

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL**

**CASSIANO MARTINS**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO INTRODUTÓRIO DA**  
**FÍSICA APLICADA À RADIOLOGIA EM NÍVEL TÉCNICO**

**CAXIAS DO SUL, RS**

**MAIO**

**2022**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E**  
**MATEMÁTICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO INTRODUTÓRIO DA**  
**FÍSICA APLICADA À RADIOLOGIA EM NÍVEL TÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação do Prof. Francisco Catelli e coorientação de Fernanda Miotto, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**CAXIAS DO SUL**  
**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

M386s Martins, Cassiano

Sequência didática para o ensino introdutório da física aplicada à radiologia em nível técnico [recurso eletrônico] / Cassiano Martins. – 2022.  
Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2022.

Orientação: Francisco Catelli.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Física - Estudo e ensino. 2. Física médica. 3. Radiologia. 4. Radiografia. 5. Aprendizagem. I. Catelli, Francisco, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 37.016:53

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

**CASSIANO MARTINS**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO INTRODUTÓRIO DA  
FÍSICA APLICADA À RADIOLOGIA EM NÍVEL TÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**Aprovado em 14/03/2022.**

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Francisco Catelli  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Fernanda Miotto  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. José Arthur Martins  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Guilherme Josué Machado  
Instituto Federal do Rio Grande do Sul – IFRS

## RESUMO

A proposta apresentada neste projeto de pesquisa visou o ensino introdutório, em nível técnico, dos conceitos acerca da produção e das interações da radiação X com a matéria, fenômenos associados à produção da imagem radiográfica. Para isso, foi elaborada uma sequência didática, uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), proposta originalmente por Moreira (2011), a qual foi aplicada em sete encontros. A UEPS foi proposta objetivando a aprendizagem significativa, e para auxiliar nesse objetivo, foi empregada a teoria dos modelos, tal como proposta por Le Moigne, em 1987. As situações-problema foram escolhidas de modo a elucidar as formas de produção, os parâmetros de exposição e os fenômenos de atenuação da Radiação X pela matéria. As atividades propostas foram de cunho colaborativo, e visaram a assimilação desses conceitos de forma progressiva. O produto associado a esta dissertação consiste de quatro vídeos, disponibilizados na internet, nos quais os interessados, professores e (ou) estudantes, poderão ter acesso aos conteúdos e às experimentações, tal como propostas na sequência didática associada a esta dissertação.

Palavras chave: Física aplicada à radiologia, sequência didática, aprendizagem significativa, imagem radiográfica

## ABSTRACT

The proposal presented in this research project is directed to the introductory teaching, at a technical level, of the concepts about the production and interactions of X-radiation with matter, phenomena associated with the production of the radiographic image. For this, a didactic sequence was elaborated; a potentially significant teaching unit (UEPS), originally proposed by Moreira (2011), was applied in seven meetings. The UEPS was proposed aiming at meaningful learning, and to reach this objective, the theory of models was used, as proposed by Le Moigne, in 1987. The problem situations were chosen in order to elucidate the forms of production, the parameters of exposure and the phenomena of attenuation of X-Radiation by matter. The proposed activities were collaborative and aimed at the progressive assimilation of these concepts. The product associated with this dissertation consists of four videos, available on the internet, in which interested parties, teachers and (or) students, can have access to the contents and experiments, as proposed in the didactic sequence associated with this dissertation.

Keywords: Physics applied to radiology, didactic sequence, meaningful learning, radiographic image

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
1.1. Descrição do contexto.....	9
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>12</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
4.1. A Teoria da Aprendizagem de Ausubel.....	15
4.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.....	18
4.2.1. <i>Etapas da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS.....</i>	<i>18</i>
4.3. Modelos segundo Le Moigne.....	21
4.3.1. <i>O que é um Modelo?.....</i>	<i>21</i>
4.4. Laboratórios de Radiologia.....	22
4.5. Física Aplicada à Radiologia – Física Médica.....	23
<b>5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>31</b>
5.1. 1ª etapa da UEPS.....	31
5.2. 2ª etapa da UEPS – 1º encontro.....	32
5.3. 3ª e 4ª etapas da UEPS – 2º encontro.....	34
5.4. 5ª etapa da UEPS – 3º encontro.....	39
5.5. 6ª etapa da UEPS – 4º encontro.....	43
5.6. 7ª etapa da UEPS – 5º encontro.....	48
5.7. 7ª etapa da UEPS – 6º encontro.....	51
5.8. 7ª etapa da UEPS – 7º encontro.....	53
5.9. 8ª etapa da UEPS.....	59
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
6.1. A Busca de Subsúnciores.....	59
6.2. As Contribuições dos Objetos-Modelo.....	63
6.2.1. <i>Prática 01 – Uma Ideia em um Modelo.....</i>	<i>63</i>
6.2.2. <i>Prática 02 – Densidade Radiográfica.....</i>	<i>65</i>
6.3. Dedicção e Comprometimento na Elaboração dos Glossários.....	66
6.4. Aprendizagem Colaborativa nos Laboratórios de Ensino de Radiologia.....	68
6.5. Indicativos da Aprendizagem Significativa em Soluções de Situações-problema.....	70
6.6. Indicativos da Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais.....	74

<b>7. LIÇÕES EM VÍDEO – PRODUTO.....</b>	<b>86</b>
<b>7.1. Concepção dos Vídeos.....</b>	<b>87</b>
<b>7.2. Endereços dos Vídeos, visualizações.....</b>	<b>88</b>
<b>7.3. Potencial de exploração do Produto.....</b>	<b>89</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>10. APÊNDICE A – CRONOGRAMA E CONTEÚDOS da UEPS.....</b>	<b>96</b>
<b>11. APÊNDICE B – Template para confecção dos relatórios.....</b>	<b>99</b>
<b>12. ANEXO A – GLOSSÁRIO.....</b>	<b>101</b>
<b>13. ANEXO B – RELATÓRIOS.....</b>	<b>103</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No estudo da radiologia, uma ciência interdisciplinar constituída pela integração de conceitos Físicos tais como eletricidade, eletromagnetismo, matéria, energia e interações da energia com a matéria, necessita de um domínio pelo menos preliminar dos fenômenos envolvidos por parte do profissional ocupacionalmente exposto.

Propostas ativas de ensino da Radiologia são relatadas na medicina através de simulação de rotinas ou de discussão de casos, elas em geral estão relacionadas ao tratamento e ou diagnóstico médico, sendo relativas às etapas da formação profissional (DOMINGUES, FREITAS & SILVA, 2016, p. 43). A “prática ativa”, é um instrumento fundamental para aprendizagem significativa no entanto, seu emprego é praticamente restrito à graduação e pós-graduação (JUNIOR, 2007, pág. 192).

A proposta apresentada neste projeto de pesquisa visa a introdução, em nível técnico, dos conceitos acerca das interações da radiação X com a matéria, em especial, o efeito Compton, fenômeno ao qual é relacionada a atenuação da Radiação X responsável pela informação energética que forma a imagem radiográfica (JUNIOR 2006).

Conduzida pela Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS (MOREIRA 2011), que visa a Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), a proposta do projeto emprega a teoria dos modelos proposta por Le Moigne (1987), adaptada aos modelos de interação da Radiação X com a matéria.

Nesse projeto de pesquisa, a aprendizagem como domínio de situações-problema envolveu geração e aplicação da Radiação X à radiologia radiográfica, situações estas propostas em nível crescente de complexidade (MOREIRA, 2011, pág. 4). A organização dos conceitos pode ser usada para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro (MOREIRA, 2011, pág. 5).

A organização das atividades propostas forma uma sequência didática de ensino, proposta originalmente por Moreira (2011), uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS. A sequência didática tem seu desafio descrito nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, as DCN'S: [...] conduzir a autonomia intelectual e moral do indivíduo, considerando seus interesses e necessidades para a formação intelectual, social, física, emocional e seu contexto sociocultural.

Este projeto de pesquisa contempla os oito passos da UEPS, Moreira (2011), e foi aplicado em sete encontros. Inicialmente escolhemos o tema da UEPS, “*Sequência Didática para o Ensino*

*Introdutório da Física Aplicada À Radiologia em Nível Técnico*”, sendo essa escolha a primeira etapa da UEPS.

Na segunda etapa, foi realizada por meio de questionário a identificação dos conhecimentos prévios ou subsunçores dos estudantes sobre a radiação; no encontro seguinte, foi realizado o reconhecimento dos conceitos de formação da imagem radiográfica. Para auxiliar neste reconhecimento foi empregada uma situação-problema que envolveu um objeto-modelo e experimentação. Esse encontro fundiu a terceira e quarta etapa da unidade.

Na quinta etapa, a situação-problema apresentada foi mais complexa, pois envolveu o reconhecimento e a distinção dos fenômenos físicos envolvidos no registro da imagem radiográfica; novamente, na sexta etapa da unidade, um novo experimento com um objeto modelo ajudou no reconhecimento do conceito de atenuação da radiação X pela matéria e conseqüentemente as suas implicações na formação da imagem radiográfica. Os encontros seguintes, foram dedicados aos laboratórios de simulação nos quais as situações-problema apresentadas permitiram a retomada dos conceitos mais significativos para a formação da imagem radiográfica com o uso dos Raios X em uma perspectiva integradora.

As evidências do cumprimento dos objetivos planejados para cada um dos encontros citados, foram registrados por meio da execução das atividades propostas de forma individual e em grande grupo. Esse projeto apresenta alguns registros que permitiram avaliar a dedicação e o comprometimento do estudante ao realizar algumas das atividades propostas, comprometimento esse que pode ser constatado, como será apresentado mais adiante, em recortes de textos escritos a mão pelos alunos, e posteriormente digitados pelo pesquisador.

Os métodos de avaliação constituem-se numa das principais preocupações dos professores. Nesta dissertação, as melhorias no processo de ensino e aprendizagem só foram de fato assim consideradas quando apresentaram o potencial de serem significativas, de tal modo que os métodos de avaliação pudessem fornecer indícios de assimilação, acrescidos eventualmente de reflexões sobre os conceitos estudados. De fato, “[...] a aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição/construção de significados. ” (MOREIRA, CABALLERO, RODRIGUEZ, 1997, p. 26). Diagramas de significados, que permitem inferir relações entre conceitos, os mapas conceituais, foram explorados neste trabalho de pesquisa, e foram considerados importantes indicadores de uma aprendizagem significativa: “[...] mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro, (MOREIRA, 2011, pág. 5)”.

