) Podem ser produzidos em certos compartimentos celulares como parte de mecanismos fisiológicos e de regulação ou como produtos secundários de vias metabólicas, mas podem estar relacionados a situações patológicas.*
 c) Radicais livres são gerados em situações não saudáveis como o consumo de alimentos contendo aditivos (por exemplo, corantes e conservantes) e pela presença de agrotóxicos e/ou hormônios.
 d) Radicais livres resultam do consumo de medicamentos e da exposição solar.
 e)
- Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.
- Item 7:** A prática de exercícios físicos aeróbicos (por exemplo, corrida, natação, andar de bicicleta) leva à produção de radicais livres e causa lesões celulares.
 Verdadeiro Falso*
 Justificativa:
 a) Somente exercícios físicos anaeróbicos (por exemplo, musculação) levam à produção de radicais livres, causando lesões em células.
 b) Qualquer tipo de exercício físico leva à produção de radicais livres, causando lesões em células.
 c) A prática de exercícios físicos aeróbicos (por exemplo, corrida, natação, andar de bicicleta) leva à produção de radicais livres, mas quando existe condicionamento físico, o organismo tem estratégias adaptativas, evitando as lesões celulares.*
 d) Qualquer exercício físico combate radicais livres.
 e)
- Meu nível de certeza para estas respostas:
 a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

APÊNDICE F – Versão piloto do QRL (continuação)

Laboratório de Ensino de Bioquímica

Item 8: Os radicais livres podem causar lesões em moléculas de DNA, proteínas e lipídios, levando ao envelhecimento precoce.

Verdadeiro Falso*

Justificativa:

- a) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte celular precoce, quando há falha dos mecanismos antioxidantes ou quando eles são insuficientes.*
- b) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte precoce da célula, mas ao utilizar suplementos de vitamina C ou outros antioxidantes pode-se prevenir estes danos.
- c) Os radicais livres podem danificar proteínas, lipídios e DNA, podendo levar à morte precoce da célula, mas somente ao utilizar suplementos contendo combinações de vitaminas e minerais pode-se prevenir estes danos, devido à ação sinérgica entre estes compostos.
- d) Os radicais livres não levam ao envelhecimento celular, pois não são capazes de causar lesões em membranas.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Item 9: A exposição solar leva à formação de radicais livres nas células epiteliais.

Verdadeiro* Falso

Justificativa:

- a) Por isso é recomendada a utilização de cremes contendo vitaminas e outros antioxidantes, mas eles só são efetivos quando são de boa qualidade e estão associados a uma alimentação equilibrada.
- b) Por isso, o uso de cosméticos contendo antioxidantes é recomendado, contudo o emprego de tratamentos naturais, como máscaras faciais à base frutas frescas é preferencial, pois não contém antioxidantes sintéticos.
- c) Por isso, estão associados a mecanismos de envelhecimento e câncer de pele.*
- d) Não existe qualquer associação entre radicais livres e danos a células epiteliais.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Item 10: Antioxidantes, como as vitaminas C e E, reagem com os radicais livres, fazendo com que deixem de ser radicais livres.

Verdadeiro* Falso

Justificativa:

- a) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante recebe o elétron doado pelo radical livre.
- b) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação ácido-base em que o antioxidante doa o elétron que falta ao radical livre.
- c) Antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando-os, numa reação em que o antioxidante doa ou recebe elétrons para radical livre.*
- d) Antioxidantes não reagem com os radicais livres.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

Item 11: Antioxidantes são moléculas que possuem carga positiva.

Verdadeiro Falso*

Justificativa:

- a) Antioxidantes possuem carga positiva e são capazes de captar os elétrons dos radicais livres.
- b) Antioxidantes possuem carga positiva e são capazes de formar um par iônico com os radicais livres.
- c) Antioxidantes são moléculas capazes de doar ou receber elétrons para os radicais livres e esta propriedade não está relacionada à sua carga.*
- d) Antioxidantes formam complexos com os radicais livres, estabilizando-os.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu “chutei” as respostas.

APÊNDICE F – Versão piloto do QRL
(continuação)

Laboratório de Ensino de Bioquímica

Item 12: A ingestão de suplementos contendo antioxidantes (suplementos vitamínicos) é uma boa estratégia para combater os radicais livres.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

- a) A suplementação só pode ser realizada em caso de deficiência e deve ser composta do nutriente cuja deficiência tenha sido detectada.*
- b) Exercícios físicos intensos provocam o aumento na produção de radicais livres nas células e para prevenir o envelhecimento precoce causado pelos radicais livres, deve-se ingerir suplementos alimentares contendo vitaminas e minerais logo após a prática dos exercícios.
- c) Só se deve utilizar suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos, caso eles sejam exercícios extenuantes.
- d) A utilização de suplementação de antioxidantes após os exercícios físicos é benéfica em qualquer situação.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza.
- b) Não tenho certeza.
- c) Eu "chutei" as respostas.

Item 13: Suplementos de vitaminas e minerais são inócuos e podem ser utilizados sem preocupação para combater os malefícios dos radicais livres, pois só trazem benefícios.

() Verdadeiro () Falso*

Justificativa:

- a) Tomar suplementos vitamínicos só é benéfico quando estão presentes pelo menos duas vitaminas diferentes, pois uma irá restabelecer a outra, formando um segundo radical livre que será pouco reativo e será facilmente eliminado do organismo.
- b) Tomar suplementos de vitaminas e minerais pode promover a formação de radicais livres, portanto seu uso não é recomendado.*
- c) A ingestão de vitaminas para combater os radicais livres só é eficaz se ingerirmos enzimas antioxidantes ao mesmo tempo.
- d) Ação dos suplementos de vitaminas e minerais só é eficaz quando existem enzimas antioxidantes para terminar a reação.
- e)

Meu nível de certeza para estas respostas:

- a) Tenho certeza.
- b) Não tenho certeza.
- c) Eu "chutei" as respostas.

Continua na próxima página

APÊNDICE F – Versão piloto do QRL
(continuação)

Laboratório de Ensino de Bioquímica

PARTE 4

Responda o que é pedido em cada item.

Item 1: Ao longo do questionário você encontrou alguma palavra ou símbolo cujo significado você não conhece ou não se lembra?

() Verdadeiro

() Falso

Indique a seguir:

Não conheço:

Não me lembro:

Item 2: Você conhece alguma outra informação sobre radicais livres que não tenha sido mencionada neste questionário? Qual(is)?

Fim

APÊNDICE G – Versão final do QRL

Gradação: () Biologia () Química

QUESTIONÁRIO DE RADICAIS LIVRES

Instruções:

- Julgue cada item marcando **V** para **Verdadeiro** e **F** para **Falso**;
- Marque um **x** em qualquer lugar da escala para indicar seu Nível de Certeza.

(x: resposta correta)

Item	Resposta	Nível de certeza (%)
1. Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
2. Sob efeito dos radicais livres as células têm suas funções prejudicadas.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
3. A prática de exercícios físicos diminui a formação de radicais livres.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
4. Os radicais livres são decorrentes de situações anormais em nosso organismo.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
5. As vitaminas são antioxidantes.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
6. Radicais livres são espécies químicas muito estáveis e pouco reativas.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
7. Os radicais livres são compostos benéficos às células.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
8. O elétron desemparelhado confere instabilidade ao radical livre.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
9. Suplementos de antioxidantes, como as vitaminas C e E, podem aumentar a formação de radicais livres.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
10. Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muito curtos e que reagem facilmente com outros compostos.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----
11. Os radicais livres resultam de situações de desequilíbrio em nosso organismo.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- ----- ----- -----

APÊNDICE G – Versão final do QRL
(continuação)

Item	Resposta	Nível de certeza (%)
12. A atividade física combate a formação de radicais livres.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
13. Os radicais livres causam envelhecimento.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
14. Os radicais livres são compostos maléficos.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
15. Os suplementos de antioxidantes, como as vitaminas C e E, diminuem a formação de radicais livres.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
16. O elétron desemparelhado confere estabilidade aos radicais livres.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
17. Sob efeito de radicais livres ocorre manutenção de funções celulares importantes.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
18. Os exercícios físicos aumentam a formação de radicais livres.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
19. Nosso corpo produz radicais livres normalmente.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
20. Os radicais livres podem ter reatividade e instabilidade variados.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
21. Antioxidantes são vitaminas.	() V (x) F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
22. Os radicais livres estão associados ao envelhecimento.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----
23. Os radicais livres podem ser benéficos e/ou maléficos às células.	(x) V () F	0 20 40 60 80 100 ----- ----- -----

APÊNDICE H – Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL

Versão Piloto do QRL – Parte 2

	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 1	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	B	Certeza/não tenho certeza	CA
	Correta	B	“Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	

	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 2	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência/FN
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	D (correta)	Certeza	Correto
	Correta	D (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência

	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 3	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência/FN
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência/FN
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência/FP
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento

	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 4	Correta	A (correto)	Certeza	Correto
	Correta	A (correto)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento

APÊNDICE H – Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL
(continuação)

Item 5	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correto	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correto	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correto	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correto	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correto	C (correto)	Certeza	Correto
	Correto	C (correto)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correto	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correto	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreto	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreto	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreto	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreto	C (correto)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
Incorreto	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência	

Item 6	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correto	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correto	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correto	B (correto)	Certeza	Correto
	Correto	B (correto)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correto	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correto	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correto	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreto	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreto	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreto	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreto	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreto	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Incorreto	D	Certeza/Não tenho certeza	CA	
Incorreto	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	

Item 7	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência

Item 8	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A (correta)	Certeza	Correto
	Correta	A (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
Incorreta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	
Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência	

APÊNDICE H – Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL
(continuação)

Item 9	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA	
Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	
Item 10	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA	
Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	
Item 11	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	C (correta)	Certeza	Correto
	Correta	C (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência	
Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA	
Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	
Item 12	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
	Correta	A (correta)	Certeza	Correto
	Correta	A (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	B	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA	
Incorreta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	

APÊNDICE H – Classificação dos conceitos na versão piloto do QRL
(continuação)

	Afirmção	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 13	Correta	A	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	A	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	B (correta)	Certeza	Correto
	Correta	B (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Correta	C	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	C	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Correta	D	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Correta	D	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	Incorreta	A	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	B	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	C	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	Incorreta	D	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência

Versão Piloto do QRL – Parte 3

	Pergunta	Justificativa	Nível de certeza	Conceito
Item 1	A (incorreta)	A (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza	CA
	A (incorreta)	A (incorreta)	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	A (incorreta)	B (correta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	A (incorreta)	C (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	A (incorreta)	D (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	B (correta)	A (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza	CA
	B (correta)	A (incorreta)	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	B (correta)	B (correta)	Certeza	Correto
	B (correta)	B (correta)	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	B (correta)	C (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	B (correta)	D (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	C (incorreta)	A (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	C (incorreta)	B (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	C (incorreta)	C (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza	CA
	C (incorreta)	C (incorreta)	Eu “chutei”	Falta de conhecimento
	C (incorreta)	D (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	D (incorreta)	A (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	D (incorreta)	B (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	D (incorreta)	C (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza/Eu “chutei”	Incoerência
	D (incorreta)	D (incorreta)	Certeza/Não tenho certeza	CA
D (incorreta)	D (incorreta)	Eu “chutei”	Falta de conhecimento	

	Resposta	Nível de certeza	Conceito
Item 2	Correta	Certeza	Correto
	Correta	Não tenho certeza/Eu “chutei”	Correto (insegurança)
	Incorreta	Certeza/Não tenho certeza	CA
	Incorreta	Eu “chutei”	Falta de conhecimento

APÊNDICE I – TCLE aplicado aos pós-graduandos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa intitulado **Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens, prevalência e intervenções corretivas** que tem como responsáveis o Prof. Bayardo Baptista Torres (orientador) e a aluna Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de Oliveira do Instituto de Química da Universidade de São Paulo que podem ser contatados pelos e-mails *bayardo@iq.usp.br* e *rosiris_sindeaux@usp.br*, respectivamente, ou pelo telefone (11) 3091-9195. O presente trabalho tem por objetivos: detectar conceitos sobre radicais livres que estejam em desacordo com os conhecimentos científicos estabelecidos, apresentados na mídia impressa, em livros didáticos e entre professores de Química da Rede Pública de Ensino, e planejar a intervenção corretiva, por meio de um curso de atualização destinado a professores da Rede Pública de Ensino que será desenvolvido pelos estudantes matriculados na Disciplina *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* do Programa Interunidades: Ensino de Química da Universidade de São Paulo. E minha participação consistirá em responder a dois questionários sobre o tema dos radicais livres a serem aplicados no início e ao final da referida Disciplina. Compreendo que este estudo possui finalidade de pesquisa, que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome: _____ Assinatura: _____

São Paulo, ____ de agosto de 2014.

