

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Medicina**

**Paola Isabel Silva Barros**

***Worked Example X* Aula Expositiva no aprendizado de Radiologia  
de estudantes de Medicina**

**Belo Horizonte**  
**2019**

**Paola Isabel Silva Barros**

***Worked Example X* Aula Expositiva no aprendizado de Radiologia  
de estudantes de Medicina**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientador: Prof. Cássio da Cunha Ibiapina – UFMG.

Coorientador: Prof. Leandro Fernandes Malloy Diniz – UFMG.

**Belo Horizonte**  
**Faculdade de Medicina - UFMG**  
**2019**

Barros, Paola Isabel Silva.  
B277w Worked Example X Aula Expositiva no aprendizado de radiologia de estudantes de medicina [manuscrito]. / Paola Isabel Silva Barros. - - Belo Horizonte: 2019.  
61f.: il.  
Orientador (a): Cássio da Cunha Ibiapina.  
Coorientador (a): Leandro Malloy Diniz.  
Área de concentração: Ciências da Saúde.  
Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Aula. 2. Aprendizagem. 3. Tomografia. 4. Radiologia. 5. Estudantes de Medicina. 6. Dissertação Acadêmica. I. Ibiapina, Cássio da Cunha. II. Diniz, Leandro Malloy. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: W 18

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE  
SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE

UFMG

## FOLHA DE APROVAÇÃO

WORKED EXAMPLE X AULA EXPOSITIVA NO APRENDIZADO DE RADIOLOGIA  
DE ESTUDANTES DE MEDICINA

**PAOLA ISABEL SILVA BARROS**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Saúde da Criança e do Adolescente, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Saúde, Saúde da Criança e do Adolescente, área de concentração em Ciências da Saúde.

Aprovada em 07 de agosto de 2019, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Cassio da Cunha Ibiapina - Orientador

UFMG

Prof.<sup>a</sup> Eleonora Druve Tavares Fagundes

UFMG

Prof. Paulo Augusto Moreira Camargos

UFMG

Belo Horizonte, 7 de agosto de 2019.

## **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Reitora:** Prof<sup>ª</sup> Sandra Regina Goulart Almeida

**Vice-Reitor:** Prof. Alessandro Fernandes Moreira

**Pró-Reitor de Pós-Graduação:** Prof. Fábio Alves da Silva Júnior

**Pró-Reitor de Pesquisa:** Prof. Mário Fernando Montenegro Campos

**Diretor da Faculdade de Medicina:** Prof. Humberto José Alves

**Vice-Diretora da Faculdade de Medicina:** Prof<sup>ª</sup> Alamanda Kfoury Pereira

**Coordenador do Centro de Pós-Graduação:** Prof. Tarcizo Afonso Nunes

**Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação:** Prof<sup>ª</sup> Eli Iola Gurgel Andrade

**Chefe do Departamento de Pediatria:** Prof<sup>ª</sup> Maria do Carmo Barros de Melo

**Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente:** Prof<sup>ª</sup> Roberta Maia de Castro Romanelli

**Subcoordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente:** Prof<sup>ª</sup> Débora Marques de Miranda

**Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – Saúde da Criança e do Adolescente:**

Prof<sup>ª</sup> Ana Cristina Simões e Silva

Prof. Jorge Andrade Pinto

Prof<sup>ª</sup> Helena Maria Gonçalves Becker

Prof<sup>ª</sup> Roberta Maia de Castro Romanelli

Prof<sup>ª</sup> Juliana Gurgel

Prof<sup>ª</sup> Débora Marques de Miranda

Prof. Sérgio Veloso Brant Pinheiro

Prof<sup>ª</sup> Maria Cândida Ferrarez Bouzada Viana

Ariene Silva do Carmo – Discente

Para meus pais,  
por serem meu maior  
exemplo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Cássio da Cunha Ibiapina, que muito além de me orientar me ensinou a sempre ver a vida pelo lado bom.

Ao Professor Leandro Malloy, pelo apoio desde o início e a motivação com as ideias inovadoras.

Ao Departamento de Anatomia e Imagem (IMA), pela acolhida e apoio, em especial às Professoras Jesiana Pedrosa e Jovita Lane, que gentilmente apoiaram as aulas ministradas nesta pesquisa.

Ao Professor Reginaldo Figueiredo, pelas orientações de sempre e ajuda no início da carreira docente.

À unidade de Radiologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Geras (HC-UFMG), pela compreensão e confiança que sempre depositaram em mim.

Aos meus amados pais, por me ajudarem incansavelmente na luta por meus sonhos como se fossem seus.

Ao meu marido, Bruno, pela compreensão de sempre e apoio incondicional.

Ao Rafael, meu filho, por ser minha melhor inspiração.

Aos meus irmãos, Débora e Henrique, pelo companheirismo.

À Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), pelo apoio e incentivo à capacitação profissional.

Por fim, aos acadêmicos, que mesmo em meio a tantas atividades extracurriculares participaram da pesquisa de forma amistosa.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	<i>American College of Radiology</i>
AD	<i>Alzheimer Disease</i>
AE	Aula expositiva
ANOVA	Análise de variância
ASP	<i>Average Shortest Path</i>
ATD	<i>Average Total Degree</i>
CC	<i>Average Coeficiente Clustering</i>
COEP	Comité de Ética em Pesquisa
dp	Desvio-padrão
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
HC	Hospital das Clínicas
IC	Intervalo de confiança
IMA	Departamento de Anatomia e Imagem
LSC	<i>Largest Strongly Connected componente</i>
MCI	Declínio cognitivo leve
NC	<i>Normal cognition</i>
PBL	<i>Problem Based Learning</i>
PE	Ponte paralela
RE	Número de repetições
TBL	<i>Team Based Learning</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
WC	Palavras reproduzidas
WE	<i>Worked Example</i>

## SUMÁRIO<sup>1</sup>

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 A interpretação de imagens radiológicas e o processo de aprendizagem.....	12
1.2 Uso de aulas expositivas .....	14
1.3 A estratégia <i>Worked Example</i> .....	18
1.4 Avaliação da cognição.....	20
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo geral.....	24
2.2 Objetivos específicos.....	24
3 MÉTODOS.....	25
3.1 Desenho, local e período de realização do estudo.....	25
3.2 Participantes.....	25
3.2.1 Critérios de inclusão e exclusão.....	25
3.3 Aspectos éticos.....	26
3.4 Métodos.....	26
3.4.1 Materiais e procedimentos da coleta de dados.....	26
3.4.1.1 Escolha do tema.....	26
3.4.1.2 Construção do material didático.....	27
3.4.1.3 Elaboração dos testes.....	29
3.4.2 Procedimentos de coleta de dados.....	30
3.4.2.1 Teste de fluência verbal.....	31
REFERÊNCIAS.....	34
4 RESULTADOS.....	38
4.1 Artigo original: <i>Worked Example</i> x aula expositiva no ensino de Radiologia para estudantes de Medicina.....	38

---

Este trabalho foi revisado com base nas novas regras ortográficas aprovadas pelo Acordo Ortográfico assinado entre os países que integram a Comunidade de Países de Língua Portuguesa (CPLP), em vigor no Brasil desde 2009. E foi formatado de acordo com a ABNT NBR 14724 de 17.04.2017. As referências seguiram o modelo de Vancouver.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
APÊNDICES E ANEXO.....	56

## 1 INTRODUÇÃO

É inquestionável o crescente aumento do uso de métodos propedêuticos de imagens na prática médica nas últimas décadas. Resultado do crescente avanço tecnológico, com mais acurácia diagnóstica, mais disponibilidade e baixo custo dos exames, a Radiologia é cada dia mais presente na prática médica, seja em qualquer especialidade. Por outro lado, o ensino de Radiologia na graduação médica ainda é foco de questionamentos e disparidades entre as escolas em todo o mundo, variando da ausência de ensino formal de radiologia até a obrigatoriedade de internato em diagnóstico por imagens. Verificam-se na literatura ampla variação do que é ensinado e por qual especialista, a carga horária e as forma de ensino<sup>1,2</sup>.

O Colégio Americano de Radiologia publicou, em 2014, um panorama do ensino de Radiologia nos Estados Unidos, no qual indica que a maior parte desse ensino ocorre durante os internatos, como os internatos de Medicina Interna, Cirurgia, Ginecologia e Obstetrícia, sem a presença obrigatória de radiologistas<sup>3</sup>.

Kourdioukova *et al.* analisaram o ensino de Radiologia na graduação na Europa e concluíram que não há uniformidade entre os programas educacionais ofertados, havendo grande variação quanto ao tempo dedicado ao ensino dessa matéria e a forma de estruturação do currículo, pelo modelo tradicional, no formato *Problem Based Learning* (PBL) ou híbrido, sendo este uma combinação do uso das duas formas de ensino<sup>4</sup>.

No modelo tradicional, o curso é dividido em parte pré-clínica e clínica e o ensino é baseado em disciplinas como Anatomia, Fisiologia, Medicina Interna, Cirurgia, Farmacologia e Radiologia, entre outros. Nesse modelo, são ofertadas disciplinas específicas de Radiologia ao longo de um ou mais anos do currículo, além do contato com as imagens radiológicas nos internatos. Os alunos também têm contato com as imagens radiológicas nos cursos de Anatomia, como conhecimento extra, sem avaliação específica<sup>4</sup>.

Nos cursos estruturados sob o formato PBL, o conhecimento de Radiologia nos anos “pré-clínicos” é abordado junto com outras disciplinas em módulos normalmente divididos por sistemas, como o musculoesquelético, respiratório, urogenital, entre outros, que abrangem o conhecimento normal de todo o corpo humano, e o patológico, voltado para a assistência ao paciente, nos anos da prática clínica. Durante esta última fase, de aprendizagem clínica, são oferecidas disciplinas adicionais como Medicina

Interna, Cirurgia, Farmacologia e Radiologia, entre outras. As avaliações nesse modelo são feitas por módulos, abrangendo o conhecimento de várias disciplinas, com relativa pouca representatividade da Radiologia<sup>4</sup>.

No Brasil há poucos estudos que mostram como é feito o ensino de Radiologia. Pesquisa feita em 2017 demonstrou que não há uniformidade de modelos pedagógicos de ensino em Radiologia, compatível com o que é preconizado nas Diretrizes Nacionais Curriculares para graduação em Medicina, que permite a adoção de diferentes modelos de ensino. Neste estudo, a maior parte dos cursos referiu o ensino de diagnóstico por imagens em associação a outras disciplinas e identificou grande variação quanto a carga horária e o momento do curso no qual as disciplinas são ofertadas<sup>5</sup>. Apesar dos resultados apresentarem essa variação, o estudo foi pouco abrangente, poucas escolas médicas responderam ao questionário da pesquisa, o que pode revelar pouco interesse no assunto.

Como observado, embora haja variação entre as escolas de Medicina quanto à aplicação do ensino de Radiologia na graduação, a literatura em educação radiológica registra diversos argumentos quanto à importância desses conhecimentos.

O ensino de Radiologia deve contemplar o conhecimento do exame radiológico adequado para diferentes situações clínicas, a interpretação básica de condições urgentes e achados ameaçadores à vida como pneumotórax ou mau posicionamento de tubo endotraqueal. Mas antes disso o estudante deve saber qual exame pedir, o que ele está procurando e entender as técnicas radiológicas de imagens. Destaca-se nesse contexto o conhecimento sobre radiação ionizante a fim de reduzir-se a exposição do paciente a exames desnecessários e otimizar-se a dose de radiação, bem como conhecer do uso de contraste, suas indicações e riscos. Além disso, estima-se que o uso inapropriado de exames de alta tecnologia, como tomografia computadorizada, ressonância magnética e tomografia por emissão de pósitrons, consome gasto de aproximadamente \$ 26.5 bilhões de dólares no sistema americano de saúde por ano<sup>6</sup>.

Tendo isso em vista, o ensino de Radiologia na graduação deve promover o uso racional dos métodos radiológicos na prática assistencialista. Há também forte evidência na literatura que uma boa educação em Radiologia no currículo da graduação médica aumenta o interesse dos alunos pela especialidade e melhora o relacionamento com os radiologistas como consultores<sup>7,8</sup>.

Estudo qualitativo com estudantes do primeiro ao quarto ano apurou que os estudantes querem ensino de Radiologia de alta qualidade e que dê suporte ao seu desenvolvimento como médicos. Apesar da importância dos conteúdos de Radiologia, os estudantes mostraram-se insatisfeitos com a qualidade do ensino, atribuindo tratamento superficial, não compatível com as novas tecnologias. Embora seja um estudo pequeno, pelo exposto na literatura sobre o ensino de Radiologia, acredita-se que esse resultado possa refletir as necessidades da formação médica<sup>7</sup>. Pesquisas mostram que estudantes de Medicina, mesmo no primeiro ano da graduação, são capazes de incorporar informações sobre Radiologia, o que enriquece seu entendimento sobre a anatomia normal e patológica, sobre o processo das doenças<sup>8</sup>, além de propiciar-lhes o reconhecimento do impacto da Radiologia no cuidado ao paciente<sup>9</sup>.

Por fim, a Radiologia pode promover ao estudante uma das mais impressionantes visões de toda a Medicina, provendo imagens indeléveis da saúde e doença humana, ajudando a ilustrar e ancorar na memória conceitos vagos e intangíveis, o que pode ser comparado, no passado, somente com as autópsias<sup>10</sup>. A Radiologia desfruta de uma oportunidade sem paralelos para desempenhar um papel integrador na educação médica contemporânea. Nenhuma outra especialidade médica interage regularmente com uma gama tão ampla de disciplinas médicas. A prática de Neurologia, Neurocirurgia, Otorrinolaringologia, Cardiologia, Pneumologia, Gastroenterologia, Cirurgia Ortopédica, Urologia, Obstetrícia e Ginecologia e de uma série de especialidades pediátricas e cirúrgicas seria quase irreconhecível sem a introdução regular do diagnóstico por imagens<sup>10</sup>.

Nesse contexto, vêm à tona as novas tecnologias, notadamente as diversas possibilidades relacionadas à inteligência artificial, e as possibilidades de mudanças no cuidado ao paciente vislumbradas no futuro. O uso da inteligência artificial pode ir além da interpretação automática de imagens, podendo incluir a otimização dos protocolos de aquisição de imagens, redução da dose de radiação, possibilidade de quantificação de imagens e otimização da redação de laudos<sup>11</sup>. Acredita-se que as novas tecnologias mudarão fundamentalmente a experiência de aprendizado de médicos radiologistas<sup>12</sup> e acredita-se que a Radiologia terá seu papel na educação de estudantes da graduação sobre as tecnologias emergentes, com ênfase nas mudanças que elas podem acarretar<sup>13</sup>.