A UEPS “*Conceitos Físicos Fundamentais da Radiologia, Numa Perspectiva de Ensino Profissionalizante*”, apresentou-se como um meio de ensino diferenciado para a construção da

aprendizagem significativa, o que ficou bastante bem estabelecido por ocasião da análise dos indícios registrados nos desempenhos dos estudantes em atividades de elaboração de mapas conceituais.

O anseio em registrar a busca pela informação e a retomada dos conceitos estudados pelos estudantes em uma perspectiva extraclasse, fomentada pela necessidade de avaliação da unidade proposta nesse projeto, desencadeou a criação de um conjunto de vídeos intitulados “*Lições em Vídeo*” (Ver os endereços na sessão 7-2, p. 85). O produto desenvolvido está disponível na internet e além de “rever as aulas”, os estudantes podem fazer questionamentos através do espaço reservado para comentários, compartilhar esses vídeos e as possíveis indagações através de outras mídias sociais.

Em todas as áreas da radiologia, mas não apenas nela, bem entendido, existe uma fusão entre o estudo da tecnologia e o conhecimento científico pertinente. Compreendemos que a educação científica faz parte da formação do estudante como parte do processo educativo. A construção do conhecimento no ensino de radiologia de forma exploratória acrescenta elementos importantes para a formação de estudantes que vão para a universidade, para estudar, pesquisar, elaborar e produzir conhecimento, (DEMO, 2014). Esta sequência didática, embora seja voltada a educação de radiologia em cursos técnicos, com o devido direcionamento, também pode ser aplicada à educação de radiologia em escolas de Ensino Médio, tendo como objetivo, o reconhecimento das ciências que fundamentam o emprego e a importância da radiologia para a sociedade.

### **1.1. Descrição do contexto**

Este projeto, aplicado nos moldes de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS, foi desenvolvido no Curso Técnico de Radiologia da Escola de Educação Profissional Nossa Senhora de Fátima de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. Participaram integralmente desse estudo vinte e quatro estudantes ingressantes do curso técnico de radiologia com faixa etária entre dezoito anos e trinta e três anos.

Além do ambiente da sala de aula, o laboratório de radiologia foi crucial para desenvolver abordagens para o ensino com aspectos relevantes e adequados à aplicação da UEPS. Os estudantes do curso técnico possuem, além do laboratório de radiologia, um laboratório de informática, um laboratório de anatomia e biblioteca com área de estudos. A utilização dos laboratórios de anatomia e radiologia deve ser agendada, e isso é feito sob supervisão do responsável institucional.

Não se presumiu, pela natureza do curso e pela faixa etária dos estudantes, que os mesmos possuíam conhecimentos específicos sobre radiologia ou radiações, e (ou) desenvoltura para manifestar esses conhecimentos. O curso técnico de radiologia ofereceu conteúdos compreendidos em seus componentes curriculares que abrangem a radiologia cotidiana, no entanto, coube ao professor elaborar e incluir em seus planos de estudos estratégias e materiais potencialmente significativos para que estudantes pudessem reconhecer a aplicação e a importância da ciência estudada.

A intenção inicial, segunda etapa da UEPS, foi instigar expressão dos conhecimentos dos estudantes acerca da radiologia e a relevância dos mesmos em seu cotidiano. Foi necessário preparar o estudante para questionamentos ligados à física e à matemática, e a entender a importância de suas aplicações na radiologia.

Os conhecimentos a respeito da Interação da Radiação X com o corpo humano, e os resultados das suas aplicações radiológicas, foram consequências de sínteses fundamentadas nas informações fornecidas durante os encontros dedicados a aulas expositivas, resolução de questionários e levantamento de dados históricos. A apresentação física dos componentes elétricos e a investigação dos princípios físicos de funcionamento dos equipamentos de Raios X para efeitos diagnósticos, foi reforçada durante o período situado entre a segunda e terceira etapa desta UEPS.

Assim, os conhecimentos significativos como tensão elétrica, e a unidade preferencialmente empregada na radiologia, o quilovolt (kV), bem como a corrente elétrica (aqui também, na unidade preferencial de mA), necessários para a produção e aplicação precisa da Radiação X, foram estudados de forma convencional, com atividades de manipulação de peças de equipamentos de Raios X, de resolução e confecção de portfólios, glossários e avaliações individuais escritas. Atividades que necessitam a participação dos envolvidos, como elaboração e apresentação de seminários com temas relativos às áreas de atuação dos técnicos em radiologia também foi solicitada. Já as atividades envolvendo mapas conceituais foram aplicadas pela primeira vez no quinto encontro dessa UEPS.

## 2. OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Elaborar, aplicar e avaliar as contribuições de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) voltada à introdução, em nível técnico, dos principais conceitos físicos envolvidos na formação da imagem radiográfica.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Organizar uma sequência didática envolvendo atividades dinâmicas de simulação para estimular a aprendizagem significativa;

Promover, por meio das atividades dinâmicas de simulação, a aprendizagem significativa dos conceitos físicos, ao nível técnico, envolvidos na fabricação da radiação X e na formação da imagem radiográfica: princípios de geração da radiação X, Bremsstrahlung, e a busca da atenuação ideal da radiação X pela matéria, Efeito Compton;

Propor a interação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os novos conhecimentos, para agregar novos significados a esses conhecimentos prévios e contribuir para a aprendizagem significativa;

Buscar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados, em especial os de tensão (kV) e corrente elétrica (mA) por meio de atividades de confecção de mapas conceituais.

### 3. JUSTIFICATIVA

A radiologia é um tema que, com alguma frequência, faz parte do dia a dia das pessoas em geral, e permite uma abordagem transversal, a partir dos temas Saúde e Tecnologia. Por meio dos temas transversais é possível ir além do mero ensino “mecanizado” de conteúdo de uma dada disciplina, o que é possível de ser concretizado, por exemplo, através da promoção da cidadania, tanto no Ensino de Radiologia, quanto no Ensino de Ciências da Natureza, tal como sugerem os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (Brasil, 2000).

Pressupõe-se que uma sequência didática no formato de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que promova o debate e o aprofundamento do conhecimento sobre a formação de imagens radiográficas, poderá criar um cenário favorável ao aprimoramento científico e tecnológico do estudante, bem como oferecer alternativas para o seu desenvolvimento crítico e intelectual.

A evolução intelectual, em especial a evolução científica, do estudante, está associada à aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) e portanto, será potencializada por um ensino que apresentar materiais e métodos potencialmente significativos para orientar esse processo. A aplicação exclusiva de métodos mecânicos de aprendizagem, como por exemplo o glossário utilizado nesse projeto, que de forma isolada estimula apenas a memorização de informações fragmentadas, não propicia significados relevantes, e assim, o aprendizado das técnicas da exposição de filmes radiográficos à radiação não é de fato relevante para os estudantes envolvidos. Porém, mesmo estas estratégias, ditas “mecânicas” ou “de memorização”, quando associadas a atividades organizadas, tais como a UEPS aqui proposta, revestem-se de significados mais efetivos e abrangentes. Um glossário – por exemplo – associado à exploração de situações-problema que envolvem experimentação e (ou) ação sobre o objeto (PIAGET 1990), ou modelização (LE MOINGE, 1987), seguramente extrapolará a mera função de receptáculo, especialmente quando construído pelo próprio estudante ou um grupo destes, na medida em que as necessidades vão surgindo. Neste contexto, sim, ele pode ser considerado uma ferramenta potencialmente significativa, tanto ao ser construído quanto ao ser consultado, posteriormente.

Os parâmetros de exposição kV e mA (quilo Volt e mili Ampère/alta-tensão e corrente elétrica), responsáveis pela produção da radiação X, quando ideais, implicam na produção de uma imagem que possibilita o diagnóstico médico, constituindo-se

assim como um registro adequado e confiável da atenuação da radiação pela matéria. O processo de compreensão dos conceitos de produção e atenuação da Radiação X pode ser potencializado quando conduzido pelos princípios de funcionamento elétrico de um *tubo de Raios X*; estes princípios podem ser uma “ponte” para um tratamento potencialmente significativo dos fenômenos da excitação atômica ou molecular, termoionização, potencial elétrico e energia cinética, transformações energéticas estas que permitem a obtenção da radiação X com o emprego da eletricidade.

O manuseio do equipamento de Raios X diagnóstico em laboratório, o uso das travas elétricas, o emprego do alinhamento, regulagem das distâncias e adequação da colimação para a execução das atividades propostas, proporciona o primeiro contato do estudante com o equipamento de Raios X, portanto, agrega familiaridade, prática na utilização, e isso pode fortalecer potencialmente a iniciação do aprendiz ao emprego técnico profissional do equipamento. Além disso, fomenta a associação das informações teóricas dos parâmetros kV e mA, para a obtenção de resultados radiográficos práticos, pois eles estão diretamente relacionados com a produção da Radiação X. A UEPS apresentada nesse projeto pretende isto mesmo, a ampliação do potencial significativo para estimular as diferentes associações de conceitos, levando ao resultado final da formação de uma imagem adequada, adequação esta resultante de uma escolha técnica dos parâmetros de exposição (kV e mA). Ao simular o emprego desses conceitos, as atividades propostas nesta UEPS incentivam uma busca racional mais precisa da interação com a matéria e a consequente atenuação. Os modelos de atenuação propostos nessa UEPS foram desenhados visando justamente um aumento da significação por parte dos estudantes, o que os leva, idealmente, a uma interpretação gradualmente (processualmente) mais efetiva da *teoria – prática*.

Essa interpretação se estende da formação da imagem radiográfica à conservação do *tubo de Raios X*, e – em especial – à menor dose de radiação necessária para realizar um exame. Quanto mais adequados os parâmetros de exposição, menor será a dose de radiação X empregada, princípio de ALARA, *As Low As Reasonably Achievable* (TAUHATA et all, 2003, pág. 199).

Esta UEPS dedica-se também à exploração dos princípios de geração e emprego da radiação X ao nível diagnóstico, e provoca, naturalmente, o estudante a proceder a uma análise do resultado radiográfico à luz dos fatores que o desencadeiam. Os modelos de atenuação, as situações-problema e demais atividades propostas, possibilitam ao indivíduo, enquanto estudante, “errar de forma segura”, mas,

principalmente, aprender com estes erros, de modo a, ao fim do processo, levar a uma síntese sobre a influência dos Raios X na formação das imagens radiográficas.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho apresenta uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), elaborada segundo a proposta de Moreira (2011), a partir da teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel.