Bayardo Baptista Torres

Rosiris S. de A. P. de Oliveira

(destaque)

(via do participante)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa intitulado **Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens, prevalência e intervenções corretivas** que tem como responsáveis o Prof. Bayardo Baptista Torres (orientador) e a aluna Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de Oliveira do Instituto de Química da Universidade de São Paulo que podem ser contatados pelos e-mails *bayardo@iq.usp.br* e *rosiris_sindeaux@usp.br*, respectivamente, ou pelo telefone (11) 3091-9195. O presente trabalho tem por objetivos: detectar conceitos sobre radicais livres que estejam em desacordo com os conhecimentos científicos estabelecidos, apresentados na mídia impressa, em livros didáticos e entre professores de Química da Rede Pública de Ensino, e planejar a intervenção corretiva, por meio de um curso de atualização destinado a professores da Rede Pública de Ensino que será desenvolvido pelos estudantes matriculados na Disciplina *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres* do Programa Interunidades: Ensino de Química da Universidade de São Paulo. E minha participação consistirá em responder a dois questionários sobre o tema dos radicais livres a serem aplicados no início e ao final da referida Disciplina. Compreendo que este estudo possui finalidade de pesquisa, que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome: _____ Assinatura: _____

São Paulo, ____ de agosto de 2014.

Bayardo Baptista Torres

Rosiris S. de A. P. de Oliveira

APÊNDICE J – TCLE aplicado aos professores da Rede Pública

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar como voluntário do Projeto de Pesquisa **Conceitos Alternativos Sobre Radicais Livres: Origens, Prevalência e Intervenções** desenvolvido no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), sob responsabilidade do Prof. Bayardo Baptista Torres (orientador) e da aluna Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de Oliveira, que podem ser contatados, respectivamente, pelos e-mails *bayardo@iq.usp.br* e *rosiris_sindeaux@usp.br*, ou pelo telefone (11) 3091-9195. Os objetivos do projeto são: (i) detectar os conceitos sobre radicais livres na mídia impressa, em livros didáticos e entre professores de Química e Biologia da Rede Pública Estadual de Ensino do Estado de São Paulo; e (ii) realizar intervenção por meio do Curso de Extensão **Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida**. Minha participação consistirá em responder questionários sobre o tema *radicais livres* e sobre meu perfil profissional ao longo do Curso de Extensão. Minha participação é voluntária e a recusa em participar deste estudo não implicará em qualquer prejuízo na minha participação no referido Curso de Extensão. Compreendo que este estudo possui finalidade de pesquisa, que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas de pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome: _____ Assinatura: _____

Bayardo Baptista Torres

Rosiris S. de A. P. de Oliveira

São Paulo, 12 de janeiro de 2015.

✕-----
(via do participante)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Concordo em participar como voluntário do Projeto de Pesquisa **Conceitos Alternativos Sobre Radicais Livres: Origens, Prevalência e Intervenções** desenvolvido no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), sob responsabilidade do Prof. Bayardo Baptista Torres (orientador) e da aluna Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de Oliveira, que podem ser contatados, respectivamente, pelos e-mails *bayardo@iq.usp.br* e *rosiris_sindeaux@usp.br*, ou pelo telefone (11) 3091-9195. Os objetivos do projeto são: (i) detectar os conceitos sobre radicais livres na mídia impressa, em livros didáticos e entre professores de Química e Biologia da Rede Pública Estadual de Ensino do Estado de São Paulo; e (ii) realizar intervenção por meio do Curso de Extensão **Radicais Livres e Suas Interfaces com a Vida**. Minha participação consistirá em responder questionários sobre o tema *radicais livres* e sobre meu perfil profissional ao longo do Curso de Extensão. Minha participação é voluntária e a recusa em participar deste estudo não implicará em qualquer prejuízo na minha participação no referido Curso de Extensão. Compreendo que este estudo possui finalidade de pesquisa, que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas de pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome: _____ Assinatura: _____

Bayardo Baptista Torres

Rosiris S. de A. P. de Oliveira

São Paulo, 12 de janeiro de 2015.

APÊNDICE K – Questionário de Perfil Profissional

PERFIL PROFISSIONAL

Graduação			
Nome do curso:			
Modalidade:	<input type="checkbox"/> Bacharelado	<input type="checkbox"/> Licenciatura	<input type="checkbox"/> Ambos
Instituição:			
UF:		Ano de conclusão:	

Pós-graduação			
Fez ou está fazendo Pós-graduação?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Modalidade:	<input type="checkbox"/> Especialização	<input type="checkbox"/> Mestrado	<input type="checkbox"/> Doutorado
Programa/Curso:			
Instituição:			
UF:			
Ano de início:			
Ano de conclusão:			

Experiência docente
Você leciona:
Em quantas escolas?
Em quantas turmas de Ensino Fundamental?
Em quantas turmas de Ensino Médio?
Para quantos alunos por turma em média?
Há quanto tempo?
Quais disciplinas?

APÊNDICE M – Respostas dos pós-graduandos à Parte 1 da versão piloto do QRL:
Graduação

Formação Acadêmica dos Pós-graduandos: Graduação

Identificação	GRADUAÇÃO				
	Curso	Modalidade	Instituição	UF	Ano de conclusão
1	Ciências Biológicas	Licenciatura	UFSCAR	SP	2013
2	Ciências Biológicas	Licenciatura	IFSP	SP	2014
3	Ciências Biológicas	Licenciatura	UNESP - Botucatu	SP	2011
4	Química	Licenciatura	UNIFAL	MG	2014
5	Química	Licenciatura	UNIFAL	MG	2014
6	Química	Bacharelado/Licenciatura	Mackenzie	SP	NR
7	Química	Bacharelado/Licenciatura	IQ-USP	SP	2010
8	Química	Licenciatura	UFMG	MG	2008
9	Química	Bacharelado/Licenciatura	IQ-USP	SP	2010/2011
10	Química	Licenciatura	UNIOESTE	PR	2005
11	Química	Licenciatura	UNESP	SP	2007
12	Química	Licenciatura	IQ-USP	SP	2013
13	Química	Bacharelado	IQ-USP	SP	NR
14	Química	Licenciatura	IFSP	SP	2012

Legenda: NR = Não respondeu.

APÊNDICE N – Respostas dos pós-graduandos à Parte 1 da versão piloto do QRL: Pós-graduação

Formação Acadêmica dos Pós-graduandos: Pós-graduação em andamento

Identificação	PÓS-GRADUAÇÃO – EM ANDAMENTO				
	Curso	Modalidade	Ano de início	Instituição	UF
1	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP	SP
2	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP	SP
3	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP-IF	SP
4	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP	SP
5	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Mestrado	2014	USP	SP
6	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Mestrado	2014	USP	SP
7	Interunidades - Ensino de Ciências	Doutorado	2014	USP	SP
8	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Mestrado	2012	USP	SP
9	Química (Ensino)	Mestrado	2013	USP	SP
10	Interunidades - Ensino de Ciências	Doutorado	2012	USP	SP
11	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Doutorado	2012	USP	SP
12	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Mestrado	2014	USP	SP
13	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP	SP
14	Interunidades - Ensino de Ciências (Química)	Mestrado	2014	USP	SP

Formação Acadêmica dos Pós-graduandos: Pós-graduação concluída

Identificação	PÓS-GRADUAÇÃO: CURSO CONCLUÍDO				
	Curso	Modalidade	Ano de conclusão	Instituição	UF
1	Não possui				
2	Não possui				
3	Não possui				
4	Não possui				
5	Não possui				
6	Não possui				
7	Interunidades - Ensino de Ciências	Mestrado	2014	USP	SP
8	Psicopedagogia	Especialização	2010	UNIP	SP
9	Não possui				
10	Educação Científica e Tecnologia	Mestrado	2007	UFSC	SC
11	Interunidades - Ensino de Ciências Química	Mestrado	2011	USP	SP
12	Não possui				
13	Não possui				
14	Não possui				

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL

Para todos os quadros

Legenda: NR = não respondeu; CA = conceito alternativo; xxx = não se aplica. **Observação:** a resposta indicada pelos participantes corresponde a “1”.

IIEM 1														
Questionário	RESPOSTAS			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DO CONCEITO
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Correto (insegurança)
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	NR	NR	NR	1	CA ¹
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
9	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
TOTAL	13	1	0	2	5	6	1	0	0	6	6	1	1	xxxxxxx
Porcentagem	92,9	7,1	0,0	14,3	35,7	42,9	7,1	0,0	0,0	42,9	42,9	7,1	7,1	xxxxxxx

Resposta correta: Verdadeiro. **Justificativa correta:** C. ⁽¹⁾ o candidato não indicou o nível de certeza.

IIEM 2														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	Correto
5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CA
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	Correto
9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	Correto
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CA
13	0	1	0	0	0	1	0	0*	0	1	0	0	0	CA
14	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
TOTAL	3	11	0	3	0	3	8	0	0	6	8	0	0	xxxxxxx
Porcentagem	21,4	78,6	0,0	21,4	0,0	21,4	57,1	0,0	0,0	42,9	57,1	0,0	0,0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** D. **Comentário:** * Para ter carga negativa, deve existir excesso de elétrons, por isso são neutras.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

ITEM 3														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência
13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
14	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
TOTAL	11	3	0	2	5	7	0	0	0	3	11	0	0	xxxxxxx
Porcentagem	78,6	21,4	0,0	14,3	35,7	50,0	0,0	0,0	0,0	21,4	78,6	0,0	0,0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** C.

ITEM 4														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Correto (insegurança)
3	0	1	0	NR	NR	NR	NR	NR	1	0	1	0	0	Correto - parcial
4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Incoerência
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	CA
6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
TOTAL	3	11	0	8	1	3	1	0	1	2	9	3	0	xxxxxxx
Porcentagem	21,4	78,6	0,0	57,1	7,1	21,4	7,1	0,0	7,1	14,3	64,3	21,4	0,0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** A.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

IIEM 5														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	Incoerência
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Incoerência
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	Incoerência
6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
13	NR	NR	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto - parcial
14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
TOTAL	10	3	1	1	4	8	1	0	0	0	12	3	0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** C.

IIEM 6														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto (insegurança)
2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	CA
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
13	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
14	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	Correto
TOTAL	14	0	0	0	13	1	0	0	0	8	6	0	0	xxxxxxx

Resposta correta: Verdadeiro. **Justificativa correta:** B.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

ITEM 7														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência
3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	Incoerência
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência
7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	CA
12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Incoerência
14	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
TOTAL	4	10	0	1	1	6	5	0	0	3	9	3	0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** C. **Comentário:** * A prática de exercícios não leva a [sic] produção de radicais livres.

ITEM 8														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	CA
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CA
3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
11	1	0	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	Incoerência ¹ / CA ²
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
13	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
14	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
TOTAL	14	0	0	5	6	2	0	0	0	3	11	0	0	xxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** A. ⁽¹⁾ A justificativa A contradiz o julgamento da afirmação, mas está correta; ⁽¹⁾ e ⁽²⁾ A justificativa A contradiz o julgamento da afirmação (Incoerência) e justificativa B é CA. **Comentário:** * As alternativas a e b são complementares.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

ITEM 9														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
11	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Correto- parcial ¹
13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
TOTAL	13	1	0	2	1	10	1	0	0	4	9	0	0	xxxxxxx

Resposta correta: Verdadeiro. **Justificativa correta:** C. ⁽¹⁾ não respondeu o nível de certeza.

