AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem da tecnologia nuclear

ROBERTA DE CARVALHO BARABÁS

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Reatores**

**Orientadora:
Profa. Dra. Gaianê Sabundjian**

**São Paulo
2018**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem da tecnologia nuclear

ROBERTA DE CARVALHO BARABÁS

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Reatores**

**Orientadora:
Profa. Dra. Gaianê Sabundjian**

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:

DE CARVALHO BARABÁS, R. . ***Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem a tecnologia nuclear***. 2018. 178 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: <www.teses.usp.br> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Carvalho Barabás, Roberta
Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem da
tecnologia nuclear / Roberta de Carvalho Barabás; orientador
Gaianê Sabundjian. -- São Paulo, 2018.
178 p.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
Nuclear (Reatores) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e
Nucleares, São Paulo, 2018.

1. Memória implícita. 2. Teste de Associação Implícita (TAI).
3. Ensino-aprendizagem. 4. Tecnologia nuclear. 5.
Neurociências. I. Sabundjian, Gaianê, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autora: Roberta de Carvalho Barabás

Título: Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem da tecnologia nuclear

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia Nuclear da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: 16/10/2018

Banca Examinadora

Prof. Dra. Ana Cecilia de Souza Lima

Instituição: IPEN Julgamento: APROVADA

Prof. Dra. Katia Nemk

Instituição: USP Julgamento: APROVADA

Prof. Dra. Irene Queiroz Marchesan

Instituição: CEFAC Julgamento: APROVADA

Prof. Dra. Elino Santana

Instituição: IPQ - FMUSP Julgamento: APROVADA

DEDICATÓRIA

Esta tese é a concretização de um grande sonho e estou certa de que ele não se realizaria sem a participação de pessoas tão especiais na minha vida, para as quais dedico esse trabalho:

A Deus, a quem eu amo e desejo honrar todos os dias da minha vida;

Ao meu marido, Carlos Barabás, meu grande amor;

Aos meus filhos, Renata, Cacá e João, meus tesouros;

Ao meu genro e noras, Daniel, Érica e Juliana, meus presentes;

Aos meus pais, Luiz Antonio (In memoriam) e Maria Lucia, meus exemplos.

Assim, ao Rei eterno, imortal, invisível, Deus único,
honra e glória pelos séculos dos séculos. Amém!

1Timóteo 1.17

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pois sei que foi por Ele que esse sonho se tornou realidade. Se não fosse por Sua benção, eu jamais conseguiria. Até aqui me ajudou o Senhor!

Agradeço de todo o coração à minha querida amiga e orientadora, Dra. Gaianê Sabundjian, que andou lado a lado comigo, me preparando, me ajudando e me inspirando. Que bom que Deus abriu a porta da sua sala para eu entrar! Ninguém teria feito um trabalho melhor. Obrigada por todo o bem que você me fez nesses anos de estudo!

Agradeço ao meu marido, Carlos Barabás, que em todo o tempo apoiou o meu sonho, me encorajou e não mediu esforços para me ajudar em cada etapa. Se não fosse seu amor por mim, que é demonstrado todos os dias não só por palavras, mas por atitudes, eu jamais conseguiria!

Agradeço aos meus filhos, Renata, Cacá e João, ao meu genro, Daniel, e noras Érica e Juliana, por sempre me incentivarem nas minhas conquistas e trazerem tanta alegria para a minha vida!

Agradeço aos meus pais, Luiz Antonio e Maria Lucia que, com seu amor, me ensinaram o caminho em que devo andar. Reconheceram e acreditaram no potencial dentro de mim, sempre me fazendo acreditar que eu era capaz. Isso fez toda a diferença na minha vida. Hoje o meu pai já está no céu, mas todas as sementes que ele plantou estão vivas dentro de mim. Se ele pudesse ver esse momento da minha vida, certamente, estaria explodindo de tanto orgulho. Minha eterna gratidão por tudo o que vocês dois fizeram por mim!

Agradeço à minha irmã, Fernanda, meu cunhado, Rainério e meus sobrinhos, Felipe e Mylena, por sempre me incentivarem e me apoiarem e por serem aqueles com quem eu posso sempre contar em qualquer situação!

Agradeço aos meus sogros queridos, André e Tereza, pelo amor, pelo apoio e pelas orações.

Agradeço às minhas amigas do IPEN, Me. Rita de Cássia Mutarelli e Dra. Talita Salles Coelho, pelo companheirismo, incentivo e ajuda nessa etapa final do trabalho.

Agradeço às minhas amigas que fazem parte dessa banca de doutorado e acompanharam a minha história e o desenvolvimento desse trabalho, sempre me incentivando e me ajudando com seu conhecimento e sabedoria: Dra. Telma Pantano, Dra. Kátia Nemr, Dra. Ana Cecília de Souza Lima e Dra. Irene Marchesan, muito obrigada a todas vocês!

Agradeço às queridas Dra. Zuleica Camargo, Dra. Roberta Martinelli, Dra. Andrea Sanchez, Dra. Martha Marques F. Vieira e ao Dr. Afonso Rodrigues de Aquino pelo aceite em complementar a composição dessa banca de doutorado.

Agradeço à gerente do ensino, Dra. Martha Marques F. Vieira, e ao departamento de comunicação do IPEN por demonstrar apoio a essa pesquisa fornecendo os certificados de participação no programa bem como os *kits* de material educacional sobre as aplicações nucleares.

Agradeço a todos os participantes por terem se disposto a contribuir para essa pesquisa: o grupo de especialistas do CEN, o grupo de leigos, os alunos da pós-graduação e os professores de ciências. Muito obrigada a todos!

RESUMO

DE CARVALHO BARABÁS, R. *Neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem da tecnologia nuclear*. 2018. 178p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

Embora a tecnologia nuclear tenha aplicações benéficas para diversas áreas, como saúde, indústria, agricultura, produção de energia, entre outras, a sua aceitação ainda é restrita e há várias barreiras para o seu uso. A falta de conhecimento assertivo sobre essa tecnologia gera preconceito com relação à sua utilização. Preconceitos podem ser explícitos, que são conscientes, ou implícitos, inconscientes. No entanto, conscientes ou inconscientes, eles influenciam o comportamento e as atitudes. As experiências nas memórias explícita e implícita podem ser transferidas de uma para a outra. Assim, preconceitos ou associações inconscientes podem ser modificados pela memória explícita, ou seja, um novo conhecimento pode reduzi-los ou revertê-los. Para uma educação transformadora, o professor tem um papel central; entretanto, para que ele transmita o conhecimento de forma imparcial, é necessário que tenha uma visão livre de preconceitos. Esse trabalho visa desenvolver uma metodologia com apoio em neurociências por meio da qual as associações implícitas referentes às aplicações da tecnologia nuclear por parte dos professores de ciências sejam identificadas e possíveis preconceitos implícitos sejam modificados por meio de novos conhecimentos explícitos. Para identificar preconceitos implícitos são necessários testes específicos de memória implícita. O Teste de Associação Implícita (TAI) foi selecionado para esse trabalho. Seguindo as etapas fornecidas pelo *software FreeIAT*, o TAI foi customizado a fim de comparar as associações implícitas de participantes com relação às áreas nuclear e petróleo e sua consistência foi averiguada por um pré-teste aplicado a um grupo de especialistas (grupo controle) e de leigos, cujos resultados determinaram um bom valor de Alfa de *Cronbach*. Um programa multissensorial de 5 horas foi desenvolvido e realizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para um grupo de professores de ciências. O TAI foi aplicado no início e ao término do programa e os resultados das associações implícitas

foram comparados. Após seis meses, o TAI foi reaplicado ao mesmo grupo de professores para verificar se as associações implícitas se mantiveram estáveis. Esse programa multissensorial foi comparado com um programa de 12 semanas de ensino tradicional com aulas expositivas realizado no IPEN para alunos ingressantes na pós-graduação. O programa multissensorial foi efetivo para mudar e manter as associações implícitas dos professores referentes às aplicações benéficas da tecnologia nuclear, diferentemente do ensino tradicional com aulas expositivas. Esse trabalho demonstrou que é possível quebrar paradigmas e preconceitos. A abordagem multissensorial possibilitou um conhecimento enriquecido sobre as aplicações da tecnologia nuclear, ou seja, promoveu novas experiências na memória explícita que modificaram as associações prévias armazenadas na memória implícita. Assim, o programa multissensorial demonstrou ser uma ferramenta eficaz, capaz de produzir e manter mudanças nas associações implícitas, de baixo custo e pode ser aplicado em diversas áreas para mudar as associações implícitas e reverter preconceitos. Os resultados demonstraram que esse trabalho de doutorado teve êxito no que se propôs, contribuindo, assim, para a difusão do conhecimento das aplicações benéficas da tecnologia nuclear e, conseqüentemente, para a sua desmitificação. Essa metodologia completa poderá ser empregada em outras áreas para identificar, modificar e/ou reverter preconceitos ou estereótipos implícitos.

Palavras-chave: memória implícita; Teste de Associação Implícita (TAI); neurociências; ensino-aprendizagem; tecnologia nuclear;

ABSTRACT

DE CARVALHO BARABÁS, R. *Neuroscience applied to the teaching-learning of nuclear technology*. 2018. 178p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

Although the applications of nuclear technology benefit several fields, such as health, industry, agriculture, energy production, among others, its public acceptance is still reduced and there are various barriers to its use. A lack of assertive knowledge about this technology generates prejudice against its use. Prejudices may be explicit – at the conscious level – or implicit – operating outside awareness. Nevertheless, either conscious or unconscious, prejudices interfere with behavior and attitudes. The experiences in the explicit and implicit memories can be transferred from one to the other; thus unconscious prejudices or associations may be modified by the explicit memory, that is, new knowledge may reduce or even reverse them. The teachers play a critical role for transforming education; however, for sharing balanced knowledge they must have a perspective without prejudices. This work aims to develop a neuroscience-based methodology through which implicit associations of Brazilian science teachers towards nuclear technology may be assessed and possible implicit prejudices may be changed by new knowledge. In order to identify implicit prejudices, specific implicit memory tests are required. The Implicit Association Test (IAT) was chosen for this work. By following the steps provided by the software *FreeIAT*, the IAT was customized aiming to compare the implicit associations of respondents towards nuclear and oil. A pretest with nuclear specialists (control group) and lay people was administered to check the consistency of the customized IAT. The Cronbach's alpha was applied to measure the reliability of the test and showed good internal consistency. A 5-hour multisensory program for science teachers was designed and administered at the *Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares* (IPEN). The IAT was administered at the beginning and at the end of the program and the results of the implicit associations were compared. After a six-month period, the IAT was re-administered to the same group of teachers to verify whether the implicit associations remained stable. This multisensory program was compared to a 12-week traditional teaching program with

lecture classes held at IPEN for incoming post-graduation students. The multisensory program was effective for changing and maintaining the implicit associations of teachers towards the beneficial applications of nuclear technology, unlike the traditional teaching program with lecture classes. This work demonstrated that it is possible to break paradigms and prejudices. The multisensory program enabled an enriched knowledge about the applications of nuclear technology, that is, it promoted new experiences in the explicit memory, which modified the previous associations stored in the implicit memory. Therefore, the multisensory program has proven to be a successful, cost-effective tool, which is able to cause and maintain changes in implicit associations and can be applied in several areas where changes in implicit associations and prejudice reversal are desired. The results demonstrated that the proposed doctoral research was effective, thus contributing to the diffusion of knowledge of the beneficial applications of nuclear technology and, consequently, to its demythification. This methodology may be administered to other fields to identify, modify and/or reduce implicit prejudices or stereotypes.

Key words: implicit memory; Implicit Association Test (IAT); neuroscience; teaching- learning; nuclear technology.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Classificação hierarquica das grandes estruturas neuroanatômicas.....	58
Tabela 2 – Tipos e características da memória.....	65
Tabela 3 – Lista de estímulos para a categoria-alvo	76
Tabela 4 – Lista de estímulos para a categoria-atributo	76
Tabela 5 – Coeficientes de confiabilidade – Alfa de <i>Cronbach</i>	83
Tabela 6 – Estrutura dos dados de uma amostra pareada.....	85
Tabela 7 – Resultados comparativos dos testes T_1 e T_2 aplicados aos alunos de pós- graduação	115
Tabela 8 – Resumo dos resultados comparativos dos Testes (T_1 , T_2 e T_3) com base nas variáveis categóricas	144

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 – Vista aérea da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) ...	36
Figura 2 – Radiofármaco para cintilografia renal.....	37
Figura 3 – Sementes de Iodo-125.....	38
Figura 4 – Sementes de Iodo-125 em corda.....	38
Figura 5 – Fio de Irídio-192.....	38
Figura 6 – Hidrogéis desenvolvidos no IPEN.....	39
Figura 7 – Ossos embalados para serem radioesterilizados	40
Figura 8 – Irradiador tipo GAMMACELL	41
Figura 9 – Produtos esterilizados por radiação	42
Figura 10 – Condimentos irradiados	43
Figura 11 – Morangos irradiados comparados a não irradiados	43
Figura 12 – Gamagrafia industrial	44
Figura 13 – Preparação para análise com radiotraçador	45
Figura 14 – Equipamento de radiação ultravioleta	46
Figura 15 – Telas higienizadas por radiação ionizante no IPEN	46
Figura 16 – Painéis VI e VII do Papiro <i>Edwin Smith</i> expostos na	48
Figura 17 – <i>De Humani Corporis Fabrica (1543)</i>	49
Figura 18 – Cérebro humano	49
Figura 19 – Ventrículos encefálicos	49
Figura 20 – Ilustração de Descartes	50
Figura 21– Mapa da frenologia (séc. XIX).....	51
Figura 22 – Possível trajetória da perfuração	52
Figura 23 – Crânio de Gage	52
Figura 24 – Lesão no cérebro do paciente de Broca	53
Figura 25 – Hipocampo desenhado por Camillo Golgi.....	54
Figura 26 – Hipocampo de um roedor desenhado por Cajal.....	55
Figura 27 – Divisão do encéfalo.....	57
Figura 28 – Sistema nervoso periférico.....	59
Figura 29 – Tipos de neurônios no SN.....	60
Figura 30 – Tipos de gliócitos	61
Figura 31 – Transferência de informações nos diferentes tipos de memórias	66
Figura 32 – Representação da operação dos sistemas de memória	68
Figura 33 – Taxonomia adaptada dos sistemas de memória de longa duração .	71
Figura 34 – Tela inicial do TAI.....	77
Figura 35 – Tela com as instruções iniciais	77
Figura 36 – Bloco 1: Categorias-alvo	78
Figura 37 – Bloco 2: Categorias-atributo.....	78
Figura 38 – Bloco 3: Emparelhamento de categorias	79
Figura 39 – Bloco 4; Troca de posição das categorias-alvo na tela	79
Figura 40 – Bloco 5: Emparelhamento de categorias invertido	80
Figura 41 – Indicação de erro na resposta do participante	80
Figura 42 – Interpretação da força da associação	82
Figura 43 – <i>Coffee break</i> oferecido aos professores	89

Figura 44 – Aplicação do TAI para professores	90
Figura 45 – Centro do Reator de Pesquisas (CRPq)	91
Figura 46 – Centro da Tecnologia das Radiações (CTR)	91
Figura 47 – Visita ao CRPq – sala de operações e piscina do reator	92
Figura 48 – Visita ao CTR	93
Figura 49 – Certificado e <i>kit</i> educacional	94
Figura 50 – Associações implícitas relacionadas à área nuclear e petróleo	96
Figura 51 – Escores das associações implícitas: formação acadêmica.....	97
Figura 52 – Escores das associações implícitas: tempo de profissão	98
Figura 53 – Comparativo da associações implícitas entre os gêneros	99
Figura 54 – Escores das associações implícitas: faixa etária	100
Figura 55 – Quantificação do Alfa de <i>Cronbach</i> para o grupo de especialistas	101
Figura 56 – Associações implícitas de sujeitos leigos.....	102
Figura 57 – Escores das associações implícitas: formação acadêmica.....	103
Figura 58– Escores das associações implícitas com base no gênero	104
Figura 59 – Escores das associações implícitas: faixa etária	105
Figura 60 – Quantificação do Alfa de <i>Cronbach</i> para o grupo	106
Figura 61 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: T ₁	107
Figura 62 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós- graduação: formação acadêmica	108
Figura 63 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: comparativo	109
Figura 64 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: faixa etária.....	110
Figura 65 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós- graduação: T ₁ e T ₂	111
Figura 66 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós- graduação com formação em ciências exatas: T ₁ e T ₂ e T ₂	112
Figura 67 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós- graduação: T ₁ e T ₂	113
Figura 68 – Comparativo das associações implícitas das alunas de pós- graduação: T ₁ e T ₂	113
Figura 69 – Comparativo das associações implícitas dos alunos da faixa etária adulto-jovem:T ₁ e T ₂	114
Figura 70 – Resultado do teste <i>t</i> de <i>Student</i> aplicado ao grupo de alunos de pós- graduação: T ₁ e T ₂	116
Figura 71 – Escores das associações implícitas dos professores (T ₁)	117
Figura 72 – Escores das associações implícitas dos professores de ciências: formação acadêmica (T ₁)	118
Figura 73 – Escores das associações implícitas:gênero (T ₁).....	119
Figura 74 – Escores das associações implícitas:faixa etária (T ₁)	120
Figura 75 – Escores das associações implícitas dos professores da rede pública (T ₁).....	121
Figura 76 – Associações implícitas dos professores da rede privada (T ₁)	122
Figura 77 – Comparativo das associações implícitas dos professores:T ₁ e T ₂ ..	123

Figura 78 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências humanas: T_1 e T_2	125
Figura 79 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências naturais; T_1 e T_2	125
Figura 80 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências exatas: T_1 e T_2	126
Figura 81 – Comparativo das associações implícitas dos professores: T_1 e T_2 ..	127
Figura 82 – Comparativo das associações implícitas das professoras: T_1 e T_2 ...	128
Figura 83 – Associações implícitas de acordo com a faixa etária (T_2)	128
Figura 84 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede pública: T_1 e T_2	129
Figura 85 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede particular: T_1 e T_2	130
Figura 86 – Teste t de <i>Student</i> aplicado ao grupo dos professores de ciências: T_1 e T_2	131
Figura 87 – Comparativo das associações implícitas dos professores: T_1 , T_2 e T_3	135
Figura 88 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências humanas: T_1 , T_2 e T_3	136
Figura 89 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências naturais: T_1 , T_2 e T_3	137
Figura 90 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em	137
Figura 91 – Comparativo das associações implícitas dos professores: T_1 , T_2 e T_3	138
Figura 92 – Comparativo das associações implícitas das professoras: T_1 , T_2 e T_3	139
Figura 93 – Associações implícitas de acordo com a faixa etária (T_3)	140
Figura 94 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede pública: T_1 , T_2 e T_3	142
Figura 95 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede privada: T_1 , T_2 e T_3	143
Figura 96 – Teste t de <i>Student</i> aplicado ao grupo dos professores de ciências: T_2 e T_3	145

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

a.C – ANTES DE CRISTO

AIEA – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA

CEP – COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CCN – CENTRO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR

CNAAB – CENTRAL NUCLEAR ALMIRANTE ÁLVARO ALBERTO

CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

CTS – CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE

CTR – CENTRO DE TECNOLOGIA DAS RADIAÇÕES

DECH – DOENÇA DO ENXERTO CONTRA O HOSPEDEIRO

IAT – IMPLICIT ASSOCIATION TEST

IPEN – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

LDBEN – LEIS DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL

PCN – PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN).

PNDL – PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO

PNLDEM – PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO

PET – POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY

RPG – ROLEPLAYING GAME

SN – SISTEMA NERVOSO

SNC – SISTEMA NERVOSO CENTRAL

SNP – SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

TAI – TESTE DE ASSOCIAÇÃO IMPLÍCITA

TCLE – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivo	22
1.1.1	Justificativa	23
1.2	Organização da tese	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
3.1	Aplicações benéficas da tecnologia nuclear	34
3.1.1	A produção de energia	34
3.1.2	Aplicações na medicina	36
3.1.3	Aplicações na Indústria	41
3.1.4	Aplicações na Agricultura	44
3.1.5	Controle Ambiental	45
3.1.6	Aplicações para preservação de patrimônio cultural	46
3.2	Conceitos neurocientíficos	47
3.2.1	Panorama Histórico sobre o SN	47
3.2.2	Um panorama SN na concepção atual	56
3.2.2.1	Cérebro: o órgão da aprendizagem	62
3.2.2.2	Conhecimentos atuais sobre a memória	64
3.2.2.3	A formação das memórias	67
3.2.2.4	A memória implícita	68
4	MATERIAIS E MÉTODOS	73
4.1	A escolha do Teste de Associação Implícita (TAI)	73
4.1.1	A customização do TAI	75
4.1.2	A organização dos blocos	76
4.2	Aplicação do TAI para o grupo de especialistas – Pré-Teste	82
4.3	Aplicação do TAI para um grupo de leigos	84
4.4	Aplicação do TAI para o grupo de alunos de pós- graduação do IPEN	84
4.5	A metodologia para o grupo de professores de ciências	86
4.5.1	Abordagem multissensorial	86
4.5.2	A Aplicação da metodologia para os professores de ciências	88
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95

5.1 Pré-teste com especialistas do CEN	95
5.2 O TAI aplicado a leigos	101
5.3 O TAI aplicado a alunos de pós-graduação do IPEN	107
5.3.1 Os resultados do TAI dos alunos no primeiro dia de aula (T ₁)	107
5.3.2 Os resultados do TAI dos alunos no último dia de aula (T ₂)	110
5.4 A Aplicação do TAI aos professores de ciências.....	117
5.4.1 Primeira aplicação do TAI aos professores de ciências (T ₁)	117
5.4.2 Reaplicação do TAI ao término do programa (T ₂)	123
5.4.3 Reaplicação do TAI após seis meses (T ₃)	134
6 CONCLUSÕES	147
6.1 Trabalhos futuros.....	149
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150
ANEXO 1 – Resolução - RDC nº 21 de 26/01/2001 - ANVISA 2001	166
ANEXO 2 – Parecer consubstanciado do CEP	172
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	174
APÊNDICE B – Exemplos de dados dos arquivos de saída: <i>Free/AT</i>	177

1 INTRODUÇÃO

Por meio da ciência, da tecnologia e da inovação, países podem melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Desde a descoberta da fissão nuclear, nos anos 30, as aplicações pacíficas da tecnologia nuclear têm beneficiado diversos campos. Preservação dos alimentos, proteção ambiental, aplicações na área da saúde para diagnóstico e tratamento, fornecimento constante de energia, podem ser citados como contribuições da tecnologia nuclear para o bem-estar global (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2017a).

Entretanto, as aplicações benéficas da tecnologia nuclear ainda são pouco difundidas e, a despeito de tantos aspectos positivos, a aceitação pública dessa tecnologia ainda é restrita e há várias barreiras para o seu uso, tais como: preocupações com a segurança, rejeitos radioativos, terrorismo e percepção pública. Tais barreiras se devem, provavelmente, à falta de conhecimento assertivo sobre o tema (BARABÁS; SABUNDJIAN, 2013).

Ademais, as bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, na Segunda Guerra Mundial, os acidentes nucleares em *Three Mile Island* (1979) e *Chernobyl* (1986), o acidente com o Césio 137 em Goiânia, Brasil (1987), e o acidente em *Fukushima* (2011) são responsáveis pela imagem negativa da energia nuclear (VIKLUND, 2003; VISSCHERS; SIEGRIST, 2013).

Preconceitos contra um tipo de tecnologia interferem nas decisões das autoridades com relação ao desenvolvimento e investimento nessa tecnologia.

Informações veiculadas na mídia, que possui grande credibilidade frente ao público, se disseminam em meio à sociedade gerando um conhecimento prévio parcial e, por vezes, não assertivo. No mundo globalizado, as informações são acessíveis a todos e chegam a tempo real. Esse contexto requer que o público se ajuste às rápidas mudanças tecnológicas e sociais e que saiba lidar com o excessivo número de novas informações.

A educação propicia conhecimentos a respeito de um determinado tema, criando condições, como estratégias pedagógicas, materiais, recursos humanos e, também, oferecendo um ambiente adequado a novos aprendizados.

Por isso, a educação é o ponto de partida para que haja uma interpretação pública imparcial acerca da utilização da tecnologia nuclear.

O conhecimento apropriado sobre o uso benéfico da tecnologia nuclear durante a formação acadêmica de base quebrará paradigmas e propiciará uma visão desmitificada sobre o uso da ciência, tecnologia e inovação nessa área.

Para uma educação transformadora, o papel do professor é crucial. No caso das ciências, um professor que discute e reflete com seus alunos, por exemplo, sobre a matriz energética do Brasil, sobre as questões ambientais e as ações da sociedade, sobre valores pessoais e coletivos, se torna mais do que um professor-instrutor, estendendo-se além de um ensino teórico formal.

Entretanto, para que o professor transmita o conhecimento de forma equilibrada e imparcial, é necessário que ele tenha uma visão livre de preconceitos e estereótipos.

Preconceitos podem ser conscientes ou inconscientes, ou seja, podem estar armazenados na memória explícita ou declarativa (consciente) ou na memória implícita ou não declarativa (inconsciente). No entanto, as experiências registradas nas memórias explícita e implícita são transferidas de uma para a outra e influenciam uma a outra (SCHACTER; TULVING, 1994). Assim, a memória implícita carrega preconceitos inconscientes que podem ser modificados pela memória explícita, ou seja, um novo conhecimento (consciente) pode esclarecer e transformar conceitos, preconceitos e/ou mitos inconscientes (SIEGEL, 1999). Além do mais, explícitos ou implícitos, os preconceitos podem ser reduzidos e até revertidos (LOWERY et al., 2001; RUDMAN et al., 2001).

Nas últimas décadas, a educação tem contado com a contribuição valiosa das neurociências, conjunto de disciplinas que tratam do sistema nervoso e, por diversos métodos, estudam esse sistema e a relação entre as funções cerebrais (LENT, 2008). No tocante à educação, o processo cerebral constitui-se uma área de interesse das neurociências (KANDEL et al., 1997).

A neurociência cognitiva, também chamada de Neuropsicologia, aborda as capacidades mentais mais complexas como, por exemplo, a linguagem, a autoconsciência, a memória, o pensamento e o aprendizado. Além de bases consistentes sobre o funcionamento do cérebro, a neurociência

cognitiva também proporciona, por meio dos estudos de neuroimagem funcional, um conhecimento mais amplo dos mecanismos cerebrais responsáveis por funções mentais importantes na aprendizagem (MILNER et al., 1998). O conhecimento advindo das neurociências, portanto, é um aliado no tocante ao processo ensino-aprendizagem. E nesse processo, o professor é um elemento-chave para promover um ensino efetivo sobre os mais diversos temas. Mitos, estereótipos e preconceitos sobre determinado assunto podem influenciar tanto a forma de ensinar como também o conteúdo ministrado.

O campo da Psicologia Social tem desenvolvido metodologias que visam acessar as associações implícitas, ou seja, as que são automáticas e espontâneas, fugindo ao controle consciente do indivíduo. Tais medidas visam acessar não somente as atitudes que os respondentes podem não estar dispostos a declarar abertamente, mas também as que eles não estão conscientes (FAZIO; OLSON, 2003). Assim, uma das vantagens das mensurações implícitas é a diminuição ou anulação do efeito da desejabilidade social, que é comum às pesquisas de autorrelato (GOUVEIA et al., 2009).

Dentre as técnicas de mensuração implícita, destacam-se: a) o efeito *priming*, proposto por FAZIO (1995) e b) o Teste de Associação Implícita (TAI), desenvolvido por GREENWALD et al. (1998). WITTENBRINK e SCHWARZ (2007) apontam também as técnicas modernas de neuroimagem funcional como uma alternativa de mensuração implícita, visto que, como medidas de atividade metabólica dependente de órgãos corporais, elas possuem uma riqueza de sinais que não são conscientemente acessíveis.

O efeito *priming* ou pré-ativação consiste da ativação de representações mentais com o objetivo de influenciar o comportamento subsequente sem que o indivíduo tenha consciência sobre tal influência (BARGH; CHARTRAND, 2000).

A pré-ativação é um gatilho de um processo de pensamentos e associações os quais um indivíduo não dispunha antes de ser exposto a um determinado estímulo, influenciando, assim, a sua resposta comportamental, ou seja, um estímulo ativa determinadas representações na mente que estão associadas a ele afetando, assim, as respostas e/ou tomada de decisão de indivíduos. A percepção demonstrada no efeito *priming* ocorre automaticamente

e inconscientemente, isto é, os estímulos são processados sem que o limiar da consciência seja atingido (GAZZANIGA; HEATHERTON, 2017).

O TAI foi proposto por GREENWALD et al. (1998) tendo como base a análise da latência de resposta, ou seja, do intervalo entre o começo de um estímulo e o início de uma reação associada a esse estímulo. Assim, os autores propuseram que a exposição a um objeto atitudinal pode ativar reações mentais automáticas que afetarão a velocidade das respostas. Portanto, será mais fácil dar uma resposta comportamental – como, por exemplo, pressionar uma tecla – quando dois conceitos estão fortemente associados entre si. Essa técnica não requer a intencionalidade da pessoa; ela mede atitudes e crenças que os indivíduos podem estar relutantes ou são incapazes de relatar.

De acordo com a literatura, o TAI tem sido amplamente aplicado com resultados satisfatórios (GREENWALD et al., 1998; EGLOFF; SCHMUKLE, 2002; BRUNEL et al., 2004; VICTORIA et al., 2011).

Com base nessas considerações, esse trabalho de doutorado visa desenvolver uma metodologia com apoio em neurociências por meio da qual as associações implícitas referentes às aplicações da tecnologia nuclear por parte dos professores de ciências sejam identificadas e possíveis associações e preconceitos implícitos sejam modificados por meio do conhecimento explícito.

Essa é uma proposta educacional que contribuirá para a desmitificação da tecnologia nuclear e, conseqüentemente, para uma melhor aceitação pública das suas aplicações benéficas.

1.1 Objetivo

Essa pesquisa é uma proposta educacional com base nos princípios neurocientíficos que podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem sobre as aplicações benéficas da tecnologia nuclear. Esse estudo contribuirá para a formação de professores de ciências, a fim de que o ensino referente à temática das aplicações da tecnologia nuclear seja equilibrado e imparcial, garantindo, portanto, um aprendizado assertivo. Assim, esse trabalho visa:

- a) avaliar as associações implícitas referentes à tecnologia nuclear por parte de professores de ciências utilizando o Teste de Associação Implícita (TAI) (GREENWALD et al., 1998);
- b) propor uma programa com abordagem multissensorial para professores de ciências sobre as aplicações benéficas da tecnologia nuclear;
- c) verificar, por meio da reaplicação do TAI, se houve modificações nas associações implícitas dos professores após a participação no programa;
- d) reaplicar o TAI após 6 meses do programa descrito nos itens (b) e (c), a fim de verificar se os resultados obtidos anteriormente permaneceram estáveis.