### 4.1. A Teoria da Aprendizagem de Ausubel

A teoria da aprendizagem de AUSUBEL, inicialmente intitulada como a Teoria de Assimilação, repercute sobre o modelo de ensino e aprendizagem tradicional (predominantemente mecânicos):

“O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2003, pág 4)”

O processo de aprendizagem significativa parte da percepção de que existe um processo de aperfeiçoamento do conhecimento enquanto os processos cognitivos do educando também se aprimoram, na medida em que o conhecimento existente é aperfeiçoado, e a capacidade de percepção de novos conceitos, potencializada.

Segundo AUSUBEL (2003), os tipos de aprendizagem por recepção significativa são: Representacional, Conceitual, Identificação de Conceitos, Proposições, e a Proposicional.

*A Aprendizagem Significativa Representacional* é necessária quando a relação entre novos significados e os subsunçores do educando não possui precedentes.

“A aprendizagem representacional é significativa, porque tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, quase desde o primeiro ano de vida – de que tudo tem um nome e que este significa aquilo que o próprio referente significa para determinado aprendiz. (AUSUBEL, 2003, pág 1).”

*A Aprendizagem Conceptual* é a definição para a formação e assimilação do conceito, e é peculiar quanto a essa assimilação por crianças e adultos, pois considera a experiência, o vocabulário e a utilização de estrutura cognitiva do indivíduo.

“... (1) os seres humanos interpretam experiências perceptuais ‘em bruto’ em termos de conceitos particulares nas suas estruturas cognitivas e (2) que os conceitos constituem os alicerces quer para a aprendizagem por recepção significativa de proposições declarativas, quer para a criação de proposições significativas para a resolução de problemas. (AUSUBEL, 2003, pág 2).”

A *Aprendizagem por Identificação de Conceitos* é empregada quando a aprendizagem significativa remete à nomeação de um conceito. Essa aprendizagem significativa está subordinada às condições de aprendizagem.

“Os nomes dos conceitos adquirem-se através da aprendizagem representacional significativa depois de se terem adquirido os significados dos próprios conceitos. Este último processo depende, como é óbvio, da existência de uma situação de aprendizagem significativa e da relação dos atributos específicos potencialmente significativos do conceito com as ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, de uma forma não arbitrária e substantiva (AUSUBEL, 2003, pág. 2).”

Quando ideias já compreendidas interagem com novos conceitos, elas desencadeiam novos significados compostos. Esses novos conceitos compostos quando compreendidos a ponto de serem transcritos representam uma *Aprendizagem Significativa de Proposições*.

“A aprendizagem significativa de proposições verbais, embora algo mais complicada do que a aprendizagem dos significados das palavras, é semelhante à aprendizagem representacional, na medida em que surgem novos significados depois de uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativa se relacionar e interagir com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva. Contudo, neste caso, a tarefa de aprendizagem, ou proposição potencialmente significativa, consiste numa ideia compósita que se expressa verbalmente numa frase que contém significados de palavras quer denotativos, quer conotativos, e nas funções sintáticas e nas relações entre as palavras. O conteúdo cognitivo distinto que resulta do processo de aprendizagem significativa, e que constitui o seu significado, é um produto interactivo do modo *particular* como o conteúdo da nova proposição está relacionado com o conteúdo de ideias estabelecidas e relevantes existentes na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003, pág. 2).”

Os tipos de *Aprendizagem Significativa Proposicional*, podem ser separadas em Subordinada, Subordinante e Combinatória. A retenção do conhecimento demanda a organização lógica das ideias do estudante.

“A *Aprendizagem Subordinada* ocorre quando uma proposição ‘logicamente’ significativa de uma determinada disciplina (plausível, mas não necessariamente válida em termos lógicos ou empíricos, no sentido filosófico) se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno.” (AUSUBEL, 2003, pág. 3).

Essa organização de ideias relacionadas e estruturadas ao conhecimento do estudante podem levar a compreensão de conceitos.

“A *Aprendizagem Proposicional Subordinante* ocorre quando uma nova proposição se pode relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo.” (AUSUBEL, 2003, pág. 3).

Além disso, a aprendizagem proposicional pode denominar-se *Aprendizagem Proposicional Derivativa* “[...] caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva” (AUSUBEL, 2003, pág. 3).

E segundo AUSUBEL (2003), a *Aprendizagem Proposicional Correlativa* surge quando se tratar de uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente apreendidas. Essas relações entre os conhecimentos, quando compreendidas e apresentadas de forma organizada, pelo e para o estudante, caracterizam a aprendizagem significativa a partir do princípio da *Diferenciação Progressiva*.

“Quando se programa a matéria de acordo com o princípio de diferenciação progressiva, apresentam-se, em primeiro lugar, as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina e, depois, estas são progressivamente diferenciadas em termos de pormenor e de especificidade (AUSUBEL, 2003, pág. 166).”

Conceitos gerais apresentados de forma planejada e progressiva resultam na evolução e no enriquecimento de ideias. O avanço entre os conceitos dever ser preciso, introdução e exemplos devem ser empregados a medida que o novo significado, mais complexo, se integre aos novos subsunçores do educando. De forma gradativa, ele deve discutir e concluir com a integração entre as suas ideias ancoradas e as novas colocações. Esse é o princípio da *Reconciliação Integradora*.

“O princípio de reconciliação integradora da estrutura cognitiva, quando implementado através de uma programação apropriada do material de instrução, pode descrever-se melhor como detentor de um espírito e de uma abordagem antitética em relação à prática habitual, entre os escritores de manuais, de compartimentação e segregação de ideias ou tópicos particulares somente dentro dos capítulos ou subcapítulos respectivos (AUSUBEL, 2003, pág. 168).”

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos cognitivos fundamentais na teoria da aprendizagem significativa.

A ocorrência da aprendizagem dependerá não apenas da forma como o educador aborda os diferentes conteúdos e as atividades que realiza, mas também da disposição do aluno para aprender, desde que o conteúdo ensinado seja potencialmente significativo, em outras palavras, seja mentalmente coerente e se relacione com o comportamento físico e social do educando.

## **4.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

Moreira (2011), com base na aprendizagem significativa, sugere passos ou etapas, para a formulação de sequências didáticas com abordagens não mecânicas, que podem estimular a pesquisa em sala de aula e facilitar a aprendizagem.

### *4.2.1. Etapas da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS*

A *primeira etapa* de uma UEPS é determinar um tópico, indicando em seu contexto, aspectos declarativos e procedimentais, “1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico (MOREIRA, 2011, pág. 3)”;

Na *segunda etapa* se apresentam as situações hipotéticas para a aprendizagem, assuntos relativos ao conteúdo que geram discussão. Os subsunçores manifestados são direcionados e confrontados, de forma a possibilitar o julgamento de sua adequação, ou não-adequação, aos pressupostos da disciplina.

“2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta; (MOREIRA, 2011, pág. 3)”;

A *terceira etapa* é o passo introdutório que considera os subsunçores dos estudantes. A organização das ideias do estudante é feita por intermédio de situações-problema.

“3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas

situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo; (MOREIRA, 2011, pág. 4)”;

Na *quarta etapa*, aspectos mais específicos do conteúdo são abordados por meio de explanação oral e atividades em equipe, prezando a diferenciação progressiva.

“4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo; (MOREIRA, 2011, pág. 4)”;

Na *Quinta etapa*, é o momento de recobrar pontos de vista e remodelá-los em uma perspectiva mais aprofundada. Novas e mais complexas, as situações-problema destacam significados que integram e dão sentido ao novo conhecimento, promovendo a reconciliação integradora. As atividades em equipe dessa etapa são registradas em um mapa conceitual.

“5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente; (MOREIRA, 2011, pág. 4)”;

Na *sexta etapa*, o modo de trabalho é mais significativo do que a estratégia de ensino, pois este deve dar continuidade à diferenciação progressiva. Novas situações-

problema devem ser propostas em níveis de alta complexidade, com a retomada do conteúdo mais relevante em uma perspectiva integradora, buscando a reconciliação integrativa.

“6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente; (MOREIRA, 2011, pág. 4)”;

A *sétima etapa* deve contemplar uma avaliação somativa com questões que consolidam a compreensão do conteúdo de uma forma clara. Essa avaliação deve demonstrar o desempenho na aplicação dos significados aprendidos pelo estudante em questões significantes para o conteúdo.

“7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa; (MOREIRA, 2011, pág. 4)”;

A *oitava e última etapa* da UEPS deve apresentar os resultados de desempenho do estudante. Resultados que evidenciam a aprendizagem significativa demonstram o sucesso da unidade.

“8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais. (MOREIRA, 2011, pág. 5)”.

Por ser um processo de aprendizagem significativa, a UEPS deve avaliar o aprendizado do estudante durante suas etapas, “7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, (MOREIRA, 2011, pág. 4)”.

### 4.3. Modelos segundo Le Moigne

Para Le Moigne (1985), o conceito de modelo considera e reconhece a organização de ideias para a produção do conhecimento de forma epistemológica e metodológica. Essa organização deve outorgar os preceitos para a percepção de um fenômeno.

“A proposta é organizar a inteligência do modelo, considerando as epistemologias e metodologias que suportam a sua produção e legitimação pelo médico, o engenheiro e o cientista: um conhecimento, objeto ou teoria, contrastado por uma teoria do projeto de conhecimento; um método analítico, hipotético-dedutivo-experimental, em contraste por um método sistêmico, axiomático-indutivo-pragmático. (Le MOIGNE, 1985, pág 1)”

Toda descoberta científica, princípio ou invenção, possui duas etapas metódicas fundamentais, o método para o achado propriamente dito e o método de validação do mesmo. “Todos sabemos que sempre enfrentamos duas dificuldades antigas e familiares: temos alguns bons métodos para descobrir ou para construí-los de um lado, e para validar ou legitimar o outro” (Le MOINGE, 1985, pág 2, tradução).

#### 4.3.1. O que é um Modelo?

Com base em Le Moigne (1985), *Modelo* é entendido como um instrumento de produção e exposição de conhecimento. Transcreve que o surgimento da designação “*modelo*” para definir atividades que demonstravam princípios científicos datam do século XVIII, citando Kepler e Newton, que pareciam fazer verdadeiros “truques” ao demonstrar suas leis e princípios.