ITEM 10														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
2	NR	NR	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA ¹
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Incoerência
6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
7	1	0	0	NR	NR	NR	NR	NR	1	0	0	1	0	NR ²
8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	CA
10	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	CA
13	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
TOTAL	11	2	1	1	4	7	1	0	1	2	9	3	0	xxxxxxx

Resposta correta: Verdadeiro. **Justificativa correta:** C. ⁽¹⁾ não respondeu o julgamento da afirmação; ⁽²⁾ não respondeu a justificativa e “chutou” o julgamento da afirmação.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

ITEM 11														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
9	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto (insegurança)
10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	CA
12	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Correto
13	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
14	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
TOTAL	2	12	0	1	0	7	5	0	0	2	10	2	0	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** C. **Comentário:** * Antioxidantes são espécies que reagem com os radicais doando elétrons, independente da carga.

ITEM 12														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CA
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	Falta de conhecimento
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência ¹
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Incoerência ¹
11	1	0	0	1	0	0	0	0	0	NR	NR	NR	1	Incoerência ¹
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência ^{1,2}
13	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	CA
14	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Incoerência ¹
TOTAL	11	3	0	10	0	2	1	0	0	4	8	1	1	xxxxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** A. ⁽¹⁾ O julgamento da afirmação está incorreto, mas a justificativa está correta; ⁽²⁾ não respondeu o nível de certeza. **Comentário:** * Com exercícios físicos é possível combater de forma mais eficiente.

APÊNDICE O – Distribuição e classificação das respostas dos pós-graduandos no QRL
(continuação)

ITEM 13														
Questionário	RESPOSTA			JUSTIFICATIVA (ALTERNATIVAS)						NÍVEL DE CERTEZA				CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS
	Verdadeiro	Falso	NR	A	B	C	D	E	NR	Tenho certeza	Não tenho certeza	Eu "chutei" as respostas	NR	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	CA
4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	CA
7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
8	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	CA
9	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	1	0	0	0	Correto
10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	CA
11	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	0	1	0	0	Falta de conhecimento
12	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	Correto - parcial
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Correto (insegurança)
14	0	1	0	0	0	0	0	1*	0	1	0	0	0	CA
TOTAL	0	14	0	1	2	0	7	0	0	2	10	2	0	xxxxx

Resposta correta: Falso. **Justificativa correta:** B. **Comentários (por número do questionário):**

**(8) Não são inócuos, pois o excesso de algumas vitaminas no organismo pode trazer danos, por exemplo vitamina D; (9) Quando tomados em situações onde não há necessidade, podem levar à formação de radicais livres; (11) Não sei como justificar; (14) As vitaminas e minerais só devem ser consumidos caso haja a sua ausência no organismo.*

APÊNDICE P – Respostas dos professores ao questionário *Perfil Profissional* – Formação Acadêmica: Graduação

Identificação	GRADUAÇÃO				
	Curso	Instituição	Local	Modalidade	Conclusão
1	Ciências Biológicas	IB-USP	SP	Licenciatura e Bacharelado	2010 e 2011
2	Química	UNESP	SP	Licenciatura e Bacharelado	2002
3	Farmácia	UNIBAN	SP	Bacharelado	2010
	Química	Instituto Dottori de Ensino Superior	SP	Licenciatura	2013
	Ciências Biológicas	Faculdade Paulista São José	SP	Licenciatura	2014
4	Ciências com Habilitação em Química	Fundação Santo André	SP	Licenciatura	1994
5	Ciências Biológicas	UNICSUL	SP	Licenciatura	2013
6	Ciências Biológicas	Não indicado	SP	Licenciatura e Bacharelado	2011
7	Ciências Biológicas	UNICASTELO	SP	Licenciatura e Bacharelado	2010
8	Química	UNIB	SP	Licenciatura e Bacharelado	2007
9	Ciências Físicas e Biológicas	UNIP	SP	Licenciatura e Bacharelado	2011
10	Química	UNIMEP	Piracicaba - SP	Licenciatura e Bacharelado	1995
11	Química	UNICASTELO	SP	Licenciatura	1999
12	Ciências Biológicas	PUCAMP	SP	Licenciatura e Bacharelado	2006
13	Ciências Físicas e Biológicas	UNESP – Bauru	SP	Licenciatura	1993
14	Ciências Biológicas	UNIBAN	SP	Licenciatura	2007
15	Ciências Biológicas	UNG	SP	Licenciatura	2003
16	Química	UNG	SP	Licenciatura e Bacharelado	2007
17	Química	UNIB	SP	Licenciatura	2009
18	Ciências Biológicas	IFSP	SP	Licenciatura	2014
19	Química	FOC	SP	Licenciatura e Bacharelado	2000
20	Ciências com Habilitação em Biologia	UNIFESP	SP	Licenciatura	2014
21	Ciências Biológicas	UNINOVE	SP	Licenciatura e Bacharelado	2013
22	Química	Fundação Santo André	SP	Licenciatura e Bacharelado	2008
23	Ciências Biológicas	UNIP	SP	Licenciatura e Bacharelado	2008
24	Ciências Biológicas	UNICSUL	SP	Licenciatura e Bacharelado	2013
25	Química	Fundação Hermínio Ometto – UNIARARAS	SP	Licenciatura	2010
26	Ciências Biológicas	IFSP	SP	Licenciatura	2013
27	Química	UNG	SP	Licenciatura e Bacharelado	1987

APÊNDICE Q – Respostas dos professores ao questionário *Perfil Profissional* – Formação Acadêmica: Pós-graduação

Identificação	PÓS-GRADUAÇÃO				
	Modalidade	Curso	Instituição	Início	Conclusão
1	Não fez				
2	Especialização	Não indicado	UNESP	2010	2012
3	Especialização	Química	FOC	2012	Interrompido (2013)
4	Especialização	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino de Química	IQ-USP (GEPEQ)	2000	2001
5	Não fez				
6	Especialização	Biotecnologia	FOC	2012	Em andamento
7	Não fez				
8	Especialização	Química	FOC	2013	2015
9	Especialização	Formação de Professores para o Ensino Superior	UNIP	2014	2015
10	Especialização	Cosméticos, Educação, Gestão Escolar, Pedagogia, Farmácia	USP / UNINOVE (Araraquara)	1996	2012
	Mestrado	Cosmetologia Clínica	USP (Araraquara)	1998	2003
11	Não fez				
12	Não fez				
13	Especialização	Microbiologia Clínica	FIB / USP	2006	2008
14	Não fez				
15	Não fez				
16	Não fez				
17	Não fez				
18	Mestrado	Ensino de Ciências	IFSP	2015	Em andamento
19	Especialização	Pedagogia	UNIBAN	2001	2003
20	Não fez				
21	Não fez				
22	Não fez				
23	Não fez				
24	Especialização	Psicopedagogia	UNICSUL	2014	Em andamento
25	Especialização	Ciência e Tecnologia	UFABC	2014	2015
26	Não fez				
27	Não fez				

APÊNDICE R – Respostas dos professores ao questionário *Perfil Profissional* – Experiência Docente

Identificação	EXPERIÊNCIA DOCENTE						
	Disciplinas que leciona	Número de escolas em que leciona	Número de turmas de Ensino Fundamental	Número de turmas de Ensino Médio	Número médio de alunos / turma (declarado)	Número médio de alunos / turma (valor usado para o cálculo)	Número de anos em que leciona
1	Ciências e Biologia	1	3	5	35-40	40	3
2	Química e Física	1	0	10	40	40	25
3	Química e Biologia	Até 3	0	Até 16	45-52	50	4
4	Química e Ciências	2	5	13	40	40	16
5	Ciências e Biologia	2	5	10	45	45	2
6	Ciências e Biologia	2	7	3	35	35	2
7	Ciências e Biologia	2	6	12	35	35	6
8	Química	1	NR	NR	40	40	5
9	Ciências, Biologia, Química, Física e Matemática	1	2	8	35	35	2
10	Química e Física	2	1	14	45	45	24
11	Química	2	0	NR	40	40	10
12	Química e Biologia	3	4	16	45	45	8
13	Matemática, Ciências e Biologia	1	6	4	30	30	20
14	Biologia	1	0	5	40	40	7
15	NR	1	3	3	40	40	11
16	Química e Física	1	0	3	40	40	7
17	Química	3	2	20	40	40	6
18	Biologia	1	0	5	45	45	6 meses
19	Química	1	0	5	40	40	19
20	Biologia	1	0	10	45	45	4
21	Ciências	1	NR	NR	45	45	1
22	Física, Química e Ciências	2	4	15	45	45	8
23	Biologia	1	0	3	100	100	6 meses
24	Biologia	1	0	11	32	32	6 meses
25	Química	2	0	17	30	30	4
26	Biologia	1	0	12	40	40	3
27	Química e Física	2	0	14	35	35	24

Legenda: NR = não respondeu.

APÊNDICE S – KR-20 para o QRL quando algum item é deletado

KR-20: todos os itens do QRL

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
1	0,569	0,586
2	0,548	0,573
3	0,556	0,560
4	0,567	0,573
5	0,555	0,590
6	0,591	***
7	0,593	0,624
8	0,604	0,628
9	0,604	0,578
10	0,627	0,662
11	0,525	0,596
12	0,513	0,560
13	0,548	0,586
14	0,477	0,551
15	0,552	0,575
16	0,552	0,591
17	0,517	0,557
18	0,553	0,593
19	0,555	0,601
20	0,557	0,608
21	0,566	0,632
22	0,572	0,631
23	0,522	0,590

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens	0,571	0,606

***Variância igual a zero: item removido automaticamente pelo software SPSS.

APÊNDICE S – KR-20 para o QRL quando algum item é deletado
(continuação)

KR-20 para Grupo 1: Itens 1, 6, 10 e 20

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
1	-0,528 ^a	0,452
6	0,080	***
10	-1,325 ^a	0,132
20	-1,325E-16 ^a	-0,152 ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	-0,372	0,317

***Variância igual a zero: item removido automaticamente pelo software SPSS.
a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 2: Itens 2 e 17

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
2	. ^a	. ^a
17	. ^a	. ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	0,564	0,431

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 3: Itens 3, 12 e 18

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
3	0,425	0,522
12	0,650	0,880
18	0,653	0,608

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	0,684	0,768

APÊNDICE S – KR-20 para o QRL quando algum item é deletado
(continuação)

KR-20 para o Grupo 4: Itens 4, 11 e 19

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
4	-0,269 ^a	0,189
11	-0,143 ^a	-0,111 ^a
19	0,465	0,128

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	0,225	0,167

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 5: Itens 5 e 21

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
5	. ^a	. ^a
21	. ^a	. ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	-0,250	0,253

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 6: Itens 7, 14 e 23

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
7	0,475	0,257
14	0,099	-0,182 ^a
23	-0,189 ^a	0,036

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	0,283	0,079

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

APÊNDICE S – KR-20 para o QRL quando algum item é deletado
(continuação)

KR-20 para o Grupo 7: Itens 8 e 16

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
8	. ^a	. ^a
16	. ^a	. ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	-2,708	-1,205

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 8: Itens 9 e 15

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
9	. ^a	. ^a
15	. ^a	. ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	-0,286	0,432

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

KR-20 para o Grupo 9: 13 e 22

KR-20		
Item deletado	Pré-QRL	Pós-QRL
13	. ^a	. ^a
22	. ^a	. ^a

KR-20	Pré-QRL	Pós-QRL
Todos os itens do grupo	0,176	-1,275

a. O valor é negativo devido a uma covariância média negativa entre os itens.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Transcrição dos livros de Bioquímica: Campbell – Bioquímica	231
ANEXO B – Transcrição dos livros de Bioquímica: Lehninger – Princípios de Bioquímica	234
ANEXO C – Transcrição dos livros de Bioquímica: Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica.....	238
ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica	241
ANEXO E – Transcrição dos livros de Bioquímica: Voet Voet – Bioquímica.....	246
ANEXO F – Website de divulgação do curso de extensão	248
ANEXO G – Número de inscritos no curso de extensão por região.....	249
ANEXO H – Divulgação do curso de extensão no website do IQ-USP.....	250
ANEXO I – Divulgação do curso de extensão no Boletim Semanal CGEB	251
ANEXO J – Notícia sobre o curso de extensão no Jornal O Alquimista.....	253

ANEXO A – Transcrição dos livros de Bioquímica: Campbell – Bioquímica

1ª Edição – 1991

Cap. Lipids

p. 135

Vitamin E

Serve as an antioxidant [...].

p.139

Vitamin E

[...]