1.1.1 Justificativa

Esse trabalho de doutorado busca desenvolver uma metodologia que contribua para a difusão do conhecimento das aplicações benéficas da tecnologia nuclear e para a sua desmitificação, tendo por base os conceitos em neurociências.

Embora muitos trabalhos abordem a educação de ciências avaliando o conhecimento dos alunos e o conteúdo didático, não há na literatura publicações que tenham como enfoque a identificação de associações implícitas de professores, especialmente, no ensino de assuntos relacionados à tecnologia nuclear. Também não há uma metodologia desenvolvida para professores com abordagem multissensorial nessa área. Por esta razão, esse trabalho é original na área do ensino de ciências no Brasil.

1.2 Organização da tese

Essa tese foi organizada e escrita seguindo o Guia para Elaboração de Dissertações e Teses, instrumento oficial do Programa de Pós-graduação de Tecnologia Nuclear do IPEN/USP (IGAMI; VIEIRA, 2017).

O capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, bem como os objetivos, a justificativa e a organização geral dessa tese de doutorado.

No capítulo 2, a revisão bibliográfica sobre a educação de tecnologia nuclear é apresentada em ordem cronológica.

No capítulo 3, é apresentada a fundamentação teórica sobre a qual esse trabalho foi desenvolvido. Por ser uma pesquisa voltada para a desmitificação da tecnologia nuclear, nesse capítulo serão apresentadas as suas principais aplicações benéficas. Também, pelo fato da pesquisa utilizar as neurociências no desenvolvimento de sua metodologia, esse capítulo abordará conceitos neurocientíficos considerados pertinentes a esse estudo.

O capítulo 4 descreve os materiais e métodos utilizados nesse trabalho. Cada etapa da metodologia desenvolvida e aplicada é detalhadamente descrita nesse capítulo.

No capítulo 5, os resultados das aplicações do TAI para os grupos participantes dessa pesquisa são apresentados, comparados e discutidos.

No capítulo 6, estão as conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

Finalmente, são fornecidas as referências bibliográficas utilizadas no trabalho.

O ANEXO 1 apresenta a Resolução RDC nº 21 de 26/01/2001 da ANVISA sobre os rótulos das embalagens de produto tratado por processo de irradiação.

O ANEXO 2 mostra o parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) para esse trabalho.

O APÊNDICE A apresenta o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para essa pesquisa.

No APÊNDICE B são apresentados exemplos de dados dos arquivos de saída do *FreeIAT*: '*AllData.txt*' e '*ScoresOnly.txt*' bem como a interpretação de cada uma das colunas apresentadas no '*ScoresOnly.txt*'.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Essa revisão bibliográfica teve como objetivo buscar na literatura as pesquisas educacionais referentes ao ensino de tecnologia nuclear ao longo dos anos no Brasil e no mundo.

Ela será apresentada em ordem cronológica e considerará as publicações a partir da década de 80, já que a maior parte das pesquisas educacionais a respeito da tecnologia nuclear foi publicada a partir dessa década, provavelmente por conta do mais grave acidente ocorrido em uma usina nuclear: *Three Mile Island*, em 1979. Esse acidente foi o desencadeador de várias pesquisas que envolveram a opinião pública sobre o tema energia nuclear. Possivelmente, também tenha sido o evento que deu origem às pesquisas educacionais em ciências (CANTELON; WILLIAMS, 1992).

Em 1985, uma publicação do Centro de Educação da Universidade do Texas, em Austin, EUA, discutiu o fato de que o ensino de ciências estava focado, principalmente, na memorização de fatos, conceitos e princípios, sem um currículo que preparasse os alunos para refletir e desenvolver atitudes positivas em relação à ciência. O artigo apontou para a falha no planejamento curricular de ciências (KOBALLA; CRAWLEY, 1985).

HICKMAN (1987) abordou o tema Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) no ensino médio. O livro propôs uma grade curricular organizada em categorias de conhecimento, utilização de habilidades cognitivas e desenvolvimento de atitudes. Também examinou opções e alternativas de currículos, focou na infusão do conteúdo de CTS nos cursos de ciências e estudos sociais, além de descrever conceitos de ensino e diretrizes para uma reforma curricular.

Um estudo com jovens canadenses do ensino médio, em 1988, monitorou, por meio de testes e questionários, as crenças e conceitos dos alunos sobre o tema CTS. Com base nos resultados, o autor concluiu que a televisão influenciava mais os alunos acerca de ciências e de seu contexto tecnológico e social do que os cursos de ciências. Também concluiu que o desafio para os educadores seria utilizar a mídia de forma efetiva para combater informações incorretas sobre ciências (AIKENHEAD, 1988).

PLIGT (1992) abordou o uso de várias teorias sociais psicológicas para revelar a compreensão e a falta de compreensão do público sobre assuntos relacionados à energia nuclear. Usando pesquisas de opinião pública da Europa e da América do Norte, o autor observou como as pessoas percebiam a energia nuclear e seus riscos, bem como seus custos e benefícios. O autor concluiu que a aceitabilidade da energia nuclear está relacionada a fatores qualitativos como o potencial catastrófico e a percepção do controle dos riscos. Tais fatores são responsáveis pela preocupação e ansiedade quanto às possíveis consequências do uso dessa tecnologia. Dessa forma, segundo o autor, a comunicação de riscos deveria educar o público e ajudar a combater altos níveis de medo e ansiedade. Além disso, a comunicação de risco deveria abordar os aspectos cognitivos e emocionais das percepções públicas acerca dos riscos tecnológicos.

GAMBRO e SWITZKY (1996) publicaram uma pesquisa em que a base de conhecimento ambiental de uma amostra probabilística nacional de estudantes americanos de ensino médio foi avaliada e revelou os baixos níveis de conhecimento ambiental. Os autores discutiram implicações educacionais e recomendações para que os alunos não somente recebessem o conhecimento, mas que também aprendessem a aplicá-lo.

A partir de um projeto comum entre Brasil e Reino Unido, WATTS et al. (1997) desenvolveram dois módulos de ensino de assuntos relacionados à tecnologia nuclear baseando-se no ensino chamado Aprendizado Centrado em Eventos, cujas principais características são: a exploração de eventos reais construídos a partir de reportagens, artigos, livros; tarefas com ênfase em resolução de problemas da vida real; integração de aspectos ligados à ciência e tecnologia em um contexto social.

Na Austrália, em 2003, uma pesquisa investigou o conhecimento de 78 alunos do ensino médio sobre diversos assuntos relacionados à energia nuclear. Os resultados demonstraram que, ainda que os alunos tivessem algum conhecimento sobre a tecnologia nuclear, o medo de acidentes nucleares ainda estava presente (COOPER et al., 2003).

Ainda em 2003, um estudo conjunto entre os Estados Unidos e Taiwan examinou a orientação cognitiva com relação à informação científica ou

social e os modos de raciocínio dos alunos do último ano do ensino médio sobre o uso da energia nuclear. Questionários, pesquisa de preferência e entrevistas geraram dados sobre a orientação social e científica dos alunos sobre o tema. Análises estatísticas demonstraram consistência entre os resultados obtidos e o desempenho dos alunos em ciência (YANG; ANDERSON, 2003).

SAMAGAIA e PEDUZZI (2004) abordaram a importância de uma nova prática escolar preocupada em colocar o estudante como centro das atividades em sala de aula, a chamada Aprendizagem Centrada em Eventos. Foram apresentados resultados referentes a um módulo didático abrangendo a Física Moderna, aplicado e avaliado, e voltado à sala de aula do ensino fundamental no contexto histórico do Projeto Manhattan (1941-1945). Esse Projeto foi liderado pelos Estados Unidos com o apoio do Reino Unido e Canadá por meio do qual as primeiras bombas atômicas foram desenvolvidas e produzidas durante a II Guerra Mundial. Fissão nuclear, radiação, energia, armas químicas e biológicas foram conteúdos contemplados, e a técnica usada em sala de aula foi o *Roleplaying Game* (RPG), jogo em que os jogadores assumem os papéis de personagens e criam narrativas. Segundo os autores, por meio da técnica RPG, os participantes obtiveram ganhos conceituais, realizaram ampla pesquisa bibliográfica de conteúdos específicos de ciências, possibilitando ao professor se concentrar em organizar as atividades em sala de aula de forma a incentivar a curiosidade e despertar o interesse pela ciência.

Na Alemanha, uma publicação defendeu a necessidade de pesquisa em educação de ciências como contribuição indispensável para a capacitação de professores que resultaria em melhorias no ensino e avanço no conhecimento científico (DUIT, 2006).

Visando o desenvolvimento de uma abordagem educacional cientificamente robusta e viável sobre energia, pesquisadores da Universidade de Washington (EUA) e de Udine (Itália) elaboraram uma proposta de ensino para ser implementada no nível primário em Udine. O artigo abordou o processo de desenvolvimento curricular orientado por pesquisa sobre o aprendizado em cada estágio (HERON et al., 2008).

No Brasil, três pesquisas foram publicadas em 2009. Uma delas abordou o uso das relações CTS no tema radioatividade nos livros didáticos de

química mais utilizados por professores do ensino médio da rede pública. A análise dos dados baseou-se no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Com base na análise do material, sugestões de reestruturação da forma e conteúdo foram dadas a fim de tornar o material mais adequado aos alunos (ZORZI; SANTIN, 2009).

SOUZA e GERMANO (2009) fizeram uma análise do tratamento dado à física nuclear nos livros didáticos do ensino médio no Brasil. A análise levou em consideração a estruturação dos textos em seus conteúdos e as atividades sugeridas nos livros. A pesquisa evidenciou que a física nuclear é ensinada somente na série final do ensino médio, pois os livros, em geral, concentram os conteúdos relacionados à física moderna e contemporânea nos últimos capítulos de livros em versões seriadas ou em volume único. O estudo concluiu que, no que se refere à temática da física nuclear, a contextualização social ou cultural dos conteúdos ainda está ausente na maior parte dos materiais didáticos analisados.

A fim de verificar o conhecimento de alunos de escola pública do ensino médio brasileiro sobre as aplicações da tecnologia nuclear, BENITES e GORDON (2009) conduziram uma pesquisa em que questionários sobre tecnologia nuclear e conceitos básicos de física nuclear foram aplicados, tendo por referência as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) e os PCNs. Após responderem aos questionários, os alunos assistiram a uma palestra a respeito do tema e, em seguida, responderam novamente o mesmo questionário e participaram de discussões sobre o tema. Concluiu-se que 55% dos participantes tinham uma visão equivocada sobre o conceito de energia nuclear e 84% tinham uma visão limitada acerca de seus benefícios.

Ainda no Brasil, CASTRO e FERREIRA (2011) analisaram a abordagem do tema radioatividade em livros de química do ensino médio no período de 2008 a 2010. As análises tiveram por base o PNLD, os PCNs e o Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLDEM). Segundo os autores, os livros abordavam os raios alfa, beta e gama e mencionavam as aplicabilidades na indústria. Entretanto, não exploravam as relações com o meio ambiente e com as questões sociais, políticas e éticas, não relacionavam essa

tecnologia ao cotidiano, não avaliavam os riscos e benefícios da energia nuclear e nem sugeriam pesquisa ou busca de textos complementares.

VILLAR (2011) publicou um artigo argumentando que um melhor ensino de física com ênfase, particularmente, em radioatividade e ciências das radiações poderia contribuir para a consciência pública sobre a realidade que cerca a radiação e a radioatividade.

VANNI et al. (2011) tiveram por objetivo verificar o nível de informação da população em torno do reator de pesquisa IEA-RI, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) em São Paulo. Por meio de questionários, com questões de fácil compreensão, sujeitos de diferentes classes social, econômica e cultural, entre 12 e 80 anos, foram pesquisados. Os resultados demonstraram que as pessoas não estavam informadas sobre a existência desse reator e nem sobre os aspectos positivos e negativos da energia nuclear, sendo necessário elaborar um projeto para melhor conscientização sobre essa forma de energia utilizando meios de comunicação acessíveis ao público geral.

Em sua dissertação de mestrado, KIIPER (2011) teve como objetivo principal considerar modelos de percepção de risco presentes na literatura e contribuir para melhor compreensão pública sobre as instalações nucleares. Alunos do ensino médio, alunos de graduação de física e engenharia e público em geral foram avaliados por meio de questionários sobre formas de energia, sobre a energia nuclear, seus usos e benefícios, entre outros aspectos. Os questionários foram aplicados 6 meses após o acidente em *Fukushima*. Os resultados da pesquisa indicaram rejeição por parte da opinião pública e diminuição da percepção dos benefícios da energia nuclear.

Em 2012, um estudo publicado nos Estados Unidos investigou o conhecimento de 1.043 alunos americanos urbanos de 8ª série em duas cidades da Pensilvânia. Recursos energéticos e questões conexas, tais como aquisição, geração, armazenamento, transporte, consumo e conservação de energia foram o foco da pesquisa, que foi realizada a partir de questionários de múltiplas escolhas. Com base nos resultados, foram discutidas as implicações para a sanção de atividades curriculares sobre recursos energéticos (BODZIN, 2012).

Em sua tese de doutorado, MODANEZ (2012) argumentou que, desde o início, no currículo escolar, a educação sobre as aplicações benéficas da tecnologia nuclear, mais especificamente a irradiação de alimentos, seria de fundamental importância para a aceitação de novas tecnologias.

Também em 2012, um estudo longitudinal na Suíça, antes e depois do acidente em *Fukushima*, avaliou a aceitação, a confiança, os riscos e benefícios percebidos relacionados às plantas nucleares. Os resultados demonstraram que a aceitação e as percepções da energia nuclear, bem como a confiança se tornaram mais negativas após esse acidente (VISSCHERS; SIEGRIST, 2012).

Ainda em 2012, outro estudo realizado com estudantes de 4 países da Ásia oriental – Coreia, Japão, Taiwan e Cingapura – verificou a percepção dos alunos com relação à energia nuclear. A amostra consistiu de 77 alunos no total, sendo 12 coreanos, 46 japoneses, 9 taiwaneses e 10 cingapurenses. A comparação geral de percepções sobre a energia nuclear demonstrou que a Coreia teve porcentagens mais altas de aceitação, seguida por Taiwan, Cingapura e Japão. Todas as análises feitas pelos autores indicaram que os alunos japoneses tiveram percepções mais baixas e negativas da energia nuclear. Segundo os autores, os japoneses apresentaram percepções mais negativas devido ao acidente na usina nuclear de *Fukushima*. O artigo também apontou que as informações negativas por conta de acidentes influenciam mais as pessoas do que informações positivas sobre usinas que estão operando normalmente, sem qualquer ocorrência. Segundo os autores, políticas que enfatizem a segurança da energia nuclear são necessárias para que as percepções se tornem mais positivas (LEE; PARK, 2012).

PELLEGRINO (2013) discutiu sobre o conteúdo baseado nos novos parâmetros do ensino de ciências para alunos do ensino médio desenvolvidos por educadores representantes de 26 estados americanos. Segundo o autor, o novo conteúdo busca capacitar os profissionais para competir na economia global de alta tecnologia. Esse estudo também abordou os desafios e as oportunidades para a concepção e utilização de avaliações que podem apoiar o ensino-aprendizagem de ciências de acordo com uma visão contemporânea do que significa ser proficiente em ciências.

MAHLER e BARBER (2013) publicaram sobre as percepções de 6.330 alunos da Universidade de *Idaho* (EUA), entre 1993 e 2012, sobre o papel e a viabilidade da energia nuclear no mundo. Questionários foram aplicados aos calouros do curso de ciências do meio ambiente no primeiro e no último dia de aula, a fim de verificar mudanças de opiniões decorrentes da educação. Segundo os autores, 46,7% dos estudantes consideravam a energia nuclear um problema sério no início do curso; no entanto, ao final, menos de 32% dos estudantes ainda mantinham sua opinião negativa inicial. Também, a maior parte dos alunos que inicialmente preferiu combustíveis fósseis à energia nuclear mudou de opinião ao final do curso. A conclusão dos autores é que a educação imparcial, incluindo prós e contras acerca do uso da energia nuclear, tornou os alunos mais receptivos ao uso dessa tecnologia.

Um estudo publicado em 2014 verificou as mudanças na percepção de risco quanto aos efeitos da radiação por parte de alunos coreanos do ensino fundamental e médio. A pesquisa envolveu 3.399 alunos de 63 escolas na Coreia do Sul. Aulas teóricas e atividades práticas foram ministradas e questionários sobre as percepções de risco dos alunos foram respondidos antes e depois do programa desenvolvido. Ao final, os autores verificaram que os alunos tenderam a ter aceitação mais positiva para a radiação aplicada na área médica e menor aceitação, na agricultura. Os autores concluíram que mais informações adequadas ao público devem ser dadas para que a percepção de risco diminua e a aceitação aumente. Pelo fato de que a aceitação dos alunos foi maior após o programa aplicado, os autores argumentaram que aulas sobre o tema sejam continuamente ministradas para o aumento do conhecimento e mudanças positivas de comportamento (HAN et al., 2014a).

Ainda em 2014, outro estudo abordou os efeitos de um seminário de 45 minutos sobre os princípios, o uso, as vantagens e desvantagens da energia nuclear para 123 alunos do ensino fundamental e médio de três escolas da Coreia do Sul. Por meio de questionários pré e pós-seminário, os autores constataram aumento significativo nos níveis de percepção, que incluíam: necessidade, segurança, aquisição de informação, conhecimento objetivo, conhecimento subjetivo, atitude e comportamento com relação à energia nuclear. Segundo os autores, os resultados indicaram que a educação é efetiva

para que haja maior aceitação pública da energia nuclear e que mensagens positivas sobre a conveniência e segurança dessa forma de energia devem ser enfatizadas (HAN, et al., 2014b).

Visando identificar a percepção dos riscos de energia nuclear após o acidente nuclear de *Fukushima*, IEONG et al. (2014) conduziram uma pesquisa contendo questionários que foram aplicados a 1.814 estudantes universitários asiáticos, pertencentes a 18 universidades na China, Japão, Coreia do Sul e Taiwan. As percepções de risco avaliadas foram relativas à incidência de câncer, à distância considerada segura de uma planta nuclear e à escassez de produção de energia em caso de descomissionamento de plantas nucleares no país. O gênero, o país e a taxa de risco percebido de incidência de câncer foram fatores que influenciaram os resultados. As mulheres tenderam a ter maior percepção de risco do que homens. Quanto ao país, alunos do Japão apresentaram maior percepção de risco. Os estudantes de ciências, tecnologia e medicina tiveram menor risco percebido quando comparados aos estudantes de artes e literatura. Os autores concluíram que a educação interdisciplinar no futuro poderá minimizar a lacuna de informação entre os alunos e, portanto, a próxima geração poderá ser mais bem informada sobre esses tópicos de risco.

CHOI et al. (2016) conduziram uma pesquisa sobre a educação de alunos do ensino fundamental e médio na Coreia do Sul com respeito a alimentos irradiados. Um programa educacional que incluía vídeos sobre a aplicação de radiação, alimentos irradiados, palestras e atividades práticas foi desenvolvido pelos autores. Questionários foram respondidos antes e após o programa. Os resultados publicados pelos autores demonstraram que a aceitação, o conhecimento e as atitudes positivas concernentes à irradiação de alimentos aumentaram consideravelmente após o programa. Assim, os autores concluíram que mudanças de comportamento podem ser induzidas por meio da educação.

Ainda na Coreia do Sul, em 2017, foi desenvolvido um programa educacional para ensinar sobre a energia nuclear e a radiação a alunos de ensino fundamental e médio. O programa incluiu palestras ministradas por especialistas, experimentos, observação de alimentos irradiados, discussões e apresentações. Os resultados reportados pelos autores demonstraram que os

alunos tiveram maior aceitação à radiação após o programa. Os autores concluíram que a educação sobre o tema fará com que as futuras gerações não tomem decisões tendenciosas quanto ao uso da tecnologia nuclear, influenciadas pelo medo, mas que recebam informação suficiente para reforçar suas decisões (HAN et al., 2017).

Essa revisão bibliográfica, realizada a partir de 1980, sobre a educação de tecnologia nuclear, demonstrou que as pesquisas educacionais se concentraram, especialmente, na opinião de estudantes sobre essa tecnologia e utilizaram, principalmente, questionários para avaliar as percepções de risco dos participantes. Entretanto, não foram encontrados trabalhos que avaliaram a percepção de professores de ciências sobre as aplicações da tecnologia nuclear.

De forma geral, os resultados das pesquisas evidenciaram que as pessoas ainda temem o uso da energia nuclear devido à alta percepção de risco que possuem.

A revisão de literatura também demonstrou que atitudes explícitas referentes à tecnologia nuclear mudaram após a aplicação de programas educacionais contendo aulas teóricas, seminários com especialistas e atividades práticas. Assim, há concordância entre os autores sobre as mudanças de comportamento e aceitação pública da tecnologia nuclear a partir de programas educacionais direcionados ao ensino sobre as aplicações dessa tecnologia.

As poucas pesquisas sobre o ensino de tecnologia nuclear nos livros didáticos revelaram que os tópicos são pouco explorados e pouco contextualizados e os resultados apontaram para a necessidade de reestruturar a forma e o conteúdo para tornar o material mais adequado aos alunos.

Não foram encontrados na literatura trabalhos com base em neurociências aplicadas ao ensino-aprendizagem de tecnologia nuclear, que busquem identificar associações implícitas de professores de ciências para com essa tecnologia. Assim, esse trabalho de doutorado contribuirá de forma inovadora para o ensino de ciências.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo terá início com a fundamentação teórica sobre a qual esse trabalho foi desenvolvido. Por se tratar de uma pesquisa voltada para a desmitificação da tecnologia nuclear, aqui serão apresentadas as suas principais aplicações benéficas, que são essenciais para o desenvolvimento e progresso de uma nação e que proporcionam melhor qualidade de vida a seus habitantes.

Também, pelo fato da pesquisa utilizar as neurociências no desenvolvimento de sua metodologia, esse capítulo abordará conhecimentos básicos sobre o Sistema Nervoso (SN) que são pertinentes a esse estudo.

3.1 Aplicações benéficas da tecnologia nuclear

A ciência, a tecnologia e a inovação desempenham um papel importante para que os habitantes de uma dada sociedade tenham melhor qualidade de vida. Dentre as diferentes tecnologias, a nuclear possui diversas aplicações que beneficiam variados campos e possibilitam a execução de tarefas, muitas vezes, impossíveis de serem realizadas por meios convencionais.

A seguir, serão apresentadas as principais aplicações pacíficas da tecnologia nuclear que contribuem para o avanço e melhorias em várias áreas da atividade humana.

3.1.1 A produção de energia

A produção de energia é uma das aplicações da tecnologia nuclear mais conhecida pelo público em geral, entretanto, seu uso ainda é visto com preconceito (BARABÁS; SABUNDJIAN, 2013).

A energia nuclear é uma fonte alternativa de energia limpa e, dentre fontes de energia como carvão mineral, gás natural e petróleo, é a que menos causa impacto ao meio ambiente.

A energia nuclear tem o menor rendimento térmico quando comparada com as outras fontes térmicas de geração; ademais, não emite gases de efeito estufa. Assim, o seu uso pode contribuir para a preservação climática na Terra, preservação da camada de ozônio e prevenção da chuva

ácida. Outra vantagem dessa energia é que ela necessita de uma pequena área de ocupação, quando comparada com uma usina hidrelétrica.

Segundo MENZEL (2014), o custo ambiental de uma usina nuclear é de 2 mil dólares/ano enquanto que o de uma usina hidrelétrica é de 2 milhões de dólares/ano. Essa diferença de custos se deve ao fato de uma hidrelétrica estar associada a maiores impactos sociais, tais como: perda de terras produtivas, reassentamento e deslocamento, fatores esses que representam um alto custo associado.

Adicionalmente, a energia nuclear é a única que tem todas as suas etapas devidamente monitoradas e controladas, sendo uma opção para atender com eficácia à demanda energética no mundo moderno (SILVA, 2008).

Em 2014, os Estados Unidos foram os que mais geraram energia por fonte nuclear, sendo responsáveis por 33,13% da produção total desse tipo de energia no mundo. A França teve um aumento de produção em relação ao ano de 2013 e atingiu 418.001GWh, correspondendo a 17,34% da produção total de energia nuclear no mundo. Outros países também se destacaram na produção de energia por fonte nuclear: Rússia (7,1%), Coreia do Sul (6,2%), Canadá (3,09%), Alemanha (3,81%) e Ucrânia (3,44%) (ELETRONUCLEAR, 2016).

No Brasil, as usinas nucleares contribuem para a sua matriz elétrica. A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA), localizada na praia de Itaorna, em Angra dos Reis, Rio de Janeiro, conta com duas usinas em operação, Angra 1 e 2 (Figura 1).

Angra 3, atualmente em construção, deverá entrar em operação nos próximos anos (Figura 1). Juntas, Angra 1 e 2 geram o equivalente a um terço do consumo de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro e representam 2,5% da geração nacional (ELETRONUCLEAR, 2018).

Figura 1 – Vista aérea da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)

Fonte: ELETRONUCLEAR, 2018.

Além do fornecimento estável de energia, novas técnicas nucleares têm sido desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana e serão descritas a seguir.

3.1.2 Aplicações na medicina

No campo médico, são muitas as aplicações da tecnologia nuclear. Destacam-se a radiologia convencional, a mamografia, tomografia computadorizada, radiografia dental panorâmica, exame PET (Positron Emission Tomography) e angiografia digital (ELETRONUCLEAR, 2016).

Em conjunto com os procedimentos de medicina nuclear, as técnicas de imagem, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, possibilitam não somente o mapeamento da função fisiológica e da atividade metabólica, mas também o diagnóstico precoce de doenças (ROBILLOTA, 2006).

Na medicina nuclear, os radiofármacos são utilizados tanto para o diagnóstico em exames de imagem como a cintilografia e a tomografia quanto para o tratamento de vários tipos de câncer (Figura 2).

Figura 2 – Radiofármaco para cintilografia renal

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.¹

O radiofármaco se diferencia dos demais medicamentos por ser um composto que reúne dois componentes: um radioisótopo com propriedades adequadas ao procedimento desejado e um fármaco com a função de um medicamento normal (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2008).

Milhões de procedimentos de medicina nuclear são realizados no mundo anualmente e, graças à medicina nuclear, diagnósticos e terapias utilizando radiofármacos beneficiam milhares de pacientes (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2008).

A braquiterapia, também chamada de terapia de radiação interna, tem sido uma importante aliada ao tratamento de câncer. É uma modalidade de radioterapia em que as fontes radioativas são colocadas próximas ou junto ao tumor (Figuras 3 a 5). A dose de radiação é liberada continuamente durante um curto período de tempo, no caso de implantes temporários, ou durante todo o decaimento da fonte, no caso dos implantes permanentes. Há vários tipos de braquiterapia realizados com fontes radioativas de diferentes isótopos e atividades. A técnica é utilizada para tratar tumores em diferentes regiões do corpo, incluindo próstata, útero, vagina, mama, cabeça e pescoço, vesícula biliar, pulmão, reto e olhos. A vantagem da braquiterapia é que liberação de dose é localizada no volume alvo, poupando, assim, tecidos sadios (PODGORSK, 2005).

¹ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1612>.

Figura 3 – Sementes de Iodo-125

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.²

Figura 4 – Sementes de Iodo-125 em corda

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.³

Figura 5 – Fio de Irídio-192

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁴

² Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1636>.

³ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1635>.

⁴ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1633>.

O hidrogel para fins medicinais é constituído por uma mistura de polímeros sintéticos solubilizados em água para uso tópico no tratamento de queimaduras e ulcerações da pele em geral (Figura 6).

Figura 6 – Hidrogéis desenvolvidos no IPEN

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁵

A solução, que contém 90% de água, é transferida para o molde, embalada e submetida à irradiação em acelerador de elétrons ou com radiação gama proveniente de fonte de cobalto-60. A irradiação forma o hidrogel e o esteriliza em uma única etapa. O hidrogel, em geral, é moldado na forma de membranas de 4 mm de espessura, que são atóxicas, hipoalergênicas, permeáveis ao oxigênio e impermeáveis às bactérias.

A utilização do hidrogel reduz a dor e o trauma provocados pela troca de curativos. Também, sua alta flexibilidade permite que o paciente seja submetido a sessões de fisioterapia sem a necessidade de que os curativos sejam retirados. Por serem transparentes, as membranas de hidrogel permitem a observação do ferimento através do curativo, bem como a otimização da frequência de sua substituição. Os hidrogéis também são usados na liberação

⁵ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=742&campo=841>.

controlada de drogas incorporadas à sua composição, como antibióticos (ROSIK et al., 2002; VARSHNEY, 2007).

A radioesterilização para banco de tecidos humanos é outra importante aplicação da tecnologia nuclear. Os tecidos abrangidos pelo processo podem ser pele, córnea, ossos, tendões e âmnion (Figura 7). A radiação é eficaz para eliminar contaminantes biológicos de várias origens, evitando a transferência de doenças contagiosas. A técnica permite que o material seja esterilizado na sua embalagem final, reduzindo os riscos de recontaminação (DZIEDZIC-GOCLAWSKA et al., 2005).

Figura 7 – Ossos embalados para serem radioesterilizados

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁶

A radiação ionizante também é utilizada para esterilização de bolsas de transfusão de hemocomponentes. A irradiação de sangue é fundamental para evitar a Doença do Enxerto Contra Hospedeiro (DECH), condição em que os glóbulos brancos – linfócitos – dos produtos de sangue atacam células e tecidos do organismo receptor. Embora haja outros procedimentos, como o uso de filtros de leucócitos e desplamatização, a única forma segura de abordagem da DECH é a profilaxia por meio da irradiação gama dos hemocomponentes (OLIVEIRA, 2014; RONSINI; COLENCI, 2017). O irradiador utilizado no procedimento de

⁶ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2500&campo=843>.

esterilização de bolsas de transfusão de hemocomponentes é do tipo GAMMACELL, demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Irradiador tipo GAMMACELL

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁷

Ainda na área médica, em conjunto com a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), países africanos têm utilizado a tecnologia nuclear para neutralizar um dos piores vetores da transmissão de doenças, a mosca Tse-tse. Essa tecnologia visa esterilizar mosquitos machos por meio da exposição à radioatividade. Após a esterilização, os insetos são soltos em áreas silvestres infestadas e, ao se acasalarem com fêmeas férteis, os filhotes gerados são ovos que não vingam. Este mesmo processo tem sido utilizado no Brasil para o combate ao *Aedes Aegypti*, mosquito transmissor de diversos vírus, como: zika, chikungunya, dengue e febre amarela (ELETRONUCLEAR, 2016).

3.1.3 Aplicações na Indústria

A indústria também se beneficia das inúmeras aplicações da tecnologia nuclear. A indústria farmacêutica, por exemplo, conta com essa tecnologia para a esterilização de itens médicos descartáveis (Figura 9).