Tais instrumentos, mencionados por Le Moigne (1985), transcendem a ideia de objetos concretos, e tão pouco estão restritos a softwares ou ao estudo de caso, por exemplo. Na verdade, um modelo pode ser abstrato ou concreto, mas deve retratar ou modelar a realidade, auxiliando alunos e professores, auxiliando-os a apreende-la (SILVA & CATELLI, 2020).

“O que é um modelo? Um desenho, um diagrama, um esboço, uma ilustração, um objeto concreto (maquete), uma estrutura matemática (modelo simbólico), um software de computador, uma cópia de alguma coisa (modelo icônico), tudo isso pode ser considerado modelo de algo. Tomados no sentido epistemológico todos podem ser considerados como estruturas concretas ou abstratas que visam de alguma forma representar alguns aspectos de uma determinada realidade - fato ou coisa ou fenômeno. (SILVA & CATELLI, 2019, pág. 7)”

Modelar a realidade no ensino de radiologia, ciência interdisciplinar, fomenta a notoriedade dos conceitos fundamentais da interação da Radiação X com matéria: “O ensino de ciências teria como papel fornecer os conhecimentos teóricos necessários e mostrar como explicações sobre o mundo podem ser produzidas a partir dele. ” (CUPANI & PIETROCOLA, 2002, p. 124).

#### **4.4. Laboratórios de Radiologia**

De uma maneira geral um laboratório é presumido socialmente por um local onde o profissional desempenha o seu trabalho. Contemplam esse ambiente, instrumentos específicos disponíveis para a prática da sua profissão. Porém, um laboratório de ensino, ou numa representação mais significativa, um “Laboratório Didático”, não se restringe a um local onde o professor desempenha o seu trabalho com instrumentos disponíveis, além disso, alguns instrumentos devem ser utilizados em sala de aula para que o conhecimento torne-se ação sobre o objeto (PIAGET, 1990 pág. 131). Para isso é indispensável um planejamento que desenvolva a criatividade e a transformação do indivíduo em um estudante, não basta disponibilizar o laboratório, é importantíssimo utilizar corretamente os materiais disponíveis. O professor ao planejar um encontro deve avaliar se, existe a possibilidade ou a necessidade de estimular a aprendizagem com algum material potencialmente significativo (LORENZATO, 2012). Este autor relaciona ainda educadores que, ao longo dos séculos, destacaram os méritos existentes no ensino com materiais de apoio visual e táteis, como facilitadores da aprendizagem.

O laboratório didático, como o utilizado nesse trabalho, possui os moldes de *experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações*, onde o papel ativo é do professor e o aluno um tanto espectador, a função básica destas atividades de experimentação é ilustrar tópicos, no entanto, complementam conteúdo das aulas teóricas; facilitam a compreensão; tornam o conteúdo agradável e interessante; auxiliam

o aluno a desenvolver habilidades de “observação” e “reflexão” e apresentam “fenômenos físicos” (PINHO, 2000, pág. 175).

O laboratório didático é uma alternativa metodológica que deve ser provida pela escola no intuito de atender as necessidades dos estudantes, principalmente facultando-os a, em muitos momentos, aprenderem por eles mesmos e, eventualmente, por intermediação dos próprios colegas.

#### 4.5. Física Aplicada à Radiologia – Física Médica

A evolução da medicina se funde com a evolução tecnológica, o ser humano aplica seus conhecimentos sobre os fenômenos da natureza, desde a transformação das diferentes formas sob as quais a energia se apresenta, até a invenção de equipamentos que auxiliam a precisão médica diagnóstica e de tratamento. Essa incorporação científica permite a antecipação de prognósticos de tratamento, e a concepção de técnicas cirúrgicas cada vez menos invasivas que aceleram a recuperação dos pacientes. A física aplicada a radiologia, ou *Física Médica*, é a especialidade que rege essas aplicações:

“Área do conhecimento que compreende a aplicação dos conceitos, leis, modelos, agentes e métodos da Física para o diagnóstico e tratamento de diversas doenças, a Física Médica desempenha importante função na assistência médica, na pesquisa biomédica e na proteção radiológica. Ela proporciona a base científica para a compreensão e desenvolvimento de tecnologias modernas que têm revolucionado o diagnóstico e a terapia, estabelecendo os critérios para assegurar a correta e efetiva utilização dos agentes físicos na medicina.” (NOGUEIRA & S. ROMERO, 2011, pág. 84).

Segundo os registros históricos referidos por Martins (1998), embora não existam documentos que comprovem a data específica, a cronologia da radiologia começa em 8 de novembro de 1895, data mencionada em entrevista por Wilhelm Conrad Röntgen, figura 1-a (abaixo).

““Agora, Professor”, eu disse, “o senhor poderia me contar a história da descoberta?”

“Não há história”, ele disse. “Eu estava interessado há muito tempo no problema dos raios catódicos em tubos de vácuo, estudados por Hertz e Lenard. Eu havia seguido suas pesquisas e as de outros com grande interesse e decidira que logo que tivesse tempo faria algumas pesquisas próprias. Encontrei esse tempo no final do último mês de outubro. Eu já estava trabalhando há alguns dias quando descobri algo de novo.”

“Qual foi a data?”

“Oito de novembro.”” (MARTINS, 1998, pág. 374)

Essa descoberta rendeu a Röntgen um prêmio Nobel em Física em 1901 (MARTINS, 1998).

“O nome de “raio” havia sido atribuído por se tratar de algo que se movia em linhas retas e que produzia sombras quando algum objeto era interposto.” (MARTINS, 1998, pág. 375); já a letra “X”, foi escolha pessoal de Röntgen: “Por brevidade, utilizarei a expressão “raios”; e para distingui-los de outros com o mesmo nome, eu os chamarei de “Raios X”, (MARTINS, 1998, pág. 383).

O primeiro registro anatômico ósseo com o uso da Radiação X, portanto, a primeira radiografia da história, foi a mão de Anna Bertha, figura 1(b), esposa de Röntgen.

“A primeira radiografia de ossos produzida por Röntgen foi a da mão de sua esposa, Anna Bertha. Cópias dessa radiografia foram enviadas por Röntgen a diversos correspondentes, e publicadas depois em jornais.” (MARTINS, 1998, pág. 388).

Ao abdicar de qualquer tipo de patente sobre sua descoberta, “...suas descobertas e invenções pertenciam à humanidade e de forma alguma deveriam ser controladas por patentes e licenças”, Francisco et al (2005), Röntgen acelerou a produção de equipamentos e principalmente a aplicação médica da sua descoberta.

A necessidade de agilidade na execução de exames acarretou na integração dos laboratórios de radiologia com os hospitais criando o Raio X hospitalar, (NOGUEIRA & S. ROMERO, 2011, pág. 87). A demanda de exames acarreta na necessidade de profissionais capacitados, o ensino profissional voltado à radiologia teve seu início por volta dos anos de 1900 com a criação do Instituto de Física de Munique, do qual Röntgen foi nomeado diretor (FRANCISCO et al, 2005, pág. 286).

As primeiras instituições de ensino a incluir o uso dos Raios X no seu currículo médico de ensino, foram as Universidades da Filadélfia e de Boston nos Estados Unidos da América. Em 1905, muitos hospitais passaram a exigir uma formação e treinamento específicos para os médicos que executavam as análises radiográficas. Porém, a profissão de técnico em radiologia só surgiria décadas após a concretização da utilização diagnóstica dos Raios X (FRANCISCO et al, 2005, pág. 285).

No Brasil a legitimação da profissão de técnico em radiologia foi decretada com a aprovação da lei 7.394 em 1985. Até hoje 2018, essa lei sofreu modificações de cunho trabalhista, entretanto as exigências curriculares não sofreram modificações

significativas, apenas adaptações de áreas específicas de atuação para graduados em nível técnico, superior e especialistas.

Figura 1: Histórico da radiologia, em (a) Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) e em (b) a primeira radiografia da história (röntgenograma) apresentada dia 28 de dezembro de 1895 a Sociedade de Física Médica de Würzburg. Fonte: FRANCISCO, F. C. MAYMONE, W. CARVALHO, A. C. P. FRANCISCO, V. F. M. FRANCISCO, M; C. Radiologia: 110 anos de História. Revista Imagem 2005;27(4):281-286.

(a)



(b)



De acordo com o Catálogo Nacional dos Cursos Técnico do Ministério da Educação (MEC), existe uma grade curricular específica para o curso técnico em radiologia, com um leque de possibilidades de temas a serem abordados na formação, entre os quais:

“Biossegurança. Física das radiações. Anatomia e fisiologia. Geração e aplicação de raios X. Imagem para diagnóstico médico. Proteção radiológica e dosimetria. Processamento de filmes e imagens radiográficas. Meios de contraste. Técnicas de radiologia convencional adulta e pediátrica. Semiotécnica.” (BRASIL, 2012, pág. 27)

Destacamos a “Física das Radiações”, assunto abordado nesse projeto: este tema não pode ser encarado como uma possibilidade, mas sim, como uma exigência curricular que deve abranger conceitos de transferência de energia entre a radiação e a matéria, fenômenos físicos específicos e fundamentais para a formação do conhecimento em radiologia. O ensino deve partir das noções do estudante sobre as radiações presentes, utilizadas e indispensáveis na vida das sociedades modernas. Acrescentar as definições e características que permitem as suas diversas aplicações, é o

ponto de partida para estimular a investigação do seu mundo, que necessita em caráter confortante do emprego das radiações eletromagnéticas.

Por estar presente e revelar aspectos de extrema importância para a aquisição e desenvolvimento de conhecimentos em radiologia, do ponto de vista do emprego tecnológico das radiações, a radiação que com a qual se inicia o estudo da radiologia é a luz. Conhecimentos elementares sobre os princípios de propagação dos raios luminosos (*óptica*) levam ao comportamento das radiações eletromagnéticas desencadeando a apresentação e o estudo da Radiação X.

Podemos dizer, em síntese, que as *radiações eletromagnéticas* e o *espectro eletromagnético* são pontos de partida para estimular a investigação do emprego das radiações ionizantes. Ao estudar os conceitos e empregos das radiações eletromagnéticas, surgem os conceitos relativos à *interação de formas específicas de radiações eletromagnéticas com a matéria*, sendo assim, as noções básicas sobre *ionização e excitação atômica ou molecular* começam a ser abordadas.