## 1.1 A interpretação de imagens radiológicas e o processo de aprendizagem

A interpretação de imagens radiológicas é um processo cognitivo complexo, o qual integra vários conhecimentos e habilidades. Esse processo cognitivo engloba a extração de informações das imagens e sua combinação com as informações da história do paciente e recursos externos, ou outros conhecimentos, para entender e fazer inferências sobre o significado dos achados<sup>14</sup>.

Após revisão da literatura em ensino de Radiologia, autores dividiram a literatura sobre expertise radiológica em duas abordagens investigativas dominantes: a abordagem sobre a percepção e sobre a cognição<sup>15</sup>.

Os estudos sobre percepção baseiam-se nos modelos de padrões de busca visual, usando a metodologia do *eye tracking*, que se trata de um equipamento que documenta a movimentação ocular durante a realização da tarefa. Esses estudos mostram diferentes padrões de busca visual na observação de imagens radiológicas e a correlação desses padrões com o nível de expertise do observador. Os observadores experientes, em contraste àqueles com pouco tempo de experiência profissional, demonstram estratégias de busca mais eficientes, fazendo uma abordagem holística da imagem, de forma mais rápida e mais efetiva, com mais acurácia. Os estudos com *eye tracking* mostram a relação da expertise com as habilidades de percepção<sup>15</sup>.

Já os modelos cognitivos avaliados empregaram protocolos de técnicas verbais, como o *think-aloud*. Nesses protocolos, os participantes falam o que vem à mente enquanto realizam uma tarefa e demonstram habilidades cognitivas na interpretação de imagens, como a caracterização de um achado e o conhecimento anatômico usado<sup>15</sup>. Esse grupo de pesquisadores realizou estudo baseado nesse tipo de protocolo, no qual 10 participantes foram solicitados a verbalizar o que estavam pensando enquanto realizavam a interpretação de casos radiológicos digitais. A pesquisa foi realizada com estudantes de Medicina nos anos finais do curso, 4º, 5º e 6º anos, usando imagens de tomografia com recursos em três dimensões e radiografias. O estudo foi realizado com estudantes, devido ao automatismo que especialistas em Radiologia usam nesse tipo de interpretação e seria esperado que usassem mais o conhecimento processual ou automatizado de ações do que o conhecimento declarativo, ao contrário do que seria esperado para estudantes. A verbalização durante a interpretação de imagens foi gravada e comparada com um esquema que continha os conhecimentos necessários para interpretação de imagens segundo levantamento na literatura. Após a revisão

empregada e o estudo experimental deferido, foram distinguidos três componentes fundamentais no processo de interpretação de imagens: percepção, análise e síntese.

A percepção é a capacidade de identificação de achados radiológicos. A análise é a capacidade de avaliar os achados, caracterizando-os, e a síntese compreende a associação dos achados clínicos e radiológicos na conclusão sobre o diagnóstico diferencial e decisões sobre o paciente. Esses três componentes integram um processo de cognição e percepção, não necessariamente sucessivo, que pode se alternar durante a interpretação de imagens e está relacionado a outros conhecimentos e habilidades necessárias<sup>15</sup>, sintetizados no diagrama conceitual ilustrado na FIG. 1.

FIGURA 1 - Conhecimentos e habilidades importantes para a interpretação de imagens radiológicas



Fonte: Van Der Gijp (2014)<sup>14</sup>.

As habilidades espaciais referidas conferem a capacidade de imaginar em duas dimensões uma estrutura de três dimensões e analisar suas relações espaciais<sup>15</sup>.

Revisão de estudos em interpretação de imagens médicas, com ênfase em

Radiologia, incluiu também a Dermatologia, Patologia e Cardiologia e concluiu que a maior parte dos estudos encontrados foi baseada em teorias psicológicas, destacando-se o raciocínio diagnóstico e a teoria dos esquemas cognitivos<sup>16</sup>.

A teoria do raciocínio diagnóstico utiliza a Psicologia Cognitiva, que propõe dois modelos de raciocínio: o raciocínio analítico e o não analítico. O primeiro envolve esforço deliberativo, enquanto o raciocínio não analítico refere-se ao raciocínio automático e rápido, também conhecido como reconhecimento de padrões. Vários estudos usam esses parâmetros para investigar técnicas educacionais em interpretação de imagens<sup>16</sup>.

Segundo a teoria dos esquemas cognitivos, o raciocínio diagnóstico requer extenso conhecimento, que é estruturado em padrões significativos, conhecidos como esquemas cognitivos ou *scripts* de doenças. Esses *scripts* mentais contêm informações sobre a fisiopatologia que envolvem as doenças, as características do paciente, sinais e sintomas. A aquisição de *scripts* de alta qualidade tem papel central no aprendizado de Medicina. E vários estudos, de forma implícita ou explícita, focam em ajudar os estudantes a desenvolver *scripts* de alta qualidade<sup>16</sup>.

## 1.2 Uso de aulas expositivas

Muito se tem discutido acerca do uso de aulas expositivas ou palestras durante a formação médica em oposição ao uso de técnicas socioconstrutivistas centradas no aluno, notadamente com o uso dos métodos de *Problem Based Learning* (PBL) e *Team Based Learning* (TBL) a partir dos quais estudantes discutem em pequenos grupos, reativando conhecimentos prévios e construindo explicações coerentes para um problema em um aprendizado autônomo. Apesar de extensiva incorporação de modelos de ensino não baseados em aulas expositivas, com grande ênfase no aprendizado autodirecionado, centrado no aluno, a maioria dos currículos médicos ainda está pautada no modelo tradicional.

Nas últimas décadas, a aula expositiva como um recurso pedagógico vem sofrendo diversas críticas, especialmente por estarem relacionadas a uma transferência passiva de informações, com pouco ganho cognitivo<sup>17</sup>, gerando um aprendizado superficial no qual o aluno reproduz conhecimento, memorizando conceitos, com o objetivo final de realizar testes, muitas vezes guiados pelo medo de falhar. Muitos desses argumentados são baseados em princípios de aprendizado do

adulto, principalmente no que foi proposto por Malcolm Knowles, que poderia ser sintetizado da seguinte forma: o adulto pode direcionar seu próprio aprendizado, pode aprender com experiências, tem necessidades de aprendizado em sociedade, é centrado no problema e é internamente motivado a aprender. A partir desse pressuposto, formatos educacionais que permitam ao estudante se empenhar e desenvolver seus próprios modelos mentais devem levar ao aprendizado de habilidades duradouras, o que é fundamental na formação de profissionais de saúde<sup>18</sup>.

Há ainda investigações demonstrando que a concentração do aluno durante aulas expositivas não vai além de 20 minutos, às vezes até menos<sup>17,19</sup>.

Revisando a literatura sobre ensino em interpretação de imagens médicas, obteve-se que trabalhos instrucionais em educação com aprendizado ativo, centrado no aluno, foram implementados com sucesso na interpretação de imagens, superando o modelo de ensino centrado no professor, baseado em aulas expositivas. Os estudos demonstraram, porém, poucas evidências sobre técnicas específicas para otimizar o aprendizado<sup>16</sup>.

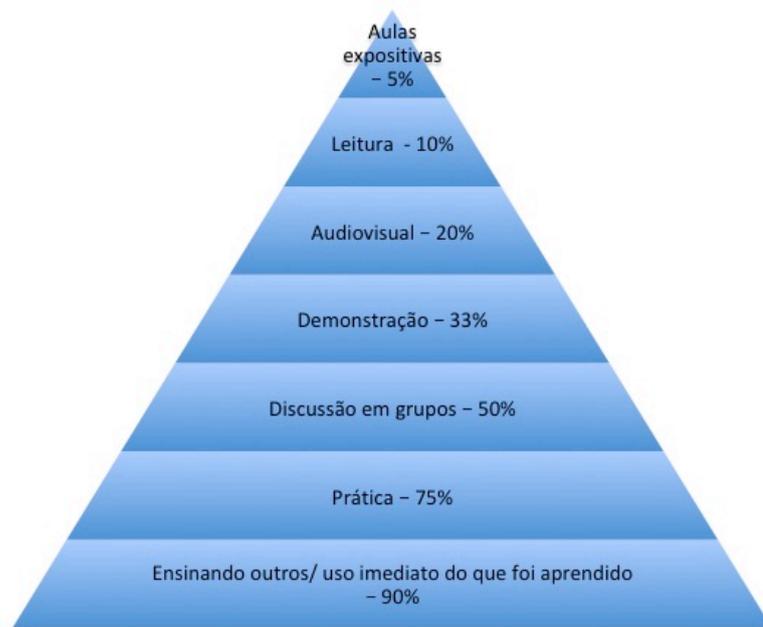
Há vários argumentos que justificam a adoção de modelos tradicionais de ensino baseados em aulas expositivas, mesmo com as diversas críticas que envolvem esse método didático.

A mudança no modelo tradicional para a incorporação de técnicas não baseadas em aulas expositivas representa uma série de desafios. Primeiro, uma variedade de métodos instrucionais estão disponíveis e os educadores e estudantes devem estar familiarizados e confortáveis com suas utilizações, especialmente se o conteúdo a ser ministrado tiver a mesma extensão do conteúdo de aulas expositivas. Algumas estratégias requerem recursos suplementares, como espaço, tempo ou recursos humanos, como professores de várias especialidades que devem estar disponíveis. Além disso, com a quantidade de recursos disponíveis sobre ciências básicas ou clínicas, os educadores devem se certificar das habilidades dos estudantes em procurar, escolher e priorizar informações adequadas<sup>20</sup>.

Na literatura em educação médica e em educação de várias outras áreas, muito se faz referência ao que é chamado “Pirâmide Educacional de Edgar Dale”<sup>21</sup>. Segundo essa teoria, estudantes conseguem lembrar apenas 10% do que foi ouvido, 20% do que foi lido e a capacidade de retenção de informações aumenta consideravelmente quando são envolvidos em atividades como aprendizado baseado em problemas, treinamentos em interfaces computacionais e de simulação, aprendizado baseado em

casos e outras atividades construtivistas<sup>21</sup>. Isso pode deixar clara a superioridade desses últimos métodos instrucionais, porém se questionam as evidências e recursos primários que levaram às conclusões e aos números de aprendizado divulgados.

FIGURA 2 - Pirâmide de aprendizado do *National Training Laboratories for applied Behavioral Science*

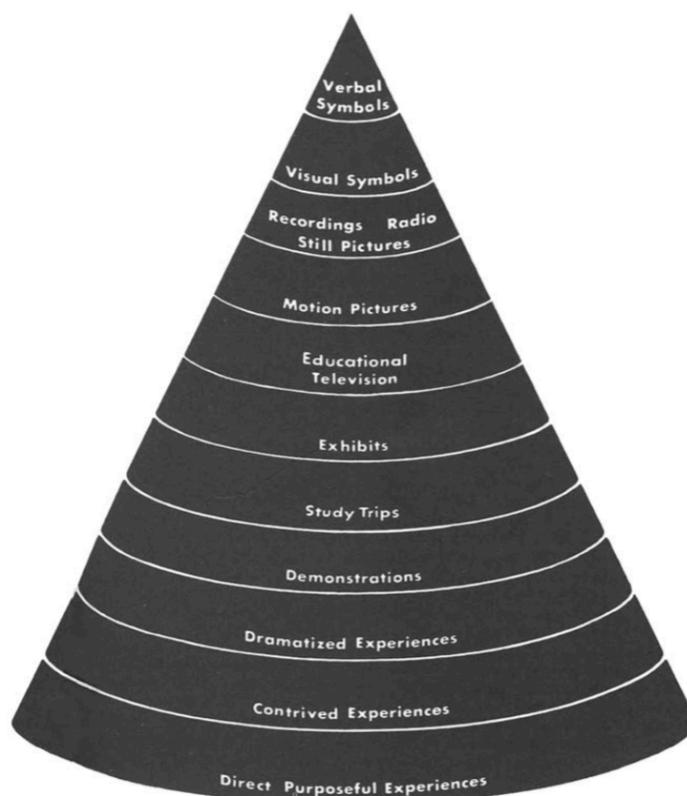


Fonte: Masters (2013)<sup>21</sup>.

Os recursos primários das porcentagens da pirâmide de aprendizado são atribuídos ao *National Training Laboratories for Applied Behavioral Science* e ao Cone de Aprendizado ou Pirâmide de Aprendizado de Edgar Dale. Do primeiro recurso descrito, não é possível identificar a metodologia, data ou publicação dos resultados da pesquisa<sup>21</sup>.

O segundo recurso utilizado para a construção da Pirâmide de Aprendizado é o que foi chamado por Edgar Dale de Cone de Experiências no seu texto *Audiovisual Methods in Teaching*.

FIGURA 3 - Cone de experiências de Dale, publicado na primeira edição de *Audiovisual Methods in Teaching*, em 1946



Fonte: Masters (2013)<sup>21</sup>.

Como observado, o cone de experiências é um diagrama que classifica vários tipos de materiais instrucionais de acordo com o grau relativo de tangibilidade de cada método, uma analogia visual. Além disso, a ordem dos componentes da pirâmide não guarda relação nem qualitativa nem quantitativa com a representatividade ou importância do método no aprendizado<sup>21</sup>.

As palestras didáticas constituem um dos mais testados métodos de ensino, sendo método de formato familiar que pode ter formatos interativos. E quanto ao tempo, podem ser um método eficiente tanto no preparo do conteúdo a ser ministrado quanto na transmissão de conhecimento. Além disso, permitem a instrução de muitos alunos ao mesmo tempo, especialmente com o uso da internet<sup>22</sup>.

Pesquisa obteve avaliações positivas de estudantes de Medicina que receberam o conteúdo de Radiologia sob o formato de aulas expositivas, com as melhores avaliações entre as aulas classificadas como “interativas”, “divertidas/envolventes” e

“práticas/conteúdo relevante”, provavelmente referindo-se a aulas nas quais o aluno julgou o conteúdo como tendo aplicabilidade na prática profissional<sup>22</sup>.

O ensino de Radiologia Pediátrica foi avaliado em um módulo de doenças do trato gastrointestinal por estudantes da graduação nos anos dos internatos. Nesse estudo, compararam aulas expositivas e a aplicação de um jogo interativo digital de formato popular entre eles e encontraram melhor aprendizado entre aqueles que assistiram às aulas<sup>23</sup>.

Comparando o uso de aulas expositivas com a estratégia de TBL para o ensino da aplicação de critérios do *American College of Radiology* (ACR) nas escolhas de exames radiológicos em diferentes situações clínicas, acusaram-se melhores resultados de aprendizagem entre os alunos submetidos ao formato TBL<sup>24</sup>.