⁷ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=696&campo=1728>

Figura 9 – Produtos esterilizados por radiação

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁸

Materiais, como borrachas, têxteis, metais, pigmentos, vidros, adesivos e tintas são compatíveis com a radiação ionizante, a qual possibilita a esterilização segura de seringas descartáveis, agulhas, cateteres, luvas e *kits* cirúrgicos, suturas, implantes, proteínas, unidades para hemodiálise, pinças, reagentes, cosméticos, entre outros (IPEN, 2013).

A esterilização por radiação ionizante é uma técnica altamente eficiente, econômica e segura que tem tido um rápido crescimento na indústria médica nas últimas décadas (IPEN, 2013).

Na indústria alimentícia, a tecnologia de irradiação de alimentos é um método eficaz para destruir microrganismos presentes nos alimentos e manter o seu frescor por longos períodos de tempo (Figuras 10 e 11). Produtos agrícolas, quando irradiados, podem ser armazenados por mais tempo sem murchar ou brotarem (CARDOSO et al., 2012).

Atualmente, mais de 50 países, incluindo o Brasil, aprovaram o processo de irradiação para 60 produtos alimentares, como: alho, arroz, banana, batata, cebola, farinha, legumes e verduras, manga, milho, morango, papaia, trigo, entre outros (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2017a).

⁸ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=741>.

Figura 10 – Condimentos irradiados

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.⁹

Figura 11 – Morangos não irradiados comparados a irradiados após 15 dias

Fonte: Eureka Brasil, 2018.¹⁰

Nos diversos setores industriais, a tecnologia nuclear tem sido aplicada em medições de espessura, controle de qualidade em peças metálicas e aplicação de traçadores radioativos para detectar problemas de vazamento e mau funcionamento em um determinado local (Figura 12).

⁹ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=731&campo=833>.

¹⁰ Eureka Brasil. 2018. Disponível em: <<http://eurekabrasil.com/por-que-irradiar-alimentos/>>.

Figura 12 – Gamagrafia industrial

Fonte: CARDOSO et al., 2012.

Gamagrafia significa impressão de radiação gama em filme fotográfico. É uma técnica muito utilizada na indústria e na construção. Por esse processo, é possível detectar defeitos ou rachaduras no corpo das peças e inspecionar a qualidade das soldas em tubulações e partes metálicas (CARDOSO et al., 2012).

Ainda na indústria, há diversas outras aplicações da tecnologia nuclear que podem ser citadas, como: o beneficiamento de pedras preciosas, o desenvolvimento de detectores e sensores de radiação, processamento de fios e cabos elétricos, plásticos reciclados, vulcanização de látex de borracha natural, aplicações das radiações na cura de tintas, vernizes, adesivos e revestimentos.

O desenvolvimento da tecnologia das radiações na indústria produz inovação e geração de novos produtos que resultam em melhor qualidade de vida.

3.1.4 Aplicações na Agricultura

A agricultura também se beneficia dessa tecnologia, pois o uso de traçadores radioativos permite estudar o metabolismo de plantas e o comportamento de insetos, bem como empregar técnicas para eliminação de pragas sem o uso de inseticidas (CARDOSO et al., 2012).

Também, a radiação ionizante é utilizada para conservar adubos e para reduzir perdas pós-colheita devido à infestação por insetos ou microrganismos (ELETRONUCLEAR, 2016).

3.1.5 Controle Ambiental

As aplicações da tecnologia nuclear auxiliam no controle ambiental, conforme demonstrado na Figura 13, por meio de técnicas que determinam a velocidade do fluxo da água subterrânea quando do estudo acerca da qualidade da água usada para abastecimento e do grau de poluição provocada por um determinado contaminante lançado na seção de entrada de um reservatório (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2017b).

Figura 13 – Preparação para análise com radiotraçador

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.¹¹

Aproximadamente um quinto da população do planeta não tem acesso à água potável, por isso, a limpeza e a dessalinização da água do mar é uma questão de sustentabilidade da sociedade.

No caso da limpeza de águas provenientes de rios, riachos, lagos e lagoas, a radiação ultravioleta é uma forma eficaz de desinfecção e não gera resíduo (Figura 14). Quanto ao processo de dessalinização, a vantagem do uso da fonte nuclear é a de não acrescentar poluentes como os que surgem quando do uso de outras fontes químicas (ELETRONUCLEAR, 2016).

¹¹ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR –Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=745>.

Figura 14 – Equipamento de radiação ultravioleta

Fonte: SNATURAL MEIO AMBIENTE.¹²

3.1.6 Aplicações para preservação de patrimônio cultural

A radiação ionizante também tem sido usada na conservação e restauro de obras de arte. Na Figura 15, podem ser visualizadas algumas telas higienizadas por esse processo, que estão originalmente instaladas na estação Liberdade do Metrô em São Paulo.

Com a finalidade de exterminar pragas, como cupins e brocas e também fungos e bactérias, essa tecnologia, que não gera resíduos tóxicos ou radioativos, é aplicada a obras, que incluem quadros, xilogravuras e papéis (ELETRONUCLEAR, 2016).

Figura 15 – Telas higienizadas por radiação ionizante no IPEN

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.¹³

¹² SNATURAL MEIO AMBIENTE – Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/desinfeccao-ultravioleta-uv-radiacao-uv-agua-potavel/>>.

¹³ Arquivo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CTR – Disponível em: <https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=38&campo=6017>.

Todos esses exemplos de aplicações benéficas da tecnologia nuclear têm um alto impacto no futuro da agricultura, saúde, indústria, na preservação do meio ambiente e cultura; entretanto, infelizmente, ainda são pouco difundidos.

A educação assertiva e imparcial sobre as diferentes formas de energia e sobre as possíveis aplicações pacíficas da tecnologia nuclear é o caminho para a conscientização, a redução e/ou reversão de preconceitos e, conseqüentemente, maior aceitação pública dessa tecnologia.

3.2 Conceitos neurocientíficos

As neurociências, terminologia essa que engloba as áreas das ciências, como a biologia, fisiologia, medicina, física e psicologia, estudam por diversos métodos, o Sistema Nervoso (SN) – estruturas e funções (LENT, 2008).

A fim de construir uma base para as reflexões e discussões sobre o SN e sua relação com a aprendizagem, esse item abordará o SN trazendo, inicialmente, um panorama histórico.

3.2.1 Panorama Histórico sobre o SN

A partir de diferentes visões e entendimentos, as concepções sobre o SN foram sendo estabelecidas ao longo da História e serviram de fundamento para o entendimento atual acerca desse sistema. Este item apresenta algumas das personagens que, com suas investigações, lançaram luz sobre o funcionamento do SN.

Na Antiguidade, a primeira referência escrita acerca do SN e das alterações no comportamento decorrentes de danos na sua estrutura foi encontrada no Papiro de Edwin Smith, um documento médico da Antiguidade egípcia, datado de aproximadamente 1700 anos a.C. (Figura 16). No Papiro, há referências sobre as meninges, as circunvoluções, os ventrículos e o fluido cerebro-espinhal que preenche os ventrículos (FINGER, 2000).

Figura 16 – Painéis VI e VII do Papiro *Edwin Smith* expostos na Academia de Medicina de Nova Iorque

Fonte: Domínio público¹⁴.

Alcméon de Crotona (século V a.C.), filósofo pré-socrático, possivelmente foi o primeiro a colocar o cérebro como sede das sensações e do pensamento. Por dissecação, verificou que as vias sensoriais terminavam no encéfalo. Segundo Alcméon, o cérebro seria o centro da vida intelectual, da memória e do saber (VIEIRA, 2012).

Opositor de Alcméon, o filósofo grego Aristóteles (385-322 a.C.) declarou ser o coração o órgão do pensamento, das percepções e do sentimento. Segundo Aristóteles, o cérebro era importante para manter a temperatura corporal, tendo o papel de agente refrigerador (COLLINSON, 2004).

Hipócrates (460 – 377 a. C.) considerava ser o encéfalo a fonte de prazer, diversão, riso, satisfação, bem como desespero, dor, ansiedade e lágrimas. Embora tenha enfatizado a importância do encéfalo nesses processos, ele não descreveu como essas capacidades surgiriam a partir do seu funcionamento (HELENE; XAVIER, 2007).

Por meio de investigações sobre as lesões na medula e no cérebro de seus pacientes gladiadores e também por meio de dissecações em animais, os conhecimentos propagados por Galeno (cerca de 130-203) ganharam projeção, influenciando toda a Idade Média. Segundo Galeno, o encéfalo era formado de duas partes: o *cerebrum*, parte anterior, e o *cerebellum*, parte posterior. Galeno

¹⁴ Reprodução fidedigna de uma obra de arte original bidimensional. A obra de arte está no domínio público.

Para René Descartes (1596-1650), a mente era algo imaterial que interagiu com o corpo, ou seja, a alma racional era distinta do corpo. A interação mente-corpo ocorreria na glândula pineal (estrutura única, circundada por líquido cérebro-espinhal), que conteria a expressão da alma no corpo e seria, portanto, a sede da alma (DAMASIO, 1996). A concepção que se tinha na época era de dualismo, em que as sensações eram transmitidas pelos órgãos do sentido e chegavam à pineal e depois ao espírito imaterial, conforme ilustração de Descartes mostrada na Figura 20.

Figura 20 – Ilustração de Descartes

Fonte: Domínio público¹⁷.

Ao final do século XVIII, as principais compreensões a respeito do SN eram que: a) lesões no encéfalo podem afetar os movimentos, desorganizar os pensamentos e as emoções e, até mesmo, levar à morte; b) a comunicação entre o encéfalo e o corpo se dá pelos nervos; c) diferentes partes do encéfalo executam diferentes funções e d) o encéfalo opera como se fosse uma máquina e obedece às leis da natureza (BEAR et al., 2007).

O século XIX, considerado o século da ciência, da educação e das transformações políticas, econômicas e sociais, foi um período de mudanças profundas, especialmente, nos conceitos relacionados ao cérebro. Os benefícios do avanço científico eram vistos com otimismo, e a ótica científica ganhou papel de destaque nas discussões de diversos temas de interesse da sociedade.

¹⁷ A obra está no domínio público.

Vários periódicos surgiram na Europa e nos Estados Unidos, como: o *American Journal of Science* (1818), o *Scientific American* (1845), o *American Naturalist* (1867); a revista *Nature* (1869) e a *Science News* (1878).

A partir desse período, o termo *ciência* e expressões referentes à *ciência* foram incorporados à cultura cotidiana, deixando de ser de uso restrito aos círculos eruditos.

Foi nesse contexto que o alemão Franz Joseph Gall (1758-1828), renomado neuroanatomista e fisiologista, desenvolveu a cranioscopia, um método para ‘adivinhar’ a personalidade e o desenvolvimento das faculdades mentais e morais baseando-se no formato externo do crânio. Posteriormente, o método foi renomeado, passando a se chamar frenologia.

Gall foi pioneiro no estudo da localização das funções mentais no cérebro, demonstrando que a organização do sistema nervoso seria o produto da ativação de áreas específicas do cérebro (DAMASIO, 1996). Na figura 21, é mostrado o mapa da frenologia do século XIX.

Figura 21– Mapa da frenologia (séc. XIX)

Fonte: Domínio público¹⁸.

Gall baseou-se no caso Phineas Gage, ocorrido em 1848, para criar o modelo de funções no cérebro. Segundo DAMASIO (1996), o caso Gage deu início aos estudos das bases biológicas do comportamento. Em um acidente de trabalho, Gage teve seu crânio perfurado por uma barra de ferro e, como

¹⁸ A obra está no domínio público.

resultado dessa fatalidade, passou a ter mudanças de personalidade, dificuldades de planejamento e engajamento em tarefas e alterações cognitivas e de comportamento atribuídas aos lobos frontais.

Nas Figuras 22 e 23, há uma representação da possível trajetória da barra de ferro no crânio de Gage e a exibição do crânio de Gage no Museu Warren de Anatomia na Escola de Medicina de Harvard.

Figura 22 – Possível trajetória da perfuração

Fonte: VAN HORN et.al.,2012.

Figura 23 – Crânio de Gage

Fonte: VAN HORN et.al.,2012.

Outra importante contribuição foi dada pelo fisiologista francês Marie Jean Pierre Flourens. Considerado o fundador das ciências experimentais do cérebro e pioneiro em anestesia, Flourens fez oposição à frenologia de Gall. Em 1825, desenvolveu experimentos por meio dos quais promovia lesões nos cérebros de animais e observava os déficits sensoriais e motores causados pelas lesões.

A partir de seus achados, Flourens demonstrou que as principais divisões do cérebro eram responsáveis por diferentes funções. Por meio de seus experimentos, foi possível concluir que os hemisférios cerebrais eram responsáveis por funções superiores cognitivas, o cerebelo regulava e integrava os movimentos e o tronco cerebral se encarregava de controlar as funções vitais como, a respiração e o equilíbrio interno do organismo (VIEIRA, 2012).

Ainda no século XIX, o médico e antropólogo francês, Pierre Paul Broca (1824-1880) e o neurologista alemão, Carl Wernicke (1848-1905), ofereceram importantes contribuições para o avanço do conhecimento sobre o cérebro.

Em 1861, ao realizar a autópsia de um paciente que há 20 anos havia perdido a fala, Broca se deparou com uma lesão (Figura 24). A partir de seu achado, ele descreveu que a terceira circunvolução do lobo frontal esquerdo correspondia à região que contém os programas motores da fala. Essa região ficou conhecida como área de Broca.

Figura 24 – Lesão no cérebro do paciente de Broca

Fonte: CORSI,1991.

Wernicke, por sua vez, em 1874, concluiu que na junção dos lobos temporal e parietal esquerdo, entre o córtex auditivo e o giro angular estaria a área correspondente à compreensão da linguagem.

Assim, por meio de autópsias, Broca e Wernicke descobriram lesões localizadas em áreas que comprometiam determinadas funções e, a partir dessas constatações, entendeu-se que uma lesão poderia prejudicar uma função, enquanto a outra permaneceria intacta (BENJAMIM, 2007).

Esses resultados geraram mudanças na concepção do SN, pois sugeriram que seu funcionamento é modular (XAVIER, 1993). Surgiram, então, novas teorias relacionando circuitos neurais – e não mais estruturas isoladas – com o desempenho de determinadas funções (HELENE; XAVIER, 2007).

Um marco importante nesse período foi o desenvolvimento de métodos histológicos para analisar o tecido nervoso ao microscópio.

Camillo Golgi descreveu um método de impregnação por prata que permitia observar elementos do tecido nervoso. A partir de seus estudos, Golgi propôs que as fibras nervosas formavam uma rede difusa cujos elementos celulares partilhavam de uma continuidade citoplasmática e que o impulso elétrico propagava-se por essa rede. Golgi descreveu as células da glia, a ramificação dos axônios e os corpúsculos sensoriais tendinosos, conhecidos hoje como corpúsculos de Golgi (HELENE; XAVIER, 2007).

Na Figura 25, é mostrado o desenho de Camillo Golgi de um hipocampo corado com o método do nitrato de prata.

Figura 25 – Hipocampo desenhado por Camillo Golgi

Fonte: Domínio público¹⁹.

Após 14 anos da descrição da técnica de Golgi, Santiago Ramon-y-Cajal passou a utilizá-la para investigar a retina, o cerebelo, a medula espinhal e o córtex cerebral. Na Figura 26, é mostrado o desenho da circuitaria neural do hipocampo de um roedor feito por Cajal.

Com base em seus estudos, Ramon-y-Cajal defendeu a noção de que o SN é constituído de elementos celulares individuais, cada qual mantendo independência em relação aos outros.

Cajal também propôs a chamada Lei da Polaridade Dinâmica, segundo a qual as células nervosas se mantêm eletricamente polarizadas,

¹⁹ A obra está no domínio público.

recebem influências de outras células em seus corpos celulares e dendritos e propagam essa informação por meio dos axônios. Essa contribuição de Cajal foi fundamental para a neurofisiologia, sendo que essas noções são tidas como válidas até os dias atuais (HELENE; XAVIER, 2007).

Figura 26 – Hipocampo de um roedor desenhado por Cajal

Fonte: RAMON Y CAJAL, 1911.

Por suas contribuições, Golgi e Cajal compartilharam o prêmio Nobel de 1906, o primeiro a ser concedido em neurociências.

No início do século XX, Korbinian Brodmann especificou 52 áreas no córtex cerebral por meio de um método que consistia na divisão de áreas com base em diferenças na estrutura das células nervosas e na combinação dessas células em camadas. As áreas anatômicas evidenciadas por Brodmann estavam em harmonia com as distinções feitas por meio de estudos de lesões; assim, essas áreas não seriam apenas diferentes do ponto de vista anatômico, mas também do ponto de vista funcional (GAREY, 2006).

Em 1949, Donald Olding Hebb propôs uma teoria de funcionamento do córtex cerebral a partir de conexões neuronais modificáveis. Segundo a teoria, a transmissão de mensagens entre os neurônios pode ser regulada conforme as circunstâncias. Atualmente, a teoria de Hebb tornou-se um modelo celular e molecular da memória (HEBB, 1949).

Aleksandr Romanovitch Luria, por sua vez, investigou as funções superiores nas suas relações com os mecanismos cerebrais e desenvolveu a noção do SN funcionando como um todo. Segundo LURIA (1981), qualquer atividade mental humana é um sistema funcional complexo realizado por meio

de uma combinação de estruturas cerebrais funcionando conjuntamente, cada uma dando a sua contribuição particular para o sistema funcional como um todo.

A partir da década de 60, vários estudos envolveram a especialização dos hemisférios cerebrais.

Roger W. Sperry teve um papel destacado ao demonstrar que as especialidades hemisféricas podem ser diferentes e que a especialização hemisférica não significa exclusividade funcional (GARDNER, 1995). Sperry recebeu o prêmio Nobel de medicina e fisiologia em 1991 por seus experimentos.

Ainda, entre os avanços do século XX, destacam-se o desenvolvimento de técnicas de exame das funções mentais e estrutura cerebral por imagem. Correlações clínico-anátomo-funcionais, antes feitas por investigações *post-mortem* ou por cirurgias neurológicas, passaram a ser estabelecidas sob uma nova óptica (MATHIAS, 1996).

Desde o surgimento das novas técnicas de neuroimagem, inúmeros estudos de pesquisa têm contribuído para o entendimento atual sobre as estruturas e o funcionamento cerebral.

3.2.2 Um panorama SN na concepção atual

O conhecimento sobre o funcionamento do SN, especialmente do cérebro, se multiplicou nos últimos anos, principalmente, por conta da chamada Década do Cérebro (1990-1999), que foi um período de crescimento das investigações e estudos sobre o SN.

O SN é um órgão de alta complexidade anatômica, pois é opaco ao que está em seu interior e repleto de saliências e reentrâncias que escondem umas às outras (LENT, 2008).

Para facilitar o estudo do SN e padronizar a linguagem, há um sistema de classificação das estruturas e uma terminologia correspondente.

O primeiro nível de classificação do SN o divide em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP).

Enquanto o SNC compreende as estruturas situadas dentro do crânio e da coluna vertebral, o SNP apresenta suas estruturas distribuídas por todo o organismo.

O segundo nível de classificação divide o SNC em encéfalo e medula espinhal. O encéfalo corresponde à parte que está dentro do crânio e a medula espinhal, no interior da coluna vertebral. A medula espinhal é composta de substância cinzenta central em forma de “H” e substância branca circunjacente (PANTANO; ZORZI, 2009). Enquanto a medula tem uma forma cilíndrica ou tubular, o encéfalo tem uma forma irregular, repleta de dobraduras e saliências que permitem reconhecer nele diversas subdivisões (LENT, 2010).

O terceiro nível corresponde à divisão do encéfalo em: cérebro, cerebelo e tronco encefálico. O cérebro é constituído por dois hemisférios justapostos e separados por um sulco profundo. Cada hemisfério é dividido em cinco lobos: sendo quatro visíveis externamente – frontal, parietal, occipital e temporal – e um no interior do sulco lateral, denominado insular, conforme ilustrado na Figura 27 (LENT, 2008).

Figura 27 – Divisão do encéfalo

Fonte: LENT, 2010.

A superfície enrugada, repleta de giros e sulcos, corresponde ao córtex cerebral, que contém corpos de neurônios, dendritos e conexões sinápticas e é constituído por seis camadas de corpos celulares.

No interior dos hemisférios, estão os núcleos da base, conjunto de corpos de neurônios (substância cinzenta) envolvidos em comportamentos motores e cognitivos, e o diencefalo, que compreende as seguintes estruturas: tálamo, hipotálamo, epitálamo e subtálamo, todas relacionadas com o III ventrículo (LENT, 2010).

O cerebelo, cuja principal função é a coordenação dos movimentos corporais por meio do controle integrado dos músculos, incluindo equilíbrio e postura, também é constituído por dois hemisférios, sem um sulco de separação.

O tronco encefálico tem a forma de haste que se continua com a medula espinhal, escondendo-se por debaixo do cerebelo e por dentro do cérebro superiormente. O tronco encefálico também se subdivide em: mesencéfalo, cuja principal função é de natureza sensoria e motora, ou seja, de integração entre o ambiente percebido pelos principais sentidos e as respostas motoras necessárias; ponte, estrutura que segue ao bulbo em sentido rostral (crânial) e bulbo, onde está localizada a formação reticular, que tem uma conexão difusa com o córtex e está envolvida na coordenação do ciclo sono-vigília e no controle da excitabilidade das regiões corticais. Há, também, no bulbo diversos núcleos envolvidos no controle das funções orgânicas, especialmente a cardiorrespiratória e a digestória (LENT, 2010).

Na Tabela 1 é demonstrada a classificação hierárquica das grandes estruturas neuroanatômicas.

Tabela 1 – Classificação hierárquica das grandes estruturas neuroanatômicas

SNC								
Encéfalo							Medula espinhal	
Cérebro		Cerebelo		Tronco Encefálico				
Telencéfalo		Diencefalo	Córtex	Núcleos Profundos	Mesencéfalo	Ponte		Bulbo
Córtex cerebral	Núcleos da base							

Fonte: LENT, 2010.

Quanto ao SNP, esse tem origem no SNC a partir de nervos cranianos e espinhais. Os nervos cranianos enervam principalmente a maior parte da cabeça e pescoço, e os espinhais, o corpo em geral. Os gânglios,

agrupamentos de neurônios distribuídos no espaço entre os órgãos ou embutidos nas paredes dos órgãos, são o outro elemento do SNP, conforme mostrado na Figura 28 (LENT; 2010).

Figura 28 – Sistema nervoso periférico

Fonte: LENT, 2010.

O SN é um sistema integrativo, ou seja, funciona globalmente por meio da cooperação e interação entre os seus elementos celulares: os neurônios e os gliócitos.

Os neurônios formam uma extensa rede de circuitos que recebem informações do ambiente, processam, armazenam e enviam de volta ao ambiente. Os gliócitos participam da regulação dessa rede de comunicação, interferindo ativamente na transmissão de informações e, também, propiciando condições homeostáticas para o seu funcionamento (LENT; 2008).

Ambos, o SNC e o SNP, apresentam um grande número de morfotipos neuronais, diferenciados pela forma de seus axônios e dendritos, conforme é demonstrado na Figura 29.

Figura 29 – Tipos de neurônios no SN

Fonte: LENT, 2010.

Por meio dos dendritos, o neurônio recebe as informações provenientes dos demais neurônios a que se associa. O grande número de dendritos permite à célula nervosa multiplicar a área disponível para receber as informações aferentes (LENT, 2010).

Cada neurônio tem um axônio, que é um prolongamento mais longo e fino por onde saem as informações eferentes, direcionadas a outras células de um circuito neural. A região de contato entre um terminal de um axônio e um dendrito de uma segunda célula chama-se sinapse (LENT, 2010).

Assim como os neurônios, os gliócitos são numerosos no cérebro todo e apresentam diferentes morfotipos. O corpo celular do gliócito é menor do que o dos neurônios e seu núcleo ocupa grande proporção. Os gliócitos também apresentam prolongamentos que se enovelam e ramificam nas proximidades. Seus prolongamentos podem contactar capilares sanguíneos, células nervosas e outros gliócitos (LENT, 2010).

Frequentemente, prolongamentos de gliócitos se enrolam em torno de axônios para formar a bainha de mielina, importante para a condução dos impulsos nervosos, conforme demonstrado na Figura 30. Determinados gliócitos têm a função de proteção contra agentes agressores, de absorção de neurônios que degeneraram e servem de arcabouço para a regeneração de axônios lesionados (LENT; 2010).

Figura 30 –Tipos de gliócitos

Fonte: LENT, 2010.

Com aproximadamente 86 bilhões de neurônios, além de gliócitos, o cérebro humano contém mais de 100.000 km de interconexões. Esses números

expressivos sugerem o quão ilimitadas podem ser as capacidades cognitivas humanas (AZEVEDO et al., 2009).

3.2.2.1 Cérebro: o órgão da aprendizagem

Tratando-se de aprendizagem, é essencial considerar os mecanismos cerebrais responsáveis por aprender, conservar, resgatar e associar conhecimentos, pois eles são a base para a aprendizagem (PANTANO; ZORZI, 2009).

A aprendizagem não implica em uma absorção passiva de conteúdos; mas requer a interação de uma rede de complexas operações neurofisiológicas e neuropsicológicas que associam, relacionam, organizam estímulos provindos do meio e fornecem as respostas mais adequadas, bem como assimilações e fixações que possibilitem futuras evocações (MALUF; RELVAS, 2005).

Para que haja aprendizado, é necessário compreender a informação, assimilá-la, perceber as relações entre o novo conteúdo e os conteúdos a ele relacionados que já estão armazenados. Nessa visão cognitiva, a aprendizagem é um processamento que resulta de processos cognitivos primários que envolvem sensação, percepção, atenção e memórias (PANTANO; ZORZI, 2009).

O processo de sensação envolve a captação de estímulos do ambiente por meio dos receptores sensoriais e a transformação desses estímulos em impulsos elétricos, o chamado processo de transdução, ou seja, a conversão da energia do estímulo recebido em mensagens neurais (PANTANO; ZORZI, 2009).

Os impulsos devem, então, ser integrados e reconstruídos por meio do processo de percepção, ou seja, o processo que envolve a seleção, a organização e a interpretação dos estímulos captados pelos receptores. A percepção permite associar as informações sensoriais à memória, à cognição, gerar conceitos sobre o mundo, sobre si próprio e os outros e orientar o comportamento (LENT, 2010).

No entanto, o cérebro recebe simultaneamente incontáveis estímulos de diversos canais sensoriais; assim, é preciso selecionar e hierarquizar os estímulos, ou seja, dar preferência ao processamento de um determinado

estímulo enquanto reduz ou não processa outro. A seleção e a hierarquização de estímulos são feitas por meio do processo cognitivo chamado de atenção. Dessa forma, a atenção está relacionada ao processamento preferencial de determinadas informações sensoriais, à capacidade de responder predominantemente aos estímulos significativos em detrimento dos outros. A atenção pode ser regulada por diferentes mecanismos, assim, pode ser comandada por estímulos periféricos – atenção reflexa – ou mecanismos de controles centrais – atenção voluntária (LENT, 2010).

Não há uma estrutura cerebral única para os processos atencionais; há circuitos nervosos responsáveis pelos níveis de vigilância, circuitos que orientam o foco da atenção, circuitos que mantem a atenção e inibem os possíveis estímulos distratores.

A atenção está relacionada a vários fatores, tais como: característica dos estímulos, expectativas do sujeito, motivação, relevância da tarefa desempenhada, experiências anteriores, contexto em que o sujeito está inserido.

Dois aspectos importantes estão relacionados às seleções de estímulos feitas pelo cérebro: a intensidade dos estímulos nos receptores sensoriais e os mecanismos de memória, que se baseiam em experiências anteriormente vividas pelo sujeito (BEAR et al., 2007).

A atenção e a memória são funções relacionadas, pois enquanto a atenção permite selecionar, num determinado momento, o estímulo mais relevante e significativo dentre vários, a memória permite adquirir, conservar e evocar informações adquiridas por meio da experiência. As experiências são aqueles pontos intangíveis que chamamos de “presente”. Não há memória sem aprendizado, nem há aprendizado sem experiências (IZQUIERDO, 1989).

Por conta da variedade de memórias possíveis, a capacidade de adquirir, armazenar e evocar informações é inerente a várias áreas/subsistemas cerebrais e não é função exclusiva de nenhuma delas (IZQUIERDO, 1989).

Assim, não há somente uma memória; há sistemas de memórias. Quanto ao tempo de retenção, a memória pode ser classificada em: a) imediata, cuja retenção não dura mais que alguns segundos; b) memória de curta duração, que pode durar minutos ou horas; e c) memória de longa duração, que permite o armazenamento das informações por longos períodos, até por toda a

vida, e garante o registro do passado autobiográfico e dos conhecimentos do indivíduo (LENT, 2010).

Quanto à sua natureza, a memória pode ser classificada em: a) memória explícita ou declarativa; memória implícita ou não declarativa e c) memória operacional (LENT, 2010).

Assim como a sensação, a percepção e a atenção, a memória também é um processo cognitivo primário, essencial para que ocorra a aprendizagem.

Dado o fato de que esse trabalho buscou identificar se há preconceitos armazenados na memória implícita referentes à tecnologia nuclear por parte de professores de ciências, o sistema de memórias, especialmente a memória implícita, será abordado mais amplamente no item a seguir.

3.2.2.2 Conhecimentos atuais sobre a memória

O tempo de retenção – imediata, curta e longa duração – e a natureza – explícita, implícita e operacional – são os critérios utilizados para a classificação das memórias. Na Tabela 2, são descritos resumidamente os tipos, subtipos e principais características da memória de acordo com esses critérios.

Tabela 2 – Tipos e características da memória

	Tipos e Subtipos	Características
Quanto ao tempo de retenção	Ultrarrápida ou imediata	Dura de frações de segundos a alguns segundos; memória sensorial.
	Curta duração	Dura horas, dias ou anos, garante o sentido de continuidade do presente.
	Longa duração	Dura horas, dias ou anos, garante o registro do passado autobiográfico e dos conhecimentos dos indivíduos.
Quanto à natureza	Explícita ou declarativa	Pode ser descrita por meio de palavras ou outros símbolos.
	Episódica	Tem uma referência temporal; memória de fatos sequenciados.
	Semântica	Envolve conceitos atemporais; memória cultural.
	Implícita ou não declarativa	Não precisa ser descrita por meio de palavras.
	De representação perceptual	Representa imagens sem significado conhecido; memória pré-consciente.
	De procedimentos	Hábitos, habilidades e regras.
	Associativa	Associa dois ou mais estímulos (condicionamento clássico) ou um estímulo a uma certa resposta (condicionamento operante).
	Não associativa	Atenua uma resposta (habituação) ou aumenta-a (sensibilização) através da repetição de um mesmo estímulo.
	Operacional ou memória de trabalho	Permite o raciocínio e o planejamento do comportamento.