Para aprofundar as ideias sobre a ionização e excitação atômica ou molecular, é necessário a apropriação pelo estudante da *composição atômica da matéria*. As interações energéticas que regem a formação das estruturas atômicas e moleculares da matéria e as influências das radiações ionizantes nessas estruturas energéticas, são estudadas com auxílio do *modelo atômico de Bohr*.

Desta forma, o conceito de *massa específica* é considerado central para o entendimento de como uma determinada *intensidade* de uma radiação, ao interagir com matérias distintas, portanto, átomos e moléculas distintos, leva a resultados de atenuação distintos. “A **massa específica**  $\rho$  de uma substância é a massa por unidade de volume: (HALLIDAY, RESNICK & WALKER, 2008, pág. 8)”.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

A relação da massa específica, (Equação 1), que considera um corpo de massa uniforme e o seu volume ocupado no espaço, é também conhecida como *densidade*.

“Os fatores de exposição requeridos para cada exame são determinados por inúmeras variáveis, incluindo densidade/número atômico e espessura da parte anatômica, patologia presente e tecnologia de aquisição de imagem. (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 36).”

Segundo Junior (2006), os efeitos ocasionados pela interação da radiação com a matéria, tais como o *Efeito Fotoelétrico* e o *Efeito Compton*, são responsáveis pelo registro e surgimento da imagem radiográfica. Dessa forma, esses efeitos devem ser discutidos insistentemente, pois a utilização da radiação na busca desses efeitos acarreta em uma *dose de radiação* ao paciente e uma vez que o risco de dano atômico e ou molecular, causado por uma dose de radiação ionizante sempre existirá, pois não existem níveis livres de risco para uso da radiação ionizante, “Como se sabe, sempre há um risco inerente ao se entrar em um carro, assim como ao se expor à radiação (OKUNO, 1998, pág. 53)”. Em outras palavras, por menor ou mais singular que possa ser uma exposição à radiação ionizante, ela acarretará uma dose de radiação e conseqüentemente existirá riscos de dano biológico ao ser vivo irradiado.

“A obtenção de imagens com raios X é possível porque o fóton tem energia suficiente para ionizar átomos. O padrão de fótons transmitido através do paciente constitui uma imagem radiográfica que pode então ser capturada por um receptor de imagem tal como um filme. O fato de que fótons de raios X têm energia suficiente para ionizar átomos implica que algum pequeno risco biológico está associado a um exame radiográfico. (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 789).”

Assim, uma das responsabilidades do profissional técnico em radiologia é a compreensão dos mecanismos de geração e emprego da Radiação X na aquisição das imagens radiográficas para utilizar a menor dose exequível para a realização de um exame radiológico, princípio de ALARA, (*As Low As Reasonably Achievable*) (TAUHATA et al, 2003, pág. 199).

Consideramos que a execução de um exame radiográfico e portanto, a dose de radiação empregada em cada exame, está diretamente relacionada com o domínio do equipamento que produz essa radiação. Assim, é de vital importância que o profissional que opera o equipamento tenha o conhecimento de como a radiação é gerada, ou seja, princípios físicos, elétricos e eletrônicos como *capacitores, corrente elétrica (mA), efeito termoiônico, tensão elétrica (kV) ou diferença de potencial (DDP), energia cinética, transições eletrônicas e frenagem (ou Bremsstrahlung)*.

Os equipamentos que produzem a radiação X evoluíram; porém, o princípio de geração da radiação é o mesmo desde a sua descoberta, o Bremsstrahlung<sup>1</sup>, (JUNIOR, 2006, pág. 27). Essa evolução tecnológica possibilitou a digitalização das radiografias:

---

<sup>1</sup> Bremsstrahlung é a radiação que surge por conta da desaceleração de cargas elétricas. (do Alemão: Bremsen: frear e Strahlung: radiação).

os equipamentos modernos possuem detectores de radiação que possibilitam aquisições de imagens com quantidades de radiação menores e portanto, doses de radiação menores. Porém, na prática se observa que as doses não diminuem como deveriam, (SCHMIDT & DE PAULA, 2011, pág. 72). Por serem digitais, esses equipamentos permitem a manipulação das imagens em termos de tons, afetando o *contraste radiográfico* e a *densidade radiográfica*. A par das inegáveis vantagens que a digitalização oferece, novos riscos surgem: o uso excessivo de radiação pode, aos olhos de quem examina uma radiografia, ocultar detalhes que estão sendo buscados.

Um dos desafios no ensino da física é a reorganização de determinados termos físicos e seus significados. A forma de linguagem coloquial muitas vezes conflita com o verdadeiro significado de um determinado termo, como por exemplo, o termo *peso* é comumente utilizado para se referir a *massa* de um corpo e o *volume*, para se referir à *intensidade sonora*.

Na radiologia também existe esse conflito de vocabulário, em específico, na análise radiográfica, para se referir às estruturas radiografadas e às imagens formadas por essas estruturas. Isso provavelmente ocorre em função da diversidade de áreas afins da radiologia, pois a especificidade desses conceitos físicos acerca da formação da imagem no radiodiagnóstico com Raio X, pode variar de acordo com a área afim da radiologia, ou seja, a diversidade de profissionais interagindo com os técnicos de radiologia, desde a sua formação, pode acarretar muitas vezes na dúvida ou no uso equivocado de termos físicos relativos ao *contraste radiográfico* e à *densidade radiográfica*.

Os principais termos empregados de forma equivocada são “*radiopaco*” e “*radiolúcido*”, inicialmente, o termo que se opõem ao radiopaco é o termo “*radioluciente*”, palavras que indicam a característica de um material ser mais ou menos penetrável pela Radiação X.

“O termo radiopacidade é derivado do substantivo, opacidade. Que aqui diz respeito à relação entre a radiação X que cai numa superfície e a quantidade que passa através do material, isto é, através da espessura do material. Radiopaco, do adjetivo, opaco, aqui implica que a matéria pode ser, até certo ponto, impenetrável por radiação (Raios x). Radiologistas e outros médicos usam o termo radioluciente, do adjetivo *lucent*, como um termo para inferir o oposto de radiopaco, assim os pulmões de um paciente podem ser descritos como radiolucientes, enquanto os ossos de um paciente podem ser descritos como radiopacos. O músculo é menos radiopaco que o osso e, portanto, considerado mais radioluciente; a gordura é mais radiopaca do que os pulmões, mas é mais radiotransparente que o músculo.” (CRAIG et al, 2004, pág. 294).

No entanto, os termos “*radiopaco*” e “*radiolúcido*” são usualmente empregados para se referir ao grau de escurecimento da imagem, de forma que o termo “*radiopaco*” é empregado na referência das imagens radiográficas que apresentam tons mais claros e o termo “*radiolúcido*” é empregado na referência das imagens radiográficas que apresentam tons mais escurecidos. Todavia, a referência adequada é “*densidade radiográfica*”, alta para imagens escuras e baixa para imagens mais claras.

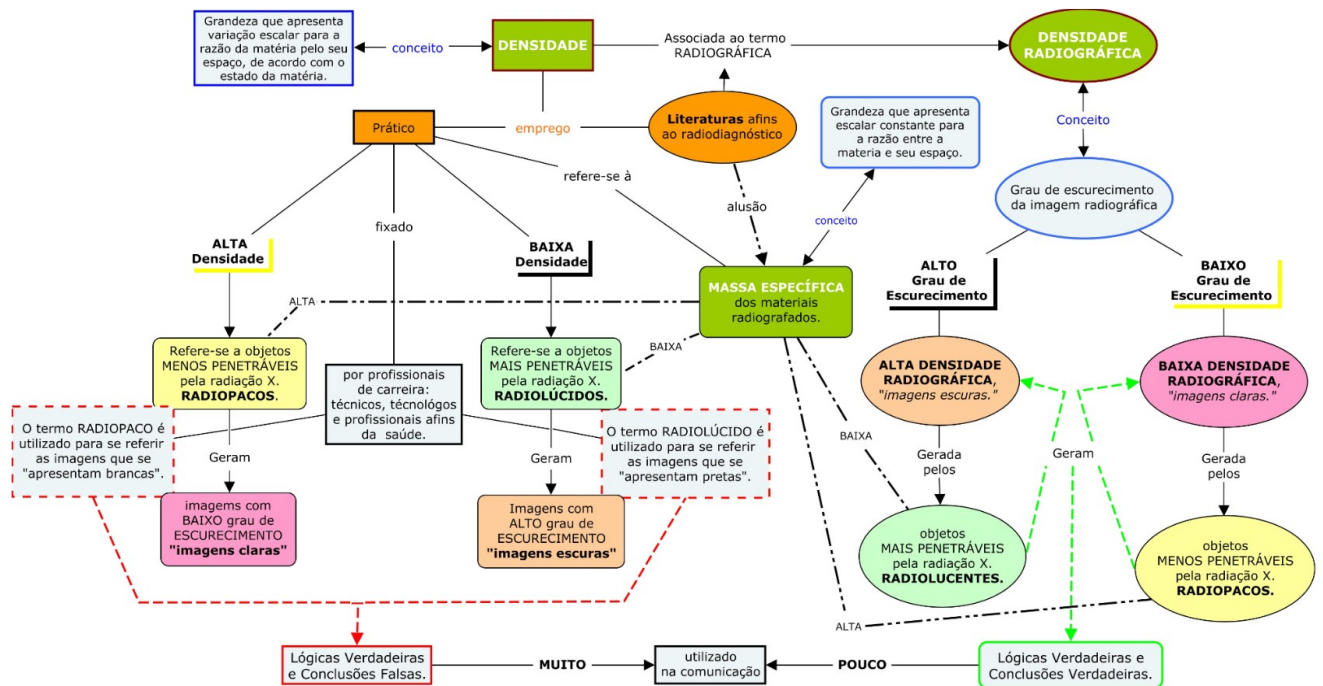
“A densidade de um filme radiográfico é definida como a **quantidade de “escurecimento” na radiografia processada**. Quando se olha uma radiografia com alta densidade, menos luz é transmitida através da imagem.” (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 37).