Como demonstrado, os resultados de pesquisas com aulas expositivas em protocolos instrucionais para o ensino de Radiologia são variáveis, a depender das metodologias comparadas, bem como pode depender também das características empregadas na formulação das aulas expositivas, que podem variar muito e ser mais ou menos atrativas para os estudantes.

### **1.3 A estratégia *Worked Example***

A estratégia de ensino conhecida como *Worked Example* trata-se de uma ferramenta instrucional na qual um especialista mostra a solução de determinado problema a um aprendiz de forma pormenorizada<sup>25</sup>, ou seja, quem tem a expertise faz uma demonstração em como solucionar determinado problema, demonstrando o caminho percorrido para isso, em um “passo a passo” da tarefa. A solução do problema pelo especialista torna-se um modelo para o estudante aprender e reproduzir o conhecimento adquirido<sup>26</sup>.

A literatura sobre essa estratégia de ensino é particularmente relevante em programas que promovem a aquisição de habilidades, objetivo de vários tipos de treinamentos e de domínios do conhecimento, como a música, esportes, programação, matemática e até xadrez<sup>26</sup>. Sob esse ponto de vista, o aprendizado por *Worked Examples* tem mais importância nos estágios iniciais da aquisição de habilidades cognitivas<sup>26</sup> e é um método efetivo no estágio inicial de aprendizado em campos bem estruturados, como a Matemática e Física<sup>25</sup>.

A aquisição inicial de habilidades pode ser mais precisamente definida pelo modelo de Anderson, Fincham e Douglass (1997). Esses autores propõem um modelo de quatro estágios com uma estrutura teórica cognitiva chamada ACT-R, na qual a aquisição de habilidades envolve a sobreposição de estágios. No primeiro estágio, aprendizes resolvem o problema por analogia, ou seja, buscam a resposta a partir de um problema que já solucionaram. No segundo estágio, desenvolvem regras abstratas declaradas, o conhecimento verbal guia a resolução de problemas. Somente depois de muita prática é que a *performance* se torna rápida e fácil. Quando esse estágio é adquirido, não é mais necessário seguir as regras verbais, que tornam o processo mais lento<sup>25</sup>. Por essa teoria, a estratégia de ensino por *Worked Examples* ajuda os aprendizes no primeiro estágio e aqueles começando a entrar no segundo estágio.

O ensino por essa estratégia pode sofrer influências intra e interexemplos. O primeiro caso está relacionado à forma como é demonstrada a tarefa. E as influências interexemplos são as correlações que o leitor faz entre os exemplos dados. Por fim, o ensino sofre interferências de diferenças individuais, principalmente no modo como o estudante explica para ele mesmo, chamado de “*self-explain*”, processo fundamental no aprendizado, notadamente na aquisição de novos *scripts* mentais<sup>25</sup>.

A estratégia do *Worked Example* melhora o ensino, por reduzir o esforço cognitivo durante a aquisição de habilidades quando comparada a estratégias de solução de problemas, o chamado “*Worked Example Effect*”, especialmente em aprendizes inexperientes, que têm poucos *scripts* mentais<sup>27</sup>.

A metodologia proposta com o uso do *Worked Example* está alinhada com formas de ensino centradas no aluno e, pelo exposto, poderia até ser superior para estudantes em fases iniciais da aquisição de habilidades quando comparadas a estratégias de resolução de problemas como o PBL e TBL.

Na revisão bibliográfica empreendida a partir das palavras “*medical education, radiology and Worked Example*”, não foram encontrados estudos que mostrassem diretamente o uso do *Worked Example* para o ensino na Radiologia.

Estudo randomizado, controlado comparou o uso de aula expositiva tradicional com o uso da metodologia de “*Flipped Classroom*” no ensino de Radiologia Pediátrica para alunos durante o internato de pediatria<sup>28</sup>. Nesse método, o aluno é encorajado a realizar uma tarefa preparatória em casa e aplicar os princípios aprendidos na aula com o professor<sup>28</sup>. Em estudo multicêntrico para o ensino de Radiologia na graduação,

a metodologia se mostrou uma técnica que aumentou o aprendizado acadêmico com melhores ganhos emocionais entre os alunos<sup>29</sup>.

Na pesquisa realizada em 2019 os autores usaram, para comparação com o ensino tradicional, material preparatório disponível no *site* Radiopaedia.org. Esse conteúdo preparatório constava de casos e material adicional para leitura, com perguntas e imagens com e sem anotações. Os pesquisadores encontraram altos escores nos testes realizados entre os alunos que usaram a metodologia do “*Flipped Classroom*” com o material de *e-learning*<sup>28</sup>. A metodologia usada no preparo do aluno em seu estudo individual previamente à aula se assemelha à proposta do *Worked Example*, com a diferença de que a proposta do *Worked Example* é orientar o aluno de forma pormenorizada.

No presente estudo, a partir do conceito do *Worked Example*, desenvolveu-se um passo a passo para a interpretação básica de tomografias de tórax com particularidades da criança. Essa é uma habilidade médica complexa e buscou-se, na construção do material didático, a orientação de um raciocínio, com a descrição detalhada não só das imagens, como do conhecimento necessário para a interpretação, com os conhecimentos anatômicos macro e microscópicos, da fisiopatologia de doenças e da apresentação tomográfica do normal e patológico, como será descrito pormenorizado na seção de metodologia.

#### **1.4 Avaliação da cognição**

A fluência verbal é a habilidade de reproduzir oralmente uma sequência de palavras satisfatória em um intervalo de tempo determinado<sup>30</sup>. Testes de fluência verbal constituem um tipo de teste psicológico no qual os participantes têm que reproduzir o maior número de palavras de determinada categoria em um período de tempo estipulado, normalmente 60 segundos. A categoria pode ser semântica, incluindo objetos como animais ou frutas, ou fonético, no qual são usadas palavras começando com uma letra específica<sup>30</sup>.

Os testes de fluência verbal são usados como um rápido acesso a funções cognitivas, sendo um dos testes mais usados para avaliação de linguagem, habilidades da memória semântica e das funções executivas. A fluência verbal semântica explora o conhecimento léxico e a organização semântica da memória. Há evidências na

literatura de que, para a realização desse tipo de tarefa, há normalmente a ativação do lobo temporal, uma região amplamente relacionada a cognição e memória<sup>31</sup>.

Esses testes são usados na Neuropsicologia tanto na prática clínica quanto em protocolos de pesquisa, como, por exemplo, no diagnóstico de déficit de atenção e hiperatividade, avaliação de declínio cognitivo e doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer e a doença de Pankinson, além do uso em pesquisas não clínicas para mensuração das habilidades verbais, incluindo conhecimento léxico e habilidades de controle de funções executivas. O controle executivo é um conjunto de funções que regulam os pensamentos e o comportamento em direção a uma meta geral. Para realizar esse tipo de teste, os participantes devem manter o foco na tarefa que está sendo realizada, seguindo adequadamente as instruções e mantendo respostas anteriores na memória de trabalho, selecionar palavras que atendam a certas restrições, evitando repetições e respostas irrelevantes<sup>32</sup>. Além disso, os participantes reproduzem uma sucessão de palavras correlacionadas, o que envolve a habilidade de criar agrupamentos baseados na memória semântica e a habilidade de alterar a busca entre diferentes categorias<sup>32</sup>. Boa *performance* na fluência verbal envolve a geração em determinada subcategoria e quando esta for exaurida, ocorre a troca para uma nova. A capacidade de agrupar as categorias é relacionada a funções do lobo temporal, enquanto a troca de grupamentos é relacionada a funções frontais<sup>33</sup>.

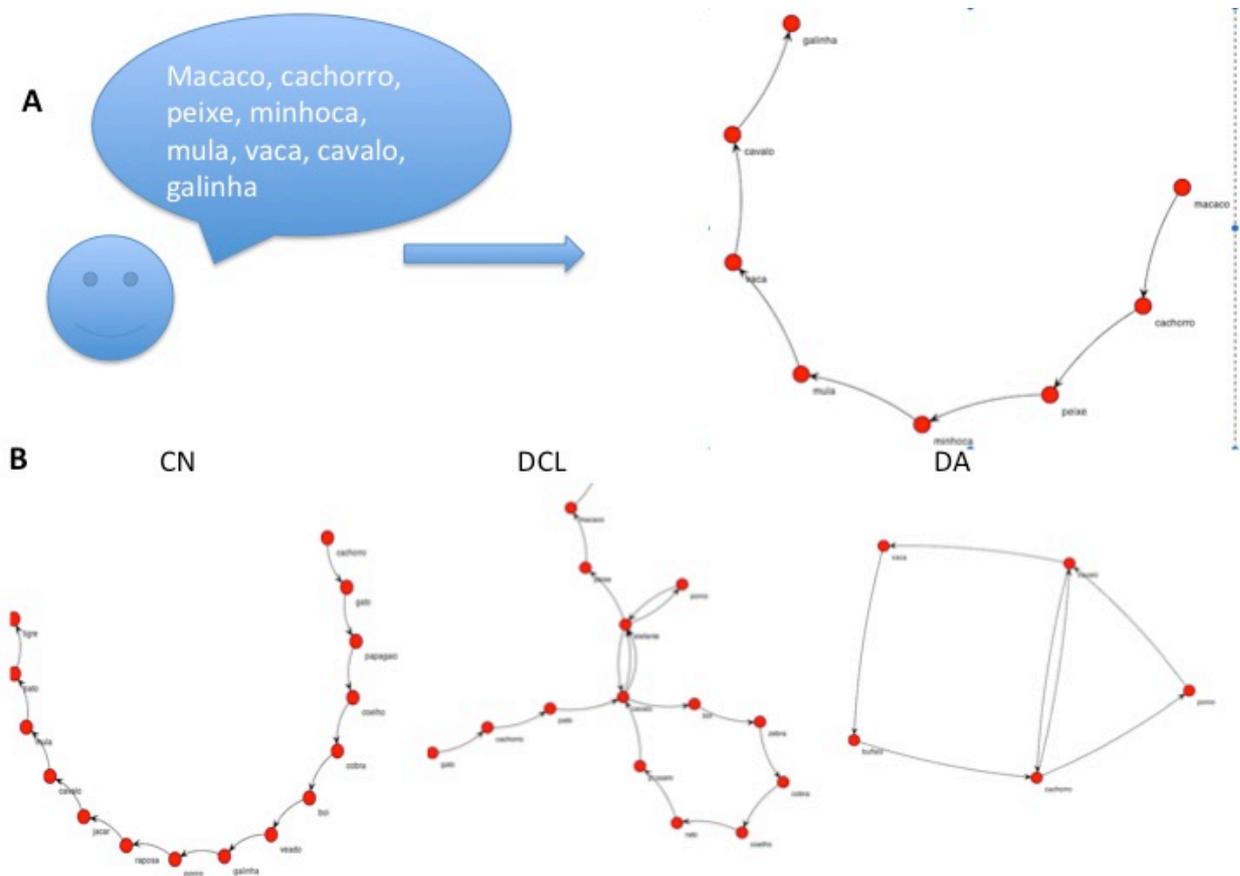
O parâmetro mais usado para a avaliação da fluência verbal é o número de palavras corretamente reproduzidas durante o intervalo de tempo proposto. Vários investigadores observaram que as palavras tendem a ser reproduzidas em grupamentos semânticos e a ordem em que elas são reproduzidas permite a construção de uma rede baseada na ligação temporal entre elas. A sequência temporal de palavras provavelmente demonstra uma relação conceitual entre as palavras, como sugerido pelos modelos de associação semântica<sup>34</sup>. De acordo com o modelo de associação semântica de Rumelhart, durante o aprendizado, quando a rede é iniciada, os padrões de ativação que representam as unidades são fracos e randômicos, devido aos pesos de conexão iniciais aleatórios, mas gradualmente esses padrões tornam-se diferenciados, recapitulando a progressão de geral para específico dos estudos de desenvolvimento<sup>35</sup>.

Uma rede semântica usando teste de fluência verbal aplicado em adultos foi constituída e foi representada a memória semântica em um gráfico a partir de conexões conceituais<sup>36</sup>. Segundo esse modelo de representação de dados, foi constituída uma

rede de objetos relacionados, representados por pontos e ligados quando há relação semântica direta, como representado na FIG. 4, usando um teste de fluência verbal na categoria semântica.

Outros investigadores usaram as propriedades gráficas da representação de testes de fluência verbal para avaliação da capacidade cognitiva em idosos com diferentes níveis de demência, usando a análise das propriedades gráficas dos testes de fluência verbal no entendimento da dinâmica e organização dos processos cognitivos e comportamentais<sup>37,34</sup>.

FIGURA 4 - Exemplos de redes contruídas a partir de testes de fluência verbal em idosos



A: representação da sequência de palavras produzida por um teste de fluência verbal na categoria semântica; B: exemplos da representação gráfica sobre a forma de rede semântica a partir de teste de fluência verbal realizado em adultos.

CN (sem déficit cognitivo), DCL(declínio cognitivo leve) e DA (idoso com doença de Alzheimer)<sup>34</sup>.  
Fonte: adaptado de Bertola (2014)<sup>34</sup>.

Analisando as propriedades gráficas de redes construídas a partir de testes de fluência verbal realizados por alunos em diferentes fases de aprendizado e direcionado para o uso de palavras contextualizadas para o conteúdo ministrado, hipotetizou-se que as propriedades gráficas podem refletir o aprendizado do aluno e seus ganhos cognitivos, assim como modelos semânticos de fluência verbal podem discriminar idosos em diferentes estágios de déficit cognitivo<sup>34</sup>. Modelos semelhantes de análise de propriedades gráficas a partir do discurso livre foram usados na avaliação cognitiva de pacientes psiquiátricos e na aquisição de habilidades cognitivas em crianças durante a alfabetização<sup>38</sup>.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Comparar o uso de aula expositiva com *Worked Example* no aprendizado de conceitos básicos em tomografia de tórax, para estudantes de Medicina no início do ciclo profissional (4º período) e nos anos de internatos (9º ao 12º período), comparando também a aprendizagem dos alunos por meio de teste escrito com o desempenho em um teste de fluência verbal modificado na análise da aquisição de conhecimentos após uma intervenção educacional em Radiologia e diagnóstico por imagens.

### 2.1 Objetivos específicos

- a) Relatar o impacto de diferentes estratégias de ensino de tomografia de tórax, usando aula expositiva e *Worked Example* no aprendizado de estudantes de Medicina.
- b) Identificar se as referidas estratégias influenciam o aprendizado de forma diferenciada entre grupos de estudantes no início do ciclo profissional e entre os alunos no final do curso de Medicina, nos anos dos internatos.
- c) Identificar se um teste de fluência verbal modificado e direcionado pode ser uma ferramenta para verificação da aquisição de conhecimentos após uma intervenção educacional em Radiologia e diagnóstico por imagens.