Fonte: LENT, 2010.

A memória, portanto, não se constitui um fenômeno unitário, mas compreende um conjunto de habilidades mediadas por diferentes módulos do sistema nervoso com funcionamento independente, porém cooperativo (HELENE; XAVIER, 2003).

As informações são processadas nesses módulos de forma paralela e distribuída, permitindo que um grande número de unidades de processamento influencie umas às outras em qualquer momento no tempo e, também, que várias informações sejam processadas concomitantemente, conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 – Transferência de informações nos diferentes tipos de memórias

Fonte: LENT, 2010.

Diferentes sistemas sensoriais, associativos e motores participam em cada tipo de aprendizado e nas correspondentes memórias. A via auditiva, por exemplo, é utilizada para aprender música, mas não para reconhecer um rosto; o sistema-motor, para aprender e evocar movimentos, mas não para odores. É possível evocar as informações em contextos diferentes daqueles em que cada informação foi adquirida. Dessa forma, as memórias não podem ser explicáveis por um único processo molecular ou biofísico, nem pela constituição de novas vias nervosas ou novas sinapses. Cada via nervosa é diferente, do ponto de vista dos neurotransmissores envolvidos, de suas consequências biofísicas; portanto, um aprendizado usando determinadas vias pode ser evocado utilizando outras vias (IZQUIERDO, 1989).

Embora as memórias utilizem diferentes vias e processos, tanto para sua aquisição como para sua evocação, existem determinadas estruturas e vias, que regulam a gravação e a evocação de todas ou, pelo menos, da maioria das memórias: o hipocampo, a amígdala e suas conexões com o hipotálamo e o tálamo.

Esse grupo de estruturas é um sistema modulador que influencia na decisão por parte do sistema nervoso acerca das informações que deverá gravar ou evocar. Interligados entre si, o hipocampo e a amígdala recebem

informação de todos os sistemas sensoriais, em parte vindos do córtex, e, em parte, de forma inespecífica quanto à modalidade sensorial, desde a formação reticular mesencefálica. O hipocampo e a amígdala projetam ao hipotálamo, e, por meio deste, ao tálamo e, por fim, ao córtex (GRAY, 1982).

Essas estruturas e suas conexões têm uma localização estratégica a fim de modular o processamento de informações baseadas na experiência.

3.2.2.3 A formação das memórias

Segundo IZQUIERDO (1989), para que memórias se formem a partir de experiências, deve-se considerar que:

- a) há um processo de seleção que ocorre previamente e determina quais informações serão memorizadas;
- b) o armazenamento das informações não ocorre de forma definitiva; elas ficam suscetíveis a diversos fatores após a sua aquisição, indicando que é necessário um período após a aquisição para a consolidação;
- c) as memórias são sensíveis à incorporação de informações adicionais nas primeiras horas;
- d) as memórias não são itens isolados; são registros (*files*) considerados complexos.

Portanto, esses quatro fatores – seleção, consolidação, incorporação de mais informação, formação de registros (*files*) – influenciarão na formação de memórias.

Na Figura 32, é apresentada esquematicamente a sequência de etapas, a partir da entrada de um evento novo, proveniente do ambiente externo ou interno da mente de um indivíduo.

Figura 32 – Representação da operação dos sistemas de memória

Fonte: LENT, 2010.

Dentre todos os tipos de memória, essa pesquisa de doutorado teve a memória implícita ou não declarativa como foco, buscando identificar as associações implícitas a respeito da tecnologia nuclear por parte de professores de ciências.

3.2.2.4 A memória implícita

Diferentemente da memória explícita, que é consciente, a memória implícita é inconsciente, compreende conteúdos que não podem ser expressos por meio de palavras; mas por desempenho. (SCHACTER; TULVING, 1994).

De acordo com SCHACTER (1987), a memória implícita é revelada quando a experiência prévia facilita o desempenho numa tarefa que não requer a evocação consciente ou intencional daquela experiência.

COHEN (1984) declara que a aquisição de conhecimento implícito é dependente de mudanças cumulativas que acontecem a cada ocasião em que o sistema é acionado. Assim, adquirir esse conhecimento exige um treinamento repetitivo e a aquisição é gradual ao longo de várias experiências.

A memória implícita pode ser de quatro subtipos:

(1) Memória de representação perceptual

Corresponde à percepção de um evento antes mesmo que se saiba o seu significado, ou seja, um objeto pode ser retido nessa memória perceptual antes que se saiba exatamente o que ele é ou para que serve. Essa memória foi identificada e estudada por meio de testes cujo objetivo era que indivíduos identificassem objetos, sons e palavras a partir da apresentação de somente partes desses (LENT, 2010).

A comprovação de sua existência se deu por meio de estudos com pacientes que tinham lesões no córtex visual ou auditivo e ainda assim eram capazes de reconhecer certos objetos ou sons sem, entretanto, saber o que eram ou para que serviam tais objetos ou sons. Esses estudos permitiram concluir que os engramas dessa memória estão armazenados nas áreas corticais sensoriais. Por engrama entende-se o conjunto de modificações neurais resultantes de uma determinada experiência, constituindo-se, assim, no registro mnemônico dessa experiência.

Para que haja consolidação da memória perceptual é necessário que haja repetição, a qual fortalecerá fisiologicamente as conexões. Para a evocação dessa memória, é necessário que ocorra o fenômeno da pré-ativação, que corresponde à utilização de partes do objeto original para provocar a ativação dos circuitos neurais envolvidos. Assim, as pistas, como fragmentos de uma imagem, gestos, odores ou sons possibilitarão a evocação dessa memória.

A pré-ativação está relacionada à função do neocórtex, que é responsável pelas mais importantes funções cerebrais, como a percepção, o pensamento, a linguagem, a memória e a ação planejada (SINGI, 1996).

(2) Memória de procedimentos

Refere-se aos hábitos, habilidades e regras em geral como, por exemplo, saber os movimentos necessários para andar de bicicleta ou dirigir um veículo. Essa memória também depende da repetição. O treino permitirá que os movimentos sejam realizados sem que o indivíduo tenha que raciocinar sobre eles. Após ser consolidada por meio da repetição, a memória de procedimento se torna sólida (LOMBROSO, 2004; LENT, 2010).

Quanto ao seu armazenamento, a partir de experimentos constatou-se que esse tipo de memória fica nas próprias áreas motoras que coordenam os atos correspondentes (LENT, 2010).

As habilidades perceptuais, motoras e cognitivas, e hábitos estão todos relacionados ao funcionamento do estriado, uma das estruturas que compõem os núcleos da base (MISHKIN et al., 1984). O corpo estriado é o termo utilizado para definir o núcleo caudado e o putâmen. A designação estriado deve-se ao fato de que fibras estriadas atravessam a cápsula interna para interconectar o caudado ao putâmen, interligados funcionalmente.

(3) Memória associativa

Corresponde a uma memória em que um estímulo é associado a outro (condicionamento clássico) ou associado a uma resposta (condicionamento operante) (LENT, 2010).

Nas respostas emocionais, o condicionamento clássico simples está relacionado à amígdala, estrutura localizada na região antero-inferior do lobo temporal que se interconecta com o hipocampo, os núcleos septais, a área pré-frontal e o núcleo dorso-medial do tálamo. Essas conexões garantem seu importante desempenho na mediação e controle das atividades emocionais.

Nas respostas da musculatura esquelética, o condicionamento clássico simples está relacionado ao cerebelo, estrutura responsável pela coordenação das atividades dos músculos esqueléticos, do tato, visão e audição, em nível inconsciente, a partir de informações recebidas (KANDEL et al., 2000).

(4) Memória não associativa

Permite reconhecer estímulos familiares e ignorar estímulos irrelevantes repetitivos. Essa memória está associada às vias reflexas (KANDEL et al., 2000).

Ambas as memórias associativa e não associativa estão fortemente relacionadas a algum tipo de comportamento (LENT, 2010).

Na Figura 33, está demonstrada a taxonomia dos sistemas de memória de longa duração adaptada de SQUIRE e KNOWLTON (1995).

Figura 33 – Taxonomia adaptada dos sistemas de memória de longa duração

Fonte: SQUIRE e KNOWLTON (1995).

Embora as informações sejam armazenadas inconscientemente na memória implícita, essa memória influencia o comportamento (SCHACTER; TULVING, 1994). Segundo BASSILI e BROWN (2005), tanto o pensamento como o comportamento de um indivíduo podem ser influenciados por processos psicológicos implícitos.

Estima-se que um indivíduo só tenha consciência de 5% de sua função cognitiva; os outros 95% estão além da consciência e exercem enorme influência na vida (MLODINOW, 2013).

GAWRONSKI et al. (2006) apontaram hipóteses sobre o comportamento das atitudes implícitas no cérebro de um indivíduo. A primeira hipótese é chamada de consciência de origem, ou seja, a pessoa pode estar ou não consciente das causas de uma determinada atitude. A segunda corresponde à consciência de conteúdo, indicando que um indivíduo pode ou não estar consciente da atitude em si, ou seja, a pessoa às vezes apresenta reações positivas ou negativas para um objeto sem ter real consciência de suas respostas avaliativas. Outra hipótese se refere à consciência do impacto, que diz respeito ao fato de um indivíduo estar ou não consciente da influência que uma determinada atitude tem sobre os outros processos psíquicos.

Por meio de experimentos, FAZIO (2007) constatou que alguns tipos de atitudes podem ser ativados automaticamente a partir da memória ou apenas

pela observação de um objeto de atitude. Como o cérebro é constituído de redes semânticas que são influenciadas pelo meio, é por essas redes que percebemos e emitimos respostas. Para o autor, a rede semântica é influenciada pelos estímulos ativadores das atitudes implícitas, tornando-se mais intensa quando há uma associação mais forte entre a rede e o objeto de atitude. Assim, esse mecanismo depende das relações que o sujeito tem com o meio. O comportamento humano, portanto, é fruto de sensações, percepções e pensamentos, tanto no plano consciente (explícito) como inconsciente (implícito).

Com base nessas considerações sobre a memória implícita, é possível desenvolver metodologias que busquem identificar associações implícitas acerca de determinado tema – neste caso, as aplicações benéficas da tecnologia nuclear – e modificar as associações por meio do conhecimento explícito.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo, todos os materiais e métodos utilizados nesse trabalho serão detalhadamente descritos. Por se tratar do desenvolvimento e aplicação de uma metodologia, esse trabalho foi realizado em várias etapas.

Por ser uma pesquisa envolvendo seres humanos, todos os participantes foram informados dos objetivos do estudo e assinaram o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)”, apresentado no APÊNDICE A.

Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEFAC – Saúde e Educação, processo nº 65557317.0.0000.5538, conforme mostrado no ANEXO 2.

Nos itens a seguir, cada etapa do trabalho será detalhadamente descrita.

4.1 A escolha do Teste de Associação Implícita (TAI)

Assim como outros temas, a tecnologia nuclear também envolve associações e atitudes explícitas e implícitas por parte de pessoas em todo o mundo, influenciando o comportamento e a tomada de decisões.

As associações explícitas podem ser facilmente reconhecidas; no entanto, para as implícitas são necessários testes específicos de memória implícita (GREENWALD; BANAJI, 1995).

Essa etapa do trabalho consistiu na escolha de um teste confiável para medir associações implícitas.

Dentre os vários testes propostos na literatura, o Teste de Associação Implícita (TAI) tem sido amplamente usado para medir diversos construtos com resultados confiáveis (GREENWALD et al., 1998; EGLOFF; SCHMUKLE, 2002; BRUNEL et al., 2004; VICTORIA et al., 2011; NOSEK et al., 2011).

Ademais, há evidência considerável na literatura de que é muito difícil, ou até impossível, ter um resultado manipulado do TAI (BANSE et al., 2001; ASENDORPF et al., 2002; EGLOFF; SCHMUKLE, 2002; KIM, 2003; GREENWALD et al., 2009).

O TAI é um procedimento cronométrico que mede a força relativa das associações contrastando latências, ou seja, tempo de reação, em diferentes

condições (GREENWALD et al., 1998). E, com base na análise da latência de resposta, os autores propuseram que a exposição a um objeto de avaliação atitudinal pode ativar reações mentais automáticas que afetarão a velocidade das respostas. Assim, será mais fácil dar uma resposta comportamental como, por exemplo, pressionar uma tecla quando dois conceitos estão fortemente associados entre si. Portanto, essa técnica não requer a intencionalidade da pessoa; ela é capaz de medir atitudes e crenças que os indivíduos podem estar relutantes ou são incapazes de relatar (GREENWALD et al., 1998).

Após a primeira versão, em 1998, o TAI passou por diversos testes com o objetivo de refinar as suas qualidades psicométricas, o que resultou na publicação de uma versão aperfeiçoada (GREENWALD et al., 2003).

Projetado para ser executado em computador, o TAI clássico mede a diferença entre as associações das categorias-alvo e dos atributos em frações de milissegundos (GREENWALD et al., 1998).

Existem, atualmente, alguns programas desenvolvidos para administrar o TAI, como o *SuperLab*, *PXLab*, o *FLXLab*, o *FreeIAT*, o *Online IAT*, o *DirectRT*, o *Inquisit* e o *IATGEN*, lançado recentemente, em 2018 (HAXBY et al., 1993; IRTEL, 2007; HASKELL, 2008; MEADE, 2009; MASON et al., 2013; JARVIS, 2016; INQUISIT, 2016; CARPENTER et al., 2018).

Por ser altamente personalizável e de fácil utilização, o *software FreeIAT* foi escolhido para a aplicação do TAI nesse trabalho (MEADE, 2009).

O *FreeIAT* é um programa grátis, de código aberto (*open source*), construído no *Visual Basic Express 2008*, que é disponibilizado gratuitamente pela *Microsoft* e roda em todas as plataformas *Windows* com o *Microsoft.NET v.2.0* ou mais atual (MEADE, 2009).

GOUVEIA et al. (2014) adaptaram a versão original do *FreeIAT* em inglês para o português, visando promover o uso do teste, tornando-o acessível aos pesquisadores lusófonos. Assim, a versão do *FreeIAT* utilizada nesse trabalho foi a cópia do programa em versão para o português que nos foi gentilmente cedida.

O TAI permite utilizar quaisquer dois pares de categorias, cujas forças associativas se deseje comparar: A1 *versus* A2 (categorias-alvo); e B1 *versus* B2 (categorias-atributo). Os conceitos usados em cada par devem ser

antagônicos, facilmente identificáveis e membros exclusivos de sua categoria. Uma lista de estímulos pré-testados – que podem ser palavras, imagens, sons ou símbolos – de acordo com os objetivos do estudo, deverão ser apresentados em uma categoria (NOSEK et al., 2007).

O procedimento é composto por cinco blocos, sendo três de ensaio e dois de teste. NOSEK et al. (2005) sugerem um número entre 20 e 40 tentativas para os blocos de ensaio (1, 2 e 4), a fim de reduzir o impacto da ordem do teste. Para os blocos 3 e 5, 60 tentativas têm sido a opção mais usual (GREENWALD et al., 2003).

Os blocos 3 e 5 são os blocos de teste, ou seja, aqueles que fornecem os dados críticos. Os participantes devem escolher se os estímulos apresentados são referentes à categoria do lado esquerdo ou direito da tela do computador. Essa escolha é feita pressionando a tecla "E", se a palavra pertence à categoria à esquerda, e a tecla "I", se a palavra pertence à categoria do lado direito. Os estímulos são apresentados em sequência aleatória.

Uma das características vantajosas do TAI é a sua capacidade de produzir efeitos de grande dimensão a partir de amostras reduzidas, como 20 participantes, por exemplo (GREENWALD et al., 1998).

No próximo item, os blocos acima mencionados serão devidamente exemplificados.

4.1.1 A customização do TAI

Uma vez obtido o diretório compactado com os arquivos do *FreeIAT*, sua instalação será automática. Basta descompactá-lo em uma pasta e clicar no arquivo executável (IATapp1.exe). Ao ser incitado, pode-se visualizar as funções iniciar, ajuda, configuração, atualização da versão e a tecla sair. A opção configuração permite criar ou alterar a nova medida do TAI.

Seguindo as etapas fornecidas pelo *FreeIAT*, o TAI foi customizado com o objetivo de comparar as associações implícitas de participantes entre os conceitos nuclear e petróleo. O petróleo foi escolhido para ser pareado com a categoria nuclear por estar associado à vida cotidiana da sociedade. Assim, as categorias-alvo selecionadas foram “Nuclear” *versus* “Petróleo” e as categorias-atributo, “Bom” *versus* “Ruim”. Para as categorias-alvo, foram escolhidos 20

estímulos (palavras), sendo 10 para “Nuclear” e 10 para “Petróleo” (Tabela 3). Para as categorias- atributo, foram escolhidos 5 estímulos positivos e 5 negativos (Tabela 4).

Tabela 3 – Lista de estímulos para a categoria-alvo

NUCLEAR	X	PETRÓLEO
Fissão		Gasolina
Radioterapia		Querosene
Radioisótopos		Asfalto
Nêutron		Pré-sal
Urânio		Plataforma
Angra 2		Petrobrás
Radiação		Oleoduto
Reator		Perfuração
Radiofármacos		Diesel
Plutônio		Fóssil

Fonte: autora da tese.

Tabela 4 – Lista de estímulos para a categoria-atributo

BOM	X	RUIM
Paz		Tragédia
Segurança		Horrível
Proteção		Mau
Saudável		Prejudicial
Alegria		Tristeza

Fonte: autora da tese.

4.1.2 A organização dos blocos

Para que o teste seja executado, o respondente deve inserir uma identificação, que pode ser qualquer combinação de números e letras e, em seguida, clicar em iniciar (Figura 34).

Figura 34 – Tela inicial do TAI

Por favor, entre com a Identificação do participante no quadro abaixo e clique em Iniciar.

Identificação:

Iniciar

Ajuda Configuração

Atualização Sair

Clique em Ajuda para obter as instruções sobre a configuração do TAI.

Fonte: autora da tese.

Na tela seguinte, o participante lerá as instruções para a realização do teste e as categorias do TAI com os respectivos estímulos. Todos os comandos necessários para a sequência do TAI são exibidos pelo próprio programa. Após a leitura das instruções e identificação dos estímulos, o participante deverá clicar na opção “Estou pronto para iniciar “ (Figura 35).

Figura 35 – Tela com as instruções iniciais

NUCLEAR X PETRÓLEO

Você será apresentado a um conjunto de palavras ou imagens para serem classificadas em grupos usando as teclas "E" e "I" do teclado. Classifique os itens o mais rápido que puder, cometendo o menor número de erros possível. Realizando o teste de forma lenta ou cometendo muitos erros resultará em um valor não interpretável. A seguir serão listadas algumas categorias e os seus respectivos itens.

Categorias	Itens
Bom	Paz, Segurança, Proteção, Saudável, Alegria
Ruim	Tragédia, Horível, Mau, Prejudicial, Tristeza
Nuclear	Fissão, Radoterapia, Radioisótopos, Nêutron, Urânio, Água 2, Radiação, Reator, Radiolâmicos, Plutônio
Petróleo	Gasolina, Querosene, Asfalto, Pré-sal, Plataforma, Petrobrás, Oleoduto, Perfuração, Diesel, Fósil

Importante!

- * As duas categorias no topo da tela informarão que palavras ou imagens estarão relacionadas a cada tecla.
- * Permaneça com seus dedos indicadores sobre as teclas "E" e "I" para possibilitar respostas mais rápidas.
- * Cada palavra ou imagem possui uma única classificação correta.
- * Por favor, tente responder o mais rápido possível. O teste não apresentará resultados se você for muito lento.
- * É possível cometer alguns erros pelo fato de responder rápido.
- * Se aparecer um "X" indicando uma resposta errada, basta clicar na outra tecla (tecla correta).

Estou pronto para iniciar

Sair

Ativar o Windows
Ative Configurações para ativar o Windows

Fonte: autora da tese.

Iniciado o teste, o primeiro bloco apresentado é o ensaio com os estímulos das categorias-alvo, conforme exemplificado na Figura 36.

Figura 36 – Bloco 1: Categorias-alvo

Fonte: autora da tese.

Finalizado o primeiro bloco, é iniciado o bloco 2, que consiste no ensaio com as categorias-atributo, conforme demonstrado na Figura 37.

Figura 37 – Bloco 2: Categorias-atributo

Fonte: autora da tese.

Em seguida, o bloco 3 apresenta o primeiro emparelhamento de categorias, constituindo-se, assim, no primeiro teste (Figura 38).

Figura 38 – Bloco 3: Emparelhamento de categorias

Fonte: autora da tese.

Na sequência, no bloco 4, inicia-se um novo ensaio com as categorias-alvo de forma invertida, conforme Figura 39.

Figura 39 – Bloco 4; Troca de posição das categorias-alvo na tela

Fonte: autora da tese.

Finalmente, no bloco 5, é realizado o segundo e último teste, com o emparelhamento invertido (Figura 40).

Figura 40 – Bloco 5: Emparelhamento de categorias invertido

Fonte: autora da tese.

Sempre que o participante responder incorretamente uma associação, a letra "X", em vermelho, instantaneamente aparecerá na tela para que o participante visualize e categorize corretamente (Figura 41).

Figura 41 – Indicação de erro na resposta do participante

Fonte: autora da tese.

Durante a execução do TAI, as respostas de cada bloco são armazenadas e o tempo para cada resposta é calculado em milissegundos. Dois arquivos de saída são gerados: o '*AllData.txt*', contendo todos os dados brutos de cada tentativa e o '*ScoresOnly.txt*', contendo somente os escores finais mais relevantes. No APÊNDICE B, são apresentados os modelos dos dados dos arquivos de saída fornecidos pelo programa e a interpretação de cada uma das colunas apresentadas no '*ScoresOnly.txt*'. O TAI é calculado a partir dos dados de latência, ou seja, do tempo de resposta dos blocos 3 e 5.

O bloco com menor latência de resposta (menor média de tempo de associação) é denominado bloco congruente, enquanto que o bloco com maior latência de resposta (maior média de tempo de associação) é chamado de incongruente. Calcula-se, então, a associação implícita pela diferença entre o número de respostas nos blocos congruente (A) e incongruente (B), conforme equação (1):

$$TAI = A - B \quad (1)$$

Da equação (1) decorre que a diferença de latência média de resposta entre os dois pares (A e B) reflete a força relativa de associações subjacentes.

A diferença na latência de resposta média entre as condições será tomada como um indicador de força de associação entre os conceitos.

Os Blocos 3 e 5 medem a velocidade de associação entre um objeto atitudinal e os atributos; portanto, respondentes que têm uma avaliação positiva frente ao petróleo associarão mais rapidamente as palavras estímulos desta categoria com as palavras positivas, fazendo-o mais lentamente em relação à nuclear.

Para acrescentar maior precisão ao cálculo, o escore D (GNB Score) foi introduzido pelos idealizadores do TAI. O escore D é o resultado da diferença entre os blocos incongruente e congruente (escore convencional) dividido pelo desvio-padrão do respondente de todas as latências de respostas nos blocos 3 e 5, conforme a equação (2):

$$Escore D = \frac{(A-B)}{desvio\ padrão} \quad (2)$$

O propósito do escore D é corrigir a variabilidade nos escores devido à diferença na velocidade de processamento entre os respondentes. O escore D varia de -2 a +2, sendo que os valores negativos indicam uma atitude contrária ao objeto de pesquisa e os valores positivos expressam uma atitude favorável ao objeto de estudo (GREENWALD; et al., 2003).

Quanto à força da associação, valores de escore D até 0,15 são indicadores de que não há uma preferência nítida; de 0,16 a 0,35 são indicadores de uma preferência fraca; de 0,36 a 0,65, uma preferência forte e, acima de 0,65, uma preferência muito forte (NOSEK et al., 2007; SRIRAM; GREENWALD, 2009). Esses índices são tanto para valores positivos quanto negativos, conforme demonstrado na Figura 42.

Figura 42 – Interpretação da força da associação

Fonte: autora da tese.

4.2 Aplicação do TAI para o grupo de especialistas – Pré-Teste

De acordo com HAIR et al. (2006), quando um instrumento para mensuração está em desenvolvimento para um determinado estudo, os itens selecionados para mensurar devem ser previamente testados antes que o experimento principal seja conduzido.

Dado o fato que, segundo GREENWALD et al. (1998), o TAI é capaz de produzir efeitos de grande dimensão a partir de amostras reduzidas, uma

amostra com 24 especialistas (grupo controle) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) foi utilizada previamente como um pré-teste.

O pré-teste foi conduzido com 24 participantes – 14 homens e 10 mulheres – do Centro de Engenharia Nuclear (CEN) do IPEN para verificar a compreensão e a consistência dos estímulos selecionados para as categorias alvo e atributo do TAI.

Os especialistas tinham entre 29 e 69 anos de idade, com tempo de profissão que variou de 5 a 40 anos. Dos 24 participantes, 13 são físicos, 9 são engenheiros e 2, ambientalistas.

A fim de verificar a consistência interna e a confiabilidade do pré-teste, o coeficiente Alfa de *Cronbach* foi calculado.

A consistência interna está relacionada ao grau de compreensão dos participantes em relação à base do teste, indicando, assim, se o teste está ou não bem estruturado.

O valor de Alfa varia de zero (inaceitável) a um (excelente confiabilidade), sendo que o valor de Alfa $\geq 0,70$ é considerado aceitável. Na Tabela 5, são apresentados os valores que descrevem a consistência interna usando o Alfa de *Cronbach* (GEORGE; MALLERY, 2003).

Tabela 5 – Coeficientes de confiabilidade – Alfa de *Cronbach*

Consistência Interna	Inaceitável	Pobre	Questionável	Aceitável	Bom	Excelente
Alfa de <i>Cronbach</i>	$0,5 > \alpha$	$0,6 > \alpha \geq 0,5$	$0,7 > \alpha \geq 0,6$	$0,8 > \alpha \geq 0,7$	$0,9 > \alpha \geq 0,8$	$\alpha \geq 0,9$

Fonte: GEORGE; MALLERY, 2003.

O *software* estatístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS®), versão 20.0, foi utilizado para o cálculo do Alfa de *Cronbach*. O SPSS® é um *software* aplicativo do tipo científico que utiliza a análise estatística multivariada, aplicada quando se deseja reconhecer a relação simultânea entre mais de duas variáveis (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011).

Os resultados do pré-teste serão apresentados e discutidos no capítulo 5.

Com a finalidade de realizar uma primeira comparação dos resultados obtidos no pré-teste, o TAI customizado foi aplicado para um grupo de leigos, ou seja, pessoas com formação acadêmica não ligada à área nuclear.

4.3 Aplicação do TAI para um grupo de leigos

O grupo de leigos consistiu de 30 participantes – 18 homens e 12 mulheres – com idade entre 19 e 74 anos. Quanto à formação acadêmica dos 30 participantes, 22 eram da área de ciências humanas, 5 de ciências exatas e 3 de ciências naturais.

Os resultados do TAI para o grupo de leigos foram analisados e o Alfa de *Cronbach* também foi calculado. Os resultados foram comparados com os do grupo de especialistas e serão apresentados e discutidos no capítulo 5.

Posteriormente, o TAI foi aplicado a um grupo de alunos de pós-graduação do IPEN com o objetivo de investigar as mudanças nas associações implícitas após um programa de ensino tradicional com aulas expositivas, conforme descrito no item a seguir.

4.4 Aplicação do TAI para o grupo de alunos de pós-graduação do IPEN

Ao ingressar no Programa de Pós-Graduação do IPEN/USP, os alunos devem cursar um conjunto de quatro disciplinas obrigatórias na seguinte sequência: 1ª) TNA5780 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Física Nuclear e Aplicações; 2ª) TNM5788 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Materiais e Ciclo do Combustível; 3ª) TNR5764 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear Reatores; 4ª) TNA5781 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Proteção Radiológica.

O programa completo tem a duração de 12 semanas e visa oferecer aos alunos os fundamentos básicos da área nuclear. As disciplinas buscam nivelar as informações, permitindo que os alunos desenvolvam a sua especialidade com maior segurança e conhecimento.

Cada disciplina, no formato de aula expositiva, é ministrada em dois dias da semana (terças e quintas), no período da manhã, das 9h às 12h, durante três semanas, totalizando 45 horas cada.

Para verificar as associações implícitas dos alunos ingressantes no IPEN, o TAI foi aplicado a um grupo de 16 alunos, sendo 11 homens e 5 mulheres, com idade entre 21 e 64 anos, no primeiro dia de aula, por ocasião da primeira disciplina, TNA5780 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Física

Nuclear e Aplicações e reaplicado ao término da última disciplina TNA5781 - Fundamentos de Tecnologia Nuclear – Proteção Radiológica.

Quanto à formação acadêmica dos 16 participantes, 14 eram de ciências exatas e 2 de ciências naturais.

A reaplicação do TAI objetivou comparar as associações implícitas dos alunos a partir do conhecimento adquirido por meio de aulas expositivas.

Para conferir um grau de confiabilidade aos resultados das comparações das associações implícitas, o teste *t* de *Student* foi aplicado.

O *t* de *Student* ou somente teste *t* é um teste de hipótese com base em conceitos estatísticos que visa rejeitar ou não uma dada hipótese. É utilizado quando os dados seguem uma distribuição normal, ou seja, pode-se determinar o nível de certa medida antes (T_{x0}) e depois (T_{x1}) de uma intervenção que, nesse caso, é o ensino tradicional com aulas expositivas.

O teste *t* de *Student* é aplicado para calcular a diferença entre médias de duas amostras pareadas determinando, primeiramente, a diferença entre cada par de valores, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Estrutura dos dados de uma amostra pareada

Unidade Amostral	1ª Medida (T_{x0})	2ª Medida (T_{x1})	Diferença entre as medidas
1	X_{11}	X_{12}	d_1
2	X_{21}	X_{22}	d_2
.	.	.	.
.	.	.	.
n	X_{n1}	X_{n2}	d_n
Média	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{d}$
Desvio padrão	S_1	S_2	S_d

Fonte: autora da tese.

Adotando um nível de confiança de 95%, p de 0,05, as hipóteses são testadas. Consideram-se duas hipóteses:

- a hipótese nula (H_0), quando T_{x0} é igual a T_{x1} , ou seja, as médias das diferenças são iguais à zero. Nesse caso, H_0 é aceita com $p > 0,05$: as duas médias não são significativas; ou seja, H_0 se refere à hipótese de que a média amostral não sofreu alteração após o evento;

- b) a hipótese um (H_1), quando T_{x0} é diferente de T_{x1} , ou seja, as médias das diferenças são diferentes de zero. Nesse caso, H_1 é aceita com $p \leq 0,05$: as duas médias são significativas; ou seja, H_1 se refere à hipótese de que a média amostral sofreu alteração após o evento.

Os resultados e os cálculos estatísticos das aplicações do TAI para o grupo de alunos da pós-graduação serão apresentados e discutidos no capítulo 5.