O emprego do termo “*densidade*”, acontece na comunicação entre os profissionais técnicos, tecnólogos e outros profissionais de áreas que circundam a utilização das radiografias, para se referir a “*massa específica*”, equação (1), que compõem um dado material e os termos “*radiopaco*” e “*radiolúcido*”, para se referir ao grau de enegrecimento das imagens. Provavelmente, o emprego equivocado dos termos está relacionado com o estudo auxiliado pelas literaturas das décadas finais do século XX e da inicial do século XXI. Como podemos observar no recorte, figura 2, retirada da quinta edição, página 81, do livro Tratado de Técnicas Radiológicas e Base Anatômica, Bontrager & Lampignano (2004).

Figura 2: A característica do material relacionada ao grau de enegrecimento apresentado pela imagem.

SUMARIO DAS IDICAÇÕES PATOLÓGICAS			
Condição ou Doença	Exame Radiográfico mais comum	Possível aparência Radiográfica	Ajuste dos fatores de Exposição
Aspiração (obstrução mecânica) Atelectasia (colapso de parte ou de todo o pulmão)	Tórax em PA e perfil; vias respiratórias altas em perfil Tórax em PA e perfil; PA inspiração e expiração	Contorno radiodenso ou radiopaco Regiões pulmonares radiodensas com desvio do coração e da traquéia em casos graves	Técnica dos tecidos moles para vias respiratórias altas (-) Aumentar (+)

O conflito existente no uso dos termos “*massa específica*”, “*radiopaco*”, “*radiolúcido*”, “*densidade radiográfica*” e “*densidade*”, pode ser melhor elucidado com o auxílio do mapa conceitual na página a seguir.



Mapa conceitual do conflito existente na comunicação usual na radiologia diagnóstica e em áreas afins, dos conceitos de *densidade* e *massa específica* fundidos para a descrição das características das imagens radiográficas em termos de escurecimento (tons); e em paralelo, o conceito de *densidade radiográfica*, fusão bibliográfica precisa dos conceitos físicos de *densidade radiográfica* e *massa específica* para a descrição dessas características radiográficas.

## 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A UEPS proposta neste trabalho foi elaborada segundo Moreira (2011) e organizada para ser aplicada em sete encontros que contemplam as oito etapas de uma UEPS. Os encontros seguem uma ordem cronológica, tabela 1, porém, não são consecutivos, mais detalhes estão registrados a seguir na tabela 4 do apêndice A.

Tabela 1: Resumo dos procedimentos metodológicos aplicados no projeto.

<b>Encontro / tempo</b>	<b>Etapa e processos da UEPS</b>	<b>Materiais ou instrumentos</b>
-	1 <sup>a</sup>	Elaboração
1 <sup>o</sup> / 45 min	2 <sup>a</sup>	Subsunçores
2 <sup>o</sup> / 45 min	3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup>	Novos significados
3 <sup>o</sup> / 45 min	5 <sup>a</sup>	Diferenciação e reconciliação
4 <sup>o</sup> / 45 min	6 <sup>a</sup>	Diferenciação e Perspectiva integradora
5 <sup>o</sup> / 90 min	7 <sup>a</sup>	Reconciliação e Confirmação da compreensão
6 <sup>o</sup> / 90 min	7 <sup>a</sup>	Reconciliação e Confirmação da compreensão
7 <sup>o</sup> / 90 min	7 <sup>a</sup>	Todas as etapas devem possuir ao menos uma avaliação
-	8 <sup>a</sup>	Avaliação

### 5.1. 1<sup>a</sup> etapa da UEPS

A primeira etapa para a construção da UEPS foi a definição do tema, “Conceitos Físicos Fundamentais da Radiologia, numa perspectiva de Ensino Profissionalizante”, a apuração de materiais ou instrumentos com potenciais educacionais significativos e a divisão organizada das atividades propostas em sete encontros que contemplam as oito etapas de uma UEPS.

O quadro 1 a seguir, distingue os materiais ou instrumentos com potenciais educacionais significativos que foram produzidos e ou adquiridos pelo autor para serem utilizados nos procedimentos descritos nesse trabalho.

Quadro 1 - Materiais ou instrumentos potenciais produzidos ou adquiridos pelo autor

<b>Material</b>	<b>Descrições</b>	<b>Aquisição</b>
Objeto-modelo de atenuação	Suportes de madeira	Confeccionados pelo autor com madeira doada por uma serraria de Farroupilha - RS
	Segmentos de vidro	Confeccionados e doados por uma vidraçaria de Farroupilha - RS
	Segmentos de plástico	Confeccionados pelo autor com o reaproveitamento de sucata
Filmes radiográficos virgens	Kodak 15x30 centímetros	Doação de um ex aluno para o autor
Imagens radiográficas	Radiografias prévias dos objetos-modelo	Cortesia de uma clínica de radiodiagnóstico de Caxias do Sul - RS
Objeto Ósseo	Fêmur suíno, disponível em “lojas de animais” como alimento canino	R\$ 24,00
Objeto-modelo de Densidade Radiográfica	Formas geométricas de Ferro e Alumínio, e “Penetrômetro” de ferro	Confeccionadas pelo autor com o reaproveitamento de sucata
	Formas geométricas de Chumbo	R\$ 6,00
Questionários	Organização de perguntas que abrangem os conteúdos estudados	Elaborados pelo autor com base em bibliografias afins

## 5.2. 2ª etapa da UEPS – 1º encontro

No primeiro encontro, segunda etapa da UEPS, Quadro 2, foi feito o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, seus subsunçores. Através de uma avaliação diagnóstica, um questionário, Quadro 2, utilizado para instigar o debate em grande grupo sobre a existência, os conceitos e os empregos de radiação, o intuito é estabelecer o objetivo de aprendizagem. Com os objetivos definidos é apresentado o conteúdo de uma forma mais geral e a partir disso, cada assunto é abordado de forma mais específica, visando a diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Quadro 2 - Levantamento dos subsunçores

<b>1º encontro (etapa 2)</b>	
<b>Número / tempo de encontro</b>	Um período de 45 minutos
<b>Objetivos</b>	• Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a radiação ionizante

Quadro 2 - Levantamento dos subsunçores

<b>1º encontro (etapa 2)</b>	
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação das avaliações planejadas para o estudo</li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Qual a opinião da sua família sobre o curso de radiologia?</li> <li>2. O que você imagina que é radiação?</li> <li>3. Onde as radiações são utilizadas?</li> <li>4. Quais suas observações sobre o comportamento da sociedade em geral sobre a radiação?</li> <li>5. Você sabia que existem radiações presentes no nosso dia a dia? Se sim, exemplifique.</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração do mapa mental</li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro individual do questionário</li> <li>• Debate no grande grupo</li> <li>• Registros dos domínios de validade dos subsunçores</li> </ul>
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do questionário</li> <li>• Elaboração de mapa mental</li> <li>• Introdução de aspectos físicos sobre a radiação e áreas de emprego</li> </ul>

Assim, o primeiro encontro, foi destinado à investigação dos conhecimentos dos estudantes, acerca do tema radiação, tais como: as propriedades físicas das radiações, seu emprego e utilidades para a sociedade, locais e áreas de produção de radiação e ou manipulação de elementos radioativos. As questões 2, 3 e 5, propostas no Quadro 2, são questões de caráter específico sobre o tema radiação, suas respostas são registros dos conceitos sobre a radiação e seu emprego na sociedade. Cabe aqui um alerta ao leitor: por vezes, esses conceitos sobre o tema são incompletos ou equivocados e o professor deve então utilizar o debate em grande grupo para propor e alterar esses conceitos. As questões propostas para a investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes não são utilizadas apenas como uma ferramenta para obter informações sobre seus conhecimentos específicos, as questões 1 e 4, Quadro 2, registram a percepção sobre a radiologia dos indivíduos que formam o grupo familiar e social do estudante, pois os processos sociais do indivíduo, influenciam nos processos de aprendizagem, Vygotsky (1991).

Além do registro individual do questionário, a averiguação do conhecimento prévio de cada estudante foi registrada por meio de um mapa mental conduzido em parte pelas sínteses formuladas ao responder o questionário proposto, a influência das

composições expressadas pelo grande grupo e a explanação introdutória sobre as áreas de atuação do técnico em radiologia feitas pelo professor.

Destacamos que nessa etapa os estudantes são iniciantes no curso técnico de radiologia e ainda não foi apresentada nenhuma base curricular específica do curso técnico, tal como a Física Aplicada à Radiologia. Nos dias iniciais do curso técnico de radiologia, além da familiarização com os ambientes de ensino da instituição, os estudantes participam de palestras que abordam a ementa do curso e temas relacionados a atuação profissional do técnico de radiologia. Essas palestras provavelmente influenciaram as respostas dos questionamentos propostos 2, 3 e 5 (Quadro 2).

No primeiro encontro, foram acordados os seguintes métodos de avaliação: portfólio, avaliação escrita e individual (prova e mapa), glossário e trabalhos em equipe (relatórios e confecção de portfólio). Também são elucidados no primeiro encontro, pontos do plano de ensino da disciplina, tais como referências bibliográficas, conteúdos programados e datas da avaliação escrita e entrega dos trabalhos propostos.

### 5.3. 3ª e 4ª etapas da UEPS – 2º encontro

A terceira e quarta etapa da UEPS, Quadro 3, se fundem no segundo encontro com a diferenciação progressiva pela seguinte situação-problema: “*Como a imagem radiográfica é gerada?*”. Essa situação-problema é precedida pela apresentação do filme radiográfico virgem.

Nesta etapa da UEPS os estudantes já participaram de aulas expositivas que compreendem os seguintes componentes contemplados pelo currículo da Física no curso:

- Grandezas físicas fundamentais e derivadas e prefixos do sistema internacional;
- Fluídos: Densidade e massa específica;
- Ondulatória: classificações e elementos de uma onda;
- Som: produção e fenômenos sonoros;
- Princípios de Eletricidade e Eletromagnetismo (Eletrostática): Carca elétrica (Du Fay e Coulomb), campo elétrico e linhas de força;
- Princípios de Eletricidade e Eletromagnetismo (Eletrostática): Tensão e corrente elétrica, leis de Hom, resistores e resistência e capacitores elétricos;
- Luz: fonte, raio, feixe e geométrica da luz, sombra e Penumbra.

Quadro 3 – Planejamento do segundo encontro – terceira e quarta etapa da UEPS.