### **3 MÉTODOS**

Neste capítulo descrevem-se a natureza do estudo, a amostra e os métodos utilizados neste estudo.

#### **3.1 Desenho, local e período de realização do estudo**

Trata-se de estudo experimental por meio de uma intervenção educacional, realizado na Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) com alunos da graduação do curso de Medicina de diferentes períodos, de março de 2018 a abril de 2019.

#### **3.2 Participantes**

A população estudada foi composta de estudantes de Medicina, sendo um grupo regularmente matriculado no 4º período e outro grupo de estudantes cursando os internatos (9º ao 12º período).

Segundo consta na grade curricular do curso de Medicina da UFMG<sup>39</sup>, os alunos do quarto período não haviam cursado previamente disciplinas de Radiologia. Havia cursado Anatomia Sistêmica no 1º período e estavam cursando Anatomia Topográfica no semestre em andamento. As aulas práticas de Anatomia são realizadas em cadáveres e modelos e não é prevista correlação radiológica. Os alunos relataram que não tinham sido expostos a imagens de tomografia de tórax previamente.

Os alunos dos internatos cursaram dois semestres de aulas de Radiologia, com carga horária total de 60 horas, nos 5º e 6º períodos. Além do contato com imagens na prática da assistência, os alunos dos internatos têm, a cada trimestre, uma disciplina em formato de TBL, na qual professores especialistas conduzem a resolução de casos clínicos envolvendo o conteúdo de Radiologia, Anatomia Patológica e Patologia Clínica, com carga horária total de 45 horas por semestre.

##### **3.2.1 Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos alunos regularmente matriculados, cuja participação foi voluntária e extracurricular. Foram excluídos da análise estudantes que cursavam

outros períodos afora os citados ou que manifestaram desejo em não realizar as etapas propostas da pesquisa.

### **3.3 Aspectos éticos**

O protocolo de estudo e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### **3.4 Métodos**

A metodologia usada no estudo é descrita nos próximos subitens e é dividida da seguinte forma: a) materiais - corresponde ao material didático que foi elaborado para a execução do treinamento; b) procedimentos de coleta de dados

#### **3.4.1 Materiais e procedimentos da coleta de dados**

A primeira etapa do estudo, após a revisão bibliográfica sobre o ensino de Radiologia, foi a criação do material didático.

Foi elaborada uma aula expositiva com apresentação de *slides* e posteriormente foi gravada em vídeo para garantir que o mesmo conteúdo fosse ministrado para os participantes. Foi construído também um material para leitura dirigida com o mesmo conteúdo da aula expositiva, as mesmas ilustrações, contendo descrição detalhada do conteúdo e das imagens ilustrativas usadas, segundo a estratégia *Worked Example*. O material foi previamente testado, ministrando aulas para alunos de Medicina em diferentes níveis e médicos de diversas especialidades e níveis de formação com boa aceitação do conteúdo e do material.

##### **3.4.1.1 Escolha do tema**

A tomografia de tórax foi o tema escolhido para a execução do projeto. A escolha foi baseada em vários argumentos listados a seguir:

- a) Era necessário um tema que fosse atrativo para a participação voluntária dos alunos, visto que a atividade seria extracurricular, cujo benefício maior seria o aprendizado de um tema pouco discutido no curso de Medicina;
- b) o pouco conhecimento prévio dos alunos especificamente sobre imagens tomográficas seria benéfico tanto para a análise da capacidade de aprendizado de tomografia, quanto para a análise das diferentes estratégias de ensino propostas;
- c) o ensino de tomografia relacionado à Pediatria seria um diferencial das aulas curriculares, que tendem a ser mais abrangentes e normalmente não particularizam diferenças em crianças, o que se acredita ser importante para a formação do médico generalista. Autores evidenciam a necessidade de aprendizagem de conteúdos de Radiologia Pediátrica na formação do médico generalista, incluindo o diagnóstico nas afecções respiratórias<sup>40</sup>;
- d) o conhecimento prévio dos alunos do início do ciclo profissional e dos internatos sobre radiografia de tórax seria benéfico no aprendizado de tomografia, uma vez que achados tomográficos e radiográficos guardam semelhança, como, por exemplo, a consolidação pulmonar e o broncograma aéreo, que têm a mesma apresentação nos diferentes métodos, diferentemente de alterações abdominais, neurológicas e musculoesqueléticas. O objetivo foi usar essa característica para correlacionar conteúdos, na expectativa de um aprendizado mais efetivo.

#### 3.4.1.2 Construção do material didático

A estruturação do conteúdo foi a mesma para a aula expositiva e para o *Worked Example*. O objetivo foi fazer uma aula com duração de 50 minutos e um material para estudo dirigido em que o participante gastasse aproximadamente o mesmo tempo para leitura, sempre tendo em vista possíveis diferenças individuais, mas com a finalidade de uma leitura objetiva.

Baseou-se a estruturação do conteúdo no conceito do aprendizado de novos conteúdos a partir de conhecimentos prévios do aluno, ao encontro da teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget e à teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, fazendo uma abordagem da tomografia de tórax do macro para o microscópico, sendo o conteúdo dividido da seguinte forma:

- a) Conhecimentos básicos sobre o método de imagem;
- b) anatomia seccional do tórax;
- c) anatomia do mediastino e correlação com diagnóstico de massas mediastinais;
- d) padrões fundamentais de alterações do parênquima pulmonar.

A seguir serão apresentados os objetivos de cada seção.

### **a) Funcionamento básico da tomografia computadorizada**

Nesta seção buscou-se o aprendizado sobre o funcionamento da tomografia computadorizada, com o entendimento dos tipos de aparelhos e a dinâmica da aquisição das imagens como base para reconhecimento da anatomia dos cortes axiais, que será exposto na segunda sessão. Esse conhecimento é importante para o médico solicitante de exames e será fundamental na interpretação das imagens e do laudo radiológico, habilidade médica fundamental, e para isso foram selecionados pontos-chave na interpretação de imagens, que são:

- a) Explicação sobre as diferentes densidades tomográficas;
- b) introdução do conceito de “janelas tomográficas”;
- c) indicações do uso de meio de contraste iodado endovenoso.

### **b) Noções anatômicas básicas nos cortes axiais e anatomia dos lobos pulmonares**

A incorporação da Radiologia no ensino da Anatomia não é um conceito novo, com referências na literatura desde 1927. Com os avanços tecnológicos nas imagens radiológicas nas últimas décadas e em seu papel ainda mais central na prática clínica, o papel da Radiologia no ensino de Anatomia está se renovando. Estudo nacional no Reino Unido sobre o papel da Radiologia no ensino de Anatomia mostrou aumento do ensino de Anatomia Radiológica nos currículos de graduação médica, com forte presença de radiologistas no ensino da Anatomia<sup>41</sup>.

No currículo de Medicina da UFMG, os alunos cursam anatomia sistêmica no primeiro período e Anatomia Topográfica e Imagem no quarto período. Portanto, é

esperado que os alunos participantes da pesquisa tenham conhecimento prévio de Anatomia. Ainda assim, desenhos esquemáticos da anatomia vascular e dos lobos pulmonares foram demonstrados, com o objetivo de facilitar a compressão topográfica dos cortes axiais nas imagens, situação real em que o médico analisa imagens tomográficas.

### **c) Anatomia do mediastino e correlação com diagnóstico de massas mediastinais**

A anatomia do mediastino foi pormenorizada separadamente, com o objetivo de o participante fazer a correlação das estruturas anatômicas com o diagnóstico etiológico das massas mediastinais e com um conhecimento que se admite que o participante já tenha tido contato.

### **d) Padrões fundamentais de alterações do parênquima pulmonar**

Nesta seção procedeu-se a uma rápida revisão da anatomia microscópica do parênquima pulmonar, para que o aluno pudesse correlacionar os achados tomográficos em relação ao lóbulo pulmonar secundário. Foram escolhidos apenas quatro padrões de alterações pulmonares: consolidação, vidro fosco, opacidades reticulares e bronquiectasias, fazendo uma correlação entre esses padrões.

Para que a aula ou o estudo do material fossem objetivos, adequando-se ao tempo proposto, outros padrões de alterações foram excluídos do material, como a abordagem dos nódulos pulmonares. Nos primeiros testes-piloto percebeu-se que os alunos acertavam questões relativas a nódulos pulmonares por inferência, podendo criar um viés de confusão. A mesma observação foi feita com a abordagem das malformações congênitas, as quais eram sempre relacionadas aos diagnósticos em Pediatria nos pré-testes e pós-testes.

#### **3.4.1.3 Elaboração dos testes**

Foram elaborados dois testes para aplicação antes e após o treinamento, denominados pré-teste e pós-teste imediato. Ambos apresentaram a mesma dinâmica de execução e foram elaborados com conteúdos que abrangeram os três domínios de conhecimento propostos no material didático: conhecimentos básicos sobre

interpretação de imagens tomográficas e anatômicos, doenças mediastinais e padrões de alterações do parênquima pulmonar, em número igual de questões no pré e pós-teste por conteúdo, com perguntas diferentes nos dois testes, porém com mesmo nível de dificuldade, totalizando 15 questões. Foram abordados o reconhecimento de imagens normais e patológicas em cortes tomográficos axiais e conhecimentos teóricos relacionados, com projeção de imagens tomográficas em tela de computador. As respostas e as pontuações por questões foram validadas por outro radiologista, especialista em Radiologia Pediátrica com prática em Radiologia Torácica.

### **3.4.2 Procedimentos de coleta de dados**

Realizou-se cálculo amostral previamente ao início dos procedimentos de coleta de dados. Considerando-se a combinação dos três fatores, fase do curso médico, grupos em estudo (aula expositiva ou *Worked Example*) e fase do estudo (pré e pós-teste imediato), chegou-se a um mínimo de 15 alunos por grupo, com probabilidade de significância de 5% e poder do teste de 80%.

Os participantes foram alocados em dois grandes grupos, de acordo com a fase do curso de Medicina que estavam cursando. Em um grupo foram alocados estudantes na fase inicial do treinamento em prática clínica, cursando o 4º período, e no outro grupo alunos na fase de prática hospitalar dos internatos (9º ao 12º período). Cada grupo será denominado, respectivamente, de “alunos em fase inicial da formação” e “alunos em fase final da formação”.

Os participantes de cada grupo foram aleatoriamente distribuídos em dois subgrupos de acordo com o tipo de treinamento que receberam: um para os que assistiram à aula expositiva gravada e o outro com os alunos que fizeram a leitura dirigida do material impresso.

O experimento foi dividido em quatro fases, da seguinte forma:

- a) Fase 1: avaliação de conhecimentos prévios pelo pré teste;
- b) fase 2: fase de treinamento - uma aula expositiva de 50 minutos ou o estudo dirigido do material impresso - *Worked Example*;
- c) fase 3: realização do pós-teste imediato logo após a fase de treinamento;
- d) fase 4: realização do teste de fluência verbal.

Após a fase de treinamento, os participantes foram solicitados a avaliar o esforço mental empreendido para realizar as tarefas propostas, de acordo com o grupo alocado, escolhendo um número em uma escala graduada de um a 10, sendo um muito, muito baixo o esforço; e 10 para muito, muito alto o esforço mental.

#### 3.4.2.1 Teste de fluência verbal

A partir do teste de fluência verbal semântico, foi adaptada uma dinâmica de aquisição do teste proposto, direcionado para a aquisição dos conhecimentos adquiridos durante o treinamento, da seguinte forma:

- a) Cada participante ficou em uma sala sozinho, sem qualquer interferência externa, e foi orientado a reproduzir, em palavras, o máximo do conteúdo aprendido durante o treinamento em no máximo um minuto;
- b) instruções implícitas e explícitas foram dadas a fim de evitar repetições e erros;
- c) a sequência de palavras foi gravada em um gravador de áudio, incluindo repetições e erros.

Todas as palavras reproduzidas pelos participantes foram categorizadas em quatro grupos relacionados à sequência do material didático da seguinte forma: conhecimentos básicos sobre interpretação de imagens tomográficas e anatômicas, doenças mediastinais e padrões de alterações do parênquima pulmonar e uma quarta categoria das palavras que foram consideradas como erro.

Foram consideradas erros as palavras não relacionadas ao conteúdo ministrado, palavras incorretas e frases ditas com mais de três palavras. Até três palavras foram consideradas como palavras compostas.

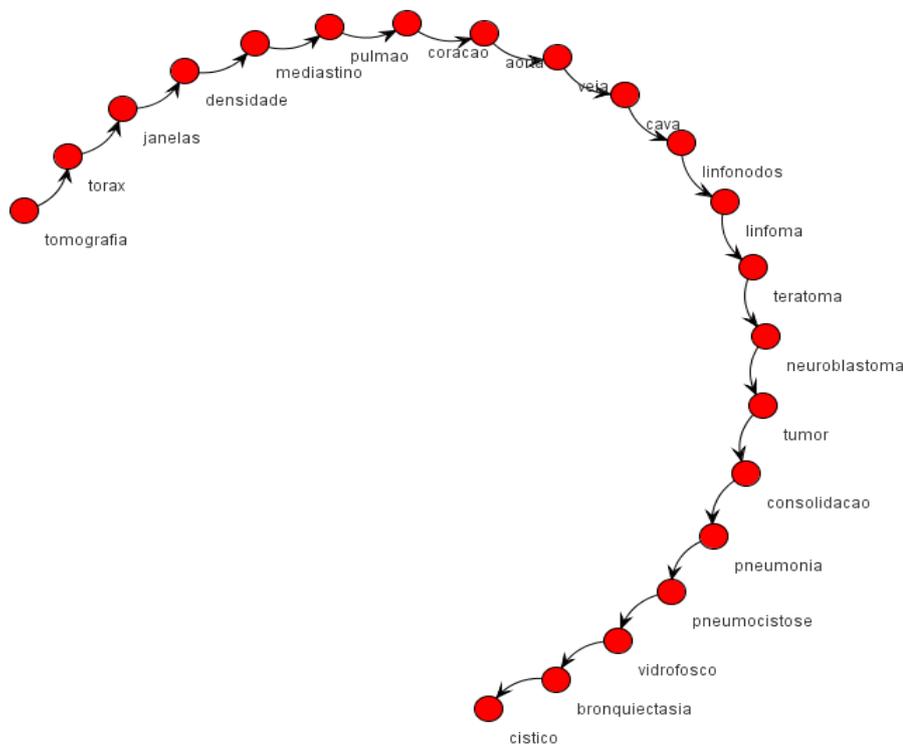
A sequência de palavras reproduzidas foi representada graficamente usando-se o *software SpeechGraph*<sup>42</sup>. O programa representa a sequência de palavras reproduzida como um gráfico, sendo cada palavra usada um ponto (*node*) e a ligação temporal entre as palavras como uma ponte (*edge*).