4.5 A metodologia para o grupo de professores de ciências

A próxima etapa consistiu na aplicação da metodologia completa para o grupo de professores de ciências com a finalidade de avaliar suas associações implícitas com relação às aplicações benéficas da tecnologia nuclear e desmitificar possíveis preconceitos implícitos.

Nessa metodologia, o programa proposto para os professores de ciências contou com uma abordagem multissensorial, que será devidamente abordada no item a seguir.

4.5.1 Abordagem multissensorial

O desenvolvimento da metodologia proposta nesse trabalho contou com o princípio da abordagem multissensorial, terminologia essa frequentemente usada para descrever estratégias que envolvem atividades que integram duas ou mais modalidades sensoriais com vista a adquirir ou a expressar informação.

É importante enfatizar que, diante da grandeza de processos que ocorrem simultaneamente durante o processamento sensorial, bem como diante da complexidade do funcionamento cerebral, aqui serão apresentadas somente as informações consideradas relevantes para a compreensão do que se propõe nessa metodologia.

No fim do século XIX, a teoria de que todos os sentidos estão envolvidos na aprendizagem tornou-se objeto de estudo de psicólogos da área educacional (MÜLLER, 1977).

A partir de então, diversos estudos sobre o processamento multissensorial têm contribuído para o entendimento da organização neural e de como as informações recebidas de diferentes canais sensoriais são integradas.

Os sentidos, que em termos técnicos são chamados modalidades sensoriais, são cinco – visão, audição, somestesia, gustação e olfação – referindo-se esses somente às modalidades que se transformam em percepção. Entretanto, há modalidades e submodalidades sensoriais que não atingem a consciência, servindo apenas para controle motor e controle das funções orgânicas (LENT, 2010).

A capacidade do cérebro de integrar informações recebidas de múltiplos canais sensoriais pode ser considerada extraordinária, já que os receptores sensoriais captam informações de diferentes formas de energias ambientais e as levam por vias neurais específicas para áreas definidas do Sistema Nervoso Central (SNC). A multissensorialidade permite formar memórias em rede, ou seja, as memórias são organizadas por meio de experiências diversas, o que permite diferentes acessos à informação desejada (LOVELACE et al., 2003; CALVERT; THESEN, 2004; GINGRAS et al., 2009).

Estudos realizados em diversos países têm evidenciado que o ensino utilizando diversas modalidades sensoriais tem efeito positivo sobre a aprendizagem, resultando em melhora da memória cognitiva, respostas motoras mais rápidas e sensibilidade perceptual aumentada (SHAMS; SEITZ, 2008).

STEIN et al. (1996) afirmam que uma fonte de luz é mais intensamente percebida quando associada a um som. De acordo com SOTO-FARACO et al. (2003), percepções de determinadas características de estímulos tais como velocidade e orientação são mais acuradas quando combinadas com informações processadas por outro sentido.

Ainda com relação à aprendizagem, a literatura aponta que oferecer simultaneamente estímulos auditivos-visuais concorrentes e semanticamente congruentes garante maior memorização dos eventos do que quando oferecidos em modalidades auditivas-visuais separadas. Ademais, as experiências multissensoriais têm maior efeito de longo prazo do que estímulos unissensoriais visuais ou auditivos, e as múltiplas repetições tornam as experiências

multissensoriais mais eficientes (LOVELACE et al., 2003; MURRAY et al., 2004; LEHMANN; MURRAY, 2005; THELEN; MURRAY, 2013; HEIKKILÄ et al., 2014).

Com base nesses conceitos, sabe-se que a utilização de múltiplas modalidades sensoriais torna memórias em real aprendizagem, uma vez que promove a formação de redes neurais por meio de novas conexões inter-hemisféricas e interlobos.

Esse foi o princípio que norteou o desenvolvimento da metodologia desse trabalho, criando um programa com abordagem multissensorial para professores de ciências, para que redes fossem formadas, conectadas e reorganizadas no tocante ao tema “aplicações benéficas da tecnologia nuclear”.

4.5.2 A Aplicação da metodologia para os professores de ciências

Trinta e três professores de ciências – sendo 13 homens e 20 mulheres, entre 21 e 62 anos de idade – foram convidados e participaram do programa desenvolvido para esse trabalho de doutorado. Desses 33 professores, 13 atuam na rede pública e 20, na rede privada. Quanto à formação acadêmica de base dos 33 participantes, 16 eram da área de ciências exatas, 10 de ciências naturais e 7 de ciências humanas.

Três aplicações do TAI foram realizadas:

- 1ª) ao iniciar o programa, para verificar as associações implícitas prévias (T_1);
- 2ª) ao término do programa, para checar as possíveis alterações nas associações implícitas (T_2);
- 3ª) seis meses após o programa (T_3), para verificar se houve estabilidade nas associações implícitas, uma vez que, segundo IZQUIERDO (1989), as memórias são sensíveis à incorporação de informações adicionais nas primeiras horas.

A proposta do programa foi oferecer aos professores uma experiência multissensorial, que teve início com a visita *in loco* ao IPEN, no *campus* da Universidade de São Paulo (USP). Nenhum dos participantes conhecia o *campus* do IPEN e, tampouco, tinha tido a experiência de visitar um reator de pesquisas.

Os professores foram recepcionados no auditório do Centro de Engenharia Nuclear (CEN) do IPEN com uma mesa de *coffee break* com diversos alimentos disponíveis no mercado e, dentre eles, alimentos tratados por processo de irradiação, como: biscoito Clube Social sabor Pizza, salgadinhos da marca Torcida sabor *bacon* e sabor cebola e salsa.

Embora conste nos rótulos das embalagens que o produto ou um de seus ingredientes foi tratado por processo de irradiação, conforme resolução da ANVISA (2001), RDC nº 21 de 26/01/2001, descrita no ANEXO 1, essa informação sobre esse processo nos produtos servidos no *coffee break* não foi mencionada aos professores nessa etapa da metodologia, a fim de não influenciar os resultados da primeira aplicação do TAI (Figura 43).

Figura 43 – *Coffee break* oferecido aos professores

Fonte: autora da tese.

Em seguida, o TAI foi aplicado pela primeira vez ao grupo de professores (Figura 44).

Figura 44 – Aplicação do TAI para professores

Fonte: autora da tese.

Logo após a primeira aplicação do TAI (T_1), os professores foram conduzidos ao reator de pesquisas IEA-R1 no Centro do Reator Nuclear de Pesquisa (CRPq) e ao Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), ambos localizados no *campus* do IPEN (Figuras 45 e 46). Cada visita teve a duração de aproximadamente 1h30min.

Figura 45 – Centro do Reator de Pesquisas (CRPq)

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.²⁰

Figura 46– Centro da Tecnologia das Radiações (CTR)

Fonte: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.²¹

O IEA-R1 é um reator de pesquisa tipo piscina, moderado e refrigerado a água leve. É usado para a produção de radioisótopos na medicina nuclear e na indústria; na irradiação de amostras para análises multielementares em materiais geológicos, produtos industriais como plásticos e resinas, amostras arqueológicas, tecidos animais e humanos, alimentos e amostras ambientais.

²⁰ Foto de G. S. Zahn na galeria de fotos IPEN – Disponível em: <
https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=654&campo=481>

²¹ Foto por IPEN - Disponível em:
<https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=676&campo=482>

A visita ao IEA-R1 foi acompanhada por um operador especialista que conduziu os professores aos diversos setores do prédio do reator, explicando o seu funcionamento, a operação, os padrões de segurança, as aplicações, a manutenção e, também, respondendo às perguntas dos professores. O ponto alto da visita foi a entrada para conhecer a piscina do reator (Figura 47).

Figura 47– Visita ao CRPq – sala de operações e piscina do reator

Fonte: autora da tese.

O CTR é pioneiro nas atividades voltadas para aplicações da tecnologia das radiações no país, com um histórico de realizações importantes nos mais diversos seguimentos das indústrias, da saúde e do meio ambiente.

A visita dos professores ao CTR também foi acompanhada por um especialista. Os professores conheceram as instalações e receberam informações sobre as diversas aplicações da tecnologia das radiações (em alimentos, sementes para braquiterapia, borracha, entre outros) – e dos radioisótopos. Também tiveram a oportunidade de esclarecer dúvidas e curiosidades sobre o assunto (Figura 48).

Figura 48– Visita ao CTR

Fonte: autora da tese.

Após as visitas, os professores retornaram ao auditório do CEN, onde participaram novamente de um *coffee break* com os mesmos produtos servidos

na entrada. Em seguida, os professores assistiram uma breve apresentação em *PowerPoint* com fotos dos locais por eles visitados (CRPq e CTR) e também ouviram sobre os produtos servidos no *coffee break*, tendo a oportunidade de ler os rótulos das embalagens.

Em seguida, o TAI foi reaplicado para avaliar se houve mudanças nas associações implícitas após o programa multissensorial, que teve, no total, a duração de 5 horas. Os resultados da segunda aplicação do TAI (T₂) serão apresentados e discutidos no capítulo 5.

O IPEN forneceu certificado de participação no programa e também presenteou os professores com um *kit* de material educacional sobre as aplicações nucleares (Figura 49).

Figura 49 – Certificado e *kit* educacional

Fonte: autora da tese.

Finalmente, para comprovar se os resultados das associações implícitas se mantiveram estáveis após a experiência vivenciada no IPEN, o TAI foi reaplicado ao mesmo grupo de professores 6 meses após da data do programa. A terceira aplicação do TAI (T₃) foi realizada nas próprias escolas onde os professores trabalham.

Os resultados das três aplicações do TAI (T₁, T₂ e T₃) serão apresentados e discutidos no capítulo 5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados e as discussões acerca das aplicações do TAI para os grupos participantes desse trabalho, com base nas seguintes variáveis categóricas: formação acadêmica, gênero, atuação profissional e faixa etária.

A literatura reporta diferentes entendimentos no que se refere a delimitar um período cronológico específico tanto pelas regulamentações existentes quanto pelo posicionamento de teóricos especialistas na temática (FIORINI et al, 2017).

Nesse trabalho, optou-se por delimitar somente duas faixas etárias correspondentes à fase adulta: adulto jovem, entre 18 e 40 anos e adulto meia-idade, acima de 41 anos. Essa delimitação possibilitou a análise dos resultados com base nessa variável.

Para a análise dos resultados foram utilizados os *softwares* MS-Excel® para as análises descritivas e o *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS®), versão 20.0, para as análises multivariadas (SURIANI, 2007; INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011).

A seguir, serão apresentados todos os resultados obtidos dos grupos participantes desse trabalho: especialistas do CEN, leigos, alunos de pós-graduação do IPEN e professores de ciências. Os dados serão apresentados e discutidos com base na estatística descritiva, cálculo do Alfa de *Cronbach* (especialistas e leigos) e no teste *t* de *Student* (alunos de pós-graduação e professores).

5.1 Pré-teste com especialistas do CEN

Dos 24 especialistas que participaram do pré-teste, 62,5% (= 15 participantes) tiveram associações implícitas positivas à área nuclear, 12,5% (= 3 participantes), ao petróleo e 25% (= 6 participantes) não tiveram preferência nítida (neutros), conforme pode ser visto na Figura 50.

Figura 50 – Associações implícitas relacionadas à área nuclear e petróleo

Fonte: autora da tese.

Como pode ser observado na Figura 50, a maior parte das associações foi positiva para área nuclear, ainda que a força das associações tenha variado de participante para participante. Essa alta porcentagem de associações positivas à tecnologia nuclear por parte dos especialistas já era um resultado esperado, considerando que os sujeitos têm profundo conhecimento sobre as aplicações benéficas dessa tecnologia.

Na Figura 51, são apresentados os resultados com base na formação acadêmica de base dos especialistas.

Quanto aos físicos, 84,6% (= 11 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 15,4% (= 2 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dos engenheiros, 44,5% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 22,2% (= 2 participantes), ao petróleo e 33,3% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida.

Com relação aos ambientalistas, 50% (= 1 participante) tiveram associações positivas à área nuclear e 50% (= 1 participante), ao petróleo.

Figura 51 – Escores das associações implícitas: formação acadêmica

Fonte: autora da tese.

Dentre os físicos, não houve qualquer associação positiva ao petróleo. Entretanto, dentre os engenheiros as associações positivas ao petróleo corresponderam à metade das associações positivas à área nuclear. Esses dados indicam que a formação acadêmica de base é um fator relevante para os resultados das associações implícitas.

Quanto ao tempo de atividade profissional, 100% (= 5 participantes) dos especialistas que tinham até 10 anos de experiência tiveram associações positivas à área nuclear. Dentre os que tinham de 11 a 20 anos de experiência, 25% (= 1 participante) tiveram associações implícitas à área nuclear e 75% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida. Daqueles que tinham de 21 a 30 anos de experiência, 100% (= 2 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear. E, finalmente, dos que tinham acima de 31 anos de experiência, 53,8% (= 7 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 23,1% (= 3 participantes), ao petróleo e 23,1% (= 3 participantes) foram neutros. Esses resultados com base no tempo de atividade profissional estão demonstrados na Figura 52.

Figura 52– Escores das associações implícitas: tempo de profissão

Fonte: autora da tese.

Essa variável, entretanto, não demonstrou influenciar nos resultados, já que dos únicos 3 sujeitos com tempo de atividade profissional acima de 31 anos que tiveram associações positivas ao petróleo, 2 possuem a mesma formação acadêmica de base (engenheiros) e 1 é ambientalista. Também dos 100% dos participantes com até 10 anos de atividade profissional que tiveram preferência à área nuclear, todos são físicos de formação. Assim, o que parece ser mais indicativo das associações implícitas é a formação acadêmica de base.

Quanto ao gênero, dos homens, 64,3% (= 9 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 14,3% (= 2 participantes), ao petróleo e 21,4% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida.

Das mulheres, 60% (= 6 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 10% (= 1 participante), ao petróleo e 30% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida.

Embora as porcentagens de associações implícitas à área nuclear entre homens e mulheres sejam similares e pareçam não representar diferença significativa entre os gêneros, um aspecto a ser ressaltado é que a força dessas associações nas mulheres teve valores maiores do que a dos homens, conforme demonstrado no gráfico comparativo entre gêneros (Figura 53).

Figura 53 – Comparativo da associações implícitas entre os gêneros

Fonte: autora da tese.

Com relação à faixa etária, dos adultos da categoria *jovem*, 71,4% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 28,6% (= 2 participantes) não tiveram preferência nítida. Dentre os da *meia-idade*, 58,8% (= 10 participante) tiveram associações positivas à área nuclear, 17,6% (= 3 participantes), ao petróleo e 23,5 % (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida. Na Figura 54, são apresentados os resultados com base na faixa etária.

Figura 54 – Escores das associações implícitas: faixa etária

Fonte: autora da tese.

Dentre a faixa etária *adulto-jovem*, não houve associações positivas ao petróleo. Dentre a faixa etária *adulto meia-idade*, somente uma pequena porcentagem teve associações positivas ao petróleo; entretanto, vale ressaltar que 2 desses participantes possuem a mesma formação acadêmica de base (engenheiros) e 1 é ambientalista. Quanto á formação dos adultos jovens, exceto 1, que é ambientalista, todos são físicos. Assim, a formação acadêmica demonstra ser o fator que realmente influencia nos resultados das associações implícitas.

Como mencionado no item 4.2 do capítulo 4, o pré-teste teve como objetivo principal verificar a consistência do TAI customizado para esse trabalho. Conforme a Figura 55, o tratamento estatístico foi realizado e o Alfa *Cronbach* obtido foi de 0,869, indicando, segundo a Tabela 5, boa consistência interna.

Dado o fato que a consistência interna está relacionada ao grau de compreensão dos participantes em relação à base do teste, sendo, portanto, um indicador de confiabilidade, o valor de Alfa obtido nesse trabalho demonstrou que o TAI customizado foi bem estruturado e o objetivo foi atingido.

Figura 55– Quantificação do Alfa de Cronbach para o grupo de especialistas utilizando o SPSS®

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	24	100,0
	Excluded ^a	0	0
	Total	24	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
,869	2

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
V2	24	-,5922	,8383	,178117	,2875129
Valid N (Listwise)	24				

Fonte: INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011.

5.2 O TAI aplicado a leigos

Após o pré-teste com especialistas, o teste foi aplicado a 30 sujeitos leigos – 18 homens e 12 mulheres – com formação acadêmica não ligada à área nuclear, a fim de verificar as suas associações implícitas com relação às áreas nuclear e petróleo.

Dos leigos, 33,3% (= 10 participantes) tiveram associações implícitas positivas à área nuclear, 36,7% (= 11 participantes), ao petróleo e 30% (= 9 participantes) não demonstraram preferência nítida, conforme demonstrado na Figura 56.

Figura 56 – Associações implícitas de sujeitos leigos

Fonte: autora da tese.

O equilíbrio observado nas porcentagens deve-se provavelmente ao fato de que os leigos possuem diferentes graus de conhecimento sobre as aplicações da tecnologia nuclear devido às formações acadêmicas/profissionais e experiências de vida. As comparações dos resultados apresentadas a seguir contribuem para essa conclusão preliminar.

Quanto à formação acadêmica dos 30 participantes, 22 eram da área de ciências humanas, 5 de ciências exatas e 3 de ciências naturais.

Conforme demonstrado na Figura 57, dos leigos com formação em humanas, 31,8% (= 7 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 36,4% (= 8 participantes), ao petróleo e 31,8% (= 7 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dentre os que tinham formação em exatas, 50% (= 2 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 50% (= 2 participantes), ao petróleo.

Dos leigos com formação em ciências naturais, 33,33% (= 1 participante) tiveram associações positivas à área nuclear, 33,33% (= 1 participante), ao petróleo e 33,33% (= 1 participante) não tiveram preferência nítida.

Figura 57 – Escores das associações implícitas: formação acadêmica

Fonte: autora da tese.

Novamente, os resultados equilibrados reforçam a concepção de que as diferentes experiências acadêmicas, profissionais e de vida são os fatores que influenciam as diferentes associações implícitas.

Na Figura 58, os resultados com base no gênero apontam que, dentre os homens, 27,8% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 50% (= 9 participantes), ao petróleo e 22,2% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida.

Quanto às mulheres, 41,7% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 16,6% (= 2 participantes), ao petróleo e 41,7% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida.

Figura 58– Escores das associações implícitas com base no gênero

Fonte: autora da tese.

Como pode ser observado por meio do gráfico comparativo por gênero, as mulheres tiveram mais associações positivas à área nuclear (41,7%) do que os homens (27,8%). Por sua vez, os homens tiveram mais associações positivas ao petróleo (50%) do que as mulheres (16,6%). Essa grande diferença entre os gêneros nas associações positivas ao petróleo podem ser fruto das experiências de vida, uma vez que o petróleo, como combustível, é associado aos carros que, segundo OLIVEIRA (2004), são considerados objetos de identificação masculina.

Um fator que pode justificar a pequena porcentagem de associações positivas ao petróleo por parte das mulheres é que, segundo relatórios internacionais, elas são menos envolvidas nos setores ligados a essa área (WORLD PETROLEUM COUNCIL; THE BOSTON CONSULTING GROUP, 2017).

Na Figura 59, estão demonstrados os resultados comparativos das faixas etárias. Dos adultos da categoria *jovem*, 31,6% (= 6 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 42,1% (= 8 participantes), ao petróleo e 26,3% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dos adultos da *meia-idade*, 36,4% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 27,2% (= 3 participantes), ao petróleo e 36,4% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida.

Figura 59 – Escores das associações implícitas: faixa etária

Fonte: autor da tese.

Quanto às associações positivas à área nuclear, houve equilíbrio entre as faixas etárias. No entanto, houve diferença nas associações ao petróleo, que tiveram porcentagens bem maiores no grupo *adulto-jovem*. Essa diferença nas porcentagens pode ser devido ao gênero e, consequentemente, às experiências de vida, pois dos 7 adultos jovens que preferiram o petróleo, 5 são homens e dos 3 adultos de meia-idade que preferiram o petróleo, todos também são homens. Esses resultados contribuem para a indicação de que, entre os leigos, o gênero, mais uma vez, interferiu nas associações implícitas e não a faixa etária dos participantes.

Em ambos os grupos, especialistas e leigos, as mulheres tiveram mais associações automáticas positivas com relação à área nuclear (Figuras 53 e 58). Ademais, no que se refere à faixa etária, em ambos os grupos esse fator também não influenciou os resultados (Figuras 54 e 59).

Todos esses resultados demonstram que as experiências de vida, a formação de base e toda a forma de aprendizagem adquirida formalmente ou informalmente moldam, organizam, reorganizam as redes neurais gerando,

assim, crenças, conceitos implícitos e/ou explícitos, pré-conceitos, atitudes e comportamentos.

Visando estabelecer uma comparação quanto à compreensão do TAI entre o grupo de especialistas e o de leigos, o Alfa de *Cronbach* foi aplicado aos resultados dos leigos e o valor obtido foi de 0,870 (Figura 60). Esse valor é praticamente igual ao dos especialistas 0,869, confirmando, assim, que o TAI customizado foi bem estruturado e o seu objetivo foi atingido, podendo ser utilizado para os demais grupos de estudo.

Figura 60 – Quantificação do Alfa de *Cronbach* para o grupo de leigos utilizando o SPSS®

de larges utilisant 6 et 800

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	30	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	30	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,870	,870	2

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
V2	1410,559130	425,3249712	30
V3	1438,039093	407,2704132	30

Fonte: INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011.

As duas aplicações do TAI a um terceiro grupo, os alunos da Pós-Graduação IPEN/USP, permitiu verificar as associações implícitas dos alunos antes das aulas e comparar com as associações implícitas após 12 semanas de aula, a fim de constatar o quanto o conhecimento explícito (aula expositiva) pode mudar as associações implícitas. O item a seguir apresentará os resultados das aplicações dos testes.

5.3 O TAI aplicado a alunos de pós-graduação do IPEN

Dado o fato de que os alunos ingressantes na pós-graduação do IPEN devem obrigatoriamente cursar quatro disciplinas fundamentais mencionadas no capítulo 4, item 4.3, a fim de nivelar as informações acerca da tecnologia nuclear, esse grupo foi considerado pertinente ao trabalho.

5.3.1 Os resultados do TAI dos alunos no primeiro dia de aula (T₁)

Dos 16 alunos, 62,5% (= 10 participantes) tiveram associações implícitas positivas à área nuclear, 25% (= 4 participantes), ao petróleo e 12,5% (= 2 participantes) não demonstram preferência nítida, conforme demonstrado na Figura 61.

Figura 61 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: T₁

Fonte: autora da tese.

Com relação à formação acadêmica de base, dos alunos com formação em ciências exatas, 57% (= 8 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 21,5% (= 3 participantes), ao petróleo e 21,5% (= 3 participantes) não demonstram preferência nítida. Dos 2 participantes com base nas ciências naturais, 50% (= 1 participante) apresentaram associações positivas à área nuclear e 50% (= 1 participante), ao petróleo (Figura 62).

Figura 62 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: formação acadêmica

Fonte: autora da tese.

Conforme pode ser observado no gráfico, novamente, a formação acadêmica de base – predominantemente na área das ciências exatas nesse grupo – demonstrou ser o fator mais relevante para as associações implícitas identificadas no T₁.

Quanto ao gênero, conforme demonstrado na Figura 63, dentre os homens, 45,4% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 27,3% (= 3 participantes), ao petróleo e 27,3% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dentre as mulheres, 80% (= 4 participantes) tiveram preferência à área nuclear e 20% (= 1 participante), ao petróleo. Vale ressaltar que, além de uma porcentagem maior de preferência à área nuclear, a força dessas associações nas mulheres teve valores maiores do que a dos homens.

Figura 63 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: comparativo de gênero

Fonte: autora da tese.

Esses resultados concordam com os resultados do TAI aplicado aos grupos anteriores, pois em ambos os grupos as mulheres tiveram associações mais positivas à área nuclear do que os homens, evidenciadas por porcentagem maior ou por força das associações, conforme demonstrado anteriormente nas Figuras 53 e 58.

Dos 16 participantes, 13 eram da faixa etária *adulto jovem* e apenas 3 da faixa *adulto meia-idade*. Dentre a categoria *jovem*, 53,8% (= 7 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 15,4% (= 2 participantes), ao petróleo e 30,8% (= 4 participantes) não demonstram preferência nítida.

Dos adultos da faixa etária *meia-idade*, 33,3%(= 1 participante) tiveram associações positivas à área nuclear e 66,7% (= 2 participantes), ao petróleo. Embora sejam somente 3 sujeitos dessa faixa etária, é importante observar que o único participante que teve associações positivas à área nuclear tinha formação em ciências exatas.

Também, quanto à porcentagem maior de associações positivas à área nuclear por parte dos participantes da faixa etária *adultos-jovem*, é importante considerar que dos 7 alunos, 6 têm formação em ciências exatas e 1 em ciências naturais.

Assim, não parece ser a faixa etária o fator que interfere nessas associações, mas sim a formação acadêmica de base. Na Figura 64, as associações implícitas com base na faixa etária são apresentadas.

Figura 64 – Escores das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: faixa etária

Fonte: autora da tese.

Com a finalidade de comparar os resultados das associações implícitas após o término do ensino tradicional com aulas expositivas, o TAI foi reaplicado para esse grupo de alunos.

5.3.2 Os resultados do TAI dos alunos no último dia de aula (T₂)

A reaplicação do TAI objetivou comparar as mudanças nas associações implícitas a partir do conhecimento explícito adquirido por meio de aulas expositivas. Assim, após 12 semanas de exposição aos conteúdos referentes à tecnologia nuclear, o TAI foi aplicado à mesma amostra de sujeitos.

Os resultados demonstraram que 37,5% dos alunos (= 6 participantes) tiveram associações implícitas positivas à área nuclear, 12,5% (= 2 participantes), ao petróleo e 50% (= 8 participantes) não demonstraram preferência nítida (Figura 65).

Figura 65 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós- graduação: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Após as 12 semanas, houve diminuição tanto das associações positivas à área nuclear (de 62,5% para 37,5%), como ao petróleo (de 25% para 12,5%). Essas diminuições se devem ao fato de que 50% dos alunos passaram a não ter preferência nítida, ou seja, se tornaram neutros.

Quanto à formação acadêmica, os resultados comparados do T₁ e T₂ indicaram que, dos alunos com formação em exatas, 42,9 % (= 6 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 7,1 % (= 1 participante), ao petróleo e 50% (= 7 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 66). Embora as porcentagens de associações positivas à área nuclear tenham diminuído de 57% (T₁) para 42,9% (T₂), a diminuição foi maior com relação às associações positivas ao petróleo, pois passou de 21,5% (T₁) para 7,1% (T₂), ou seja, um terço. Essas duas diminuições justificaram o aumento que houve nas porcentagens de participantes que não tiveram preferência nítida, de 21,5% (T₁) para 50% (T₂), mais do que o dobro.

Figura 66 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós-graduação com formação em ciências exatas: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

As mudanças ocorridas nos participantes com base em ciências naturais foram: o participante que no T₁ tinha tido associações positivas à área nuclear passou a não ter preferência nítida no T₂ e o participante que tinha associação positiva ao petróleo no T₁ manteve essa associações no T₂.

Quanto ao gênero, dos homens, 36,4% (= 4 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 9,1 % (= 1 participante), ao petróleo e 54,5% (= 6 participantes) não tiveram preferência nítida. Enquanto no T₁ as associações positivas ao petróleo por parte dos homens foi de 27,3%, no T₂ esse valor foi correspondente a praticamente um terço, 9,1%.

Com relação às mulheres, no teste T₂, 80% (= 4 participantes) se mantiveram com as associações positivas à área nuclear e 20% (= 1 participante), ao petróleo.

Embora as porcentagens do T₁ e T₂ das mulheres sejam idênticas, a força das associações sofreu alterações, ficou mais fraca na maior parte das mulheres que preferiram a área nuclear e mais forte na participante que preferiu o petróleo. Nas Figuras 67 e 68, são apresentados os gráficos comparativos referentes ao gênero.

Figura 67 – Comparativo das associações implícitas dos alunos de pós-graduação: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Figura 68 – Comparativo das associações implícitas das alunas de pós-graduação: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Quanto à faixa etária dos 16 alunos, o grupo com maior número de participantes era o *adulto-jovem* (= 13 participantes). Os resultados dos testes correspondentes a essa faixa etária demonstraram que 38,4% (= 5 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear e 61,6% (= 8 participantes) não tiveram preferência nítida. Não houve participante com

associações positivas ao petróleo, diferentemente do resultado do T₁, que teve 15,4% de alunos com associações positivas ao petróleo. Também, houve mudanças nas porcentagens referentes à neutralidade, que dobraram de 30,8% para 61,6% (Figura 69).

Figura 69 – Comparativo das associações implícitas dos alunos da faixa etária adulto-jovem: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Dos 3 adultos da faixa *meia-idade*, 33,33% (= 1 participante) passaram a ter associações positivas a energia nuclear, 33,33% (= 1 participante), ao petróleo e 33,33% (= 1 participante) não tiveram preferência nítida. As mudanças observadas nesse pequeno grupo foram que, no T₁ houve um participante com associações positivas à área nuclear e 2 ao petróleo; entretanto no T₂, um dos sujeitos que tinha preferência ao petróleo passou a não ter preferência nítida, enquanto os outros 2 mantiveram suas associações.

Todos os resultados comparativos entre os testes T₁ e T₂ aplicados aos alunos de pós-graduação são mostrados de forma resumida na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados comparativos dos testes T₁ e T₂ aplicados aos alunos de pós-graduação

PARTICIPANTES (n=16)		NUCLEAR (%)		PETRÓLEO (%)		NEUTRO (%)	
		T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
Alunos	Geral (n=16)	62,5	37,5	25	12,5	12,5	50
Formação acadêmica	C. Exatas (n=14)	57	42,9	21,5	7,1	21,5	50
	C. Naturais (n=2)	50	0	50	50	0	50
Gênero	Masculino (n=11)	45,4	36,4	27,3	9,1	27,3	54,5
	Feminino (n=5)	80	80	20	20	0	0
Faixa etária	Adulto <i>jovem</i> (n=13)	53,8	38,5	15,4	0	30,8	61,5
	Adulto <i>meia-idade</i> (n=3)	33,3	33,3	66,7	33,3	0	33,3

Fonte: autora da tese.

A fim de verificar o grau de confiabilidade dos resultados apontados pela estatística descritiva, o teste *t* de *Student* foi aplicado para este grupo, e as hipóteses estudadas foram: 1) H₀, o grupo de alunos de pós-graduação não teve mudanças nas associações implícitas após o programa de 12 semanas (T₁= T₂), com $p>0,05$ e 2) H₁, o grupo de alunos de pós-graduação teve mudanças nas associações implícitas após o programa de 12 semanas (T₁≠T₂) com $p\leq 0,05$. Os dados são apresentados na Figura 70.