A well-established chemical property of vitamin E is that it is an **antioxidant**¹⁰. That is, it is a good reducing agent, so it reacts with oxidizing agents before they can attack other biomolecules. It has been shown in the laboratory that the antioxidant action of vitamin E protects important compounds, including vitamin A, from degradation; vitamin E probably also serves this function in organisms. Another function of antioxidants such as vitamin E is to react with and thus remove the very reactive and highly dangerous substances known as **free radicals** (1)¹¹. A free radical has at least one unpaired electron, which accounts for the high degree of reactivity (2). Free radicals may play a part in the development of cancer and in the aging process (3).

[...]

2ª Edição – 1995

Chapter 8, Lipids and Membranes

p. 267

Vitamin E

Serves as an antioxidant [...].

p. 271

Vitamin E

[...]

A well-established chemical property of vitamin E is that it is an **antioxidant** – that is, good reducing agent – so it reacts with oxidizing agents before they can attack other biomolecules. The antioxidant action of vitamin E has been shown to protect important compounds, including vitamin A, from degradation in the laboratory; it probably also serves this function in organisms. Recent research has shown that the interaction of vitamin E with membranes enhances its effectiveness as an antioxidant. Another function of antioxidants such as vitamin E is to react with, and thus remove, the very reactive and highly dangerous substances known as **free radicals**. A free radical has at least one unpaired electron, which accounts for its high degree of reactivity. Free radicals may play a part in the development of cancer and in the aging process.

[...]

3ª Edição – 1999

Chapter 6, Lipids and Membranes

p. 223

Vitamin E

Serve as an antioxidant [...].

p. 227-228

Vitamin E

[...]

A well-established chemical property of vitamin E is that it is an **antioxidant** – that is, a good reducing agent – so it reacts with oxidizing agents before they can attack other biomolecules. The antioxidant action of vitamin E has been shown to protect important compounds, including vitamin A, from degradation in the laboratory; it probably also serves this function in organisms. Recent research has shown that the interaction of vitamin E with membranes enhances its effectiveness as an antioxidant. Another function of antioxidants such as vitamin E is to react with, and thus remove, the very reactive and highly dangerous substances known as **free radicals**. A free radical has at least one unpaired electron, which accounts for its high degree of reactivity. Free radicals may play a part in the development of cancer and in the aging process. [...].

¹⁰ Os trechos em negrito ou itálico foram feitos pelos autores dos livros.

¹¹ Os períodos sublinhados e contendo número entre parênteses correspondem aos trechos discutidos na Seção 4.2.

ANEXO A – Transcrição dos livros de Bioquímica: Campbell – Bioquímica (continuação)

5ª Edição – 2007

Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas

p. 219

Vitamina E

Serve como antioxidante [...].

p. 221-222

Vitamina E

[...]

Uma propriedade química bem estabelecida da vitamina E é que ela é um **antioxidante** – ou seja, um bom agente redutor – reagindo com os agentes oxidantes antes que estes possam atacar outras biomoléculas. A ação antioxidante da vitamina E comprovadamente protege compostos importantes, incluindo a vitamina A, da degradação produzida no laboratório; ela provavelmente executa essa função também nos organismos. Pesquisas recentes mostraram que a interação entre a vitamina E e as membranas aumenta sua efetividade como antioxidante. Outra função dos antioxidantes como a vitamina E é a de reagir com – e assim remover – as substâncias bastante reativas e altamente perigosas conhecidas como **radicais livres**. Um radical livre tem, pelo menos, um elétron não pareado, responsável por seu alto grau de reatividade. Os radicais livres podem ter papel importante no desenvolvimento do câncer e no processo de envelhecimento.

[...]

6ª Edição – 2008

Chapter 8, Lipids and Proteins Are Associated in Biological Membranes

p. 222

Vitamin E

Serve as an antioxidant [...].

p. 226

Vitamin E

[...]

A well-established chemical property of vitamin E is that it is an **antioxidant** – that is, a good reducing agent – so it reacts with oxidizing agents before they can attack other biomolecules. The antioxidant action of vitamin E has been shown to protect important compounds, including vitamin A, from degradation in the laboratory; it probably also serves this function in organisms.

Recent research has shown that the interaction of vitamin E with membranes enhances its effectiveness as an antioxidant. Another function of antioxidants such as vitamin E is to react with, and thus to remove, the very reactive and highly dangerous substances known as **free radicals**. A free radical has at least one unpaired electron, which accounts for its high degree of reactivity. Free radicals may play a part in the development of cancer and in the aging process.

[...]

7ª Edição – 2012

Chapter 8, Lipids and Proteins Are Associated in Biological Membranes

p. 214

Vitamin E

Serve as an antioxidant [...].

p. 218

Vitamin E

[...]

A well-established chemical property of vitamin E is that it is an **antioxidant** – that is, a good reducing agent – so it reacts with oxidizing agents before they can attack other biomolecules. The antioxidant action of vitamin E has been shown to protect important compounds, including vitamin A, from degradation in the laboratory; it probably also serves this function in organisms.

Recent research has shown that the interaction of vitamin E with membranes enhances its effectiveness as an antioxidant. Another function of antioxidants such as vitamin E is to react with, and thus to remove, the very reactive and highly dangerous substances known as **free radicals**. A free radical has at least one unpaired electron, which accounts for its high degree of reactivity. Free radicals may play a part in the development of cancer and in the aging process.

[...]

ANEXO A – Transcrição dos livros de Bioquímica: Campbell – Bioquímica (continuação)

8ª Edição – 2015

Capítulo 8, Lipídeos e Proteínas Estão Associados a Membranas Biológicas, p. 209, 213.

p. 209

Vitamina E

Serve como antioxidante [...].

p. 213

Vitamina E

[...]

Uma propriedade química bem estabelecida da vitamina E é que ela é um **antioxidante** – ou seja, um bom agente redutor –, portanto, reage com os agentes oxidantes antes que estes possam atacar outras biomoléculas. A ação antioxidante da vitamina E comprovadamente protege compostos importantes, incluindo a vitamina A, da degradação no laboratório; e provavelmente executa esta função também nos organismos.

Pesquisas recentes mostraram que a interação entre a vitamina E e as membranas aumenta sua efetividade como antioxidante. Outra função dos antioxidantes como a vitamina E é reagir com – e assim, remover – as substâncias bastante reativas e altamente perigosas conhecidas como radicais livres (1). Um radical livre tem, pelo menos, um elétron desemparelhado, responsável por seu alto grau de reatividade (2). Os radicais livres podem ter um papel importante no desenvolvimento do câncer e no processo de envelhecimento (3).

[...]

Radicais livres – moléculas altamente reativas que têm no mínimo um elétron desemparelhado (4).

ANEXO B – Transcrição dos livros de Bioquímica: Lehninger – Princípios de Bioquímica

1ª Edição – 1984

Capítulo 17, Transporte de elétrons, fosforilação oxidativa e regulação da produção de ATP

p. 342

A Redução Incompleta do Oxigênio Pode Ser Causa de Lesões Celulares

É muito importante para a célula que a molécula de oxigênio, aceitando quatro elétrons, seja completamente reduzida a duas moléculas de H₂O. Se o O₂ é parcialmente reduzido pela recepção de somente dois elétrons, o produto é o peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Se o O₂ receber somente um elétron, o produto será o *radical superóxido* (:O₂). O peróxido de hidrogênio e o superóxido são extremamente tóxicos para as células porque atacam os ácidos graxos insaturados componentes da parte lipídica da membrana, o que provoca sua lesão (1). As células aeróbicas são protegidas do superóxido e do peróxido pela ação da *superóxido dismutase*, uma metaloenzima que converte o radical superóxido em peróxido de hidrogênio, e pela ação da *catalase* que converte o peróxido de hidrogênio em H₂O e oxigênio molecular [...].

O peróxido de hidrogênio, embora tóxico, pode ser útil. O besouro bombardeiro produz uma solução concentrada de peróxido de hidrogênio em um saco de sua glândula tipo aerossol, e uma solução de hidroquinona em outro saco. Quando ameaçado, este notável inseto ataca (e envenena) seus inimigos lançando um jato quente (40°C) de uma quinona tóxica, resultante da oxidação explosiva da hidroquinona pelo peróxido de hidrogênio (2).

2ª edição - 1995

Capítulo 2, Células

p. 26

Os peroxissomos destroem o peróxido de hidrogênio, e os glioissomos convertem gorduras em carboidratos

Algumas das reações oxidativas na degradação dos aminoácidos e gorduras produzem radicais livres e peróxido de hidrogênio (H₂O₂), espécies químicas muito reativas que podem lesar a maquinaria celular (1). Para proteger a célula destes subprodutos destrutivos, tais reações são segregadas dentro de pequenas vesículas, envoltas por membrana, chamadas de **peroxissomos**. O peróxido de hidrogênio é degradado pela catalase, uma enzima presente em grandes quantidades nos peroxissomos e glioissomos, ela catalisa a reação [...].

Capítulo 18, Fosforilação oxidativa e fofosforilação

p. 410, 412

[...]

Este complexo enzimático [complexo IV] surgiu para realizar a redução dos quatro elétrons do O₂ sem gerar intermediários incompletamente reduzidos como o peróxido de hidrogênio ou radicais hidroxila livres – espécies muito reativas que lesariam os componentes celulares (2).

Capítulo 21, Biossínteses de aminoácidos, nucleotídeos e moléculas relacionadas

p. 542

[...]

A ribonucleotídeo redutase é notável pelo fato de seu mecanismo de reação prover o exemplo melhor caracterizado do envolvimento de radicais livres nas transformações bioquímicas (3). Desta forma, ela é um protótipo para as reações envolvendo radicais intermediários, uma vez tidos como muito raros nos sistemas biológicos (4).

3ª Edição (2002)

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação

p. 524

[...]

Esta redução de apenas um elétron de cada vez [complexo IV] envolve centros redox que transportam apenas um elétron incompletamente reduzidos, tais como o peróxido de hidrogênio ou os radicais hidroxila livres, que são espécies muito reativas que podem danificar os componentes celulares (1). Os intermediários permanecem firmemente ligados ao complexo até serem completamente convertidos em água.

ANEXO B – Transcrição dos livros de Bioquímica: Lehninger – Princípios de Bioquímica (continuação)

4ª Edição – 2007

Parte II, Bioenergética e Metabolismo, p. 484.

p. 484

Reações dos radicais livres

Antigamente considerada rara, a clivagem hemolítica de ligações covalentes com geração de radicais livres é, atualmente, sabida ocorrer em muitos processos bioquímicos (1).

p. 692

[...]

Aparentemente o heme b do complexo II não está diretamente no caminho de transferência de elétrons; mas ele pode funcionar na redução da frequência com que os elétrons “escapam” do sistema e movem-se do succinato para o oxigênio molecular produzindo o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o radical superóxido (*O₂⁻) conhecidos como espécies oxigênio reativas (ROS) (2).

[...]

Capítulo 19, Fosforilação oxidativa e fotofosforilação, p. 692, 694, 715-716.

p. 694

[...]

Essa redução do O₂ com quatro elétrons envolve centros redox que transportam apenas um elétron de cada vez e ela deve ocorrer sem gerar intermediários incompletamente reduzidos, tais como o peróxido de hidrogênio ou os radicais hidroxila livres, que são espécies muito reativas que pode danificar os componentes celulares (3).

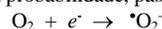
[...]

p. 715-716

Papel das Mitocôndrias na Apoptose e no Estresse

[...]

As mitocôndrias também estão envolvidas na resposta celular ao estresse oxidativo. Como já vimos, vários passos no processo de redução do oxigênio na mitocôndria têm a possibilidade de produzir radicais livres muito reativos que podem danificar as células (4). A passagem dos elétrons de QH₂ para o citocromo *b*₂ através do complexo III e a passagem dos elétrons do complexo I para QH₂ envolvem o radical *Q* como intermediário. Este radical pode, com baixa probabilidade, passar um elétron para O₂ na reação:

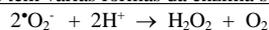


O radical superóxido, *O₂⁻ é muito reativo e pode danificar enzimas, lipídios de membrana e ácidos nucleicos (5).