Foram calculados o número total de palavras reproduzidas (WC) e 13 atributos gráficos adicionais, sendo dois atributos gerais: total de pontos (N) e de pontes (E); componente de conexão: maior componente fortemente conectado (LSC); atributos de recorrência: número de repetições (RE) e de pontes paralelas (PE), círculos de um

(R1), dois (R2) ou três (R3) pontos e atributos globais: média total (ATD), densidade, diâmetro, caminho mais curto médio (ASP) e o coeficiente médio de conexões (CC).

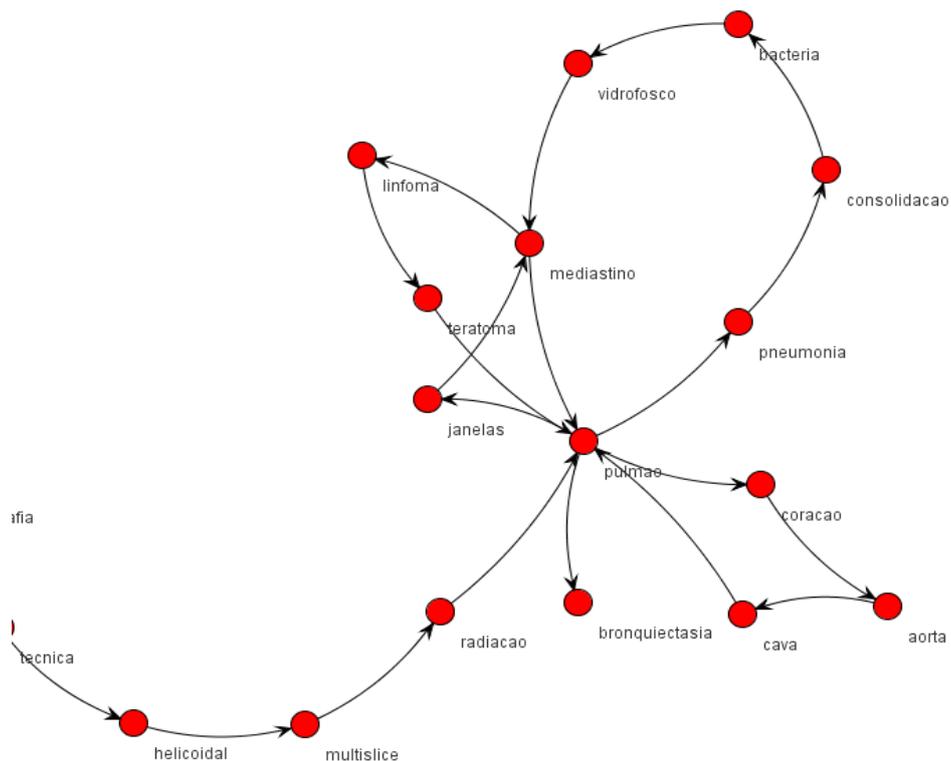
Para o teste de fluência verbal semântica, o padrão esperado de um indivíduo normal é a produção de uma rede linear, ou seja, reprodução de uma sequência de palavras corretas, sem repetições, graficamente representada por pontes paralelas, repetidas ou círculos e sem componentes fortemente conectados (LSC). Melhor *performance* inclui um ATD próximo de dois, baixa densidade, baixo coeficiente de agrupamento, com diâmetros maiores, como exemplificado na FIG. 5.

FIGURA 5 – Exemplo de rede linear esperada para os participantes do estudo



Fonte: Representação gráfica elaborada com o software *SpeechGraph*<sup>42</sup> com palavras usadas pelos participantes.

FIGURA 6 - Exemplo de rede contendo repetições construída a partir de palavras usadas pelos participantes



Fonte: Representação gráfica elaborada com o *software SpeechGraph*<sup>42</sup> com palavras usadas pelos participantes.

Foram excluídos da análise desse teste os participantes que não atenderam ao comando de reproduzir o conteúdo em palavras.

## REFERÊNCIAS

1. Schiller PT, Phillips AW, Straus CM. Radiology education in medical school and residency: the views and needs of program directors. *Acad Radiol*, 2018 Oct.; 25(10):1333-1343. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29748045>>.
2. Gunderman RB, Stephens CD. Teaching medical students about imaging techniques. *AJR Am J Roentgenol*, 2009 Apr.; 192(4):859-61. ISSN 1546-3141. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19304686>>.
3. Straus CM, Webb EM, Kondo KL, Phillips AW, Naeger DM, Carrico CW, *et al.* Medical student radiology education: summary and recommendations from a national survey of medical school and radiology department leadership. *J Am Coll Radiol*, 2014 Jun.; 11(6):606-10. ISSN 1558-349X. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24713496>>.
4. Kourdioukova EV, Valcke M, Derese A, Verstraete KL. Analysis of radiology education in undergraduate medical doctors training in Europe. *Eur J Radiol*, 2011 Jun.; 78(3):309-18. ISSN 1872-7727. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20846805>>.
5. Chojniak R, Carneiro DP, Moterani GS, Duarte ID, Bitencourt AG, Muglia VF, *et al.* Mapping the different methods adopted for diagnostic imaging instruction at medical schools in Brazil. *Radiol Bras*, 2017 Jan-Feb; 50(1):32-37. ISSN 0100-3984. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28298730>>.
6. Slanetz PJ, Mullins ME. Radiology education in the era of population-based Medicine in the United States. *Acad Radiol*, 2016; 23(7):894-7. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27079567>>.
7. Visscher KL, Faden L, Nassrallah G, Speer S, Wiseman D, Radiology exposure in the undergraduate curriculum: a medical student perspective on quality and opportunities for positive change. *Can Assoc Radiol J*, 2017 Aug.; 68(3):249-256. ISSN 1488-2361. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28502462>>.
8. Branstetter BF, Faix LE, Humphrey AL, Schumann JB. Preclinical medical student training in radiology: the effect of early exposure. *AJR Am J Roentgenol*, 2007 Jan; 188(1):W9-14. ISSN 1546-3141. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17179333>>.
9. Kraft M, Sayfie A, Klein K, Gruppen L, Quint L. Introducing first-year medical students to radiology: implementation and impact. *Acad Radiol*, 2018 Jun; 25(6):780-788. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30691773>>.
10. Gunderman RB, Siddiqui AR, Heitkamp DE, Kipfer HD. The vital role of radiology in the medical school. *AJR Am J Roentgenol*, 2003 Mar.; 180(5):180:5, 1239-1242.

11. Lakhani P, Prater AB, Hutson RK, Andriole KP, Dreyer KJ, Morey J. *et al.* Machine learning in radiology: Applications beyond image interpretation. *J Am Coll Radiol*, 2018; 15(2):350-359. ISSN 1558-349X. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29158061>>.
12. Tajmir SH, Alkasab TK. Toward augmented radiologists: Changes in radiology education in the era of machine learning and artificial intelligence. *Acad Radiol*, 2018; 25(6):747-750. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29599010>>.
13. Pinto dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R. *et al.* Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. *Eur Radiol*, 2019 Apr.; 29(4):1640-1646. ISSN 1432-1084. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29980928>>.
14. Van Der Gijp A, Ravesloot CJ, van der Schaaf MF, van der Schaaf IC, Huige JC, Vincken KL, *et al.* Volumetric and two-dimensional image interpretation show different cognitive processes in learners. *Acad Radiol*, 2015 May; 22(5):632-9. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25704588>>.
15. van Der Gijp A, van der Schaaf MF, van der Schaaf IC, Huige JC, Ravesloot CJ, van Schaik JP, *et al.* Interpretation of radiological images: towards a framework of knowledge and skills. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 2014 Oct; 19(4):565-80. ISSN 1573-1677. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24449126>>.
16. Kok EM, van Geel K, van Merriënboer JJ, Robben SG. What We do and do not know about teaching medical image interpretation. *Front Psychol*, 2017; 8:309-309. ISSN 1664-1078. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28316582>>.
17. Mustafa T, Farooq Z, Asad Z, Amjad R, Badar I, Chaudhry AM, *et al.* Lectures in medical education: what students think? *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 2014 Jan-Mar.; 26(1):21-5. ISSN 1025-9589. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25358209>>.
18. Tsang A, Harris DM. Faculty and second-year medical student perceptions of active learning in an integrated curriculum. *Adv Physiol Educ*, 2016 Dec.; 40(4):446-453. ISSN 1522-1229. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27697958>>.
19. Wilson KH, Korn J. Attention during lectures: Beyond ten minutes. *Teach Psychol*, 2007; 34.
20. Zinski A, Blackwell KTCPW, Belue FM, Brooks WS. Is lecture dead? A preliminary study of medical students' evaluation of teaching methods in the preclinical curriculum. *Int J Med Educ*, 2017; 8:326-333. ISSN 2042-6372. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28945195>>.

21. Masters K. Edgar Dale's pyramid of learning in medical education: A literature review. *Med Teach*, 2013; 35(11);e1584-e1593 ISSN 0142-159X. Disponível em: <<https://doi.org/10.3109/0142159X.2013.800636>>.
22. Jen A, Webb EM, Ahearn B, Naeger DM. Lecture evaluations by medical students: Concepts that correlate with scores. *J Am Coll Radiol*, 2016; 13(1):72-76. ISSN 1546-1440. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.06.025>>.
23. Courtier J, Webb EM, Phelps AS, Naeger DM. Assessing the learning potential of an interactive digital game versus an interactive-style didactic lecture: the continued importance of didactic teaching in medical student education. *Pediatr Radiol*, 2016 Dec.; 46(13):1787-1796. ISSN 1432-1998. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27580908>>.
24. Stein MW, Frank SJ, Roberts JH, Finkelstein M, Heo M. Integrating the ACR appropriateness criteria into the radiology clerkship: Comparison of didactic format and group-based learning. *J Am Coll Radiol*, 2016 May; 13(5):566-70. ISSN 1558-349X. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26908202>>.
25. Stark R, Kopp V, Fischer MR. Case-based learning with worked examples in complex domains: Two experimental studies in undergraduate medical education. *Learn Instruct*, 2011; 21(1):22-33. ISSN 0959-4752. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475209001029>>.
26. Atkinson RK, Derry SJ, Renkl A, Wortham D. Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Rev Educ Res*, 2000; 70(2):181-214. ISSN 0034-6543. Disponível em: <<https://doi.org/10.3102/00346543070002181>>.
27. Sweller J. The worked example effect and human cognition. *Learn Instruct*, 2006; 16(2):165-169. ISSN 0959-4752. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475206000193>>.
28. El-Ali A, Kamal F, Cabral CL, Squires JH. Comparison of traditional and web-based medical student teaching by radiology residents. *J Am Coll Radiol*, 2019; 16(4):492-495. ISSN 1546-1440. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.09.048>>.
29. O'Connor EE, Fried J, McNulty N, Shah P, Hogg JP, Lewis P, *et al*. Flipping Radiology Education Right Side Up. *Acad Radiol*, 2016; 23(7):810-22. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27066755>>.
30. Nickles L. Spoken word production. *In*: Press P. (Ed.). *What deficits reveal about the human mind/brain: A handbook of cognitive Neuropsychology*. Philadelphia, PA: Psychology Press, 2001, p. 291–320.
31. Warburton E, Wise RJ, Price CJ, Weiller C, Hadar U, Ramsay S, *et al*. Noun and verb retrieval by normal subjects Studies with PET. *Brain*, 1996; 119(1):159-179. ISSN 0006-8950. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/brain/119.1.159>>.

32. Shao Z, Janse E, Visser K, Meuer ES. What do verbal fluency tasks measure? Predictors of verbal fluency performance in older adults. *Front Psychol*, 2014; 5:772-772. ISSN 1664-1078. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25101034>>; <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106453/>>
33. Ardila A, Bernal B. Cognitive testing toward the future: The example of Semantic Verbal Fluency (ANIMALS). *Intel J Psycho*, 2006; 41:324-332.
34. Bertola L, Mota NB, Copelli M, Riverto T, Diniz B, Romano-Silva MA, *et al.* Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2014 Jul.; 6(185). ISSN 1663-4365. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2014.00185>>.
35. McClelland JL, Rogers TT. The parallel distributed processing approach to semantic cognition. *Nature Rev Neurosci*, 2003; 4(4):310-322. ISSN 1471-0048. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nrn1076>>.
36. Goñi J, Sepulcre J, Arrondo G, Martincorena I. The semantic organization of the animal category: Evidence from semantic verbal fluency and network theory: Supplementary material. IE Law School, 2011.
37. Lerner AJ, Ogrocki PK, Thomas PJ. Network graph analysis of category fluency testing. *Cogn Behav Neurol*, 2009 Mar.; 22(1):45-52. ISSN 1543-3641. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19372770>>.
38. Mota NB, Callipo R, Leite L, Torres AR, Weissheimer J, Bunge SA, *et al.* Verbal Short-Term memory underlies typical development of "Thought Organization" measured as speech connectedness. *Mind, Brain and Education*, 2019 Jul.
39. Cegrade. Centro de Graduação da Faculdade de Medicina da UFMG, 2014. Novo currículo. Disponível em: <<https://site.medicina.ufmg.br/cegrad/medicina/disciplinas/>>.
40. Garcia Hernández BR, Cabeza Poblet BR, Diaz González A. Diagnóstico de las necesidades de aprendizaje en imagenología pediátrica del Médico General Integral Básico en Cienfuegos. *MediSur*, 2012; 10:295-300. ISSN 1727-897X. Disponível em: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2012000400005&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2012000400005&nrm=iso)>.
41. Sadler TJ, Zhang T, Taylor HL, Brassett C. The role of radiology in anatomy teaching in UK medical schools: a national survey. *Clin Radiol*, 2018; 73(2):185-190. ISSN 1365-229X. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29032801>>.
42. Mota NB, Vasconcelos NA, Lemos N, Pieretti AC, Kinouche E, Cecchi GA, *et al.* Speech graphs provide a quantitative measure of thought disorder in psychosis. *PLoS One*, 2012; 7(4):e34928. ISSN 1932-6203. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22506057>>.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Artigo Original: *Worked Example* x Aula Expositiva no aprendizado de estudantes de medicina em tomografia de tórax pediátrica

#### Resumo

**Contexto:** muito se tem discutido acerca do uso de aulas expositivas durante a formação médica, apesar de extensiva incorporação de modelos de ensino não baseados nessa técnica. A estratégia de ensino conhecida como *Worked Example* trata-se de uma ferramenta instrucional na qual um especialista mostra a solução de determinado problema para um aprendiz de forma pormenorizada. Foram comparados, em estudo experimental com estudantes de Medicina, aulas expositivas x *Worked Example* para ensino de tomografia de tórax. **Métodos:** os participantes foram alocados em dois grandes grupos de acordo com a fase do curso de Medicina que estavam cursando e foram aleatoriamente distribuídos em dois subgrupos que receberam aula expositiva ou *Worked Example*. Previamente ao treinamento, fez-se um pré-teste e procedeu-se a outro logo após o fim dessa fase. **Resultados:** análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) foi usada na análise estatística. Houve diferença significativa entre as notas antes e após o treinamento ( $F_{1; 74} = 46,008$ ;  $p < 0,001$ ) e entre as fases do curso ( $F_{2; 148} = 19,452$ ;  $p < 0,001$ ). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $F_{2; 74} = 1,401$ ;  $p = 0,240$ ). Não houve diferença estatisticamente significativa no esforço mental referido na comparação entre grupos ( $F_{1; 69} = 0,092$ ;  $p = 0,762$ ), porém os alunos do 4º período apresentaram escore de esforço significativamente mais alto. As variáveis extraídas dos testes de fluência verbal não explicam o desempenho do aluno no pós-teste imediato. **Conclusões:** *Worked Example*, que é uma técnica com boa aplicabilidade para estudantes, mostrou-se igualmente eficaz na aula expositiva, técnica consagrada no ensino de Radiologia.