Dado o intervalo de confiança de 95%, observou-se um valor de $t(16) = 0,458$, $p=0,654$, indicando um $p>0,05$. Logo, a média de T₁ é igual à de T₂, e, portanto, a hipótese nula H₀ é aceita.

Esses resultados demonstram que as duas médias não são significativas, ou seja, não houve mudanças nas associações implícitas dos alunos de pós-graduação após 12 semanas de ensino tradicional com aulas expositivas sobre diversos aspectos relacionados à tecnologia nuclear, como riscos, benefícios, limites permitidos de dose, entre outros.

O objetivo dessa metodologia é verificar se esse programa produz mudanças nas associações implícitas, diferentemente do ensino tradicional com aulas expositivas.

5.4 A Aplicação do TAI aos professores de ciências

O TAI foi aplicado três vezes para os professores de ciências e os resultados de cada aplicação estão descritos nos itens a seguir.

5.4.1 Primeira aplicação do TAI aos professores de ciências (T₁)

Na Figura 71, são apresentados os resultados da primeira aplicação do TAI (T₁) aos professores no início do programa multissensorial no IPEN. Dos 33 professores, 30,3% (= 10 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 36,4% (= 12 participantes), ao petróleo e 33,3% (= 11 participantes) não demonstraram preferência nítida.

Figura 71– Escores das associações implícitas dos professores (T₁)

Fonte: autora da tese.

Os resultados do TAI no início do programa demonstraram equilíbrio nas associações implícitas dos 33 professores.

Quanto à formação acadêmica de base, 16 eram da área de ciências exatas, 10 de ciências naturais e 7 de ciências humanas. Os resultados com base na formação acadêmica são apresentados na Figura 72.

Dos professores com formação em ciências exatas, 25% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 37,5% (= 6 participantes), ao petróleo e 37,5% (= 6 participantes) não demonstraram preferência nítida.

Dos sujeitos com formação em ciências naturais, 40% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 10% (= 1 participante), ao petróleo e 50% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dos professores com base em ciências humanas, 28,5% (= 2 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 71,5% (= 5 participantes), ao petróleo.

Figura 72 – Escores das associações implícitas dos professores de ciências: formação acadêmica (T₁)

Fonte: autora da tese.

Embora o grupo tenha apresentado resultados equilibrados nas associações implícitas referentes à área nuclear, petróleo ou neutralidade, conforme demonstrado na Figura 71, os resultados do T₁ com base na formação acadêmica, novamente, confirmam os achados previamente relatados, de que a formação de base é o fator que mais influencia nas associações implícitas.

Os professores com formação em ciências humanas tiveram, predominantemente, associações implícitas ao petróleo e não houve participante com preferência à neutralidade.

Os professores com formação em ciências naturais tiveram porcentagens equilibradas entre a área nuclear e a neutralidade, com somente 10% de associações positivas ao petróleo. Entretanto, os professores com formação em ciências exatas tiveram porcentagens equilibradas entre o petróleo e a neutralidade e uma porcentagem menor de associações positivas à área nuclear (25%). Esses resultados preliminares diferem dos resultados anteriormente obtidos para os participantes com formação em ciências exatas.

Quanto ao gênero, 13 eram homens e 20 eram mulheres. Dos homens, 38,4% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 30,8% (= 4 participantes), ao petróleo e 30,8 % (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida. Dentre as mulheres, 25% (= 5 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 40% (= 8 participantes), ao petróleo e 35% (= 7 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 73).

Figura 73 – Escores das associações implícitas:gênero (T₁)

Fonte: autora da tese.

Esses resultados iniciais comparativos demonstraram associações implícitas equilibradas no gênero masculino. As mulheres, no entanto, tiveram mais associações positivas ao petróleo, diferentemente do grupo de mulheres especialistas, leigas e alunas de pós-graduação (Figuras 53, 58 e 63).

Quanto à faixa etária, dos sujeitos pertencentes à categoria *adulto-jovem*, 30,8 % (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 46,1% (= 6 participantes), ao petróleo e 23,1% (= 3 participantes) não tiveram preferência nítida.

Dentre a categoria *adulto meia-idade*, 30% (= 6 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 30% (= 6 participantes), ao petróleo e 40% (= 8 participantes) não tiveram preferência nítida. Os escores comparativos são apresentados na Figura 74.

Figura 74 – Escores das associações implícitas: faixa etária (T₁)

Fonte: autora da tese.

Nesse primeiro teste, enquanto os respondentes da faixa etária *adulto-jovem* tiveram maior porcentagem de associações positivas ao petróleo, os da *meia-idade* tiveram resultados equilibrados para a área nuclear e o petróleo.

Entretanto, provavelmente, essas diferenças não se devem à faixa etária, mas à formação acadêmica, pois dentre os adultos jovens, havia mais

professores com formação em ciências humanas e, dentre os de *meia-idade* havia equilíbrio entre ciências humanas e naturais.

Também essa diferença não está relacionada ao gênero, uma vez que em ambos os grupos o número de homens e mulheres estava equilibrado.

Novamente, a formação acadêmica de base parece ser o indicador das diferenças nesses resultados das associações implícitas e não a faixa etária.

Dos 33 professores, 13 atuam na rede pública e 20 na rede privada. Dos professores da rede pública, 30,8 % (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 23,1 % (= 3 participantes), ao petróleo e 46,1% (= 6 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 75).

Figura 75 – Escores das associações implícitas dos professores da rede pública (T₁)

Fonte: autora da tese.

Dos professores da rede particular, 30% (= 6 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 45% (= 9 participantes), ao petróleo e 25% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida, conforme apresentado na Figura 76.

Figura 76 – Associações implícitas dos professores da rede privada (T₁)

Fonte: autora da tese.

Para as associações implícitas positivas à área nuclear, os professores de ambas as redes tiveram porcentagens muito próximas, 30,8% (pública) e 30% (privada).

A diferença contrastante entre os grupos foi demonstrada nas associações positivas ao petróleo, com 45% dos professores da rede privada e 23,1% da rede pública.

Entretanto, dos 7 professores com formação em ciências humanas, 6 lecionam na rede privada, podendo-se inferir que essa porcentagem de associações implícitas ao petróleo não está relacionada às redes, mas sim à formação acadêmica, uma vez que os professores com formação em ciências humanas tiveram, predominantemente, associações implícitas ao petróleo, conforme demonstrado na Figura 72.

Também, com relação à neutralidade, os resultados demonstraram que 46,1% dos professores da rede pública não tiveram preferência nítida, enquanto na rede privada, essa porcentagem foi de 25%. Esses resultados também parecem estar relacionados à formação de base, pois a maior parte dos professores com formação em ciências naturais é da rede pública e, conforme demonstrado na Figura 72, foram esses que apresentaram maior porcentagem de neutralidade (50%).

O fato de ser o tempo de atividade profissional dos professores muito diversificado inviabilizou o comparativo com base nessa variável categórica.

Com finalidade de comparar os resultados das associações implícitas após o término do programa multissensorial utilizado nesse trabalho, o TAI foi reaplicado para esse grupo de professores.

5.4.2 Reaplicação do TAI ao término do programa (T₂)

Ao término do programa multissensorial com duração de 5 horas (descrito detalhadamente no capítulo 4, item 4.5.1), o TAI foi reaplicado ao mesmo grupo de professores.

A reaplicação do teste objetivou comparar as mudanças nas associações implícitas a partir das informações adquiridas por meio do programa que propiciou novos conhecimentos sobre o uso benéfico da tecnologia nuclear utilizando várias modalidades e submodalidades sensoriais.

Na Figura 77, é apresentado o gráfico comparativo dos resultados do TAI de cada professor nos testes T₁ e T₂.

Figura 77 – Comparativo das associações implícitas dos professores : T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Dos 33 professores, 57,6% (= 19 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 12,1% (= 4 participantes), ao petróleo e 30,3% (= 10 participantes) demonstraram não ter preferência nítida (neutros).

Os resultados do TAI no início do programa demonstraram equilíbrio nas associações implícitas dos 33 professores (30,3% à área nuclear, 36,4% ao petróleo e 33,3% sem preferência nítida). Entretanto, a segunda aplicação demonstrou uma diferença importante, uma vez que a porcentagem de associações positivas à área nuclear quase dobrou, a porcentagem de associações positivas ao petróleo diminuiu para um terço da inicial e a neutra se manteve.

Essas mudanças no percentual da preferência à área nuclear (de 30,3% para 57,6%) se deram por conta de que: a) participantes que inicialmente tinham associações positivas ao petróleo passaram a ter para a área nuclear ou se tornaram neutros; b) participantes neutros no primeiro teste passaram a ter associações positivas à área nuclear e c) participantes que inicialmente tinham associações positivas à área nuclear mantiveram suas associações.

Com base na formação acadêmica, os resultados do T₁ apontaram que os professores com formação na área de ciências humanas tiveram, predominantemente, associações implícitas positivas ao petróleo e não houve participante com preferência à neutralidade.

Na Figura 78, é demonstrado o gráfico comparativo dos T₁ e T₂ dos professores com formação em ciências humanas. Desses professores, 57,2% (= 4 participantes) passaram a ter associações implícitas positivas à área nuclear, somente 14,2% (= 1 participante), ao petróleo e 28,6% (= 2 participantes) não demonstraram preferência nítida.

Como pode ser observado no gráfico, houve mudanças nas associações implícitas desses professores, pois, enquanto 71,5% dos professores tiveram associações positivas ao petróleo no T₁, essa porcentagem diminuiu para 14,2% no T₂.

Também, no T₁, não houve participante neutro; entretanto, no T₂, essa porcentagem foi de 28,6%, uma vez que participantes que tinham associações prévias ao petróleo passaram a não ter preferência nítida.

Figura 78 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências humanas: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Com relação aos professores com formação em ciências naturais, os resultados dessa segunda aplicação mostraram que 80% (= 8 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 20% (= 2 participantes) não demonstraram preferência nítida. Na segunda aplicação, não houve participante com essa formação acadêmica com preferência ao petróleo (Figura 79).

Figura 79 - Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências naturais; T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Esses resultados evidenciam que a principal mudança nesse grupo foi nas associações positivas à área nuclear, cujas porcentagens passaram de 40% para 80%, ou seja, dobraram.

Quanto aos professores com formação em ciências exatas, o T₂ demonstrou que 50% (= 8 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 18,7% (= 3 participantes), ao petróleo e 31,3% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida, conforme mostrado na Figura 80.

Figura 80 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências exatas: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Entre esses professores com formação em ciências exatas, as associações implícitas positivas à área nuclear sofreram grande impacto, pois de 25% no T₁ passaram a 50% no T₂, ou seja, dobraram. As associações implícitas positivas ao petróleo também sofreram diminuição considerável, passando de 37,7% para 18,7%, ou seja, a metade.

Concernente ao gênero, 53,9% dos homens (= 7 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 7,6 % (= 1 participante), ao petróleo e 38,5% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 81).

Figura 81 – Comparativo das associações implícitas dos professores: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Por meio desses resultados, pode-se notar que houve mudanças importantes nas associações implícitas, principalmente nas positivas ao petróleo, cujas porcentagens eram de 30,8% e passaram a ser de 7,6%.

Também pode-se observar, por meio do gráfico, que praticamente todos os participantes que no T₁ tiveram associações positivas ao petróleo passaram a ter associações positivas à área nuclear. Quanto ao único participante que teve a associação positiva ao petróleo, a força dessa associação teve escores baixos (- 0,19), sendo considerada *fraca*.

Quanto às mulheres, 55% (= 11 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 15% (= 3 participantes), ao petróleo e 30% (= 6 participantes) não tiveram preferência nítida. Na Figura 82, é apresentado o gráfico do gênero feminino.

Os resultados observados no gráfico comparativo, mais uma vez, apontam mudanças relacionadas às associações implícitas positivas das mulheres à área nuclear, cujas porcentagens passaram de 25% no T₁ para 55% no T₂, ou seja, mais do o dobro.

Também, com relação às associações positivas ao petróleo, as porcentagens diminuíram de 40% para 15%. Um aspecto interessante a ser observado no gráfico é que todas as participantes que no T₁ tiveram

associações positivas à área nuclear, não somente mantiveram as suas associações, mas também a força dessas associações se intensificou após a participação no programa.

Figura 82 – Comparativo das associações implícitas das professoras: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Os resultados do T₂ com base na faixa etária são apresentados na Figura 83.

Figura 83 – Associações implícitas de acordo com a faixa etária (T₂)

Fonte: autora da tese.

Dos professores da faixa etária *adulto-jovem*, 69,2% (= 9 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 7,7% (= 1 participante), ao petróleo e 23,1% (=3 participantes) passaram a não ter preferência nítida. É interessante notar que no T₁, a porcentagem de associações implícitas à área nuclear foi de 30,4% e passou a ser de 69,2%, ou seja, maior do que o dobro. Quanto ao petróleo, as associações diminuíram de 46,1% para 7,7%. A porcentagem de participantes que não tiveram preferência nítida permaneceu a mesma.

Dos professores da faixa etária *meia-idade*, 50% (= 10 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 15%(= 3 participantes), ao petróleo e 35% (= 7 participantes) não tiveram preferência nítida.

No grupo *meia-idade* as associações á área nuclear também aumentaram, de 30% para 50% e as associações ao petróleo diminuíram de 30% para 15%, ou seja, a metade. Quanto à neutralidade, essa porcentagem diminuiu de 40% para 35%.

Na Figura 84, podem ser visualizados os resultados comparativos dos testes T₁ e T₂ dos professores que atuam na rede pública. Desses, 53,8% (= 7 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 7,7% (= 1 participante), ao petróleo e 38,5 % (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida.

Figura 84 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede pública: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

Dos professores da rede particular, 60% (= 12 participantes) passaram a ter associações positivas à área nuclear, 15% (= 3 participantes), ao petróleo e 25% (= 5 participantes) não tiveram preferência nítida, conforme apresentado na Figura 85.

Figura 85– Comparativo das associações implícitas dos professores da rede particular: T₁ e T₂

Fonte: autora da tese.

É possível observar importantes mudanças nas associações dos professores tanto da rede particular como da pública, pois as associações positivas à área nuclear passaram de 30% (T₁) para 60% (T₂), ou seja, dobraram entre os participantes da rede particular e quase dobraram também no grupo da rede pública (de 30,8% para 53,8%).

Adicionalmente, as associações ao petróleo diminuíram de 45% para 15% no grupo particular, ou seja, um terço; e de 23,1% para 7,7%, um pouco mais que um terço, no grupo da rede pública.

Os resultados comparativos dos T₁ e T₂ apontam para o aumento das porcentagens de associações positivas à área nuclear e diminuição das porcentagens de associações positivas ao petróleo em todas as variáveis categóricas analisadas.

Embora as porcentagens referentes à neutralidade tenham se mantido equilibradas em algumas das variáveis categóricas, elas não se referem

exatamente aos mesmos participantes, mas se devem às mudanças nos escores dos participantes que: a) tinham associações positivas ao petróleo e passaram a não ter preferência nítida; b) tinham associações positivas à área nuclear e passaram a não ter preferência nítida e c) se mantiveram sem preferência nítida.

Com base nas variáveis analisadas – formação acadêmica, gênero, faixa etária, rede pública/particular – os resultados evidenciaram que a formação acadêmica de base é o fator que realmente interfere nas associações implícitas. Os resultados das aplicações do TAI aos grupos selecionados para esse trabalho corroboram essa constatação.

A fim de verificar a confiabilidade dos dados obtidos do TAI, foi aplicado o teste *t* de *Student*. O teste verificou se houve modificações nas associações implícitas dos professores após a participação no programa, ou seja, T_1 – antes do programa multissensorial e T_2 – após o programa multissensorial. As hipóteses consideradas foram aquelas apresentadas anteriormente, onde H_0 ($T_1 = T_2$) e H_1 ($T_1 \neq T_2$). Os dados são apresentados na Figura 87.

Figura 86 – Teste *t* de *Student* aplicado ao grupo dos professores de ciências: T_1 e T_2

Figure 66: Paired Sample t-Test: Dependent Groups are processed as correlated. N = 32

→ **T-Test**

[DataSet1]

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	T 1	,007973	33	,3710569	,0645927
	T 2	,246421	33	,3485847	,0606808

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	T 1 & T 2	33	,414	,017

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	T 1 - T 2	-,2384485	,3899635	,0678839	-,3767235	-,1001735	-3,513	32	,001

Fonte: INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011.

Utilizando o mesmo intervalo de confiança de 95%, observou-se um valor de $t(33) = -3,513$, $p=0,001$, indicando que a média de T_1 é diferente de T_2

e, portanto, a hipótese nula H_0 é rejeitada. Esses resultados estatisticamente significantes confirmam a mudança nas associações implícitas dos professores de ciências após o programa multissensorial.

As mudanças podem ser explicadas pelo fato de que a memória pode ser modulada, ou seja, pode ser fortalecida ou enfraquecida. Também, as experiências armazenadas nas memórias explícita (consciente) ou implícita (inconsciente) podem ser transferidas de uma para a outra, influenciando, assim, uma a outra, conforme relatado por SCHACTER e TULVING (1994).

Segundo STANLEY et al. (2008), as técnicas de imagem funcional possibilitam estudar sobre os sistemas neurais que estão envolvidos na expressão e regulação das associações implícitas.

A amígdala, que faz parte do sistema límbico, foi identificada como a região envolvida na expressão de atitudes implícitas (HART et al., 2000; PHELPS et al., 2000; STANLEY et al., 2008). Ela é uma pequena estrutura subcortical em forma de amêndoa, localizada bilateralmente na região antero-inferior do lobo temporal e tem ligação essencial entre as áreas do córtex cerebral, recebendo informações de todos os sistemas sensoriais (ESPERIDIÃO-ANTONIO et al., 2008).

A ativação da amígdala não depende de percepção consciente (PHELPS; LEDOUX, 2005). Ela tem um papel relevante pelo fato de associar as emoções com a memória, ou seja, recebe as informações de natureza emocional e as conecta com informações mnemônicas em processo de consolidação, fortalecendo ou enfraquecendo a retenção (LENT, 2010).

A amígdala intensifica a função da memória durante os momentos de excitação emocional; assim uma experiência com carga emocional poderá ser armazenada na memória por toda a vida (GAZZANIGA et al., 2017).

As memórias formadas e armazenadas pelos sistemas emocionais são implicitamente armazenadas e acessadas (PHELPS; LEDOUX, 2005).

A emoção, portanto, representa um importante componente modulador da memória, o que pode justificar os resultados obtidos nesse grupo. Esse componente emocional foi evidente na visita dos professores, dadas a expectativa, a curiosidade e a motivação por visitar um instituto de tecnologia nuclear e conhecer pessoalmente um reator de pesquisas (IEA-R1) e um Centro

de Tecnologia das Radiações (CTR). Essa visita representou uma experiência única de ver, ouvir e esclarecer o que somente conheciam por meio dos livros didáticos.

Também, a motivação é um dos fatores fundamentais para a consolidação de memórias (LURIA, 1981).

Outro fator também ligado à emoção é que os professores se sentiram especiais, acolhidos e valorizados durante todo o programa, conforme relatado por muitos participantes.

Sabe-se que, com base na relevância, carga emocional e outros fatores individuais, as informações recebidas passam a um conjunto de regiões relacionadas ao hipocampo, que é outra estrutura subcortical, encarregada de consolidar os engramas da memória explícita, ou seja, transferi-los para as regiões corticais adequadas. Assim, o hipocampo é a estrutura principal no processo de consolidação das memórias explícitas (LENT, 2010).

Entretanto, a literatura reporta que o hipocampo também está envolvido nas aprendizagens associativas implícitas. Estudos indicam que aprendizagem associativa e evocação de forma rápida podem ocorrer de modo inconsciente, tendo a participação do hipocampo e do giro hipocampal (ROSE et al., 2002; HENKE, et al., 2003a; HENKE et al., 2003b). Assim, o hipocampo está envolvido em ambos os aprendizados associativos, implícito ou explícito (SCHENDAN et al., 2003; YANG et al., 2003; DEGONDA et al., 2005). Também, a aprendizagem associativa semântica implícita envolve o hipocampo e influencia a memória explícita (HENKE et al., 2003b; DEGONDA et al., 2005).

Adicionalmente, a literatura relata que há uma dinâmica interação entre o hipocampo e a amígdala, pois durante a exposição a um evento com carga emocional, a amígdala influencia a plasticidade neural e os processos de formação de memórias no hipocampo e, por sua vez, o hipocampo, afeta a plasticidade neural na amígdala. Essa ativação dupla da amígdala e hipocampo bem como a dinâmica entre eles pode ser o que faz com que as memórias com base em cargas emocionais sejam únicas (RICHTER-LEVIN; AKIRAV, 2000).

Além desses fatores acima citados, deve-se considerar o programa com abordagem multissensorial para os professores. Sabe-se que a utilização de diversas modalidades sensoriais no ensino tem efeito positivo sobre a

aprendizagem como um todo, uma vez que propicia a formação de amplas redes neurais.

O programa proposto nesse trabalho utilizou múltiplas modalidades sensoriais como visão, audição, somestesia, gustação, olfação, além de submodalidades, como cores, formas, sensibilidade térmica, propriocepção, sensibilidade aos sabores, entre outras, e demonstrou ter um efeito positivo sobre os professores, propiciando mudanças nas associações implícitas com relação às aplicações benéficas da tecnologia nuclear.

Esses resultados concordam com o que a literatura reporta sobre o efeito positivo da abordagem multissensorial, conforme relatado no capítulo 4 item 4.5.1.

Seis meses após o programa *in loco* no IPEN, o TAI foi novamente aplicado aos professores participantes a fim de verificar se as associações implícitas se mantiveram estáveis ao longo desse tempo.

5.4.3 Reaplicação do TAI após seis meses (T₃)

Embora houvesse 33 professores no programa *in loco*, somente 29 participaram da terceira aplicação do TAI (T₃), devido a compromissos pessoais na data da reaplicação.

No T₃, dos 29 professores, 55,2% (= 16 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 10,3% (= 3 participantes), ao petróleo e 34,5% (= 10 participantes) demonstraram não ter preferência nítida (neutros). Os resultados comparativos de cada participante são apresentados na Figura 87.

Figura 87 – Comparativo das associações implícitas dos professores: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Esses resultados demonstraram que as associações positivas à área nuclear se mantiveram após 6 meses, pois tinham passado de 30,3% (T₁) para 57,6% (T₂) e agora são de 55,2% (T₃), uma diferença de apenas 2,4%.

Quanto à porcentagem de associações positivas ao petróleo, os resultados do T₂ mostraram que houve a diminuição para um terço da inicial, ou seja, de 36,4% (T₁) passaram para 12,1% (T₂). E no T₃, essas associações positivas ao petróleo também se mantiveram, pois a porcentagem obtida foi de 10,3%, ou seja, uma diferença de apenas 1,8%.

As porcentagens referentes à neutralidade foram de 33,3% (T₁), 30,3% (T₂) e 34,5% (T₃).

Quanto à formação acadêmica dos 29 professores, 14 eram da área de ciências exatas, 9 de ciências naturais e 6 de ciências humanas.

Na Figura 88, é mostrado o gráfico comparativo dos testes T₁, T₂ e T₃ dos professores com formação em ciências humanas.

Por meio do T₃, observou-se que 50% (= 3 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear e 50% (= 3 participantes), não tiveram preferência nítida.

Esses resultados demonstram que as associações se mantiveram, pois tanto os participantes que tinham associações positivas à área nuclear quanto os que não tinham preferência nítida mantiveram suas associações.

Figura 88 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências humanas: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Um fato importante a ser destacado dentre esses participantes com formação em humanas é que as associações positivas ao petróleo que foram de 71,5% (T₁) diminuíram para 14,2% (T₂) e zero após 6 meses (T₃).

No grupo de professores com formação em ciências naturais, 44,5% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 11% (= 1 participante), ao petróleo e 44,5% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 89).

Nesse grupo, as associações positivas ao petróleo se mantiveram estáveis após 6 meses. Foram observadas mudanças nas associações positivas à área nuclear, pois nesse período participantes se tornaram neutros. O aumento de 20% (T₂) para 44,5% (T₃) de neutralidade demonstra essa migração.

Figura 89 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências naturais: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Quanto aos professores com formação em exatas, no teste T₃, 64,3% (= 9 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 7,1% (= 1 participante), ao petróleo e 28,6% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida, conforme Figura 90.

Figura 90 – Comparativo das associações implícitas dos professores com formação em ciências exatas: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Por meio desses resultados, é importante observar que as associações implícitas positivas à área nuclear tinham dobrado do T₁ para o T₂, ou seja, de 25% passaram a 50% e se mantiveram no T₃. Assim, houve estabilidade nas associações positivas à área nuclear. Ainda, juntamente com essa constatação, é importante notar que, além de se manterem estáveis entre os participantes que tinham mudado suas associações, elas aumentaram durante esse período, devido à diminuição de associações positivas ao petróleo, que tinham sido de 37,7% (T₁), passaram a 18,7% (T₂) e, no T₃ foram de somente 7,1%. Os resultados relacionados à neutralidade também se mantiveram, com uma pequena diminuição de 2,7%.

Dos 29 participantes, 11 eram do sexo masculino e 20 do sexo feminino. Dos homens, no teste T₃, 54,5% (= 6 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 9,1% (= 1 participante), ao petróleo e 36,4% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida, conforme demonstrado na Figura 91.

Figura 91– Comparativo das associações implícitas dos professores: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Quando comparados, os resultados demonstram que houve estabilidade das associações implícitas dos participantes nos seis meses após o programa, pois a porcentagem de associações positivas à área nuclear no T₂

tinha sido de 53,9%, ao petróleo, de 7,6% e à neutralidade, de 38,5%, ou seja, todas muito próximas das obtidas por meio do T₃.

Um dado importante a ser notado por meio do gráfico é que todos os participantes que no T₁ tiveram associações positivas ao petróleo passaram a ter associações positivas à área nuclear no T₂ e mantiveram as associações no T₃.

Também, o único participante que teve a associação positiva ao petróleo no T₂, ainda que com força de associação fraca, passou a não ter preferência nítida.

Quanto às mulheres, no teste T₃, 55,6 % (= 10 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 5,5% (= 1 participante), ao petróleo e 38,9% (= 7 participantes) não tiveram preferência nítida. Na Figura 92, é apresentado o gráfico do gênero feminino.

Figura 92 – Comparativo das associações implícitas das professoras: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Os resultados do T₃ para o gênero feminino também mostraram estabilidade nas associações positivas à área nuclear, que tinham sido de 55% (T₂) e passaram a ser 55,6% (T₃). Vale salientar que essa porcentagem de associações positivas à área nuclear que no T₂ correspondeu a mais do que o dobro da porcentagem no T₁ (25%), se manteve no T₃.

Quanto às associações positivas ao petróleo, a porcentagem tinha diminuído de 40% (T₁) para 15% (T₂) e continuou diminuindo até 5,5% (T₃).

A porcentagem de participantes sem preferência nítida também sofreu aumento, por conta da migração de participantes que deixaram de ter associações positivas ao petróleo e passaram a não ter preferência nítida.

Concernente à faixa etária, na Figura 93, são apresentados os resultados do T₃.

Figura 93 – Associações implícitas de acordo com a faixa etária (T₃)

Fonte: autora da tese.

Dos 29 professores, 11 pertenciam à faixa etária *adulto-jovem* e 19, à faixa *adulto meia-idade*. Dentre os da faixa *adulto-jovem*, 72,7% (= 8 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 9,1% (= 1 participante), ao petróleo e 18,2% (= 2 participantes) passaram a não ter preferência nítida.

Novamente, é importante observar que a porcentagem de associações positivas à área nuclear havia aumentado de 30,5% (T₁) para 69,2% (T₂) e se manteve após os seis meses, conforme demonstrado pelos resultados do teste T₃. Ademais, nesse período ainda houve um aumento dessas associações, devido a um participante que deixou de ter preferência nítida e passou a ter associações positivas à área nuclear.

Quanto às associações positivas ao petróleo, essas tinham diminuído de 46,1% (T₁) para 7,7% (T₂) e se mantiveram em 9,9% (T₃). A porcentagem de participantes que não tiveram preferência nítida permaneceu a mesma. Assim, também, por meio desses resultados, pode-se notar que houve estabilidade nos escores das associações implícitas dos professores da faixa *adulto-jovem*.

Dos 19 professores da faixa etária *adulto meia-idade*, 47,4% (= 9 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 10,5% (= 2 participantes), ao petróleo e 42,1% (= 8 participantes) não tiveram preferência nítida.

As associações positivas à área nuclear tinham aumentado de 30% (T₁) para 50% (T₂) e se mantiveram próximas, em 47,4% (T₃).

Quanto às associações positivas ao petróleo, elas tinham diminuído consideravelmente, de 30% (T₁) para 15% (T₂), e diminuíram ainda mais após os seis meses, passando a 10,5% (T₃).

Com relação à neutralidade, essa porcentagem diminuiu de 40% (T₁) para 35% (T₂) e aumentou para 42,1% (T₃). Esse aumento se deu por conta, principalmente, de participantes que tinham associações positivas ao petróleo e passaram a não ter preferência nítida.

Quanto à rede onde os professores atuam, 12 participantes lecionavam na rede pública e 17 na rede privada.

Dos professores da rede pública, no teste T₃, 33,3% (= 4 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 16,7% (= 2 participantes), ao petróleo e 50% (= 6 participantes) não tiveram preferência nítida. Na Figura 94, é apresentado o gráfico comparativo dos testes T₁, T₂ e T₃ dos professores que atuam na rede pública.

Os resultados desse grupo revelaram mudanças nas associações implícitas à área nuclear após 6 meses, que tinham sido de 30,8% (T₁), aumentaram para 53,8% (T₂) e passaram a 33,3% (T₃). Adicionalmente, as associações ao petróleo tinham diminuído de 23,1% (T₁) para 7,7% (T₂) e passaram a 16,7% (T₃).

Como consequência da diminuição de associações positivas à área nuclear, observa-se o aumento da porcentagem dos professores que não tiveram preferência nítida, de 38,5% (T₂) para 50%(T₃).

Figura 94 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede pública: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Dos 17 professores da rede particular, no teste T₃, 70,6% (= 12 participantes) tiveram associações positivas à área nuclear, 5,9% (= 1 participante), ao petróleo e 23,5% (= 4 participantes) não tiveram preferência nítida (Figura 95).

Os resultados obtidos por meio dos testes T₁ e T₂ tinham demonstrado que as associações implícitas dos professores da rede particular tinham aumentado de 30% para 60%. No T₃, observou-se que, além de mantidas, essas associações aumentaram após o programa, passando a 70,6%. Também, as associações positivas ao petróleo tinham diminuído de 45% (T₁) para 15% (T₂) e continuaram diminuindo, passando a 5,9% (T₃), ocasionando o aumento das associações positivas à área nuclear. A porcentagem daqueles que não tinham tido preferência nítida, 25% tanto no T₁ quanto no T₂, manteve-se praticamente estável no T₃ (23,5%).