[...]

De 0,1% até tanto quanto 4% do O₂ empregado pela mitocôndria que está respirando forma *O₂⁻ – quantidade mais que suficiente para provocar efeitos letais na célula, a menos que os radicais livres assim formados sejam rapidamente neutralizados (6).

Para prevenir a lesão oxidativa pelo *O₂⁻ as células têm várias formas da enzima superóxido dismutase que catalisa a reação:



O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) gerado por essa reação é tornado inócuo pela ação da glutatona peroxidase.

[...]

A glutatona redutase recicla a glutatona oxidada para sua forma reduzida usando elétrons do NADPH formado pela ação da nicotinamida nucleotídeo transidrogenase ou pela via das pentoses fosfato. A glutatona reduzida também funciona na manutenção no estado reduzido dos grupos sulfidríla de proteínas, prevenindo alguns dos efeitos deletérios do estresse oxidativo (7).

5ª Edição – 2008

Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types

p. 498

Free-Radical Reactions

Once thought to be rare, the homolytic cleavage of covalent bonds to generate free radicals has now been found in a wide range of biochemical processes (1).

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation

p. 715

[...]

The heme b of Complex II is apparently not in the direct path of electron transfer; it may serve instead to reduce the frequency with which electrons “leak” out of system, moving from succinate to molecular oxygen to produce the reactive oxygen species (ROS) hydrogen peroxide (H₂O₂) and superoxide radical (*O₂⁻) (2) [...].

(continua na próxima página)

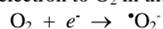
ANEXO B – Transcrição dos livros de Bioquímica: Lehninger – Princípios de Bioquímica (continuação)

5ª Edição – 2008 (continuação)

p. 720-721

Reactive Oxygen Species Are Generated during Oxidative Phosphorylation

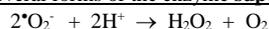
Several steps in the path of oxygen reduction in mitochondria have the potential to produce highly reactive free radicals that can damage cells (3). The passage of electrons from QH₂ to Complex III, and the passage of electrons from Complex I to QH₂ involve the radicals $\cdot Q$ as an intermediate. The $\cdot Q$ can, with a low probability, pass an electron to O₂ in the reaction



The superoxide free radical thus generated is highly reactive; its formation also leads to production of the even more reactive hydroxyl free radical $\cdot OH$ (4).

These reactive oxygen species can wreak havoc, reacting with and damaging enzymes, membrane lipids, and nucleic acids (5). In actively respiring mitochondria, 0.1% to as much as 4% of the O₂ used in respiration forms $\cdot O_2^-$ – more than enough to have lethal effects unless the free radical is quickly disposed of (6). Factors that slow the flow of electrons through the respiratory chain increase the formation of superoxide, perhaps by prolonging the lifetime of $\cdot O_2^-$ generated in the Q cycle.

To prevent oxidative damage by $\cdot O_2^-$, cells have several forms of the enzyme **superoxide dismutase**, which catalyzes the reaction



The hydrogen peroxide (H₂O₂) thus generated is rendered harmless by the action of **glutathione peroxidase**. Glutathione reductase recycles the oxidized glutathione to its reduced form, using electrons from the NADPH generated by nicotinamide nucleotide transhydrogenase (in the mitochondrion) or by the pentose phosphate pathway (in the cytosol). Reduced glutathione also serves to keep protein sulfhydryl groups in their reduced state, preventing some of the deleterious effects of oxidative stress (7). Nicotinamide nucleotide transhydrogenase is critical in this process: it produces the NADPH essential for glutathione reductase activity.

p. 733-734

Hypoxia leads to ROS Production and Several Adaptive Responses

In hypoxic cells there is an imbalance between the input of electrons from fuel oxidation in the mitochondrial matrix and transfer of electrons to molecular oxygen, leading to increased formation of reactive oxygen species. In addition to the glutathione peroxidase system, cells have two other lines of defense against ROS. One is regulation of pyruvate dehydrogenase (PDH), the enzyme that delivers acetyl-CoA to the acid cycle. Under hypoxic conditions, PDH kinase phosphorylates mitochondrial PDH, inactivating it and slowing the delivery of FADH₂ and NADH from the citric acid cycle to the respiratory chain. A second means of preventing ROS formation is replacement of one subunit of Complex IV, known as COX4-1, with another subunit, COX4-2, the catalytic properties of Complex IV are optimal for respiration at normal oxygen concentrations, with COX4-2, Complex IV optimized for operation under hypoxic conditions. [...]. When these mechanisms for dealing with ROS are insufficient, due to genetic mutation affecting one of the protective proteins or under conditions of very high rates of ROS production, mitochondrial function is compromised (8).

Mitochondrial damage is thought to be involved in aging, heart failure, certain rare cases of diabetes, and several maternally inherited genetic that affect the nervous system (9).

6ª Edição 2013

Chapter 13, Bioenergetics and Biochemical Reaction Types, p. 514.

p. 514

Free-Radical Reactions

Once thought to be rare, the homolytic cleavage of covalent bonds to generate free radicals has now been found in a wide range of biochemical processes (1).

Chapter 19, Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation, p. 740, 745-746, 760-761.

p. 740

The heme *b* of Complex II is apparently not in the direct path of electron transfer; it may serve instead to reduce the frequency with which electrons “leak” out of system, moving from succinate to molecular oxygen to produce the **reactive oxygen species** (ROS) hydrogen peroxide (H₂O₂) and **superoxide radical** ($\cdot O_2^-$) [...] (2).

(continua na próxima página)

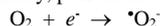
ANEXO B – Transcrição dos livros de Bioquímica: Lehninger – Princípios de Bioquímica (continuação)

6ª Edição 2013 (continuação)

p. 745-746

Reactive Oxygen Species Are Generated during Oxidative Phosphorylation

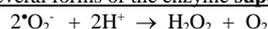
Several steps in the path of oxygen reduction in mitochondria have the potential to produce highly reactive free radicals that can damage cells (3). The passage of electrons from QH₂ to Complex III and the passage of electrons from Complexes I and II to QH₂ involve the radicals [•]Q as an intermediate. The [•]Q can, with a low probability, pass an electron to O₂ in the reaction



The superoxide free radical thus generated is highly reactive; its formation also leads to production of the even more reactive hydroxyl free radical [•]OH (4).

Reactive oxygen species can wreak havoc, reacting with and damaging enzymes, membrane lipids, and nucleic acids. In actively respiring mitochondria, 0.1% to as much as 4% of the O₂ used in respiration forms [•]O₂⁻ – more than enough to have lethal effects unless the free radical is quickly disposed of (5). Factors that slow the flow of electrons through the respiratory chain increase the formation of superoxide, perhaps by prolonging the lifetime of [•]O₂⁻ generated in the Q cycle. The formation of ROS is favored when two conditions are met: (1) mitochondria are not making ATP (for lack of ADP or O₂) and therefore leave a large proton-motive force and a high ratio of QH₂/Q, and (2) there is a high NADH/NAD⁺ ratio in the matrix. In these situations, the mitochondria is under oxidative stress – more electrons are available to enter the respiratory chain than can be immediately passed through to oxygen. When the supply of electron donors (NADH) is matched with that of electron acceptors, there is less oxidative stress, and ROS production is much reduced. Although overproduction of ROS is clearly detrimental, low levels of ROS may be used by the cell as a signal reflecting the insufficient supply of oxygen (hypoxia), triggering metabolic adjustments (6).

To prevent oxidative damage by [•]O₂⁻, cells have several forms of the enzyme **superoxide dismutase**, which catalyzes the reaction



The hydrogen peroxide (H₂O₂) thus generated is rendered harmless by the action of **glutathione peroxidase**. Glutathione reductase recycles the oxidized glutathione to its reduced form, using electrons from the NADPH generated by nicotinamide nucleotide transhydrogenase (in the mitochondrion) or by the pentose phosphate pathway (in the cytosol). Reduced glutathione also serves to keep protein sulfhydryl groups in their reduced state, preventing some of the deleterious effects of oxidative stress (7). Nicotinamide nucleotide transhydrogenase is critical in this process: it produces the NADPH essential for glutathione reductase activity.

p. 760-761

Hypoxia leads to ROS Production and Several Adaptive Responses

In hypoxic cells there is an imbalance between the input of electrons from fuel oxidation in the mitochondrial matrix and transfer of electrons to molecular oxygen, leading to increased formation of reactive oxygen species. In addition to the glutathione peroxidase system, cells have two other lines of defense against ROS. One is regulation of pyruvate dehydrogenase (PDH), the enzyme that delivers acetyl-CoA to the acid cycle. Under hypoxic conditions, PDH kinase phosphorylates mitochondrial PDH, inactivating it and slowing the delivery of FADH₂ and NADH from the citric acid cycle to the respiratory chain. A second means of preventing ROS formation is replacement of one subunit of Complex IV, known as COX4-1, with another subunit, COX4-2, that is better suited to hypoxic conditions (8). With COX4-1, the catalytic properties of Complex IV are optimal for respiration at normal oxygen concentrations: with COX4-2, Complex IV is optimized for operation under hypoxic conditions.

When these mechanisms for dealing with ROS are insufficient, due to genetic mutation affecting one of the protective proteins or under conditions of very high rates of ROS production, mitochondrial function is compromised (9).

Mitochondrial damage is thought to be involved in aging, heart failure, certain rare cases of diabetes, and several maternally inherited genetic that affect the nervous system (10).

(continua na próxima página)

ANEXO C – Transcrição dos livros de Bioquímica: Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica

3ª edição – 2007

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa, p. 141-142.

p. 141

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

[...] a redução parcial do oxigênio, por adição de um elétron de cada vez, gera *radicais livres*, que podem causar dano severo às células. Alguns exemplos são o *ânion superóxido* e o *radical hidroxila* (1). A adição de um elétron ao oxigênio molecular origina o íon superóxido, que reage com um elétron e gera o íon peróxido; este protona-se rapidamente, originando o peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é um oxidante potente e, embora não seja um radical livre, pode originar o radical hidroxila, um dos radicais mais reativos (2).

[...]
O íon superóxido, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila são chamados, conjuntamente, de *espécies reativas de oxigênio (ROS)*, da denominação inglesa) (3).

[...] há fortes evidências de que haja produção de radical superóxido nos Complexos I e II (e, talvez, no Complexo III), por reação da forma semiquinona da coenzima Q ou do FMN com o oxigênio (4).[...]. A cadeia de transporte de elétrons mitocondrial é a maior fonte endógena de espécies reativas de oxigênio (5).

A formação de espécies reativas de oxigênio acontece ainda nos peroxissomos, no retículo endoplasmático e nas células do sistema imunológico; neste último caso, os radicais livres desempenham função essencial, qual seja, combater infecções bacterianas (6). Fatores externos ao organismo, como radiação cósmica e poluição ambiental, também podem levar à produção de radicais livres (7).

As espécies reativas de oxigênio reagem com proteínas e DNA, alterando suas estruturas, e com lipídios, convertendo-os a peróxidos (8).[...]. Ainda mais, os peróxidos de lipídios geram outros radicais livres, amplificando o dano a macromoléculas (9).

As células dispõem de sistemas enzimáticos para a dissipação de radicais livres. A ação conjunta da *superóxido dismutase* e da *catalase*, por exemplo, converte superóxido em água:

[...]
Outra enzima que catalisa a redução de H_2O_2 e de peróxidos de lipídios é a *glutathione peroxidase* (10).

Além de enzimas, os seres humanos contam com a proteção de antioxidantes de baixa massa molar, como as *vitaminas A, C, E* e os *carotenóides* (11). Em doses elevadas, entretanto, a vitamina C atua como pró-oxidante. Os conhecimentos atuais não permitem recomendar suplementação desses antioxidantes (12).

Em condições normais do metabolismo celular, os mecanismos de defesa contra radicais livres permitem homeostase. Mas, quando há um aumento na produção dessas espécies, a capacidade protetora das enzimas e dos antioxidantes é ultrapassada, resultando em estresse oxidativo (13).