Palavras-chave: *Worked Example*. Aula expositiva. Tomografia. Esforço mental. Escore de esforço.

#### Abstract

**Context:** Much has been discussed about the use of lectures during medical education despite the extensive incorporation of teaching models not based on this technique. The *Worked Example* is an instructional tool in which an expert shows a detailed problem solution for a learner. We compared, in an experimental study with medical students, lectures x *Worked Example* for teaching chest tomography. **Methods:** Participants were allocated into two large groups according to the phase of medical school they were attending and were randomly assigned to two subgroups that received lecture or *Worked Example*. Prior to the training they had a pre-test and another after the end of this phase. **Results:** Analysis of variance of repeated measures (ANOVA) was used in the statistical analysis. There was a significant difference between the grades before and after training ( $F_{1; 74} = 46,008$ ;  $p < 0.001$ ) and between the course phases studied ( $F_{2; 148} = 19,452$ ;  $p < 0.001$ ). There was no statistically significant difference between the groups ( $F_{2; 74} = 1.401$ ;  $p = 0.240$ ). There was no significant difference in mental

effort reported in the comparison between groups ( $F_{1, 69} = 0.092$ ;  $p = 0.762$ ), but students in the 4th period had a significantly higher effort score. Variables extracted from verbal fluency tests do not explain student performance in the immediate posttest. **Conclusions:** Worked Example, which is a technique with good applicability for students, was equally effective as lecture, a well-known technique for teaching radiology.

Keywords: Worked Example. Lecture. Tomography. Mental effort. Effort score.

## INTRODUÇÃO

O ensino de Radiologia na graduação médica ainda é foco de questionamentos e disparidades entre as escolas médicas em todo mundo. Aliado a isso, observa-se crescente necessidade de otimização das formas de ensino<sup>1-6</sup>. Muito se tem discutido acerca do uso de aulas expositivas, ou palestras, durante a formação médica, apesar de extensiva incorporação de modelos de ensino não baseados nessa técnica, com grande ênfase no aprendizado autodirecionado e centrado no aluno, porém a maioria dos currículos médicos ainda está pautada no modelo tradicional<sup>7-10</sup>.

Nas últimas décadas, a aula expositiva como um recurso pedagógico vem sofrendo diversas críticas, especialmente por estarem relacionadas a uma transferência passiva de informações, com pouco ganho cognitivo<sup>7,8</sup>. Após revisão da literatura sobre ensino em interpretação de imagens médicas, apurou-se que trabalhos instrucionais em educação com aprendizado ativo, centrado no aluno, foram implementados com sucesso na interpretação de imagens, superando o modelo de ensino centrado no professor, baseado em aulas expositivas. Os estudos demonstraram, porém, poucas evidências sobre técnicas específicas para otimizar o aprendizado<sup>11</sup>.

A estratégia de ensino conhecida como *Worked Example* trata-se de uma ferramenta instrucional na qual um especialista mostra a solução de determinado problema para um aprendiz, de forma pormenorizada<sup>12-14</sup>. A solução do problema pelo especialista torna-se um modelo para o estudante aprender e reproduzir o conhecimento adquirido<sup>12,13</sup>. Essa estratégia melhora o ensino, por reduzir o esforço cognitivo durante a aquisição de habilidades quando comparada a estratégias de solução de problemas<sup>14</sup>.

A partir do conceito do *Worked Example*, desenvolveu-se um passo a passo para a interpretação básica de tomografias de tórax com particularidades da criança e

desenvolveu-se estudo experimental com estudantes de Medicina para comparar essa estratégia e o uso de aulas expositivas. Para a avaliação do aprendizado, usaram-se testes tradicionais com projeção de imagens tomográficas e um teste psicológico modificado, teste de fluência verbal com análise de atributos gráficos<sup>15,16</sup>, que foi testado para a aquisição de habilidades cognitivas nesse contexto.

## MÉTODOS

Trata-se de estudo experimental por meio de uma intervenção educacional realizado na Faculdade de Medicina da UFMG com alunos da graduação do curso de Medicina regularmente matriculados no 4º período, em um grupo e no outro, alunos do 9º ao 12º períodos, entre março de 2018 e abril de 2019.

### Procedimentos

Os participantes foram alocados em dois grandes grupos de acordo com a fase do curso de Medicina que estavam cursando. Os participantes de cada grupo foram aleatoriamente distribuídos em dois subgrupos de acordo com o tipo de treinamento que receberam: um para os que assistiram à aula expositiva gravada e outro para os alunos que fizeram a leitura dirigida do material impresso – grupo *Worked Example* (WE). O experimento foi dividido em quatro fases:

- a) Fase 1: avaliação de conhecimentos prévios pelo pré-teste;
- b) fase 2: fase de treinamento - uma aula expositiva de 50 minutos gravada ou o estudo dirigido do material impresso denominado *Worked Example*;
- c) fase 3: realização do pós-teste imediato logo após a fase de treinamento;
- d) fase 4: realização do teste de fluência verbal, que consistiu na reprodução de palavras relacionadas ao conteúdo ministrado durante um minuto. As palavras foram gravadas, digitadas e incluídas no *software Speech Graph*<sup>15</sup>. Foram avaliadas as variáveis extraídas do *software* L2, L3, densidade, diâmetro e CC (coeficiente de agrupamento).

Após a fase de treinamento, os participantes foram solicitados a avaliar o esforço mental empreendido para realizar as tarefas propostas, de acordo com o grupo

alocado, escolhendo um número em uma escala graduada de um a 10, sendo 1 muito, muito baixo o esforço e 10 para muito, muito alto o esforço mental.

### **Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos alunos regularmente matriculados, cuja participação foi voluntária e extracurricular. Foram excluídos da análise estudantes que cursavam outros períodos, exceto os citados anteriormente ou que manifestaram desejo em não realizar as etapas propostas da pesquisa. Para o teste de fluência verbal foram excluídos os participantes que não atenderam ao comando de reproduzir em palavras o conteúdo, conforme instrução específica do teste.

### **Análise estatística**

A análise descritiva foi utilizada para caracterizar a população. Análise de Variância (ANOVA) baseada em um planejamento de medidas repetidas foi usado para avaliar o efeito/influência das variáveis sobre o desempenho dos alunos nos pré-teste e pós-teste. O teste t de *Student* foi usado para comparar amostras pareadas/ dependentes. Para avaliar o efeito/influência dos fatores período do curso e grupo na média do escore de esforço referido para o treinamento foi usada a ANOVA baseada em um modelo de dois fatores. A análise de regressão linear múltipla foi usada para avaliar as variáveis extraídas pelo *Speech Graphs* dos testes de fluência verbal, com o objetivo de identificar as variáveis que estão relacionadas de forma conjunta e estatisticamente significativa com a nota geral dos alunos no pós teste imediato. O valor de p considerado estatisticamente significativo foi inferior a 0,05.

### **Aspectos éticos**

O protocolo de estudo e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o número 2.638.289. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

## RESULTADOS

Participou da pesquisa o total de 78 estudantes, sendo 46 no início da prática clínica (4º período) e 32 dos internatos, com a distribuição nos grupos em *Worked Example* (WE) e Aula Expositiva (AE), conforme demonstrado nas TAB. 1 e 2.

TABELA 1 - Distribuição dos alunos quanto ao sexo, por período e grupo de estudo

Período	Grupo	Sexo	Frequência	
			n	%
4º	WE	Masculino	16	66,7
		Feminino	8	33,3
		<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>100,0</b>
	Aula Expositiva	Masculino	14	63,6
		Feminino	8	36,4
		<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>100,0</b>
Internato	WE	Masculino	9	60,0
		Feminino	6	40,0
		<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>100,0</b>
	Aula Expositiva	Masculino	6	35,3
		Feminino	11	64,7
		<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>100,0</b>

Para os alunos que realizaram o *Worked Example*, o tempo gasto para o estudo do material foi registrado. O tempo mínimo obtido foi de 19 minutos e o tempo máximo de 92 minutos. A média de tempo gasto foi de 48,7 minutos, intervalo de confiança - IC95% (42,1; 55,3).

A TAB. 2 mostra as médias das notas no pré-teste e pós-teste imediato. Como esperado, existe efeito significativo entre as fases do estudo (pré e pós-teste) com  $p < 0,0001$ , tanto por período do curso como por grupo de estudo, sendo as notas do pré-teste, em media, menores que as notas do pós-teste, tanto para a nota geral, que consiste no somatório das notas por tema, quanto para a avaliação separada dos três temas abordados.

TABELA 2 - Medidas descritivas e comparativas entre as duas fases do estudo quanto às notas dos alunos com base em cada um dos temas abordados, considerando-se período do curso e grupo de estudo

Grupo	Tema	Fase	n	Medidas descritivas			
				Mínimo	Máximo	Média	dp
<b>4º período</b>	Anatomia	Pré-teste	24	0,0	50,0	14,2	12,9
		Imediato	24	15,0	100,0	64,6	25,8
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>WE</b>	Mediastino	Pré-teste	24	0,0	50,0	4,9	12,5
		Imediato	24	0,0	80,0	36,5	23,1
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>WE</b>	Parênquima	Pré-teste	24	0,0	8,3	1,7	3,0
		Imediato	24	12,5	65,6	41,8	15,4
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>GERAL</b>		Pré-teste	24	0,0	26,6	6,9	6,6
		Imediato	24	11,1	70,8	46,6	14,7
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Anatomia	Pré-teste	22	0,0	33,3	9,5	10,1
		Imediato	22	0,0	95,0	48,2	27,9
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Mediastino	Pré-teste	22	0,0	56,3	10,8	16,4
		Imediato	22	0,0	65,0	39,5	23,5
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Parênquima	Pré-teste	22	0,0	16,7	1,7	4,9
		Imediato	22	0,0	65,6	31,5	25,0
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>GERAL</b>		Pré-teste	22	0,0	28,1	6,9	6,9
		Imediato	22	0,0	72,2	38,4	21,7
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Internato</b>	Anatomia	Pré-teste	15	0,0	66,7	26,4	21,5
		Imediato	15	45,0	100,0	72,7	19,4
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>WE</b>	Mediastino	Pré-teste	15	0,0	37,5	7,9	10,4
		Imediato	15	25,0	80,0	66,0	17,1
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>WE</b>	Parênquima	Pré-teste	15	0,0	70,8	30,0	21,4
		Imediato	15	34,4	75,0	60,6	12,1
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>GERAL</b>		Pré-teste	15	0,0	54,7	23,1	16,4
		Imediato	15	45,8	81,9	65,5	10,7
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Anatomia	Pré-teste	17	0,0	58,3	30,0	19,4
		Imediato	17	20,0	100,0	67,6	23,7
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Mediastino	Pré-teste	17	0,0	50,0	18,8	15,3
		Imediato	17	30,0	80,0	69,7	14,4
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>Aula Expositiva</b>	Parênquima	Pré-teste	17	0,0	70,8	32,4	21,2
		Imediato	17	46,9	71,9	66,0	10,0
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			
<b>GERAL</b>		Pré-teste	17	6,3	53,1	28,1	14,8
		Imediato	17	38,9	81,9	67,5	12,1
				<b>p &lt; 0,001</b> (Pré-teste < Imediato)			

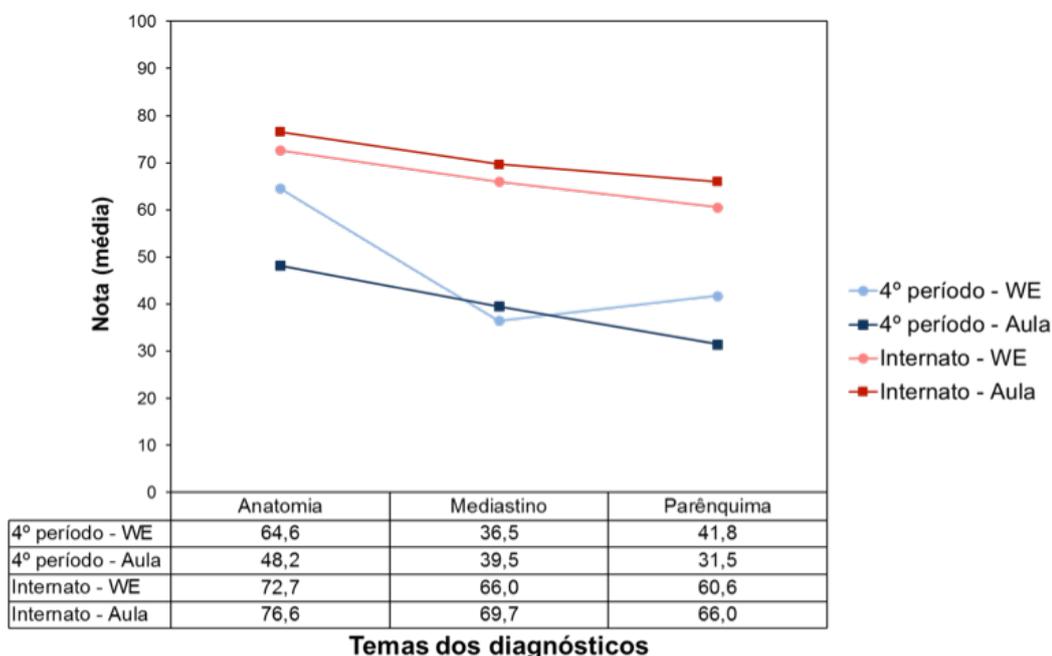
### Avaliação das notas obtidas no pós-teste imediato

As notas obtidas no pós-teste imediato são apresentadas no GRÁF. 1. Como esperado, houve efeito significativo entre as notas e o período em curso ( $F_{1; 74} = 46,008$ ;  $p < 0,001$ ) e da fase do experimento ( $F_{2; 148} = 12,222$ ;  $p < 0,001$ ), bem como da interação entre fase do estudo e período ( $F_{2; 148} = 19,452$ ;  $p < 0,001$ ).