<b>2º encontro (etapa 3 e 4)</b>		
<b>Número / tempo de encontro</b>	Um período de 45 minutos	
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar as opiniões dos estudantes com os conceitos físicos estudados</li> <li>• Reconhecer a atenuação da radiação pela matéria</li> <li>• Examinar e debater com os colegas a formação da imagem radiográfica</li> <li>• Emprego da linguagem técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer os princípios de formação da imagem radiográfica: “Em termos da fotossensibilidade do filme radiográfico”</li> <li>• Comparação dos resultados obtidos com o modelo com a aquisição real de uma imagem radiográfica</li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situação-Problema: “Como a imagem radiográfica é gerada?”</li> <li>• Objeto-modelo de atenuação: segmentos de vidro, suporte e segmento plástico.</li> <li>• Questionário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filmes radiográficos virgens</li> <li>• Celulares com fonte de luz “pontual”</li> <li>• Glossário</li> <li>• Produto: <a href="#">Prática 01 Uma Ideia em um Modelo</a></li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<p>Em grupos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem e utilização do objeto-modelo de atenuação para resolução da situação-problema <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimento com filme radiográfico virgem</li> </ul> </li> <li>• Debate em grande grupo sobre a situação-problema</li> </ul>	
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem e utilização do objeto-modelo de atenuação</li> <li>• Aplicação e registro da solução da situação-problema <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimento com filmes radiográficos</li> </ul> </li> </ul>	

Simultaneamente foram abordados os seguintes componentes contemplados pelo currículo da Física aplicada à radiologia no curso:

- Cronologia histórica da radiologia;
- Conceitos básicos de radiações ionizantes: ionização e excitação atômica ou molecular;
- Tubo de Raios X: Componentes e princípios de funcionamento;
- Radiação característica (Bremsstrahlung);
- Componentes e acessórios de um equipamento de Raios X diagnóstico.

Os estudantes também já estão habituados e serem avaliados por meio de

atividades escritas, tais como provas e portfólios.

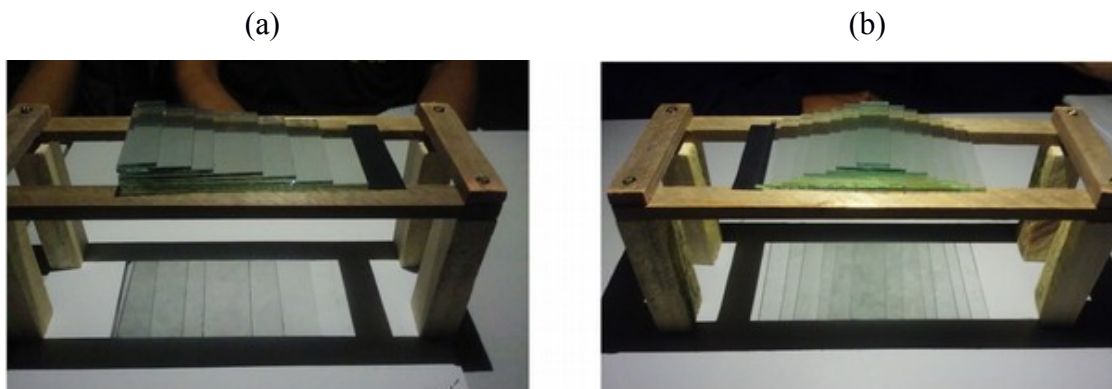
Os portfólios contêm exemplos e exercícios propostos para o estudo dos conteúdos de cada encontro e podem ser resolvidos em equipe. Entretanto, as entregas são individuais. As provas são atividades individuais, respondidas em aula, sem consulta a material didático ou eletrônico. Os estudantes também já estão habituados a confeccionar glossários com termos específicos utilizados durante o estudo dos conteúdos listados anteriormente.

Na quarta etapa da UEPS, etapa da diferenciação progressiva, é realizado o experimento com filmes radiográficos virgens (figura 4). Essa atividade é composta de dois momentos, o primeiro antecede a situação-problema, e tem início nos primeiros momentos do segundo encontro quando o professor apresenta o filme radiográfico virgem, e há a confecção do glossário pelos estudantes. Nessa ocasião, o termo *velamento* é acrescido ao mesmo.

É realizada uma explanação breve sobre os cuidados necessários para a manipulação e armazenamento dos filmes radiográficos, bem como acerca da sensibilidade fotográfica do filme, o que permite a introdução explanada e argumentada do termo *fotossensibilidade* ao glossário. De forma despretensiosa, após a explanação, o professor coloca o filme radiográfico sobre a sua mesa e em seguida abandona sobre ele objetos com formas bem definidas, uma tesoura, uma chave, uma caneta e uma moeda, figura 4 (a). Como esse experimento precede a situação-problema, o filme permanece sobre a mesa por um tempo aproximado de 20 a 30 minutos e o resultado, figura 4 (b), só é apresentado após a prática da situação-problema proposta com o uso do *Objeto-Modelo de Atenuação*.

Dando sequência ao segundo encontro, que corresponde à terceira etapa da UEPS, os estudantes foram divididos em quatro grupos de seis e foi apresentada a situação-problema: “*Como a imagem radiográfica é gerada?*”. O encaminhamento para a construção de uma resposta para essa situação-problema é potencializado através do uso de um *Objeto-Modelo de Atenuação*, que é composto de um suporte na forma de uma pequena mesa vazada, sete lâminas de vidro de 0,05 centímetro de espessura cada, largura de 8 centímetros e com comprimentos que decrescem de 2 em 2 centímetros, partindo de 16 centímetros. Também é empregada uma lâmina plástica opaca, bem como uma fonte de luz. Todos estes elementos podem ser visualizados na figura 3, a seguir.

Figura 3: Posicionamento do Modelo de Atenuação iluminado pela luz do celular de um estudante. Em (a) como uma escada e em (b) como uma pirâmide.



As lâminas de vidro têm a função de *atenuar* (termo que foi posteriormente incluído no glossário) a radiação luminosa, possibilitando ao estudante a observação da variação da intensidade luminosa em função da variação das espessuras de vidro. A lâmina plástica opaca tem como incumbência impedir a passagem da luz, (o termo *barrar* será adicionado ao glossário). A lâmina plástica possibilita ao estudante observar que além da espessura de um material a sua composição também é uma característica que influencia a intensidade luminosa. Ao longo da discussão, que tem por objetivo a compreensão do processo de registro da formação no filme radiográfico, o termo *massa específica / densidade* será discutido e posteriormente adicionado ao glossário.

Os grupos, instigados pelo professor, devem posicionar o suporte sobre a classe, e as lâminas sobre o suporte de forma decrescente e iluminar o modelo com auxílio da luz gerada pelo flash do celular de um dos estudantes. O experimento é realizado e configura os esquemas demonstrados na fotografia da Figura 3, (a) e (b). Visualmente, os resultados obtidos com o auxílio do *objeto-modelo de atenuação* são similares aos resultados de densidade fotográfica obtidos no filme radiográfico após ser sensibilizado por feixes de fótons com energias variadas.

As observações dos estudantes a respeito das sombras projetadas são relacionadas na lousa e registradas em áudio. Caso o termo não parta dos estudantes, cabe ao professor determinar que o termo técnico para se referir ao resultado das variações, ou diferenças entre as intensidades das sombras é o *contraste* (termo adicionado ao glossário).

Convém aqui discutir um pouco mais o que é o contraste, e como ele afeta a a imagem final. O contraste permite, por exemplo, discernir a forma de um osso num raio X. Se o contraste é muito baixo, a forma do contorno do osso vai gradualmente sendo perdida, e isso pode ser um problema. No modelo proposto na figura 2, dá para perceber claramente que, quanto maior a espessura do objeto a ser visualizado no raio X, mais ele se distinguirá do meio no qual ele se encontra (tecidos moles, por exemplo). Este modelo permite então a exploração de três conceitos importantes: 1- Objetos mais densos produzem “mais sombra” do que objetos menos densos (pode-se imaginar uma lâmina de vidro, com um furo no meio, esse furo, cheio de ar. Assim, o objeto mais denso (o vidro), mas de mesma espessura, faria “mais sombra” do que o objeto menos denso (o “disco” de ar). 2- Objetos de mesma densidade, mas de espessuras diferentes, produziram “sombras” proporcionalmente diferentes. Maiores espessuras gerariam sombras mais acentuadas 3- Por fim, o contraste: se um objeto tem sua espessura variando progressivamente (caso da figura 2), a “sombra” que ele produz também varia progressivamente, e pode ser difícil, por exemplo, delimitar os contornos desse objeto. O contraste pode ser melhor ou pior tanto por influência da espessura da parte mais densa a ser iluminada, quando por conta de uma maior ou menor diferença de densidade do que está se querendo observar, ou ambos.

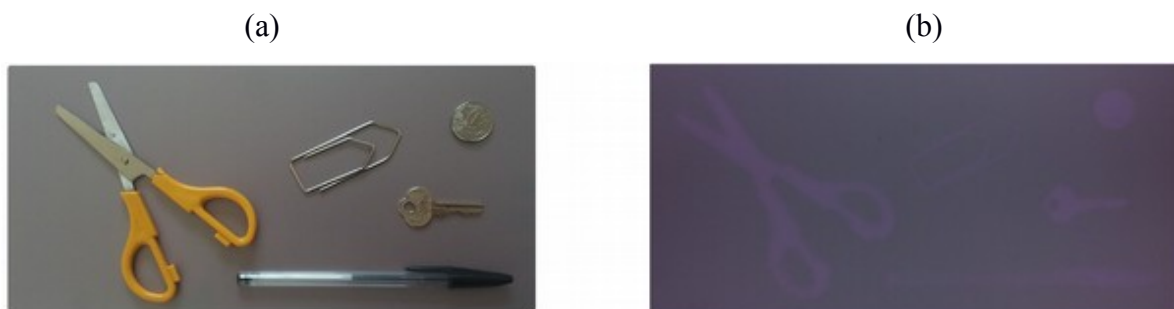
O objetivo é atingido, pelo menos em parte, quando o estudante conclui que o contraste apresentado pelo modelo se deve ao fato da variação da espessura das pilhas de lâminas de vidro, atenuarem de forma diferenciada a energia luminosa; (o termo *atenuar* é adicionado ao glossário); também faz parte do objetivo a comparação pelos estudantes, dos resultados obtidos com o modelo, com a forma em que os tecidos humanos influenciam a geração da imagem radiográfica.