Como as espécies reativas de oxigênio reagem indiscriminadamente com uma grande variedade de componentes celulares e causam danos cumulativos, elas têm sido implicadas na etiologia do envelhecimento, de doenças neurodegenerativas (doenças de Parkinson e de Alzheimer), de câncer etc (14).

Radical livre é uma espécie química capaz de existência independente e que contém um ou mais elétrons não-pareados na orbital externa. Essas espécies, em geral, são extremamente instáveis e altamente reativas; ao reagirem com uma molécula, geram outro radical livre, iniciando uma reação em cadeia. Sua fórmula química é acompanhada de um ponto, representando o elétron não pareado (nota de rodapé) (15).

Capítulo 12, Metabolismo de Carboidratos: Via das Pentoses Fosfato, p. 157.

p. 157

NADPH e Mecanismos antioxidantes

O NADPH constitui uma reserva importante de poder redutor, imprescindível não só para as sínteses citadas, mas também para os mecanismos celulares que previnem o estresse oxidativo (16). Em diversas reações do metabolismo oxidativo, são produzidas espécies reativas de oxigênio, devido à redução parcial do oxigênio. Estas espécies radicalares reagem praticamente com qualquer composto, as macromoléculas inclusive, causando alterações estruturais irreversíveis (17). Os organismos dispõem de sistemas enzimáticos (superóxido dismutase e catalase) e não-enzimáticos (vitaminas antioxidantes), capazes de dissipar os radicais livres, contribuindo para a manutenção da integridade funcional das células (18).

[...]

ANEXO C – Transcrição dos livros de Bioquímica: Marzoco e Torres – Bioquímica Básica (continuação)

4ª Edição - 2015

Capítulo 11, Cadeia de Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 144-146.

Radicais Livres

A redução parcial do oxigênio gera radicais livres

A transferência de quatro elétrons ao oxigênio, processada no Complexo IV, resulta na sua redução a água, por associação a quatro prótons. Todavia, à medida que os elétrons percorrem a cadeia respiratória, pode haver vazamento de elétrons que promovem a redução monoelétrica do O₂ dissolvido na matriz mitocondrial, originando radicais livres, que podem causar dano severo às células (1).

Radical livre é uma espécie química capaz de existência independente (daí a denominação livre) e que contém um ou mais elétrons não pareados no orbital externo. Essas espécies, em geral, são instáveis (meia-vida da ordem de nanossegundos) e altamente reativas; ao reagirem com uma molécula, geram outro radical livre, iniciando uma reação em cadeia. Sua fórmula química é acompanhada de um ponto, representando o elétron não pareado. Alguns exemplos são o ânion radical superóxido e o radical hidroxila (2).

A adição de um elétron ao oxigênio molecular origina o ânion radical superóxido que, recebendo um elétron, gera o ânion peróxido; este protona-se, originando o peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é um oxidante potente e, embora não seja um radical livre, pode originar o radical hidroxila, um dos radicais livres mais reativos conhecidos (3).

O ânion radical superóxido, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila são chamados, conjuntamente, de espécies reativas de oxigênio (ROS, da denominação inglesa) (4).

Em contraposição à geração de radicais livres por transferência monoelétrica ao oxigênio dissolvido, a redução do oxigênio a água, catalisada pela citocromo *c* oxidase, apesar de envolver transferências de um elétron, ocorre sem que haja liberação de formas parcialmente reduzidas de oxigênio – os intermediários da reação permanecem firmemente ligados ao centro ativo da enzima, até que a água seja produzida. Por outro lado, há produção do radical superóxido nos Complexos I e III (em plantas, também no Complexo II), por reação da forma semiquinona da coenzima Q ou do FMN com oxigênio (5). Este processo é intensificado quando o gradiente eletroquímico torna-se elevado, por falta de ADP: a inibição resultante da cadeia de transporte de elétrons acarreta um aumento da meia-vida de intermediários com elétrons não pareados, capazes de reduzir O₂ a O₂^{•-}.

A cadeia de transporte de elétrons mitocondrial é considerada, geralmente, como a maior fonte endógena de espécies reativas de oxigênio (6). Todavia, também são formadas em quantidades significativas nos peroxissomos, no retículo endoplasmático e nas membranas celulares (7). Fatores externos ao organismo, como radiação cósmica, poluição ambiental e muitas drogas também podem levar à produção de radicais livres (8).

A formação de espécies reativas de oxigênio é um processo natural e inevitável nos organismos aeróbios. Estima-se que de 0,1% a 2% do oxigênio consumido por mitocôndrias seja convertido em radical superóxido, embora esses valores sejam questionados (9). Pelo dano que as espécies reativas de oxigênio provocam nas moléculas e, por consequência, nas estruturas celulares, presume-se que as células não seriam viáveis se não dispusessem de processos para decompô-las. Realmente, as células aeróbias dispõem de sistemas para a dissipação de radicais livres, que incluem enzimas e antioxidantes de baixa massa molar, e também de proteínas desacopladoras para minimizar a sua produção na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial.

A reação de decomposição chama-se *dismutação* e consiste na reação entre dois radicais livres, gerando produtos não radicalares. Uma das enzimas capazes de promover esta reação é a *superóxido dismutase*, que catalisa a dismutação de radicais superóxidos:

[...]

A enzima é encontrada em todas as células aeróbias. Coerentemente, as bactérias anaeróbias estritas não sintetizam esta enzima.

A catalase decompõe peróxido de hidrogênio em oxigênio e água:

[...]

A ação conjunta da *superóxido dismutase* e da *catalase* converte superóxido em água.

Outra enzima que catalisa a redução de H₂O₂ e de peróxidos de lipídios é a *glutathione peroxidase*.

Além de enzimas, o organismo humano conta com uma segunda linha de proteção contra as espécies reativas de oxigênio: os antioxidantes de baixa massa molar (em comparação com as enzimas). São compostos presentes nos alimentos de origem vegetal, dentre os quais se destacam: as vitaminas A, C, E, os carotenos (*β-caroteno*, precursor da vitamina A, e *licopeno*), os *polifenóis* (*resveratrol* e *flavonoides*) etc (10).

[...]

(continua na próxima página)

ANEXO C – Transcrição dos livros de Bioquímica: Marzzoco e Torres – Bioquímica Básica (continuação)

4ª Edição – 2015 (continuação)

[...]. A eficácia da utilização desses antioxidantes para impedir os efeitos nocivos das espécies reativas de oxigênio, apesar de intensamente pesquisada, permanece inconclusiva.

Em condições normais do metabolismo celular, os mecanismos de defesa contra radicais livres permitem homeostase. Mas, quando há um aumento na produção dessas espécies, a capacidade protetora das enzimas e dos antioxidantes é ultrapassada, resultando em estresse oxidativo (11).

Como as espécies reativas de oxigênio reagem indiscriminadamente com uma grande variedade de componentes celulares e causam danos cumulativos, elas têm sido implicadas na etiologia do envelhecimento, de doenças neurodegenerativas (doenças de Parkinson e de Alzheimer) e cardiovasculares, de câncer (12). Os antioxidantes, há mais de 30 anos, vêm sendo testados como potenciais agentes na prevenção de tais doenças. Entretanto, a conclusão de estudos epidemiológicos amplos em seres humanos é que não trazem benefícios importantes e podem até ser danosos; por exemplo, a vitamina C, em doses elevadas, atua como pró-oxidante. Assim, os conhecimentos atuais não permitem recomendar suplementação desses antioxidantes (13).

As espécies reativas de oxigênio também têm funções biológicas importantes

O conceito tradicional de que as espécies reativas de oxigênio (ROS) atuam unicamente como agentes oxidantes, levando à disfunção de órgãos e tecidos, tem sido revisto. Na realidade, elas desempenham um duplo papel nas células aeróbias, atuando também como importantes entidades sinalizadoras em diversos processos fisiológicos essenciais. Ainda mais, os organismos são capazes de utilizar a alta reatividade das ROS, de maneira controlada, em situações específicas (14).

O exemplo clássico de uma função essencial desempenhada pelas ROS é o combate a infecções bacterianas. Nas células do sistema imunológico, como neutrófilos e macrófagos, uma enzima muito ativa, a NADPH oxidase, catalisa a transferência de elétrons do NADPH ao oxigênio, com produção de grandes quantidades de radical superóxido e água oxigenada, que eliminam as bactérias fagocitadas (15).

As NADPH oxidases são uma família de enzimas, cuja função primária é a produção de ROS. Diferem da maioria das enzimas que produzem ROS como um subproduto de sua atividade catalítica normal, como as da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial. A descoberta de que as NADPH oxidases são expressas na maioria das células de mamíferos levou à verificação da participação das ROS na regulação de muitos processos, como a migração e proliferação de células, modificação pós-tradução de proteínas, modulação de cascatas de sinalização, síntese de hormônios etc (16).

Quando a atividade das enzimas intrinsecamente produtoras de ROS, como as NADPH oxidases, é exacerbada, instalam-se o estresse oxidativo e as moléculas a ele associadas. Para combater tais situações, diversos fármacos têm sido testados como inibidores dessas enzimas. A inibição da síntese de ROS seria uma abordagem alternativa à utilização de antioxidantes convencionais para a neutralização dessas espécies, uma vez formadas, tendo em vista a baixa eficácia clínica dos antioxidantes convencionais e seus paradoxais efeitos pró-oxidantes (17).

Ainda em relação à prevenção do acúmulo de ROS, os organismos aeróbios contam com a proteção natural das proteínas desacopladoras. Elas permitem manter níveis não tóxicos de ROS, mas compatíveis com a participação dessas espécies no controle dos processos citados, além de outros [...] (18).

ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica

3ª edição – 1992

Capítulo 17, Fosforilação Oxidativa

p. 348-349

Derivados tóxicos do O₂, como o radical superóxido são destruídos por enzimas protetoras

[...] a redução de O₂ por um elétron produz O₂^{•-}, o *anionte superóxido*, um radical altamente reativo e destrutivo. A citocromo oxidase e outras proteínas que reduzem O₂ foram planejadas para não liberar O₂^{•-}. Contudo é inevitável que seja formada uma pequena quantidade de anionte superóxido, como na oxidação de um grupamento ferro-hemo (Fe²⁺) da hemoglobina a ferri-hemo (Fe³⁺) por O₂. A protonação do anionte superóxido gera o *radical hidroperoxila* (HO₂[•]), que pode reagir espontaneamente com outro anionte superóxido, formando *peróxido de hidrogênio* (H₂O₂).

[...]

O anionte superóxido pode ser destruído pela *superóxido dismutase*, uma enzima presente em todos os organismos aeróbios, que catalisa a conversão de dois a conversão de dois desses radicais em peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular. [...]

[...] O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e pela reação não-catalisada de radicais hidroperoxila é destruído pela *catalase*, uma hemo-proteína amplamente distribuída que catalisa a dismutação de peróxido de hidrogênio em água e oxigênio molecular. [...]

4ª Edição – 1996

Capítulo 21, Fosforilação Oxidativa

p. 524-525.

Derivados tóxicos do O₂, como o radical superóxido são destruídos por enzimas protetoras

[...] a redução de O₂ por um elétron produz O₂^{•-}, o *anionte superóxido*, um radical potencialmente destrutivo. A citocromo oxidase e outras proteínas que reduzem O₂ foram planejadas para não liberar O₂^{•-}. Contudo é inevitável que seja formada uma pequena quantidade de anionte superóxido, como na oxidação de um grupamento ferro-hemo (Fe²⁺) da hemoglobina a ferri-hemo (Fe³⁺) por O₂. A protonação do anionte superóxido gera o radical hidroperoxila (HO₂[•]), que pode reagir espontaneamente com outro anionte superóxido, formando peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (1).

[...]

O anionte pode ser destruído pela superóxido dismutase, uma enzima que catalisa a conversão de dois desses radicais em peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e pela reação não catalisada de radicais hidroperoxila é destruído pela catalase, uma hemoproteína onipresente que catalisa a dismutação de peróxido de hidrogênio em água e oxigênio molecular (2).

[...]

5ª Edição – 2004

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa, p. 524-525

p. 524-525

[...]