A interação entre os grupos (WE x AE) não foi estatisticamente significativa ( $F_{2; 74} = 1,401$ ;  $p = 0,240$ ), nem quando associada a outras variáveis: período ( $F_{1; 74} = 1,091$ ;  $p = 0,300$ ), fase ( $F_{2; 148} = 3,001$ ;  $p = 0,053$ ), fase e período conjuntamente ( $F_{2; 148} = 0,309$ ;  $p = 0,734$ ).

A interação das notas com a variável tema foi estatisticamente significativa, com  $p < 0,001$ .

GRÁFICO 1 - Médias das notas dos alunos com base nos três temas em relação ao grupo de estudo e ao período do curso – fase pós-teste imediato



Os alunos dos internatos apresentaram notas médias significativamente maiores do que os alunos do 4º período no que se refere aos três temas pesquisados, como mostrado no GRÁF. 1, para os alunos do grupo AE. Para o grupo WE, essa diferença significativa entre os dois períodos do estudo ocorreu somente nos temas “mediastino” e “parênquima”.

Para os alunos do 4º período, ambos os grupos apresentaram média da nota para o tema “Anatomia” significativamente maior do que as médias das notas para os temas “mediastino” e “parênquima”. No grupo WE não houve diferença entre “mediastino” e “parênquima” e no grupo AE o parênquima obteve a menor média.

No que diz respeito aos alunos pertencentes ao internado, no grupo WE o resultado mostra que a média da nota para o tema “anatomia” foi significativamente maior do que a média da nota para o tema “parênquima”, entretanto, a nota do “mediastino” não diferiu significativamente da nota obtida pelo aluno para o tema “anatomia” nem para o tema “parênquima”. Para o grupo AE, os resultados mostram que não existiu diferença significativa entre as médias das notas obtidas pelos alunos para os três temas avaliados.

Já os resultados para os grupos mostram que somente para os alunos do 4º período na avaliação dos temas “anatomia” e “parênquima” foram observadas diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois grupos de estudo, sendo que os alunos do grupo WE apresentaram médias da nota para cada um dos temas significativamente maiores do que os alunos do grupo “aula expositiva”.

### **Avaliação do esforço mental para a fase de treinamento**

Não houve diferença estatisticamente significativa no esforço mental referido pelos alunos que fizeram aula expositiva em comparação ao WE ( $F_{1; 69} = 0,092$ ;  $p = 0,762$ ). A escala de esforço mental referida após a fase de treinamento mostrou influência estatisticamente significativa somente do período do curso ( $F_{1; 69} = 5,776$ ;  $p = 0,019$ ). Os alunos do 4º período apresentaram escore de esforço significativamente mais alto quando comparados com os alunos do internato, independentemente do grupo que estavam alocados ( $F_{1; 69} = 2,083$ ;  $p = 0,153$ ).

### **Avaliação do teste de fluência verbal pelo *Speech Graphs***

Dos 78 participantes do estudo, 71 atenderam aos requisitos para a análise do teste de fluência verbal. A maior parte das variáveis preditoras/ independentes exibiu valores de probabilidade de significância não significativos tanto para prever a nota geral quanto por temas. Somente a variável L2 foi significativa, com  $p = 0,001$  para a nota geral,  $p = 0,009$  para “anatomia”,  $p = 0,028$  para “mediastino” e  $p = 0,002$  para “parênquima”. Essa variável, quando combinada com o período e grupo, aumentou consideravelmente o coeficiente de determinação (R) de 21,9% para a

nota geral, 48,5%, portanto, com substancial aumento da capacidade do modelo em prever a nota do aluno.

## DISCUSSÃO

De maneira geral, os resultados encontrados no presente estudo não evidenciaram diferença significativa entre aula expositiva e *Worked Example*. Ademais, como esperado, houve aumento significativo da média das notas entre as fases pré e pós-teste imediato, com diferenças significativas entre as fases do curso (início x final), apresentando notas após a fase de treinamento, em média, maiores que a média das notas no pré-teste.

Todavia, é importante salientar que alguns achados das análises, quando se avaliam as médias das notas separadas por temas, obtidas pelos alunos do final do curso, foram significativamente maiores que as médias das notas dos alunos do 4º período somente no grupo aula expositiva. No grupo WE esse padrão só ocorreu para os temas “parênquima” e “mediastino”.

Como esperado, os alunos do 4º período de ambos os grupos obtiveram média das notas para o tema “anatomia” significativamente maiores do que as médias dos demais temas, provavelmente por estarem cursando uma disciplina de Anatomia durante o semestre em que realizaram a tarefa. De forma complementar, nessa fase do curso, o grupo aula expositiva apresentou a menor média para o tema “parênquima”, o que pode estar relacionado ao conteúdo estar no final do vídeo, além dos 20 minutos iniciais, ressaltando que alguns autores evidenciaram ser o melhor momento para aprendizado<sup>1,2</sup>. Isso não se repetiu no grupo internato, provavelmente devido à grande facilidade dos alunos com o tema, por já possuírem algum conhecimento teórico prévio.

Para os alunos no final do curso, percebeu-se que somente as médias das notas do tema “anatomia” do grupo WE mostraram-se maiores, com diferença significativa sobre os demais temas. Além disso, na comparação das médias das notas levando-se em conta os temas e a fase do curso, constatou-se que somente para os alunos do 4º período na avaliação dos temas “anatomia” e “parênquima” houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos, sendo que os alunos do grupo WE apresentaram médias da nota para cada um dos temas significativamente maiores do que os alunos do grupo “aula expositiva”.

Esses resultados revelam o melhor desempenho do *Worked Example* como método de ensino para o tema anatomia no presente estudo, sobretudo para alunos no início do curso. Tal achado corrobora as publicações sobre educação, que realçam que tal estratégia tem mais importância nos estágios iniciais da aquisição de habilidades cognitivas, como relatado por Atkinson *et al.* em uma revisão sobre pesquisas com o uso de *Worked Example*, nos mais variados campos de conhecimento, como Matemática Básica, música, programação, xadrez, entre outros<sup>13</sup>.

A média de tempo gasto pelos alunos para a realização do *Worked Example* foi semelhante ao tempo de duração da aula teórica e não houve diferença estatisticamente significativa para o esforço referido pelos alunos para a realização das tarefas entre os dois grupos. Como esperado, para esta pesquisa, o esforço mental referido pelo alunos do 4º período foi significativamente mais expressivo do que o esforço referido pelos alunos no final do curso, provavelmente relacionado à falta de conhecimento prévio, exigindo mais esforço para realizar as atividades propostas. Esse é um dado importante na consideração do ensino de Radiologia na graduação quanto ao momento do curso de inserção das disciplinas.

Outros autores mostraram benefícios da inserção precoce de conteúdos sobre Radiologia nos currículos da graduação<sup>17,18</sup>. Comparação dos resultados de testes direcionados para a aquisição de conhecimentos e atitudes dos alunos em relação à especialidade de Radiologia e aplicados a alunos antes e após uma mudança curricular que consistiu na introdução de conteúdos de Radiologia para alunos do primeiro ano da graduação nas disciplinas de Anatomia e Neurociências da Universidade de Pittsburgh<sup>17</sup>. Nessa pesquisa, os autores demonstraram benefícios da introdução precoce dos conteúdos tanto em relação a interesse e familiaridade com a especialidade, como no aprendizado de Radiologia<sup>17</sup>.

Já avaliando a introdução de conteúdos de Radiologia para estudantes de Medicina também no primeiro ano da graduação, autores examinaram também atitudes e interesses dos estudantes pela especialidade, achando melhores resultados naqueles que cursaram as disciplinas de Radiologia precocemente no curso<sup>18</sup>.

Na revisão bibliográfica empreendida pelas palavras “*medical education, radiology and Worked Example*”, não foram encontrados estudos que mostrassem diretamente o uso da técnica *Worked Example* para o ensino na Radiologia. Há de

se considerar, ainda, que os estudos instrucionais com conteúdos radiológicos diferem quanto aos resultados quando aulas expositivas são usadas na metodologia.

Estudo randomizado, controlado, foi realizado com 47 alunos do internato de Pediatria da Universidade da Pensilvânia, comparando o uso de aula expositiva tradicional baseada em casos clínicos com o uso da metodologia de “*Flipped Classroom*” no ensino de Radiologia Pediátrica<sup>19</sup>. Nesse método, o aluno era encorajado a realizar uma tarefa preparatória em casa, na qual havia casos para análise, e aplicar os princípios aprendidos na aula com o professor. Os pesquisadores encontraram elevados escores nos testes realizados entre os alunos que usaram a metodologia do “*Flipped Classroom*”. A metodologia usada no preparo do aluno em seu estudo individual previamente à aula se assemelha à proposta do *Worked Example*, porém não são comparáveis, porque o estudante associa conhecimentos adquiridos na prática com o professor.

Em estudo com 100 alunos da Universidade da Califórnia, foi analisado o ensino de Radiologia Pediátrica em um módulo de doenças do trato gastrointestinal para estudantes da graduação nos anos dos internatos. Nessa investigação, compararam aulas expositivas e a aplicação de um jogo interativo digital de formato popular entre os estudantes e encontrou-se melhor aprendizado entre os estudantes que assistiram às aulas<sup>20</sup>.

O uso de aulas expositivas foi comparado com a estratégia de TBL para o ensino da aplicação de critérios do *American College of Radiology* (ACR) na escolha de exames radiológicos em diferentes situações clínicas<sup>21</sup>. O estudo envolveu várias fases, com pré-teste, pós-teste imediato e pós-teste tardio após três meses do pré-teste. A pesquisa foi realizada com alunos dos internatos, também como a nossa, sem diferenciação de período. O total de 221 alunos realizou o pré-teste, 215 o pós-teste imediato e 39 o teste tardio. Foram usadas questões de múltipla escolha, com o mesmo conteúdo para os testes, porém com cenários diferentes para os casos. O teste tardio foi em formato *online*. Como na presente pesquisa, foi encontrada diferença significativa entre as notas do pré-teste e dos testes realizados após a fase de treinamento, porém também não encontraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos do estudo, bem como não houve diferença quando as notas foram comparadas com a experiência clínica. A experiência clínica foi definida com o número de internatos que o aluno cursou; quanto maior esse número, maior a experiência. Como no nosso estudo, não houve

diferença significativa com o método que foi comparado (TBL) e aula expositiva.

Já em outra pesquisa, o intuito foi avaliar a opinião dos alunos dos internatos da Universidade da Califórnia sobre as aulas expositivas de Radiologia realizadas durante um ano. Autores aplicaram questionários após as palestras realizadas nesse período, com participação de 77 alunos, e encontraram avaliações positivas e negativas sobre aulas expositivas<sup>22</sup>. As características mais relacionadas às aulas classificadas com maiores notas e, portanto, melhores foram “interativas”, “divertidas/envolventes” e “práticas/conteúdo relevante”. As características relacionadas a piores avaliações foram: “falta de interatividade”, “estrutura pobre” (provavelmente relacionada à forma como o conteúdo foi apresentado), “excesso de informações”<sup>22</sup>.

Tendo em vista esses resultados das pesquisas que envolviam aula expositiva na metodologia e Radiologia, provavelmente a aceitação por parte dos alunos e o aprendizado poderia ser influenciado tanto pelo formato da aula expositiva como dos métodos que foram comparados.

O presente estudo apresenta como limitação o reduzido número de participantes. No entanto, estudos com essa perspectiva mostraram número de participantes semelhantes ou até menores, na fase tardia<sup>19,21,22</sup>, todos já comentados. Além disso, também não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os diferentes períodos relacionados aos alunos dos internatos que realizaram o pré-teste<sup>22</sup>.

Na avaliação dos atributos extraídos dos testes de fluência verbal pelo *Speech Graphs*, só as variáveis não explicaram o desempenho do aluno no pós-teste imediato. Somente a variável L2 foi estatisticamente significativa para prever a *performance* do aluno e, portanto, potencialmente relacionada ao aprendizado, mas com baixo coeficiente de determinação. Esperava-se que, como na variável L2, outros atributos fossem estatisticamente significativos, como L3, diâmetro e densidade. Avaliando crianças em fase de alfabetização e usando discurso livre, foi demonstrada correlação significativa entre memória de curto prazo e a variável LSC<sup>23</sup>, que poderia se comportar como o diâmetro no nosso estudo. Nessa pesquisa, foram avaliados os atributos do *Speech Graphs* no discurso livre após crianças entre seis e oito anos serem apresentadas a figuras e estimuladas a relatar o que viram<sup>23</sup>.

A variável L2 indica repetição de palavras entre somente duas palavras reproduzidas corretamente, tratando-se de uma medida de erro. Portanto, a média dessa variável relacionou-se a pior desempenho no pós-teste e pior aprendizado. Isso foi reforçado quando se analisou o período e grupo conjuntamente com a variável. Esperava-se pior desempenho dos alunos do início do curso, devido ao pouco conhecimento léxico e técnico do conteúdo ministrado, com pior desempenho esperado no teste de fluência verbal. Quando esses fatores foram somados à análise, houve reforço do desempenho da variável L2. Isso provavelmente pode ser explicado pelo baixo número de palavras totais por participante, ou N, e por falhas na metodologia, como instruções inadequadas. Como não existe um padrão-ouro para o teste, visto que, na prática clínica, ele é usado em outro contexto que não a verificação de aprendizado, com outros grupos de participantes (idosos ou portadores de doenças mentais), a comparação com um número total de palavras reproduzidas fica restrita. Uma possível resolução desse achado seria a inclusão de um grupo-controle que tivesse mais conhecimento técnico e léxico do conteúdo, como residentes em Radiologia ou radiologistas.

Em suma, a escolha da técnica de ensino de Radiologia para estudantes de Medicina deve ser individualizada em cada instituição, pois depende de vários fatores como tempo disponibilizado para as disciplinas, fase do curso em que as disciplinas são incluídas, disponibilidade de professores e recursos. A técnica *Worked Example* permite ensino individualizado, centrado no aluno, que pode ser direcionado pelo professor para o que é mais relevante no conteúdo. Além disso, pode ser muito interessante em aprendizes nas fases iniciais. Potencialmente pode ser usada em formatos digitais e como preparação para aulas práticas, seja de Radiologia ou na prática clínica dos internatos de outras especialidades médicas. Todas essas características favoráveis do método são amplamente aplicáveis e reproduzíveis e mostram-se, no nosso estudo, igualmente eficazes a um formato de ensino consolidado em interpretação de imagens como as aulas expositivas.