Figura 95 – Comparativo das associações implícitas dos professores da rede privada: T₁, T₂ e T₃

Fonte: autora da tese.

Para as associações implícitas positivas à área nuclear, os professores de ambas as redes tiveram porcentagens muito próximas, tanto no T₁ quanto no T₂; entretanto isso não ocorreu no T₃. Enquanto os professores da rede particular mantiveram e aumentaram suas associações positivas à área nuclear, os da rede pública diminuíram essa porcentagem, que ficou próxima da porcentagem obtida por meio do T₁.

Porém, esses resultados parecem estar relacionados à formação acadêmica de base, uma vez que a maior parte dos professores com formação em ciências naturais é da rede pública e esse foi o grupo que apresentou as mudanças mais significativas nas porcentagens de associações positivas à área nuclear: 40% (T₁), 80% (T₂) e 44,5% (T₃). Ou seja, a porcentagem obtida por meio do T₃ ficou próxima da obtida por meio do T₁, o que justifica a diminuição da porcentagem das associações positivas à área nuclear observada na rede pública.

Também, a diferença observada na porcentagem de participantes da rede pública que não tiveram preferência nítida se justifica pelos resultados obtidos do mesmo grupo das ciências naturais, cuja porcentagem foi de 20% no T₂ e aumentou para 44,5% no T₃.

Na Tabela 8, são mostradas as mudanças nas associações implícitas dos professores observadas ao início (T_1), término (T_2) e após 6 meses (T_3) do programa multissensorial realizado no IPEN.

Tabela 8 – Resumo dos resultados comparativos dos testes T_1 , T_2 e T_3 com base nas variáveis categóricas

PARTICIPANTES		NUCLEAR (%)			PETRÓLEO (%)			NEUTRO (%)		
		T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
Professores	Geral	30,3	57,6	55,2	36,4	12,1	10,3	33,3	30,3	34,5
Formação Acadêmica	C.Exatas	25	50	64,3	37,5	18,7	7,1	37,5	31,3	28,6
	C.Humanas	28,5	57,2	50	71,5	14,2	0	0	28,6	50
	C.Naturais	40	80	44,5	10	0	11	50	20	44,5
Gênero	Masculino	38,4	53,9	54,5	30,8	7,6	18,2	30,8	38,5	27,3
	Feminino	25	55	55,6	40	15	5,5	35	30	38,9
Idade	21 a 29 anos	33,3	66,7	80	66,7	0	0	0	33,3	20
	30 a 39 anos	28,6	71,4	66,6	28,6	14,3	16,7	42,8	14,3	16,7
	40 a 49 anos	33,3	55,5	55,6	22,2	0	22,2	44,5	44,5	22,2
	50 a 59 anos	37,5	50	37,5	25	12,5	0	37,5	37,5	62,5
	> 60 anos	0	33,3	50	66,7	66,7	0	33,3	0	50
Escola	Pública	30,8	53,8	33,3	23,1	7,7	16,7	46,1	38,5	50
	Particular	30	60	70,6	45	15	5,9	25	25	23,5

Fonte: autora da tese.

Novamente, o teste t de *Student* foi aplicado para verificar a confiabilidade dos resultados quanto à estabilidade das associações implícitas após 6 meses, ou seja, T_2 – após o programa multissensorial e T_3 – após 6 meses do programa multissensorial. As hipóteses consideradas foram aquelas previamente apresentadas, onde H_0 ($T_2 = T_3$) e H_1 ($T_2 \neq T_3$). Os resultados são demonstrados na Figura 96.

Novamente, com o intervalo de confiança de 95%, observou-se um valor de $t(29) = 1,075$, $p=0,292$, indicando que a média de T_2 é muito próxima de T_3 , portanto, a hipótese nula H_0 é aceita ($p>0,05$).

Esses resultados confirmam que houve estabilidade nas associações implícitas dos professores de ciências 6 meses após o programa multissensorial.

Figura 96 – Teste *t* de *Student* aplicado ao grupo dos professores de ciências T₂ e T₃

Figura 66 – Teste t de Student aplicado ao grupo dos professores de ciências 12 e 13

→ **T-Test**

[DataSet4]

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 T2	,277166	29	,3478020	,0645852
T3	,208534	29	,3510490	,0651882

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 T2 & T3	29	,516	,004

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 T2 - T3	,0686310	,3438500	,0638513	-,0621625	,1994246	1,075	28	,292

Fonte: INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES, 2011.

Sabe-se que a abordagem multissensorial é efetiva para a aprendizagem e resulta em melhora da memória cognitiva, respostas motoras mais rápidas e aumenta da sensibilidade perceptual. Além do mais, a multissensorialidade possibilita formar memórias em rede, permitindo diferentes acessos à informação desejada (LOVELACE et al., 2003; CALVERT; THESEN, 2004; SHAMS; SEITZ, 2008; GINGRAS et al., 2009).

Nesse grupo de professores, de forma geral, a abordagem multissensorial possibilitou um aprendizado enriquecido sobre as diversas aplicações da tecnologia nuclear, ou seja, promoveu novas experiências na memória explícita que resultaram na modificação das associações prévias armazenadas na memória implícita.

As mudanças nas associações implícitas observadas por meio dos resultados apresentados estão em concordância com a literatura, a qual relata que novas experiências produzem mudanças nas redes neurais e, conseqüentemente, novas associações são criadas.

Portanto, por meio de novos conhecimentos, associações implícitas, preconceitos e estereótipos implícitos relacionados a um determinado tema podem ser reduzidos e/ou revertidos (SCHACTER; TULVING, 1994; LOWERY; HARDIN; SINCLAIR, 2001; RUDMAN; ASHMORE; GARY, 2001).

Esses resultados apresentados evidenciaram que houve mudanças nas associações implícitas favoráveis à tecnologia nuclear e que o trabalho contribuiu para a um conhecimento mais assertivo e imparcial sobre as diversas aplicações benéficas dessa tecnologia.

6 CONCLUSÕES

Nesse capítulo, serão apresentadas as principais conclusões obtidas nesse trabalho para cada uma das etapas da metodologia proposta.

O TAI customizado para esse trabalho se mostrou eficiente para identificar e mensurar as associações implícitas referentes à tecnologia nuclear e ao petróleo.

Quantificado por meio do Alfa de *Cronbach*, o TAI customizado apresentou uma boa consistência interna e confiabilidade quando aplicado ao grupo de especialistas no pré-teste e aos leigos. A partir desses resultados confiáveis foi possível aplicar o TAI ao grupo de professores de ciências.

A comparação dos resultados do pré-teste com os resultados do TAI para um grupo de leigos evidenciou que o fator que realmente contribuiu para determinadas associações implícitas é a formação acadêmica de base.

A primeira aplicação do TAI ao grupo de professores de ciências (T_1) demonstrou um equilíbrio nas associações implícitas dos professores com relação à área nuclear, ao petróleo e à neutralidade, devido à formação acadêmica. Essa observação demonstra que a formação de base tem um papel crucial na vida da sociedade como um todo, pois influencia a forma de pensar e, conseqüentemente, o comportamento.

O programa multissensorial de 5 horas, proposto e utilizado para o grupo de professores, foi capaz de modificar as associações implícitas prévias, ou seja, foi eficaz para produzir rápidas mudanças na memória implícita (inconsciente) com relação à área nuclear. Essa constatação foi possível por meio da aplicação do teste T_2 , que demonstrou mudanças nas associações implícitas positivas à área nuclear. O teste t de *Student*, aplicado para dar confiabilidade, confirmou esses resultados.

O programa multissensorial também foi eficaz para que as novas associações implícitas dos professores fossem mantidas, conforme evidenciado pelos resultados da aplicação do TAI após 6 meses (T_3), exceto para o grupo de professores com formação em ciências naturais, demonstrando, assim, que a formação de base é o fator que influencia nas associações implícitas.

Também, o programa de 5 horas realizado no IPEN para professores de ciências utilizando múltiplas modalidades sensoriais se mostrou efetivo para mudar e manter as associações implícitas positivas com relação às aplicações benéficas da tecnologia nuclear, diferentemente do programa para os alunos de pós-graduação do IPEN com aulas expositivas durante 12 semanas. O teste *t* de *Student*, aplicado para dar confiabilidade, confirmou esses resultados.

Esse trabalho demonstrou que é possível quebrar paradigmas e preconceitos. Entende-se que atitudes implícitas, inconscientes, podem ser desenvolvidas ao longo da vida por conta do acúmulo de experiências pessoais; no entanto, novas experiências, novas aprendizagens produzem mudanças nas redes neurais e, conseqüentemente, novas associações são criadas.

Todas essas transformações são possíveis, devido à neuroplasticidade. Graças a ela, é possível haver reorganização das redes neurais e mudanças nos comportamentos, nas formas de sentir e de pensar.

O programa multissensorial foi uma ferramenta eficaz, prática, rápida para produzir mudanças, de baixo custo e pode ser aplicado em diversas áreas em que se deseje alterar associações implícitas e reverter preconceitos.

Assim, os resultados demonstraram que esse trabalho de doutorado teve êxito no que se propôs e excedeu as expectativas inicialmente delineadas para essa pesquisa. Por meio dessa proposta educacional com base nos princípios neurocientíficos, o trabalho propiciou melhora significativa nas associações implícitas referentes à tecnologia nuclear e também contribuiu para a difusão do conhecimento das aplicações benéficas dessa tecnologia e, conseqüentemente, para a sua desmitificação.

Esse estudo contribuirá para a formação de professores de ciências para que o ensino referente às aplicações da tecnologia nuclear seja transmitido de forma imparcial, garantindo, portanto, um aprendizado assertivo.

A metodologia completa desenvolvida nesse trabalho poderá ser empregada em outras áreas para identificar, modificar e/ou reverter os preconceitos implícitos.

6.1 Trabalhos futuros

Visando desmitificar as aplicações benéficas da tecnologia nuclear por meio da educação, essa metodologia testada, aplicada e avaliada será disponibilizada em forma de programa de capacitação voltado para os professores de ciências.

Adicionalmente, um trabalho futuro de pós-doutorado aplicará a metodologia desse trabalho de doutorado utilizando a realidade virtual para as visitas às instalações nucleares, como parte do programa com abordagem multissensorial. O objetivo é avaliar as associações implícitas dos participantes e comparar com os resultados do programa *in loco*.

A principal motivação para esse futuro trabalho é a possibilidade de oferecer a professores de localidades distantes, onde não há um instituto com instalações nucleares, uma oportunidade de novos conhecimentos que transformarão suas associações implícitas sobre a tecnologia nuclear, tornando o ensino de ciências mais efetivo e imparcial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENHEAD, G. S. An analysis of four ways of assessing students' beliefs about STS topics. ***Journal of Research in Science Teaching***, v. 25, n. 8, p.607-629, 1988.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. ***Diário Oficial da União***, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de janeiro de 2001.

ASENDORPF, J.B.; BANSE, R.; MÜCKE, D. Double dissociation between implicit and explicit personality self-concept: the case of shy behavior. ***J Pers Soc Psychol.***, v. 83, n.2, p.380-393, 2002.

AZEVEDO, F.A; CARVALHO, L.R.; GRINBERG, L.T.; FARFEL, J.M.; FERRETTI, R.E.; LEITE, R.E.; JACOB FILHO, W.; LENT, R.; HERCULANO-HOUZEL, S. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. ***J Comp Neurol***, v.513, n. 5, p. 532-541, 2009.

BANSE, R.; SEISE, J.; ZERBES, N. Implicit attitudes towards homosexuality: reliability, validity, and controllability of the IAT. ***Z Exp Psychol.***, v. 48, n. 2, p. 145-160, 2001.

BARABÁS, R; SABUNDJIAN, G. Nuclear energy education scenario around the world. In: INTERNATIONAL ATLANTIC CONFERENCE, 6th, November 24-29, 2013, Recife, PE : BRAZIL. ***Proceedings...*** Disponível em: <http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/17227/19297.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 10 abr. 2014.

BARGH, J.A.; CHARTRAND, T.L. Studying the mind in the middle: a practical guide to priming and automaticity research. In: REIS, H.; JUDD, C. (Ed.). ***Handbook of research methods in social psychology***. New York: Cambridge University, 2000. p. 253-285.

BASSILI, J. N.; BROWN, R. Implicit and explicit attitudes: research, challenges and theory. In: ALBARRACÍN, D; JOHNSON, B.T; ZANNA, M.P. (Ed.). ***Handbook of attitudes and attitude change***. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2005, p. 543-574.

BEAR, M.F; CONNORS, B.W; PARADISO, M.A. **Neuroscience**: exploring the brain. 4TH ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

BENITES, D.B; GORDON, A.N.L. Nuclear technology in secondary school in the city of São Paulo. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 4th, September 27 to October 2, 2009, Rio de Janeiro, RJ: Brazil. **Proceedings...** Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/2009/inac/15235.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

BENJAMIM, C.(Ed.). **Dicionário de biografias científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

BODZIN, A. Investigating urban eighth-grade students' knowledge of energy resources. **International Journal of Science Education**, v. 34, n.8, p. 1255-1275, 2012.

BRUNEL, F.F.; TIETJE, B.C.; GREENWALD, A.G. Is the Implicit Association Test a valid and valuable measure of implicit consumer social cognition? **Journal of Consumer Psychology**, v.14, n. 4, p. 385-404, 2004.

CALVERT, G. A.; THESEN, T. Multisensory integration: methodological approaches and emerging principles in the human brain. **Journal of Physiology**, n. 98, n.1-3, p.191-205, 2004.

CANTELON, P. L.; WILLIAMS, R.C. **Crisis contained**: the department of energy at Three Mile Island. Carbondale, IL: Southern Illinois University Press, 1982.

CARDOSO, E. M.; LIMA, C.H.P.; SAINT'CLAIR, A.P.; MACHADO, L.; TERREMOTO, L. A. A. **Aplicações da energia nuclear** – Apostila educativa. 3^a ed. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CARPENTER, T.; POGACAR, R.; PULLIG, C.; KOURIL, M.; LABOUFF, J.; AGUILAR, S.J.; ISENBERG, N.; CHAKROFF, A. **Conducting IAT research within online surveys**: a procedure, validation, and open source tool [Internet]. PsyArXiv; 2018. Disponível em: <<http://psyarxiv.com/6xdyj>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

CASTRO, D.L.; FERREIRA, R.V.F. Análise da abordagem do tema radioatividade em livros didáticos no período de 1980 a 2010. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 9, 17-19 de julho, 2011, Natal, RN. **Anais...** Disponível em: < <http://www.abq.org.br/simpequi/2011/trabalhos/81-7221.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

CHOI, Y.S.; KIM, J. R.; HAN, E.O. Analysis of food irradiation education for elementary, middle, and high school students for three years in South Korea. **Nutr Res Pract**, v.10, n. 2, p. 237-244, 2016.

COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia: evidence for multiple memory systems. In: SQUIRE, L.R.; BUTTERS, N. (Ed.). **The neuropsychology of memory**. New York: Guilford Press, 1984, p. 83-103.

COLLINSON, D. **Fifty major philosophers**. New York: Routledge, 2004.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **O emprego de radiofármacos na medicina nuclear**. 2008. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/noticias/noticia.asp?id=96>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

COOPER, S.; YEO, S.; ZADNIK, M. Australian students' views on nuclear issues: does teaching alter prior beliefs? **Physics Education**, v.38, n.123, p.123-129, 2003.

CORSI, P. (Ed.) **The enchanted loom**. New York: Oxford University Press, 1991.

DAMASIO, A.R. **O Erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEGONDA, N.; MONDADOR, C.R.A.; BOSSHARDT, S.; SCHMIDT, C. F.; BOESIGER, P.; NITSCH, R. M.; HOCK, C.; HENKE, K. Implicit associative learning engages the hippocampus and interacts with explicit associative learning. **Neuron**, v. 46, n. 3, p. 505-520, 2005.

DUIT, R. Science education research -- An Indispensable Prerequisite for Improving Instructional Practice. In: ESERA Summer School, Braga, Portugal, July, 15-22, 2006. Disponível em: <<http://www.naturfagsenteret.no/esera/summerschool2006.html>>. Acesso em: 6 jul. 2015.

DUNLOSKY, J. RAWSON, K.A.; MARSH, E.J.; NATHAN, M.J.; WILLINGHAM, D.T. Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. ***Psych Sci Publ Int***, v.14, n.1, p.4–5, 2013.

DZIEDZIC-GOCLAWSKA, A.; KAMINSKI, A.; UHRYNOWSKA-TYSZKIEWICZ, I.; STACHOWICZ, W. Irradiation as a safety procedure in tissue banking. ***Cell and Tissue Banking***, v. 6, n.3, p. 201-219, 2005.

EGLOFF, B.; SCHMUKLE, S.C. Predictive validity of an implicit association test for assessing anxiety. ***Journal of Personality and Social Psychology***, v.83, n.6, p.1441-1455, 2002.

ELETRONUCLEAR. ***Panorama da energia nuclear***. 2016. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=SG_9CnL80wM%3d&tabid=406>. Acesso em: 12 dez. 2017.

ELETRONUCLEAR. ***Central nuclear de Angra dos Reis***. 2018. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Not%C3%ADcias/NoticiaDetalhes.aspx?NoticialD=2035>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

ESPERIDIÃO - ANTONIO, V.; COLOMBO, M. M.; MONTEVERDE, D.T.; MARTINS, G.M.; FERNANDES, J.J.; ASSIS, M.B.; BATISTA, R.S. Neurobiologia das emoções. ***Rev Psiq Clín***, v.35, n. 2, p. 55-65, 2008.

FAZIO, R. H. Attitudes as object-evaluation associations: determinants, consequences, and correlates of attitude accessibility. In: PETTY, R. E.; KROSNICK, J. A. (Ed.). ***Attitude strength: antecedents and consequences***. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1995. p. 247-282.

FAZIO, R.H.; OLSON, M.A. Implicit measures in social cognition research: their meaning and use. ***Annu. Rev. Psychol***, v. 54, p. 297–327, 2003.

FAZIO, R.H. Attitudes as object-evaluation associations of varying strength. ***Social Cognition***, v.25, n.5, p. 603-637, 2007.

FIORINI, M.C.; MOREÍ, L.O.O.; BARDAGI, M.P. Família e desenvolvimento de carreira de jovens adultos no contexto brasileiro: revisão integrativa. ***Rev. bras. orientac. prof***, v.18, n.1, p.1-5, 2017.

FINGER, S. ***Origins of neuroscience***. New York: Oxford University Press, 1994.

FINGER, S. ***Minds behind brain: a history of the pioneers and their discoveries***. New York: Oxford University Press, 2000.

FREEMAN, S.; EDDY, S.L.; MCDONOUGH, M; SMITH, M.K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M.P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. ***PNAS***, v.11, n.23, p. 8410-8415, 2014.

GAMBRO, J.S.; SWITZKY, H.N. A National survey of high school students' environmental knowledge. ***The Journal of Environmental Education***, v. 27, n.3, p. 28-33, 1996.

GARDNER, H. ***A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva***. São Paulo: EDUSP, 1995.

GAREY, L.J. ***Brodman's localisation in the cerebral cortex***. New York: Springer, 2006.

GAWRONSKI, B.; HOFMANN, W.; WILBUR, C. J. Are "implicit" attitudes unconscious? ***Consciousness and Cognition***, v. 15, n.3, p. 485-499, 2006.

GAZZANIGA, M.; HEATHERTON, T.; HALPERN, D. ***Ciência psicológica***. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

GILLISPIE, C. C. ***Dictionary of scientific biography***. New York: Charles Scribner's Sons, 1980.

GINGRAS, G.; ROWLAND, B.A.; STEIN, B.E. The differing impact of multisensory and unisensory integration on behavior. ***J Neurosci.***, v.29, n.15, p. 4897- 4902, 2009.

GOUVEIA, V. V.; GUERRA, V. M.; SOUZA, D. M. F.; SANTOS, W. S.; COSTA, J. M. Escala de desabilitação social de *Marlowe-Crowne*: evidências de sua validade fatorial e consistência interna. ***Aval. Psicol.***, v. 8, n.1, p. 87-98, 2009.

GOUVEIA, V. V.; MENDES, L.A.C.; FREIRE, S.E.A.; FREIRES, L.A.; BARBOSA, L.H.G.M. Medindo associação implícita com o *FreeIAT* em Português: um exemplo com atitudes implícitas frente ao poliamor. ***Psicol. Reflex. Crit.***, v. 27, n. 4, p. 679-688, 2014.

GRAY, J. A. ***The neuropsychology of anxiety***: an enquiry into the function of the septo-hippocampal system. Oxford: Clarendon, 1982.

GREENWALD, A. G.; BANAJI, M. R. Implicit social cognition: attitudes, self-esteem, and stereotypes. ***Psychological Review***, v.102, n.1, p. 4-27, 1995.

GREENWALD, A.G.; MCGHEE, D.E.; SCHWARTZ, J.K.L. Measuring individual differences in implicit cognition: the Implicit Association Test. ***Journal of Personality and Social Psychology***, v.74, n.6, p.1464-1480, 1998.

GREENWALD, A.G.; NOSEK, B.A.; BANAJI, M. R. Understanding and using the Implicit Association Test: an improved scoring algorithm. ***Journal of Personality and Social Psychology***, v. 85, n. 2, p.197-216, 2003.

GREENWALD, A.G.; POEHLMAN, T.A.; UHLMANN, E.L.; BANAJI, M.R. Understanding and using the Implicit Association Test: III. Meta-analysis of predictive validity. ***J Pers Soc Psychol***, v. 97, n.1, p.17-41, 2009.

HAIR, J.F. J.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E. ***Multivariate data analysis***. 6. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2006.

HAN, E. O.; KIM, J. R.; CHOI, Y. S. Educational effects of radiation work-study activities for elementary, middle and high school students. ***Nuclear Engineering and Technology***, v. 46, n. 3, p. 447- 460, 2014a.

HAN, E. O.; KIM, J. R.; CHOI, Y. S. Korean students' behavioral change toward nuclear power generation through education. ***Nuclear Engineering and Technology***, v. 46, n. 5, p. 707-718, 2014b.

HAN, E.O.; CHOI, Y. S.; LIM, Y.K. Comparison between a 13-session and one-time program on Korean elementary, middle and high school students' understanding of nuclear power. ***Journal of Radiation Protection and Research***, v. 42, n.1, p. 56-62, 2017.

HART, A.J.; WHALEN, P.J.; SHIN, L.M.; MCINERNEY, S.C.; FISCHER, H.; RAUCH, S.L. Differential response in the human amygdala to racial outgroup vs ingroup face stimuli. **Neuroreport**, v. 11, n.11, p. 2351-2355, 2000.

HASKELL T. **FLXLab** [Computer program]. 2010. Version 2.5alpha. Disponível em:<<http://xlab.sourceforge.net>>. Acesso em 10 abr. 2014.

HAXBY, J.V.; PARASURAMAN, R.; LALONDE, F.; ABBOUD, H. SuperLab: general-purpose Macintosh software for human experimental psychology and psychological testing. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, v.25, n.3, p. 400-405, 1993.

HEBB, D. O. **The organization of behavior: a neuropsychological theory**. New York: John Wiley, 1949.

HELENE, A.F.; XAVIER, G.F. A construção da atenção a partir da memória. **Rev Bras Psiquiatr**, v. 25, suppl 2, p.12-20, 2003.

HENKE, K.; TREYER, V.; NAGY, E.T.; KNEIFEL, S.; DURSTELER, M.; NITSCH, R.M.; BUCK, A. Active hippocampus during nonconscious memories. **Conscious Cogn**, v.12, n.1, p.31- 48, 2003a.

HENKE, K.; MONDADORI, C.R.A.; TREYER, V.; NITSCH, R.M.; BUCK, A.; HOCK, C. Nonconscious formation and reactivation of semantic associations by way of the medial temporal lobe. **Neuropsychologia**, v.41, n. 8, p. 863-867, 2003b.

GEORGE, D.; MALLERY, P. **SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference**. 11.0 update. 4th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2003.

HEIKKILÄ, J.; ALHO, K.; HYVÖNEN, H.; TIIPPANA, K. Audiovisual semantic congruency during encoding enhances memory performance. **Exp Psychol**, v.10, p.1-8, 2014.

HELENE, A.F.; XAVIER, G.F. Interfaces entre a psicologia e as ciências biológicas: um olhar a partir da biologia. In: BASTOS, A.V.B.; ROCHA, N.M.D. (Org.). **Psicologia - novas direções no diálogo com outros campos de saber**. 1ª ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2007, p.185-246.

HERON, P.; MICHELINI, M.; STEFANEL, A. Teaching and learning the concept of energy in primary school. Physics Curriculum Design, Development and Validation, Costatinou C.ed, 2008.

HICKMAN, F.M. **Science/Technology/Society**: a framework for curriculum reform in secondary school science and social studies. Social Science Education Consortium (SSEC) Publications, 1987.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES. IBM Corp. Released 2011. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IEONG, M.C.F.; HO, J.C.; LEE, P. C.T, HOKAMA, T.; GIMA, T.; LUO, L.; SOHN, M.; KIM, S.Y.; KAO, S.F.; HSIEH, W.A.; CHANG, H.L.; CHANG, P.W.S. Risk perception of nuclear power plants among university students in Northeast Asia after the Fukushima nuclear disaster. **Asia-Pacific Journal of Public Health**, v. 26, n. 6, p. 631-64, 2014.

IGAMI, M. P. Z. (Org); VIEIRA, M. M. F.(Org.) Guia para a elaboração de teses e dissertações: programa de Pós-graduação Tecnologia Nuclear – IPEN/USP. 3 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2017. Disponível em:
<https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/biblioteca/arquivos/NOVO_GUIA_TESSES_E DISSERTACOES.pdf> Acesso em: 10 jan.2018.

INQUISIT 5 [Computer software]. (2016). Disponível em:
<<https://www.millisecond.com>>. Acesso em: 12 set. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES. **Esterilização por radiação ionizante**. 2013. Disponível em:
<https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=741>. Acesso em: 16 set. 2015.

IRTEL, H. **PXLab**: The psychological experiments laboratory [online]. Version 2.1.11. Mannheim (Germany): University of Mannheim. Disponível em:
<<http://www.pxlab.de>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

IZQUIERDO, I. Memórias. **Estud. Av.** v.3, n.6, p. 89-112, 1989.

JARVIS, B. G. **DirectRT** [Computer Software]. New York, NY: Empirisoft Corporation, 2016.

KANDEL, E.R.; SCHWARTS, J.H.; JESSELL, T.M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Presentice – Hall do Brasil, 1997.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. **Principles of neural science**, NY: McGraw-Hill, 4th Edition, 2000.

KIIPER, F.M. **Percepção pública das instalações nucleares**. 2011. 68 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

KIM, D.Y. Voluntary controllability of the Implicit Association Test (IAT). **Social Psychology Quarterly**, v. 66, n.1, p.83-96, 2003.

KOBALLA, T. R.; CRAWLEY, F. E. The influence of attitude on science teaching and learning. **School Science and Mathematics**, v.85, n.3, p. 222–232, 1985.

LEE, H.J; PARK, S.T. Comparison of perception differences about nuclear energy in 4 East Asian country students: aiming at 10th grade students who participated in scientific camps, from four East Asian countries: Korea, Japan, Taiwan, and Singapore. **J Korea. Sci. Edu.**, v. 32, n.4, p.775-787, 2012.

LEHMANN, S.; MURRAY, M.M. The role of multisensory memories in unisensory object discrimination. **Brain Res Cogn Brain Res**, v.24, n.2, p.326-34, 2005.

LENT, R. (Coord.). **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010.

LOMBROSO, P. Aprendizado e memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v.26, n.3, p. 207-210, 2004.

LOVELACE, C.T.; STEIN, B.E.; WALLACE, M.T. An irrelevant light enhances auditory detection in humans: a psychophysical analysis of multisensory integration in stimulus detection. **Brain Res Cogn Brain Res**, v.1, n. 2, p. 447-53, 2003.

LOWERY, B.; HARDIN, C.D; SINCLAIR, S. Social influence effects on automatic racial prejudice. ***Journal of Personality and Social Psychology***, v. 81, n.5, p. 842-855, 2001.

LURIA, A. R. ***Fundamentos de neuropsicologia***. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.

MAHLER, R.L.; BARBER, M.E. University student perceptions of the current and future role of nuclear energy in the world. ***WIT Transactions on Ecology and the Environment***, v.176, p. 93-103, 2013.

MALUF, M.I.; RELVAS, M.P. In: CAPOVILLA, A.G.S.; SENNYEY, A.; LUNA, A.L.T.; GARCIA, A.P.G.; ALFANO, A.; ALMEIDA PRADO, A.E. et al. (Ed.). ***Neuropsicologia e aprendizagem: para viver melhor***. Ribeirão Preto:Tecmedd, 2005.

MARTIN, T.; RIVALE, S.D.; DILLER, K.R. Comparison of student learning in challenge-based and traditional instruction in biomedical engineering. ***Ann Biomed Eng***, v.35, n.8, p.1312–1323, 2007.

MASON, W.; ALLON, S.; PINAR, O. ***Open Source, Web-based IAT***. Disponível em: <<https://github.com/winteram/IAT>>. Acesso em 5 jul. 2016.

MATHIAS, S. C. Neuroimagem em neuropsicologia. In: NITRINI, R.; CAMELLI, P.; MANSUR, L. L. (Org.). ***Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação***, São Paulo: HCFMUSP, 1996, p. 31-48.

MEADE, A.W. Free/IAT: an open-source program to administer the Implicit Association Test. ***Applied Psychological Measurement***, v.33, p. 643, 2009.

MENZEL, F. ***Cálculo de custo ambiental das usinas nucleares de Angra 1, 2 e 3 utilizando o programa SIMPACTS***. 2014. 132 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

MILNER, B.; SQUIRE, L.R.; KANDEL, E.R. Cognitive neuroscience and the study of memory. ***Neuron***, v. 20, n.3, p. 445-468, 1998.

MISHKIN, M; MALAMUT, B; BACHEVALIER, J. Memories and habits: two neural systems. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J.L.; WEINBERGER, N.M. (Ed.). **Neurobiology of learning and memory**. New York: Guilford, 1984, p. 65-77.

MLODINOW, L. **Subliminar: como o inconsciente influencia nossas vidas**. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

MODANEZ, L. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. 105 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

MÜLLER, K. **Psicologia aplicada à educação**. São Paulo: Editora EPU, 1977.

MURRAY, M.M.; MICHEL, C.M.; GRAVE DE PERALTA, R.; ORTIGUE, S.; BRUNET, D.; GONZALEZ ANDINO, S.; SCHNIDER, A. Rapid discrimination of visual and multisensory memories revealed by electrical neuroimaging. **Neuroimage**. v. 21, n.1, p.125-35, 2004.