Como já foi discutido, o oxigênio molecular é um acceptor terminal de elétrons ideal, porque sua alta afinidade por elétrons fornece uma grande força impulsora termodinâmica. Contudo, *o perigo ronda a redução do O₂*. A transferência de quatro elétrons conduz a produtos seguros (duas moléculas de H₂O), mas a redução parcial gera compostos perigosos. Em particular, *a transferência de um único elétron ao O₂ forma o anionte superóxido, ao passo que a transferência de dois elétrons origina peróxido.*

[...]

Estes compostos, e particularmente seus produtos de reação, podem ser bastante danosos a uma gama de componentes celulares. [...]

Derivados Tóxicos do Oxigênio Molecular, como o Radical Superóxido, São Varridos por Enzimas Protetoras

Embora a citocromo *c* oxidase e outras proteínas que reduzem o O₂ tenham marcante sucesso em não liberar intermediários, são formadas quantidades pequenas inevitáveis de anionte superóxido e de peróxido de hidrogênio. Superóxido, peróxido de hidrogênio e formas que possam ser geradas deles, como OH[•], são coletivamente definidos como *formas reativas de oxigênio* ou ROS (do inglês, *reactive oxygen species*).

Quais são as estratégias celulares de defesa contra o dano oxidativo pelas ROS? A principal entre elas é enzima *superóxido dismutase*. Esta enzima varre os radicais superóxido por catalisar a conversão de dois destes a peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e por outros processos é varrido pela *catalase*, uma proteína hemínica onipresente que catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio a água e oxigênio molecular.

(continua na próxima página)

ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica (continuação)

5ª Edição – 2004 (continuação)

[...]

Outras defesas celulares contra o dano oxidativo incluem as vitaminas antioxidantes E e C. Devido a ser lipófila, a vitamina E é em especial útil para proteger membranas da peroxidação de lipídeos.

A importância da defesa celular contra as ROS é demonstrada pela presença da superóxido dismutase em todos os organismos aeróbios.

[...]

Além disso, acredita-se que o dano oxidativo cause, pelo menos em parte, um número crescente de doenças (quadro).

Doenças e Outras Condições que Podem Ser Vinculadas a Lesão por Radicais Livres
Aterogênese
Enfisema; bronquite
Doença de Parkinson
Distrofia muscular de Duchenne
Câncer cervical
Doença hepática alcoólica
Diabetes
Insuficiência renal aguda
Síndrome de Down
Fibroplasia retrolental
Distúrbios vasculares cerebrais
Insquemia; lesão por reperfusão

Fonte: Segundo D. B. Marks, A. D. Marks e C. M. Smith. *Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach* (Williams & Wilkins, 1996, p. 331)

Capítulo 24, Biossíntese de aminoácidos, p. 710.

p. 710

O Óxido Nítrico, uma Molécula Sinalizadora de Vida Curta, É Formado a Partir da Arginina

O *Óxido Nítrico (NO)* é um importante mensageiro em muitos processos de transmissão de sinais em vertebrados. Este radical livre gasoso tem produção endógena a partir de arginina [...].

Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídeos, p. 726

p. 726

Os Desoxirribonucleotídeos São Sintetizados pela Redução de Ribonucleotídeos, por meio de Radicais Livres

[...]

6ª Edição – 2008

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 520-521

Derivados Tóxicos do Oxigênio Molecular, como o Radical Superóxido, São Varridos por Enzimas Protetoras

Como já foi abordado, o oxigênio molecular é um aceptor terminal de elétrons ideal, porque sua alta afinidade por elétrons fornece uma grande força impulsora termodinâmica. Contudo, *o perigo espreita a redução do O₂*. A transferência de quatro elétrons leva a produtos seguros (duas moléculas de H₂O), mas a redução parcial gera compostos perigosos. Em particular, *a transferência de um único elétron ao O₂ forma o anion superóxido, enquanto a transferência de dois elétrons origina peróxido.*

[...]

Ambos os compostos são potencialmente destrutivos.

[...]

Embora a citocromo *c* oxidase e outras proteínas que reduzem o O₂ tenham marcante sucesso em não liberar intermediários, são formadas quantidades pequenas inevitáveis de anion superóxido e de peróxido de hidrogênio. Superóxido, peróxido de hidrogênio e formas que possam ser geradas deles, como OH[•], são coletivamente definidos como *formas reativas de oxigênio* ou ROS (do inglês, *reactive oxygen species*). O dano oxidativo causado pelas ROS foi implicado no processo de envelhecimento, assim como em uma lista crescente de doenças (quadro).

(continua na próxima página)

ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica (continuação)

6ª Edição – 2008 (continuação)

Doenças e Outras Condições que Podem Ser Vinculadas a Lesão por Radicais Livres
Aterogênese
Enfisema; bronquite
Doença de Parkinson
Distrofia muscular de Duchenne
Câncer cervical
Doença hepática alcoólica
Diabetes
Insuficiência renal aguda
Síndrome de Down
Fibroplasia retrolental
Distúrbios vasculares cerebrais
Insquemia; lesão por reperfusão

Fonte: Segundo D. B. Marks, A. D. Marks e C. M. Smith. *Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach* (Williams & Wilkins, 1996, p. 331)

Quais são as estratégias celulares de defesa contra o dano oxidativo pelas ROS? A principal entre elas é enzima *superóxido dismutase*. Esta enzima varre os radicais superóxido por catalisar a conversão de dois destes a peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e por outros processos é varrido pela *catalase*, uma proteína hemínica onipresente que catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio a água e oxigênio molecular.

[...]

Outras defesas celulares contra o dano oxidativo incluem as vitaminas antioxidantes E e C. Devido a ser lipófila, a vitamina E é em especial útil para proteger membranas da peroxidação de lipídeos.

Um benefício em longo prazo do exercício pode ser aumentar a quantidade de superóxido dismutase na célula. O elevado metabolismo aeróbio durante o exercício causa a geração de mais ROS. Em resposta, a célula sintetiza mais enzimas protetoras. O efeito global é de proteção, porque o aumento de superóxido dismutase protege mais eficientemente a célula durante os períodos de repouso.

Capítulo 24, Biossíntese de Aminoácidos, p. 705.

p. 705

O Óxido Nítrico, uma Molécula Sinalizadora de Vida Curta, É Formado a Partir da Arginina

O *Óxido Nítrico (NO)* é um importante mensageiro em muitos processos de transmissão de sinais em vertebrados. Por exemplo, NO estimula a biogênese mitocondrial. Este radical livre gasoso tem produção endógena a partir de arginina [...].

Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídeos, p

p. 721

Os Desoxirribonucleotídeos São Sintetizados pela Redução de Ribonucleotídeos, por meio de Radicais Livres

[...]

Capítulo 28, Replicação, Reparo e Recombinação do DNA

p. 809

As Bases Podem Ser Danificadas por Agentes Oxidantes, Agentes Alquilantes e Luz

Vários agentes químicos podem alterar bases específicas dentro do DNA após o término da replicação. Tais mutágenos incluem formas reativas de oxigênio, como o radical hidroxila. Por exemplo, o radical hidroxila reage com guanina, formando 8-oxo-guanina.

[...]

ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica (continuação)

7ª Edição – 2014

Capítulo 18, Fosforilação Oxidativa

p. 544-546

Derivados tóxicos do oxigênio molecular, como o radical superóxido, são varridos por enzimas protetoras

[...]

Todavia, há riscos associados a redução do O_2 . A transferência de quatro elétrons resulta em produtos seguros (duas moléculas de H_2O); contudo, a redução parcial gera compostos perigosos. Em especial, a transferência de um único elétron para O_2 forma ânion superóxido, enquanto a transferência de dois elétrons resulta em peróxido.

[...]

Os dois compostos são potencialmente destrutivos. [...] (1).

Embora a citocromo *c* oxidase e outras proteínas que reduzem O_2 sejam extremamente bem-sucedidas na retenção de intermediários, é inevitável a formação de pequenas quantidades de ânion superóxido e peróxido de hidrogênio (2). Superóxido, peróxido de hidrogênio e espécies que podem ser geradas a partir deles, como OH^\bullet , são coletivamente denominados *espécies reativas do oxigênio* (ROS do, inglês, *reactive oxygen species*) (3). A lesão oxidativa causada pelas espécies reativas do oxigênio já foi implicada no processo de envelhecimento, assim como em uma lista crescente enfermidades (tabela) (4).

Quais são as estratégias de defesa celular contra a lesão oxidativa provocada pelas espécies reativas de oxigênio? A principal estratégia de defesa é a enzima *superóxido dismutase*. Esta enzima varre os radicais superóxido por meio de catálise da conversão de dois desses radicais em peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular.

[...]

Condições patológicas e outras condições que podem estar associadas à lesão por radicais livres

Aterogênese
Enfisema; bronquite
Doença de Parkinson
Distrofia muscular de Duchenne
Câncer cervical
Doença hepática alcoólica
Diabetes
Insuficiência renal aguda
Síndrome de Down
Fibroplasia retrolental
Distúrbios vasculares cerebrais
Insquemia; lesão por reperfusão

Fonte: Segundo D. B. Marks, A. D. Marks e C. M. Smith. *Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach* (Williams & Wilkins, 1996, p. 331).

[...]

O peróxido de hidrogênio formado pela superóxido dismutase e por outros processos é retirado pela *catalase*, uma proteína heme ubíqua que catalisa a dismutação do peróxido de hidrogênio a água e oxigênio molecular.

[...]

A glutatona peroxidase também participa na retirada de H_2O_2 . Outras defesas celulares contra a lesão oxidativa incluem as vitaminas antioxidantes, vitaminas E e C. Como a vitamina E é lipofílica, ela é especialmente valiosa na proteção de membranas contra a peroxidação de lipídios (5).

Um benefício a longo prazo dos exercícios físicos é o aumento da concentração de superóxido dismutase nas células. O elevado metabolismo aeróbico durante a prática de exercícios físicos provoca a geração de mais espécies reativas de oxigênio. Em resposta a isso, a célula sintetiza mais enzimas protetoras. O efeito é de proteção porque o aumento da concentração de superóxido dismutase protege mais efetivamente a célula durante os períodos de repouso (6).

Apesar do fato de que as espécies reativas de oxigênio são perigos conhecidos, as evidências recentes sugerem que, em determinadas circunstâncias, a geração controlada dessas substâncias é importante nas vias de transdução de sinais. Por exemplo, os fatores de crescimento comprovadamente aumentam os níveis de ROS como parte de sua via de sinalização e ROS regulam canais e fatores de transcrição. Os papéis duplos das ROS constituem um excelente exemplo da imensa complexidade da bioquímica dos sistemas vivos: até mesmo substâncias potencialmente deletérias podem desempenhar funções úteis (7).

Capítulo 24, Biossíntese de Aminoácidos

p. 733-734

O óxido nítrico, uma molécula sinalizadora de vida curta, é formado a partir da arginina

O Óxido Nítrico (NO) é um importante mensageiro em muitos processos de transmissão de sinais em vertebrados. Por exemplo, o NO estimula a biogênese mitocondrial. Esse radical livre gasoso é produzido de modo endógeno a partir de arginina [...] (8).

(continua na próxima página)

ANEXO D – Transcrição dos livros de Bioquímica: Stryer – Bioquímica (continuação)

7ª Edição – 2014 (continuação)

Capítulo 25, Biossíntese de Nucleotídeos

p. 751

Os desoxirribonucleotídeos são sintetizados pela redução de ribonucleotídeos por meio de um mecanismo de formação de radicais livres
[...] (9)

Capítulo 28, Replicação, Reparo e Recombinação do DNA

p. 844

As bases podem ser danificadas por agentes oxidantes, agentes alquilantes e luz

Diversos agentes químicos podem alterar bases específicas dentro do DNA após o término da replicação. Esses agentes mutagênicos incluem espécies reativas de oxigênio, como o radical hidroxila (10).

ANEXO E – Transcrição dos livros de Bioquímica: Voet Voet – Bioquímica

3ª Edição – 2006

Capítulo 14, Velocidade da Reação Enzimática

p. 481

Algumas Enzimas Chegam a Atingir a Perfeição Catalítica

[...]
 A SOD [superóxido dismutase], que está presente em quase todas as células, atua inativando o altamente reativo, e, portanto perigoso, radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$)(1), pois catalisa a reação $2O_2^{\bullet-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$.
 [...]