## REFERÊNCIAS

1. Schiller PT, Phillips AW, Straus CM. Radiology education in medical school and residency: the views and needs of program directors. *Acad Radiol*, 2018 Oct.; 25(10):1333-1343. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29748045>>.

2. Gunderman RB, Stephens CD. Teaching medical students about imaging techniques. *AJR Am J Roentgenol*, 2009 Apr.; 192(4):859-61. ISSN 1546-3141. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19304686>>.
3. Straus CM, Webb EM, Kondo KL, Phillips AW, Naeger DM, Carrico CW, *et al.* Medical student radiology education: summary and recommendations from a national survey of medical school and radiology department leadership. *J Am Coll Radiol*, 2014 Jun.; 11(6):606-10. ISSN 1558-349X. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24713496>>.
4. Kourdioukova EV, Valcke M, Derese A, Verstraete KL. Analysis of radiology education in undergraduate medical doctors training in Europe. *Eur J Radiol*, 2011 Jun.; 78(3):309-18. ISSN 1872-7727. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20846805>>.
5. Chojniak R, Carneiro DP, Moterani GS, Duarte ID, Bitencourt AG, Muglia VF, *et al.* Mapping the different methods adopted for diagnostic imaging instruction at medical schools in Brazil. *Radiol Bras*, 2017 Jan-Feb; 50(1):32-37. ISSN 0100-3984. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28298730>>.
6. Slanetz PJ, Mullins ME. Radiology education in the era of population-based Medicine in the United States. *Acad Radiol*, 2016; 23(7):894-7. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27079567>>.
7. Mustafa T, Farooq Z, Asad Z, Amjad R, Badar I, Chaudhry AM, *et al.* Lectures in medical education: what students think? *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 2014 Jan-Mar.; 26(1):21-5. ISSN 1025-9589. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25358209>>.
8. Wilson KH, Korn J. Attention during lectures: Beyond ten minutes. *Teach Psychol*, 2007; 34.
9. Zinski A, Blackwell KTCPW, Belue FM, Brooks WS. Is lecture dead? A preliminary study of medical students' evaluation of teaching methods in the preclinical curriculum. *Int J Med Educ*, 2017; 8:326-333. ISSN 2042-6372. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28945195>>.
10. Masters K. Edgar Dale's pyramid of learning in medical education: A literature review. *Med Teach*, 2013; 35(11);e1584-e1593 ISSN 0142-159X. Disponível em: <<https://doi.org/10.3109/0142159X.2013.800636>>.
11. Kok EM, van Geel K, van Merriënboer JJ, Robben SG. What We do and do not know about teaching medical image interpretation. *Front Psychol*, 2017; 8:309-309. ISSN 1664-1078. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28316582>>..
12. Stark R, Kopp V, Fischer MR. Case-based learning with worked examples in complex domains: Two experimental studies in undergraduate medical education. *Learn Instruct*, 2011; 21(1):22-33. ISSN 0959-4752. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475209001029>>.

13. Atkinson RK, Derry SJ, Renkl A, Wortham D. Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Rev Educ Res*, 2000; 70(2):181-214. ISSN 0034-6543. Disponível em: <<https://doi.org/10.3102/00346543070002181>>.
14. Sweller J. The worked example effect and human cognition. *Learn Instruct*, 2006; 16(2):165-169. ISSN 0959-4752. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475206000193>>.
15. Mota NB, Vasconcelos NA, Lemos N, Pieretti AC, Kinouche E, Cecchi GA, *et al.* Speech graphs provide a quantitative measure of thought disorder in psychosis. *PLoS One*, 2012; 7(4):e34928. ISSN 1932-6203. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22506057>>.
16. Bertola L, Mota NB, Copelli M, Riverto T, Diniz B, Romano-Silva MA, *et al.* Graph analysis of verbal fluency test discriminate between patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and normal elderly controls. *Front Aging Neurosci*, 2014; 6(185). ISSN 1663-4365. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2014.00185>>.
17. Branstetter BF, Faix LE, Humphrey AL, Schumann JB. Preclinical medical student training in radiology: the effect of early exposure. *AJR Am J Roentgenol*, 2007 Jan; 188(1):W9-14. ISSN 1546-3141. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17179333>>.
18. Kraft M, Sayfie A, Klein K, Gruppen L, Quint L. Introducing first-year medical students to radiology: implementation and impact. *Acad Radiol*, 2018 Jun; 25(6):780-788. ISSN 1878-4046. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30691773>>.
19. El-Ali A, Kamal F, Cabral CL, Squires JH. Comparison of traditional and web-based medical student teaching by radiology residents. *J Am Coll Radiol*, 2019; 16(4):492-495. ISSN 1546-1440. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.09.048>>.
20. Courtier J, Webb EM, Phelps AS, Naeger DM. Assessing the learning potential of an interactive digital game versus an interactive-style didactic lecture: the continued importance of didactic teaching in medical student education. *Pediatr Radiol*, 2016 Dec.; 46(13):1787-1796. ISSN 1432-1998. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27580908>>.
21. Stein MW, Frank SJ, Roberts JH, Finkelstein M, Heo M. Integrating the ACR appropriateness criteria into the radiology clerkship: Comparison of didactic format and group-based learning. *J Am Coll Radiol*, 2016 May; 13(5):566-70. ISSN 1558-349X. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26908202>.

22. Jen A, Webb EM, Ahearn B, Naeger DM. Lecture evaluations by medical students: Concepts that correlate with scores. *J Am Coll Radiol*, 2016; 13(1):72-76. ISSN 1546-1440. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.06.025>>.
23. Mota NB, Callipo R, Leite L, Torres AR, Weissheimer J, Bunge SA, *et al.* Verbal Short-Term memory underlies typical development of “Thought Organization” measured as speech connectedness. *Mind, Brain and Education*, 2019 Jul.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia de desenvolver este trabalho foi fomentada pela minha experiência como residente em Radiologia, ao perceber a dificuldade de aprendizado em uma área com que os estudantes de Medicina têm pouco contato durante a graduação. E também por ver que os residentes de outras especialidades tinham não só a mesma dificuldade e sentimento de que a sua formação médica foi falha nesse sentido, como reconheciam a importância de mais conhecimentos para melhorarem a *performance* em outras áreas.

Nossa proposta inicial era desenvolver um estudo que abordasse o ensino de Radiologia com diferentes técnicas de ensino e envolvendo o estudo da movimentação ocular pelo *eye tracking*. O emprego dessa tecnologia iria ao encontro do que foi encontrado na literatura sobre as habilidades cognitivas necessárias para a interpretação de imagens, envolvendo percepção, atenção, rotação mental aliado ao conteúdo teórico necessário.

Dessa forma, foi criado um projeto de pesquisa em ensino de Radiologia que englobou a aquisição de conhecimentos e habilidades em interpretação de imagens, voltado para alunos, residentes de Radiologia e de outras especialidades, bem como médicos que tivessem a necessidade desse tipo de capacitação. Diferentemente de muitos trabalhos da literatura, nosso foco seria o aluno ou médico e sua capacidade diagnóstica, e não diretamente relacionado ao desenvolvimento de tecnologias de inteligência artificial.

Para isso, ao objetivo principal norteador do trabalho, que era a análise de diferentes técnicas de ensino em Radiologia, foram associados aspectos da Neuropsicologia, notadamente estudos de inteligência, habilidades espaciais e cognição. Nessa perspectiva, foi incluída a análise de ondas eletroencefalográficas com um equipamento denominado Emotiv. A associação desses conhecimentos e tecnologias possibilita amplo estudo, alinhado ao que está sendo investigado em outros centros de pesquisa, importante na formação médica e com reduzido número de trabalhos na literatura.

Foram encontradas várias barreiras nesse percurso desde 2015 e conseguiu-se boa adesão dos alunos da graduação e ótimas avaliações individuais sobre o trabalho. Uma das barreiras foi o uso do *eye tracking*, que restringia o horário e o número de alunos para coleta de dados, inviabilizando a defesa de mestrado em

tempo hábil. Além disso, deparou-se com a falta de disponibilização de recursos físicos, como laboratório de informática que atendesse maior número de alunos, para realizar as coletas simultaneamente.

Ainda assim, conseguiu-se desenvolver a pesquisa como foi proposta, realizando as coletas de testes psicológicos, dados encefalográficos e fases tardias de protocolos, porém ainda sem um número ideal para publicação.

Espera-se manter este trabalho, criando bases sólidas para o desenvolvimento de pesquisas e publicações, finalizando os dados que já se começou a coletar, como os dados do Emotiv e dos testes psicológicos, e desenvolvendo novos experimentos.

## APÊNDICES E ANEXO

### Apêndice A – Termo de consentimento livre e esclarecido para estudantes de Medicina

Número de matrícula ou identificação: \_\_\_\_\_

#### **Título do Projeto: Avaliação de diferentes estratégias de ensino de Radiologia por meio da avaliação da movimentação ocular pelo *eyetracking***

Prezado(a) estudante,

Um dos desafios enfrentados por um professor de Medicina é contribuir para que seus alunos adquiram os conhecimentos e desenvolvam a capacidade necessária para fazer o diagnóstico diferencial dos problemas clínicos mais relevantes. Isso envolve o domínio de grande quantidade de informações sobre os mecanismos fisiopatológicos subjacentes às doenças ou às suas manifestações clínicas, além do desenvolvimento de habilidades para aplicar tais conhecimentos na resolução de problemas clínicos. Nesse contexto, o principal objetivo do ensino de Radiologia para o estudante de Medicina é capacitar o médico para reconhecer achados radiológicos característicos e sua correlação clínico-radiológica, com o objetivo de diagnosticar doenças, bem como auxiliar no raciocínio clínico, aumentando a acurácia diagnóstica.

O ensino em Radiologia e Radiodiagnóstico vem sofrendo alterações significativas nos últimos anos em virtude do desenvolvimento permanente do método e também pelo crescimento acentuado das suas aplicações, caracterizando-se por ampla gama de conhecimentos em diversas modalidades de diagnóstico por imagem, bem como por ampla aplicabilidade em diversos contextos clínicos.

Observa-se crescente necessidade de otimização do treinamento didático de alunos e residentes. A fim de avaliar o impacto do uso de diferentes formas de ensino em Radiologia na competência diagnóstica de estudantes de Medicina, estamos conduzindo este estudo, no qual você, caso aceite, irá participar de uma intervenção educacional por meio do uso de diferentes estratégias didáticas como parte da metodologia proposta, da seguinte forma:

- a) Primeira fase: serão aplicados testes por psicólogo, consistindo do teste de inteligência, teste de autoeficácia e teste motivacional, além de um rápido teste de conhecimentos sobre Radiologia Torácica, durando cerca de quatro minutos.
- b) Segunda fase: o participante poderá assistir a uma aula expositiva com duração de 40 minutos ou fazer a leitura de um caderno contendo a descrição detalhada de imagens radiológicas. Após 30 minutos desse treinamento, será realizado um teste rápido, com duração de quatro minutos, envolvendo perguntas diretas e casos clínicos nos quais você deverá indicar seu diagnóstico.
- c) Terceira fase: após sete dias, será realizado um novo teste, como na fase dois.

Durante a realização dos testes, será utilizado um equipamento denominado *Eye Tracking* e um dispositivo portátil de eletroencefalograma. O *Eye Tracking* analisa a movimentação ocular por meio de imagens obtidas por uma câmera de vídeo acoplada em um óculos. O dispositivo de eletroencefalograma usa eletrodos colocados no couro cabeludo que medem as flutuações de tensão resultante da corrente iônica dentro dos neurônios do cérebro. Trata-se de técnicas não invasivas e o uso desses equipamentos não acarreta prejuízo funcional ou para a saúde do participante. E caso ocorra algum desconforto ou cansaço, o participante poderá solicitar a retirada dos equipamentos, bem como pausas para descanso.

Todas as fases do estudo serão realizadas no Centro de Medicina Molecular, situado na Faculdade de Medicina da UFMG.

Embora seja muito importante para a nossa pesquisa a sua participação, você tem liberdade de escolher participar ou não, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo, bem como poderá desistir da participação em qualquer fase do estudo. Os dados colhidos serão utilizados apenas para a pesquisa proposta, não podendo servir para avaliação em qualquer disciplina do curso ou para qualquer outro fim. Não é necessária a identificação do aluno e seus resultados não serão divulgados individualmente, nem nominalmente, sendo do conhecimento apenas dos pesquisadores ou do próprio aluno, se assim este manifestar interesse, impedindo, dessa forma, qualquer tipo de exposição ou constrangimento do participante. Todos os dados colhidos serão armazenados por cinco anos em local específico determinado para tal finalidade no Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina da UFMG.

Este termo de consentimento constando de três páginas numeradas seguirá em duas vias (uma dos pesquisadores e uma do participante) com espaço destinado para rubricas. Durante o projeto, você pode se dirigir aos pesquisadores mencionados neste documento para quaisquer esclarecimentos ou ao Comitê de Ética em Pesquisas da UFMG, situado na Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627, Unidade Administrativa II (prédio da Fundep), 2º andar, sala 2005, ou telefone 3409-4595.

Pesquisadores responsáveis:

**Professor Cássio da Cunha Ibiapina**

*Email:* cassioibiabina@terra.com.br Telefone: xxxxx

**Professor Leandro Malloy**

*Email:* malloy.diniz@gmail.com Telefone: xxxxx

**Mestranda Paola Isabel Silva Barros**

*Email:* paolasbarros@yahoo.com.br Telefonexxxxx

Após ter lido o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido referente ao projeto “**Avaliação de diferentes estratégias de ensino de radiologia por meio da avaliação da movimentação ocular pelo eyetracking**” e ter tido oportunidades para esclarecer todas as minhas dúvidas, concordo em participar da pesquisa. Assino o presente termo de consentimento livre e esclarecido e recebo uma via deste documento.

Assinatura:

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

## Apêndice B - Tabelas suplementares

TABELA SUPLEMENTAR 1 - Medidas descritivas dos alunos quanto à idade, por período e grupo de estudo

Período	Grupo	n	Medidas descritivas			
			Mínimo	Máximo	Média	dp
4º	WE	24	19,0	27,0	21,3	1,9
	Aula Expositiva	22	19,0	33,0	22,2	3,4
	<b>GERAL</b>	<b>46</b>	<b>19,0</b>	<b>33,0</b>	<b>21,7</b>	<b>2,7</b>
Internato	WE	15	24,0	35,0	27,7	3,5
	Aula Expositiva	17	23,0	35,0	26,6	3,5
	<b>GERAL</b>	<b>32</b>	<b>23,0</b>	<b>35,0</b>	<b>27,1</b>	<b>3,5</b>