NOSEK, B. A.; GREENWALD, A. G.; BANAJI, M. R. Understanding and using the Implicit Association Test: II. Method variables and construct validity. **Personality and Social Psychology Bulletin**. v. 31, n.2, p.166-180, 2005.

NOSEK, B. A.; GREENWALD, A. G.; BANAJI, M. R. The Implicit Association Test at age 7: a methodological and conceptual review. In: BARGH, J. A (Ed.) **Automatic processes in social thinking and behavior**, London: Psychology Press, 2007, p. 265–292.

NOSEK, B.A.; HAWKINS, C.B.; FRAZIER, R.S. Implicit social cognition: from measures to mechanisms. **Trends Cogn Sci.**, v.15, n.4, p.152-599, 2011.

OLIVEIRA, A.B. **A evolução da medicina**: até o início do século XX. São Paulo: Pioneira/Secretaria de Estado da Cultura, 1981.

OLIVEIRA, P.M. **Avaliação de dose nos sistemas de irradiação de bolsas de sangue para esterilização**. 2014. 91p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

OLIVEIRA, P.P. **A construção social da masculinidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: IUFRJ, 2004.

PANTANO, T.; ZORZI, J.L. (Org). **Neurociência aplicada à aprendizagem**. São José dos Campos: Pulso, 2009.

PELLEGRINO, J.W. Proficiency in science: assessment challenges and opportunities. **Science**, v. 340, n. 6130, p. 320-323, 2013.

PHELPS, E.A.; O'CONNOR, K.J.; CUNNINGHAM, W.A.; FUNAYAMA, E.S.; GATENBY, J.C.; GORE, J.C.; BANAJI, M.R. Performance on indirect measures of race evaluation predicts amygdala activation. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.12, n.5, p. 729 -738, 2000.

PHELPS, E.A.; LEDOUX, J.E. Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. **Neuron**, v.48, n. 2, p.175-187, 2005.

PLIGT, J.V.D. **Nuclear energy and the public**. Oxford: Blackwell, 1992.

PODGORSK, E. B. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students. Vienna: IAEA, 2005. Disponível em: <<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

RAMON Y CAJAL, S. **Histologie du systeme nerveux de l'homme et des vertebres**. Paris: A. Maloine, 1911.

RICHTER-LEVIN G, AKIRAV I. Amygdala-hippocampus dynamic interaction in relation to memory. **Mol Neurobiol.**, v.22, n. 1-3, p.11-20, 2000.

ROBILLOTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Rev. Panam. Salud Publica**, v.20 n. 2/3, p. 134-142, 2006. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/v20n2-3/10.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

RONSINI, G.H.; COLENCI, R. Importância da irradiação de bolsas de transfusão de concentrado de hemácias na prevenção de reações adversas. **Tekhne e Logos**, v.8, n.2, p.121-130, 2017.

ROSE, M.; HAIDER, H.; WEILLER, C.;BÜCHEL, C. The role of medial temporal lobe structures in implicit learning: an event-related fMRI study. **Neuron**, v.36, n.6, p.1221-1231, 2002.

ROSIK, J.M.; JANIK, I.; KADLUBOWSKI, S.; KOZICKI, P.; STASICA, P.; ULANSKI, P. **Radiation formation of hydrogels for biomedical applications: Radiation synthesis and modification of polymers for biomedical applications.** [S.l.]: IAEA-TECDOC, 2002.

RUDMAN, L.A.; ASHMORE, R.D.; GARY, M.L. Unlearning automatic biases: the malleability of implicit prejudice and stereotypes. **J Pers Soc Psychol**, v.81, n.5, p.856-868, 2001.

RUIZ-PRIMO, M.A.; BRIGGS, D.; IVERSON, H.; TALBOT, R.; SHEPARD, L.A. Impact of undergraduate science course innovations on learning. **Science**, v.331, n.6022, p.1269–1270, 2011.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L.O.Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no ensino fundamental. **Ciência e Educação (Bauru)**, v.10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SCHACTER, D.L. Implicit memory: history and current status. **J Exp Psychol Learn Mem Cogn**, v.13, n.3, p. 501-518, 1987.

SCHACTER, D.L.; TULVING, E. What are the memory systems of 1994? In: SCHACTER, D.L, TULVING, E. **Memory systems**. Cambridge: MIT Press, 1994, p. 1-38.

SCHENDAN, H.E.; SEARL, M.M.; MELROSE, R.J.; STERN, C.E. An fMRI study of the role of the medial temporal lobe in implicit and explicit sequence learning. **Neuron**, v. 37, n. 6, p.1013-1025, 2003.

SHAMS, L.; SEITZ, A.R. Benefits of multisensory learning. **Trends Cogn Sci.**, v.12, n.11, p. 411- 417, 2008.

SIEGEL, D. J. **The developing mind: toward a neurobiology of interpersonal experience**. New York, NY: Guilford, 1999.

SILVA, A.T. O futuro da energia nuclear. **Revista USP**, n.76, p. 34-43, 2008. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13636/15454>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SINGI, G. **Fisiologia dinâmica**. São Paulo, SP: Editora Atheneu 1996.

SRIRAM, N.; GREENWALD, A. G. The brief Implicit Association Test. **Experimental Psychology**, v.56, n.4, p. 283-294, 2009.

SOTO-FARACO, S.; KINGSTONE, A., SPENCE, C. Multisensory contributions to the perception of motion. **Neuropsychologia**, v.4, n. 13, p. 1847–1862, 2003.

SOUZA, A. M.; GERMANO, A. S. M. Análise de livros didáticos de física quanto a suas abordagens para o conteúdo de física nuclear. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 26-30 de janeiro, 2009, Vitória, ES. **Anais...**

Disponível em:

http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_analisedelivrosdidaticos.trabalho.pdf>

Acesso em: 10 abr.2014.

SQUIRE, L.R; KNOWLTON, B.J. Memory, hippocampus, and brain systems. In: GAZZANIGA, M.S (Ed.). **The cognitive neurosciences**. Cambridge: A Bradford Book, 1995, p. 825-837.

SQUIRE, L. R. The legacy of patient H.M. for neuroscience. **Neuron**, v. 61, n.1, p. 6-9, 2009.

STANLEY, D.; PHELPS, E.; BANAJI, M. The neural basis of implicit attitudes. **Current Directions in Psychological Science**, v.17, n. 2, p.164 -170, 2008.

STEIN, B.E.; LONDON, N.; WILKINSON, L.K.; PRICE, D.D. Enhancement of perceived visual intensity by auditory stimuli: a psychophysical analysis. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.8, n.6, p. 497–506, 1996.

SURIANI, R. M. **Excel Xp** - Nova Série Informática - 10ª ed., SP: SENAC, 2007.

THELEN, A. MURRAY, M. M. The efficacy of single-trial multisensory memories. **Multisens Res**, v. 26, n. 5, p. 483-502, 2013.

VAN HORN, J.D.; IRIMIA, A.; TORGERSON, C.M.; CHAMBERS, M.C.; KIKINIS, R.; TOGA, A.W. Mapping Connectivity Damage in the Case of Phineas Gage. **PLoS ONE**, v.7, n.5: e37454, doi:10.1371/journal.pone.0037454

VANNI, S. R.; SABUNDJIAN, G.; MARTINS, M. P. S. The awareness of the functional and near population with the relation to the research nuclear reactor IEA-R1. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE , 5th , October 24-28, 2011, Belo Horizonte, MG; BRAZIL. **Proceedings**... Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/109/42109424.pdf> Acesso em: 20 jun. 2014.

VARSHNEY, L. Role of natural polysaccharides in radiation formation of PVA-hydrogel wound dressing. **Nucl Instr and Meth in Phys Res B**, v. 255, n.2, p. 343-349, 2007.

VICTORIA, M.S; NASCIMENTO, A.L.; FONTENELLE, L. Selection of visual stimuli for the Implicit Association Test for the Obsessive-Compulsive Disorder (IAT-OCD). **Rev Psiq Clín.**, v.38, n.3, p.102-105, 2011.

VIEIRA, R.M. **Raízes históricas da medicina ocidental [online]**. São Paulo: Editora Fap-Unifesp, 2012. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?isbn=8561673656>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

VIKLUND, M.J. Trust and risk perception in Western Europe: a cross-national study. **Risk Anal**, v. 23, n.4, p. 727-738, 2003.

VILLAR, H. P. The 'threat' of radioactivity: how environmental education can help overcome it. **International Journal of Nuclear Knowledge Management**, v. 5, n.3, p. 295-305, 2011.

VISSCHERS, V. H. M.; SIEGRIST, M. How a nuclear power plant accident influences acceptance of nuclear power: results of a longitudinal study before and after the Fukushima disaster. **Risk Analysis**, v. 33, n. 2, p. 333-347, 2013.

WATTS, M.; ALSOP, S.; ZYLBERSZTAJN, A.; SILVA, S.M. Event-centred-learning: an approach to teaching science technology and societal issues in two countries. **International Journal of Science Education**, v.19, n. 3, p. 341-351, 1997.

WITTENBRINK, B.; SCHWARZ, N. **Implicit measures of attitudes**. New York: Guilford Press, 2007.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. ***The many uses of nuclear technology.*** 2017a. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/overview/the-many-uses-of-nuclear-technology.aspx>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. ***Radioisotopes in water resources and the environment.*** 2017b. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-water-resources-the-environment.aspx>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

WORLD PETROLEUM COUNCIL; THE BOSTON CONSULTING GROUP. Untapped Reserves: Promoting Gender Balance in Oil and Gas. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 2nd, July 09-13, 2017 Istanbul, Turkey. Disponível em: <<http://www.world-petroleum.org/diversity>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

XAVIER, G.F. A modularidade da memória e o sistema nervoso. ***Psicol. USP***, v.4, n.1-2, p. 61-115, 1993.

YANG, F.Y.; ANDERSON, R. Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. ***International Journal of Science Education***, v. 25, n. 2, p. 221-244, 2003.

YANG, J.; WENG, X.; GUAN, L.; KUANG, P.; ZHANG, M.; SUN, W.; YU, S.; PATTERSON, K. Involvement of the medial temporal lobe in priming for new associations. ***Neuropsychologia***, v.41, n. 7, p.818-829, 2003.

ZORZI, M. B; SANTIN FILHO, O. Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. ***Acta Scientiarum. Human and Social Sciences***, v.31, n. 2, p. 159-166, 2009.

ANEXO 1 – Resolução - RDC nº 21 de 26/01/2001 - ANVISA 2001

título:	Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001
ementa não oficial:	Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, constante do Anexo desta Resolução.
publicação:	D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 29 de janeiro de 2001
órgão emissor:	ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
alcance do ato:	federal - Brasil
área de atuação:	Alimentos
relacionamento(s):	<p>atos relacionados:</p> <ul style="list-style-type: none">• Lei nº 6437, de 20 de agosto de 1977• Decreto nº 72718, de 29 de agosto de 1973• Lei nº 7394, de 29 de outubro de 1985• Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997 <p>revoga:</p> <ul style="list-style-type: none">• Portaria nº 9, de 08 de março de 1985• Portaria nº 30, de 25 de setembro de 1989

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária no uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto 3029, de 16 de abril de 1999, em reunião realizada em 24 de janeiro de 2001, considerando a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos visando a proteção à saúde da população; considerando a necessidade de atualizar, harmonizar e consolidar as normas e regulamentos técnicos relacionados a alimentos; considerando que os controles fitossanitário e zootossanitário, estão sujeitos aos critérios estabelecidos pela autoridade competente do Ministério da Agricultura; considerando os estudos atualizados sobre aplicação da irradiação no tratamento sanitário de alimentos. adotou a seguinte Resolução de Diretoria Colegiada e eu, Diretor-Presidente, Substituto, determino sua publicação.

Art. 1º Aprovar o REGULAMENTO TÉCNICO PARA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, constante do Anexo desta Resolução.

Art. 2º As empresas têm o prazo de 180 (cento e oitenta) dias a contar da data de publicação deste Regulamento para se adequarem ao mesmo.

Art. 3º O descumprimento aos termos desta Resolução constitui infração sanitária sujeita aos dispositivos da Lei n.º 6.437, de 20 de agosto de 1977 e demais disposições aplicáveis.

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 5º Ficam revogadas as Portaria n.º 09 DINAL/MS de 8 de março de 1985 e Portaria n.º 30 de 25 de setembro de 1989.

LUIS CARLOS WANDERLEY LIMA

ANEXO

REGULAMENTO TÉCNICO PARA IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

1. ALCANCE

1.1. Objetivo:

Estabelecer os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos com vistas à qualidade sanitária do produto final.

1.2. Âmbito de aplicação

Este Regulamento se aplica a todos os alimentos tratados por irradiação.

2. DESCRIÇÃO

2.1. Definições

2.1.1. Irradiação de alimentos

Processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica.

2.1.2. Alimento irradiado

É todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido ao processo de irradiação com radiação ionizante.

2.1.3. Radiação ionizante

Qualquer radiação que ioniza átomos de materiais a ela submetidos. Para efeito deste Regulamento Técnico serão consideradas radiações ionizantes apenas aquelas de energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no alimento irradiado.

2.1.4. Dose absorvida

Quantidade de energia absorvida pelo alimento por unidade de massa.

2.1.5. Irradiadores

Equipamentos utilizados para irradiar alimentos.

2.2. Designação

A denominação dos alimentos tratados por irradiação é a designação do alimento convencional de acordo com a legislação específica.

3 REFERÊNCIAS

3.1. BRASIL, Decreto n.º 72.718, de 29 de agosto de 1973, publicada no Diário Oficial da União de 30 de agosto de 1973.

3.2. BRASIL, Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985, publicada no Diário Oficial da União de 30 de outubro de 1985.

3.3. BRASIL, Portaria SVS/MS n.º 326, de 30 de julho de 1997, publicada no Diário Oficial da União de 01 de agosto de 1997.

3.4. Codex STAN 106-1983 Normas Gerais do Codex para Alimentos Irradiados.

3.5. Codex CAC/RCP 19-1979 Código Internacional de Práticas recomendadas para o funcionamento de instalações utilizadas para o tratamento de alimentos

3.6. Relatório n.º 890 da Série de relatórios da Organização Mundial da Saúde Irradiação com altas doses: salubridade de alimentos irradiados com doses acima de 10 kGy, Genebra, 1999.

3.7. Documento preliminar de Norma para Boas Práticas de Irradiação de Alimentos ICGFI (International Consultative Group on Food Irradiation)

4 REQUISITOS

4.1. Instalações e controle do processo

4.1.1. O tratamento dos alimentos por irradiação deve ser realizado em instalações licenciadas pela autoridade competente estadual ou municipal ou do Distrito Federal mediante expedição de Alvará Sanitário, após autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear e cadastramento no órgão competente do Ministério da Saúde.

4.1.2. Estabelecer e implementar as Boas Práticas de Irradiação de acordo com o que determina a legislação e apresentar o Manual de Boas Práticas de Irradiação às autoridades sanitárias, no momento da inspeção e ou quando solicitado.

4.1.3. As instalações devem ser projetadas de modo a cumprir os requisitos de segurança radiológica, eficácia e boas práticas de manuseio.

4.1.4. As instalações devem ser dotadas de pessoal qualificado que possua capacitação e formação profissional apropriada, e atender às exigências da legislação vigente.

4.1.5. Para aferição do nível de radiação nas instalações e dependências em que se processe o tratamento de alimentos por irradiação é obrigatória a adoção de registro dosimétrico quantitativo, sem prejuízo de outras medidas de controle estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

4.1.6. Os locais e registros são inspecionados pelas autoridades competentes.

4.1.7. A irradiação, assim como qualquer outro processo de tratamento de alimentos, não deve ser utilizada em substituição as boas práticas de fabricação e ou agrícolas.

4.2. Fontes de radiação

As fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber:

- a) Isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto 60 e Césio - 137;
- b) Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV;
- c) Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV.

4.3. Dose absorvida

Qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições:

- a) A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida;
- b) A dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

4.4. A embalagem deve ter condições higiênicas aceitáveis, ser apropriada para o procedimento de irradiação, estar de acordo com a legislação vigente e aprovada pela autoridade sanitária competente.

4.4.1. Nos casos em que não estejam previstas em legislação nacional, as embalagens em contato direto com o alimento devem ser aquelas relacionadas pela Organização Mundial da Saúde, em documento próprio da OMS e submeter-se previamente aos critérios de inclusão de nova embalagem na legislação brasileira.

4.5. Na rotulagem dos Alimentos Irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem.

4.5.1. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1. A indústria que irradiar alimentos deve fazer constar ou garantir que conste a indicação de que o alimento foi tratado pelo processo de irradiação:

5.1.1 Nas Notas Fiscais quando os alimentos estiverem a granel;

5.1.2 Nas Notas Fiscais e nas embalagens quando os alimentos já estiverem embalados, de acordo com o item 4.5 Rotulagem.

5.2. Nos locais de exposição à venda de produtos a granel irradiados deve ser afixado cartaz, placa ou assemelhado com a seguinte informação: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO".

5.3. Exceto para os alimentos de baixo conteúdo hídrico irradiados com objetivo de combater a re-infestação de insetos, os alimentos irradiados não devem ser submetidos a re-irradiação.

5.4. Para efeitos desse Regulamento, não se consideram alimentos submetidos a re-irradiação quando:

a) se irradia com outra finalidade tecnológica alimentos preparados a partir de materiais que foram irradiados;

b) se irradia alimentos com conteúdo de ingredientes já irradiados anteriormente em quantidade inferior a 5% do conteúdo total em massa;

c) a dose total de radiação ionizante requerida para conseguir o efeito desejado se aplica nos alimentos de modo fracionado como parte de um processo destinado a obter um fim tecnológico específico.

5.5. Em situações especiais, como nos casos de surtos, visando assegurar a inocuidade do alimento sob o ponto de vista de saúde pública, a autoridade competente do Ministério da Saúde pode definir a dose mínima utilizada para irradiação de um determinado alimento.

5.6. Nas situações de controle fitossanitário e zoonossanitário, poderão ser estabelecidos pela autoridade federal competente níveis(doses) mínimas de

radiação ionizante considerando o tipo de produto, a finalidade e objetivo(s) pretendido(s).

5.7. Qualquer outra situação que não se enquadre nas disposições deste Regulamento Técnico deve obrigatoriamente ser submetida à análise da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

(Of. EI. nº 33/2001)

ANEXO 2 – Parecer consubstanciado do CEP

**CENTRO DE ESPECIALIZAÇÃO
EM FONOAUDIOLOGIA
CLÍNICA - CEFAC** **PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Neurociência Aplicada ao Ensino-Aprendizagem de Energia Nuclear

Pesquisador: ROBERTA DE CARVALHO BARABAS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 65557317.0.0000.5538

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.989.180

Apresentação do Projeto:

O Projeto intitulado " Neurociência Aplicada ao Ensino-Aprendizagem de Energia Nuclear " foi aprovado pelo CEP CEFAC.

Objetivo da Pesquisa:

A metodologia proposta nesta pesquisa será disponibilizada através de programa de formação para professores.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O Projeto não oferece riscos e sim uma metodologia proposta avaliada e testada para a formação dos professores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto Aprovado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto apresenta as documentações necessárias.

Recomendações:

Projeto Aprovado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O Projeto intitulado " Neurociência Aplicada ao Ensino-Aprendizagem de Energia Nuclear " foi

Endereço: Rua Cayowáá, 664

Bairro: Perdizes

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3868-0818

CEP: 75.000-000

E-mail: cefac@cefac.br

**CENTRO DE ESPECIALIZAÇÃO
EM FONAUDIOLOGIA
CLÍNICA - CEFAC**

Continuação do Parecer: 1.989.180

aprovado pelo CEP CEFAC.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_875473.pdf	03/03/2017 15:14:05		Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto.pdf	03/03/2017 15:12:41	ROBERTA DE CARVALHO BARABAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	03/03/2017 15:08:14	ROBERTA DE CARVALHO BARABAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	03/03/2017 15:07:57	ROBERTA DE CARVALHO BARABAS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 29 de Março de 2017

Assinado por:

**Adriana Rahal Rebouças de Carvalho
(Coordenador)**

Endereço: Rua Cayowaa, 664

Bairro: Perdizes

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3868-0818

CEP: 75.000-000

E-mail: cefac@cefac.br

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

CARTA PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISAS QUE ENVOLVAM ADULTOS E QUESTIONÁRIOS (SEM AVALIAÇÃO CLÍNICA)

Caro (a) Senhor (a),

Eu, Roberta de Carvalho Barabás, doutoranda do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), portadora do CPF 083.998.428-69, RG 11.087.160-1 SSP/SP, estabelecida na Av. Prof. Lineu Prestes, nº 2.242, CEP 05508-000, na cidade de São Paulo – SP, telefone para contato (11) 3133-9492, vou desenvolver uma pesquisa cujo título é **Neurociência aplicada ao ensino-aprendizagem de energia nuclear**. O objetivo deste estudo é utilizar os conceitos advindos da neurociência para avaliar se há preconceitos referentes à energia nuclear por parte de professores de ciências (memória implícita), propor um programa de formação com base em neurociências (memória explícita) e, finalmente, verificar se, após a participação no programa, houve modificações nas associações implícitas concernentes às aplicações de energia nuclear.

Gostaria de convidá-lo para participar como voluntário nesta pesquisa. O (A) Sr.(a) deverá responder o Teste de Associação Implícita (TAI) (GREENWALD, A.G et al, 1998), a fim de medir as associações implícitas referentes à energia nuclear.

O objetivo do teste TAI não é avaliar o seu conhecimento sobre energia nuclear, mas somente detectar as associações implícitas referentes à energia nuclear.

Sua participação não trará qualquer benefício direto ao senhor (a), mas poderá proporcionar um melhor conhecimento a respeito do assunto em estudo, que poderá beneficiar outras pessoas.

Não existe outra forma de obter dados com relação ao procedimento em questão que possa ser mais vantajoso do que o usado nesta pesquisa.

Informo que o Sr. (a) tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, a qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma

consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica (CEFAC), situado à Rua Cayowaá, 664, CEP 05018-000, em São Paulo – SP, fone/fax: (11) 3868.0818, e-mail alyne@cefac.br.

Também é garantida a liberdade da retirada de seu consentimento a qualquer momento, e o senhor(a) poderá deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo a qualquer atividade que possa estar ocorrendo ou vir a ocorrer em nossa instituição.

Garanto que as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros participantes, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

O Sr.(a) tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa e, caso seja solicitado, darei todas as informações. Não haverá despesas para nenhum participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se houver qualquer despesa adicional, esta será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Eu me comprometo a utilizar os dados coletados somente para pesquisa, e os resultados deverão ser veiculados por meio de artigos científicos em revistas especializadas e/ou encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

Abaixo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Acredito ter sido suficientemente comunicado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo da **Neurociência aplicada ao ensino-aprendizagem de energia nuclear**. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos resultados e de esclarecer minhas dúvidas em qualquer tempo.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo sabendo que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido anteriormente ao estudo.

_____ Data ____/____/____
Assinatura do entrevistado(a)

Nome: _____

Endereço: _____

RG. _____ Telefone: () _____

_____ Data ____/____/____
Assinatura da pesquisadora

APÊNDICE B – Exemplos de dados dos arquivos de saída: *FreeIAT*

'AllData.txt'

Participant: ESP. Test: NUCLEAR X PETRÓLEO. Format is stimulus, correct(1)/incorrect(0), time(ms). Writes 10 trials per line.
06/04/2017 09:11:28

Block 1: Fissão 1 2878 Perfuração 1 1730 Diesel 1 1336 Gasolina 1 1221 Pré-sal 1 1268 Gasolina 1 1602 Reator 1 1013 Radiação 1 1115 Oleoduto 1 1004 Plutônio 1 1299 Querosene 1 1207 Radioterapia 1 1072 Oleoduto 1 1059 Gasolina 1 1333 Petrobrás 1 1040 Angra 2 1 842 Pré-sal 1 890 Querosene 1 1149 Diesel 1 1211 Petrobrás 1 1228

Block 1 Time: 25497

Block 2: Mau 1 2681 Horrível 1 995 Proteção 1 1068 Horrível 1 950 Paz 1 1765 Tristeza 1 811 Proteção 1 991 Paz 1 820 Tristeza 1 933 Segurança 1 921 Alegria 1 1124 Paz 1 1066 Alegria 1 863 Proteção 1 2485 Mau 1 1331 Segurança 1 5890 Alegria 1 1328 Saudável 1 1466 Mau 1 1079 Tristeza 1 1110

Block 2 Time: 29677

Block 3: Tragédia 1 4227 Reator 1 1312 Tristeza 1 2525 Saudável 1 1029 Proteção 1 880 Fissão 1 1350 Angra 2 1 1410 Tragédia 1 858 Nêutron 1 821 Segurança 1 1152 Diesel 1 978 Asfalto 1 2131 Tragédia 1 823 Saudável 1 1818 Tristeza 1 983 Saudável 1 881 Prejudicial 1 965 Angra 2 1 1009 Proteção 1 1184 Alegria 1 1883 Querosene 1 2341 Fissão 1 852 Plutônio 1 2940 Mau 1 1542 Proteção 1 2130 Paz 1 904 Radioterapia 1 976 Mau 1 1020 Petrobrás 1 1156 Alegria 1 1511 Reator 1 942 Perfuração 1 1126 Radiofármacos 1 963 Proteção 1 2217 Diesel 1 709 Plataforma 1 964 Gasolina 1 1056 Pré-sal 1 1277 Paz 1 655 Saudável 1 581 Proteção 1 646 Tragédia 1 752 Radioterapia 1 732 Radiofármacos 1 1215 Tristeza 1 699 Radiofármacos 1 524 Asfalto 1 1036 Gasolina 1 838 Radioisótopos 1 714 Nêutron 1 976 Pré-sal 1 1987 Petrobrás 1 652 Querosene 1 638 Nêutron 1 780 Prejudicial 1 1171 Horrível 1 720 Fissão 1 1174 Nêutron 1 536 Reator 1 557 Prejudicial 1 503

Block 3 Time: 70931

Block 4: Reator 1 2673 Radioisótopos 1 2759 Fóssil 1 1982 Urânio 1 1055 Radiação 1 1249 Gasolina 1 1075 Reator 1 855 Radiofármacos 1 927 Diesel 1 827 Reator 1 975 Nêutron 1 1458 Plutônio 1 1748 Angra 2 1 1148 Plutônio 1 1107 Diesel 1 945 Fissão 1 750 Radiofármacos 1 1416 Asfalto 1 888 Pré-sal 1 756 Fóssil 1 723

Block 4 Time: 25316

Block 5: Gasolina 1 4949 Fóssil 1 4296 Tristeza 1 2345 Alegria 1 1358 Asfalto 1 3634 Horrível 1 1724 Segurança 1 1023 Querosene 1 2674 Tragédia 1 2908 Mau 1 1041 Tragédia 1 1060 Tristeza 1 889 Proteção 1 921 Perfuração 1 3305 Oleoduto 1 2043 Prejudicial 1 1220 Horrível 1 864 Oleoduto 1 1102 Fissão 1 1063 Proteção 1 1428 Tragédia 1 1482 Tristeza 1 1056 Tragédia 1 1026 Querosene 1 1051 Fóssil 1 946 Segurança 1 2650 Tragédia 1 1045 Tristeza 1 1023 Proteção 1 1012 Pré-sal 1 1284 Fóssil 1 1052 Prejudicial 1 3194 Mau 1 881 Tragédia 1 844 Tristeza 1 824 Mau 1 861 Horrível 1 886 Segurança 1 859 Saudável 1 1100 Perfuração 1 1021 Tristeza 1 1083 Gasolina 1 951 Oleoduto 1 717 Radioisótopos 1 854 Fissão 1 1088 Segurança 1 1371 Radioisótopos 1 939 Alegria 1 1222 Tragédia 1 1564 Segurança 1 1039 Radioisótopos 1 3355 Oleoduto 1 903 Paz 1 4437 Saudável 1 695 Asfalto 1 1191 Mau 1 1129 Oleoduto 1 766 Diesel 1 633 Mau 1 810 Fissão 1 956

Block 5 Time: 89647

'ScoresOnly.txt'

```
j 0,2131 802,6034 915,6316 530,3576 880,2167 923,3500 0,2049 0,2214 20/04/2017 11:11:17
s 0,2233 1091,0667 1177,5833 387,4431 1091,0667 1177,5833 0,1422 0,3044 20/04/2017 11:24:06
Ros -0,3347 1398,3656 1095,1429 906,0036 1414,1356 1125,4500 -0,2381 -0,4271 20/04/2017 11:53:06
abj 0,1100 1843,8596 1933,7895 817,4308 1878,9333 1953,6000 0,0785 0,1416 20/04/2017 13:18:00
R 0,1168 1010,9825 1071,7321 520,2987 1013,2500 1073,5167 0,2710 -0,0375 21/04/2017 19:53:01
Fer -0,2556 1056,6667 969,4364 341,2390 1059,3667 953,1500 -0,6188 0,1076 21/04/2017 20:01:55
Ra -0,0007 916,9091 916,7222 285,2680 909,0500 892,0000 0,0972 -0,0985 21/04/2017 20:06:40
jm -0,2537 957,7241 846,7458 437,4029 974,2000 843,3667 -0,0286 -0,4789 22/04/2017 16:04:15
ca 0,1948 1287,7241 1387,7895 513,6240 1292,4833 1406,2000 0,0162 0,3735 22/04/2017 16:09:49
e 0,6558 1221,0660 1719,1250 759,4994 1253,3898 1783,6167 0,5739 0,7386 22/04/2017 20:38:25
ir 0,3825 1314,8421 1681,6000 958,7260 1435,8500 1750,1333 0,3395 0,4256 24/04/2017 09:55:43
D 0,3973 1271,8667 1510,3833 600,3020 1271,8667 1510,3833 0,2850 0,5096 27/04/2017 12:09:57
J -0,0811 1120,2105 1063,7585 696,0769 1169,2500 1077,8475 -0,2455 0,0788 01/05/2017 20:40:15
c -0,2864 1207,4138 1072,9123 469,5541 1233,0667 1100,0833 -0,2859 -0,2870 01/05/2017 21:05:51
```

A interpretação de cada uma das colunas apresentadas no 'ScoresOnly.txt' é dada a seguir:

m 0,4317 1155,7797 1413,9273 597,9103 1187,8500 1428,6167 0,2468 0,6167 04/07/2017 09:22:16

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

	ScoreOnly
1	Identificação do participante
2	GNB escore (resultado final)
3	Tempo de resposta bloco 3 = nuclear/bom
4	Tempo de resposta bloco 5 = petróleo/bom
5	DP dos tempos de respostas blocos 3 e 5 juntos
6	Tempo médio de resposta para o bloco 3 – média bruta
7	Tempo médio de resposta para o bloco 5 – média bruta
8	Escore somente da 1ª metade dos estímulos – blocos 3 e 5
9	Escore somente da 2ª metade dos estímulos – blocos 3 e 5

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

**O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada
à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela
Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.**