Capítulo 19, Transdução de Sinal

p. 673

eNOS [óxido nítrico-sintase endotelial] e nNOS [óxido nítrico-sintase neuronal], mas não iNOS [óxido nítrico-sintase induzível], são reguladas por $[Ca^{2+}]$

[...] essas células [macrófagos e neutrófilos] iniciam a produção de grande quantidade de NO e continuam a produzi-lo por muitas horas. Macrófagos e neutrófilos ativados também produzem radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), que combina quimicamente com NO para formar o ainda mais tóxico peroxinitrito ($ONOO^{\bullet}$, que reage rapidamente com H_2O para formar o radical hidroxila, OH^{\bullet} , altamente reativo (2), e NO_2), usado por estas células para matar a bactéria ingerida.
 [...]

Capítulo 22, Transporte de Elétrons e Fosforilação Oxidativa

p. 812

Complexo II (Succinato:Coenzima Q-Oxidoreductase)

[...]
 Essas **espécies reativas de oxigênio** [íons superóxido e H_2O_2] (**EROs**) são altamente prejudiciais (3).
 [...]

4ª Edição – 2011

Chapter 10, Hemoglobin: Protein Function in Microcosm

p. 325

Myoglobin Both Detoxifies and Synthesizes Nitric Oxide

Paradoxically, the tissue damage caused by **ischemia** (inadequate blood flow, such as in a heart attack or stroke) is often exacerbated when blood flow to the deprived tissues is reestablished. This so-called **reperfusion injury** is caused, in part, by the highly destructive reactive oxygen species (ROS), such as the superoxide ion ($O_2^{\bullet-}$) and the hydroxyl radical ($^{\bullet}OH$) (1), initially produced by hypoxic mitochondria when the blood supply is restored.
 [...]

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 840

Complex II Suppresses the Formation of Reactive Oxygen Species

[...] these reactive oxygen species [superoxide radical and H_2O_2] (ROS) are highly destructive (2).
 [...]

(continua na próxima página)

ANEXO E – Transcrição dos livros de Bioquímica: Voet Voet – Bioquímica
(continuação)

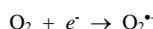
4ª Edição – 2011 (continuação)

Chapter 22, Electron Transport and Oxidative Phosphorylation

p. 865-866

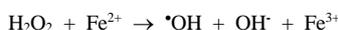
Partial Oxygen Reduction Produces Reactive Oxygen Species (ROS)

Although the four-electron reduction of O_2 by cytochrome *c* oxidase normally goes to completion, the enzyme infrequently releases partially reduced reactive oxygen species (ROS) that readily react with a variety of cellular components (3). The best known ROS is the superoxide radical, $O_2^{\bullet -}$. It is also produced by the occasional leakage of electrons from Complexes I and III:

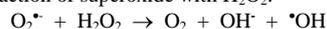


Its production is enhanced under hypoxic conditions.

Superoxide radical is a precursor of other reactive species. Protonation of $O_2^{\bullet -}$ yields HO_2^{\bullet} , a much stronger oxidant than $O_2^{\bullet -}$. The most potent oxygen species in biological systems is probably the **hydroxyl radical**, which forms from the relatively harmless hydrogen peroxide (H_2O_2):



The hydroxyl radical also forms through the reaction of superoxide with H_2O_2 :



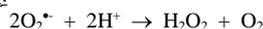
ROS readily extract electrons from other molecules, converting them to free radicals and thereby initiating a chain reaction (3).

The random nature of ROS attacks makes it difficult to characterize their reaction products, but all classes of biological molecules are susceptible to oxidative damage caused by free radicals (4). The oxidation of polyunsaturated lipids in cells may disrupt the structures of membranes, and oxidative damage to DNA may result in point mutations. Enzyme function may also be compromised through radical reactions with amino acid side chains. Because the mitochondrion is the site of the bulk of the cell's oxidative metabolism, its lipids, DNA, and proteins bear the brunt of free radical-related damage (5).

Several degenerative diseases, including Parkinson's, Alzheimer's, and Huntington's diseases, are associated with oxidative damage to mitochondria. Such observations have led to the free-radical theory of aging, which holds that *free-radical reactions arising during the course of normal oxidative metabolism are at least partially responsible for the aging process*. In fact, individuals with congenital defects in their mitochondrial DNA suffer from a variety of symptoms typical of old age, including neuromotor difficulties, deafness, and dementia. These genetic defects may increase the susceptibility of mitochondria to ROS-generated damage (6).

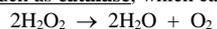
Cells Are Equipped with Antioxidant Mechanisms

Antioxidants eliminate oxidative free radicals such as $O_2^{\bullet -}$ and $\bullet OH$. [...] enzyme **superoxide dismutase (SOD)**, which is present in nearly all cells, catalyzes the conversion of $O_2^{\bullet -}$ to H_2O_2 :

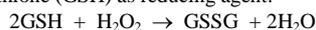


[...]

H_2O_2 is degraded to water and oxygen by enzymes such as **catalase**, which catalyzes the reaction



And **glutathione peroxidase**, which uses glutathione (GSH) as reducing agent:



[...]

Other potential antioxidants are plant-derived compounds such as ascorbic acid (vitamin C) and **vitamin E**, a group of compounds whose most prominent member is **α -tocopherol** (7).

[...]

These compounds may help protect plants from oxidative damage during photosynthesis, a process in which H_2O is oxidized to O_2 . However, clinical trials indicate that their use does not contribute to longevity in humans (8).

ANEXO F – Website de divulgação do curso de extensão

Curso de Extensão Radicais Livres

http://www2.iq.usp.br/bioquimica/Curso_Radicais_Livres_2015/Index...

e suas Interfaces com a Vida

Início	Sobre o curso	Cronograma	Conteúdo	Seleção	Como Chegar
------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------------

O Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo oferecerá entre os dias 19 a 23 de janeiro de 2015 um curso gratuito destinado a 40 professores de Biologia e Química da rede pública de ensino, com duração de 30 horas.

O tema "radicais livres" é pouco usual de ser tratado no Ensino Médio muito embora seja um assunto constante na mídia vinculado a tópicos como envelhecimento, cosméticos, alimentação, poluição, etc. Tem também grandes implicações com a saúde, notadamente quanto ao consumo de "antioxidantes". Por constituir um tema atual e pouco trabalhado na graduação, é conveniente instrumentar os professores para a satisfação da natural curiosidade de seus alunos.

O curso tem a finalidade de oferecer conhecimentos básicos sobre Radicais Livres que tenham aplicação nas disciplinas de Biologia e Química do Ensino Médio. Consistirá de atividades diversificadas em salas de aula e laboratório, com uso de softwares educacionais, atividades em grupo, entre outras.

O Instituto de Química-USP oferecerá material didático e almoço nos Restaurantes Universitários nos dias de atividades. Os demais custos com transporte e quaisquer outras despesas, correrão por conta de cada participante.

As vagas serão distribuídas proporcionalmente ao número de inscrições por Diretoria Regional de Ensino.

ANEXO H – Divulgação do curso de extensão no *website* do IQ-USP

Instituto de Química

<http://www2.iq.usp.br/>

Links

- Decreto nº 52.658, de 23 de janeiro de 2008** - *Introduz medidas desburocratizantes na recepção de documentos no âmbito da Administração Pública do Estado de São Paulo*
- Regras de gerenciamento de resíduos químicos do IQUSP**
- Acesse o seu e-mail**
- Graduação**
- Pós-Graduação (Graduate Program in Chemistry and Biochemistry)**
- Docentes**
- Livro de Pesquisa e Docentes (2002, 2004, 2008, 2010, 2013)**
- Prêmios e Distinções**
- Comissão de Pesquisa**
- Funcionários**
- Telefonia USP: seções e departamentos / docentes e funcionários**
- Serviços**
- Seção Técnica de Informática**
- Biotério**
- Gepeq** - Grupo de Pesquisa em Educação Química
- Comissões do IQ**
- Comissão de Espaço do IQUSP**
- Leia o manual de segurança do IQUSP**
- Cipa** - Comissão interna de prevenção de acidentes
- IQRecicla** - Comissão de Reciclagem do IQUSP
- Ouvidoria**
- Central Analítica**
- Química Ambiental**
- Comissão de Cultura e Extensão**
- Comissão de Ética em Cuidados e Uso Animal (CECUA)**
- Comissão de Relações Internacionais - CRInt**
- ELEIÇÃO PARA REITOR DA USP** - Composição da Congregação do IQUSP
- Ex-alunos**
- Licitações**
- Editais de Concursos**
- Editais de Processos Seletivos**
- Regulamento Praça da Integração**
- Gremio do Instituto de Química**
- Cartazes: Semana da Química**
- Cartazes: Olimpíadas**
- Logotipo oficial**



Informes

Jornal Alquimista 119 - Novembro / 2014



Curso de Radicais Livres

Curso de Extensão para professores da Rede Pública de Ensino



RADICAIS Livres
e suas interfaces com a vida

Inscrições de 01 a 13/11/2014

USP 80 anos



Virada Científica



IQ na Virada Científica - 11 de outubro

III Congresso do Departamento de Química Fundamental (DQF)

O papel do DQF em uma universidade pública de excelência

11 de setembro de 2014
IQ-USP
Anfiteatro Vermelho

XXXI Semana da Química



A química de um Brasil sob os holofotes

SEMINÁRIOS GERAIS EM BIOQUÍMICA

CONFIRA O CRONOGRAMA DOS SEMINÁRIOS GERAIS EM BIOQUÍMICA

2º SEMESTRE DE 2014

9th School of Electrochemistry



Job Opening for Assistant Professor - BIOENERGY

ANEXO I – Divulgação do curso de extensão no Boletim Semanal CGEB

Capa



Fonte: Secretaria de Estado de Educação e Coordenadoria de Gestão da Educação, 2014

ANEXO I – Divulgação do curso de extensão no Boletim Semanal CGEB
(continuação)

Conteúdo do Boletim



**INFORMAÇÃO 02: CURSO DE ATUALIZAÇÃO DA USP
“RADICAIS LIVRES E SUAS INTERFACES COM A VIDA”**

A Universidade de São Paulo oferecerá, entre os dias **19 a 23 de janeiro de 2015**, um curso gratuito destinado a 40 professores de Biologia e Química da rede pública de ensino, com duração de 30 horas.

O curso tem a finalidade de oferecer conhecimentos básicos sobre Radicais Livres que tenham aplicação nas disciplinas de Biologia e Química do Ensino Médio. Consistirá de atividades diversificadas em salas de aula e laboratório, com uso de softwares educacionais, atividades em grupo, entre outras.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
COORDENADORIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

O Instituto de Química da USP oferecerá material didático e almoço nos Restaurantes Universitários nos dias de atividades. Os demais custos com transporte e quaisquer outras despesas, correrão por conta de cada participante, ou seja, a SEE não pagará diárias.

As inscrições estarão abertas no período de **01 a 13 de novembro**, sendo **realizadas aqui**. Para mais informações, acesse o **site do curso**.

Radicais Livres e suas interfaces com a vida

Na semana de 12 a 16 de janeiro, o Departamento de Bioquímica ofereceu um Curso de Extensão para 33 professores de Química e Biologia vinculados a diferentes Diretorias Regionais de Ensino do Estado de São Paulo e selecionados entre 142 professores inscritos. O curso, intitulado *Radicais Livres e suas interfaces com a vida*, com duração de 30 horas, integra as atividades do INCT-Redoxoma e foi preparado e ministrado por 15 pós-graduandos, sob a supervisão do Prof. Bayardo B. Torres.

A iniciativa teve o apoio da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão, que certificou os professores participantes, e da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. O curso, intitulado *Radicais Livres e suas interfaces com a vida*, com duração de 30 horas, integra as atividades do INCT-Redoxoma e foi preparado e ministrado por 15 pós-graduandos, sob a supervisão do Prof. Bayardo B. Torres.

A iniciativa teve o apoio da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão, que certificou os professores participantes, e da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Simone Corrêa



(Esta imagem foi desfocada para preservar a identidade dos participantes)

Fonte: IQ-USP, 2015