Após a conclusão a respeito da influência da espessura dos objetos na formação do contraste projetado pela sombra do *objeto-modelo de atenuação*, é solicitado aos grupos que posicionem a lâmina plástica opaca em uma das extremidades do esquema de vidros, Figura 3, (a) e (b). Dessa forma, os estudantes reconhecem que além da espessura do material a composição do material, ou seja, sua *massa específica*, também influencia na atenuação da energia radiante e assim, estará completado o objetivo proposto pelo *objeto-modelo de atenuação*.

O objetivo da terceira etapa, segundo encontro, é uma síntese baseada na análise da interação da radiação luz com a matéria vidro, paralela com a apropriação da forma de interação da radiação X com a matéria do corpo humano.

Na quarta etapa, segundo momento do segundo encontro, é realizada a análise dos resultados do filme virgem posicionado sobre a mesa pelo professor Figura 4(b).

Figura 4: Experimento com filme radiográfico, a esquerda, objetos opacos sobre o filme e a direita, o resultado após aproximadamente 30 minutos.



Ao apresentar o filme radiográfico, Figura 4(b), o professor inicia com questionamentos acerca dos resultados, questões como “*O que estão vendo?*” e “*O que aconteceu?*” instigam a investigação dos efeitos da luz observado pelos estudantes no filme radiográfico.

Inicialmente o objetivo de reconhecer os princípios de formação da imagem radiográfica começa a ser atingido quando as observações sobre o registro das imagens no filme radiográfico estão relacionados com a sua fotossensibilidade. O ápice acontece quando os estudantes conflitam os resultados obtidos com o *objeto-modelo de atenuação* com o registro das imagens nos experimentos com os filmes radiográficos.

A investigação deve levar ao debate da absorção e ou reflexão parcial da radiação e suas consequências no filme radiográfico, a intenção é fazer com que o estudante de forma organizada envolva seus conhecimentos, na quinta etapa da UEPS, para solucionar o questionamento: “*Se a radiação X é capaz de atravessar os corpos, portanto também o filme radiográfico, como é possível registrar a imagem no filme utilizando essa radiação?*”.

Os estudantes podem rever o conteúdo e a forma experimentada no encontro, acessando a plataforma de compartilhamento no YouTube, no vídeo renomeado “Prática 01 Uma Ideia em um Modelo”. (Ver 7. Endereços dos vídeos, visualizações, p. 86)

#### 5.4. 5ª etapa da UEPS – 3º encontro

É nesta etapa, no terceiro encontro, Quadro 4, que o desenvolvimento do

conhecimento proporciona a inserção de uma nova situação-problema: *“Se a radiação X é capaz de atravessar os corpos, portanto também o filme radiográfico, como é possível registrar a imagem no filme utilizando essa radiação?”*.

Quadro 4 – Planejamento do terceiro encontro quinta etapa da UEPS.

<b>3º encontro (etapa 5)</b>	
<b>Número / tempo de encontro</b>	Um período de 45 minutos
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer a utilidade da tela intensificadora (ecran radiográfico) na formação da imagem radiográfica: “Fotomultiplicação / Fluorescência”</li> <li>• Identificar o fenômeno físico que descreve a transformação dos Raios X em luz visível: “Excitação Atômica ou Molecular”</li> </ul>
Quadro 4 – Planejamento do terceiro encontro quinta etapa da UEPS.	
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distinguir o fenômeno físico que gera o registro da informação energética no filme radiográfico: “Efeito Fotoelétrico”</li> <li>• Relacionar as opiniões dos estudantes com os conceitos físicos estudados</li> <li>• Examinar e debater com os colegas as questões levantadas</li> <li>• Empregar a linguagem técnica</li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situação-Problema: - <i>“Se a radiação X é capaz de atravessar os corpos, portanto também o filme radiográfico, como é possível registrar a imagem no filme utilizando essa radiação?”</i>.</li> <li>• Radiografias prévias do objeto-modelo</li> <li>• Chassi (18x24) e Negatoscópio radiográfico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Osso Fêmur suíno</li> </ul> </li> <li>• Laboratório de Radiologia               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glossário e</li> <li>• Questionário</li> </ul> </li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<p style="text-align: center;">Em grupos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimento com filmes e chassi radiográfico</li> <li>• Montagem e utilização do experimento para resolução da situação-problema: “Simulação de Exposição Radiográfica em um Sistema tela-filme”</li> <li>• Debate em grande grupo sobre a situação-problema</li> </ul>
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem e utilização do experimento</li> <li>• Aplicação e registro da solução da situação-problema</li> <li>• Experimento com imagens radiográficas</li> <li>• Questionário</li> </ul>

Após a apresentação da situação-problema é realizada a apresentação do chassi radiográfico, vulgo “*cassete*”, acessório que acomoda o filme radiográfico. O professor executa uma explanação sobre seus componentes, a característica fluorescente e a utilização desse acessório radiográfico. Após é realizada a atividade experimental “*Simulação de Exposição Radiográfica em um Sistema tela-filme*”, com intuito de investigar e solucionar da situação-problema.

A atividade, “*Simulação de Exposição Radiográfica em um Sistema tela-filme*”, pode ser descrita como um laboratório tradicional ou convencional; embora a participação do aluno seja ativa, a atividade tem uma estrutura pré-estabelecida e impossibilita a modificação experimental. Os chassis utilizados nas simulações foram equipados pelo professor com os seus respectivos resultados radiográficos concretos, *imagens prévias* obtidos em exposições reais.

A atividade é realizada no laboratório de radiologia da escola; os estudantes são instruídos a considerar o objeto fêmur como uma região anatômica de um suposto paciente e posicioná-lo para um exame inspirado nos protocolos que regem a execução de um exame radiográfico anteroposterior de fêmur descrito em Bontrager & Lampignano (2010), adaptado ao experimento, em termos de “*distancia foco-filme*”, “*colimação*”, e *alinhamento entre fonte, objeto e filme radiográfico*”.

Figura 4: Experimento com chassi radiográfico, tela intensificadora (ecran) para a simulação de exposição a um fêmur suíno.



São realizadas duas simulações de exposição com o fêmur suíno posicionado de forma central sobre o chassi radiográfico 18x24 (dezoito por vinte e quatro), ambos alinhados com foco do equipamento radiográfico, uma distância foco filme de um metro, colimação restrita ao objeto radiografado, figura 5, e utilizando os seguintes parâmetros de exposição: 70 kV, 200 mA e 12 mAs.

Para a primeira “exposição” é utilizado um chassi radiográfico em ótimo estado de conservação, após a simulação é feita a análise da imagem em um negatoscópio<sup>2</sup>; A segunda “exposição” é realizada com a utilização de um chassi radiográfico desprovido de tela intensificadora. As imagens são comparadas com o uso de um negatoscópio, figura 6.

Figura 6: Resultados obtidos no experimento “Simulação de Exposição Radiográfica em um Sistema tela-filme”. Na esquerda, imagem obtida com o uso de um chassi radiográfico com tela intensificadora e na direita, imagem obtida com chassi desprovido de tela intensificadora.



Os objetivos são atingidos quando os estudantes reconhecem a utilização da tela intensificadora. O ápice do experimento não fica restrito à declaração da necessidade da tela intensificadora para converter Raios X em luz, mas sim, à reconciliação integrativa dessa informação com os processos das etapas anteriores. O fato de não ser possível obter uma imagem radiográfica significativa, em um sistema tela filme, sem o uso de uma tela intensificadora, remete à característica fotossensível do filme radiográfico, ou seja, sem o uso de uma tela intensificadora não acontece a transformação da energia dos Raios X em luz (fluorescência) e o registro da imagem não acontece de forma

<sup>2</sup> O negatoscópio é um dispositivo como um painel de LED, o qual propicia uma visualização mais precisa de exames de imagem, tais como o raio-x.

significativa.

Além disso, o reconhecimento do fenômeno da fluorescência da tela intensificadora, remete aos experimentos de descoberta da radiação X por Wilhelm Conrad Röntgen, (UNDERWOOD, 1945, pág. 31).

### 5.5. 6ª etapa da UEPS – 4º encontro

Na sexta etapa, quarto encontro (quadro 5), foi dado seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características de densidade, espessura, atenuação, filme radiográfico e Radiação X em uma perceptiva integradora, buscando a reconciliação integrativa por meio uma nova apresentação dos significados *contraste radiográfico e densidade radiográfica*, utilizando o material *objeto-modelo de Densidade Radiográfica*.

Quadro 5 – Planejamento do quarto encontro.

<b>4º encontro (etapa 6)</b>	
<b>Número / tempo de encontro</b>	Um período de 45 minutos
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer a relação entre a atenuação da radiação, informação energética e grau de enegrecimento da imagem radiográfica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponderar as opiniões dos estudantes</li> </ul> </li> <li>• Examinar e debater com os colegas a questão levantada               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Domínio de linguagem técnica</li> </ul> </li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objeto-modelo de Densidade Radiográfica</li> <li>• Radiografia prévia do Objeto-modelo de Densidade Radiográfica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de Radiologia                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Situação-Problema: “<i>contraste radiográfico e densidade radiográfica</i>”</li> <li>• Questionário</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Produto: <a href="#">Prática 02 Densidade Radiográfica</a></li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<p style="text-align: center;">Em grupos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem e utilização dos objeto-modelo de Densidade Radiográfica</li> <li>• Debate em grande grupo sobre os resultados obtidos com o uso do objeto-modelo de Densidade Radiográfica</li> </ul>
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimento utilizando o objeto-modelo de Densidade Radiográfica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate</li> <li>• Confecção de relatório</li> </ul> </li> </ul>

A atividade aplicada nesta etapa pode ser descrita como um laboratório tradicional ou convencional acrescido de um objeto modelo. A atividade é realizada no laboratório de radiologia, seu início é balizado pelos protocolos de posicionamento para aquisição de imagens radiográficas, em termos de proteção do paciente (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, PÁG. 63).

Na parte superior do chassi radiográfico (equipado com *imagem prévia*), posicionado sobre a mesa de exames a uma distância foco-filme de um metro; são distribuídos três grupos de formas geométricas (círculo, quadrado, triângulo e retângulo) confeccionadas com alumínio, ferro e chumbo. Além das formas também é posicionado um penetrômetro de ferro, conforme a figura 7(A), a seguir.

Figura 7: Posicionamento do Objeto-Modelo de Densidade Radiográfica, em (A) grupo de formas geométricas, em 1 formas de Alumínio, 2 Ferro, 3 Chumbo e 4 penetrômetro e em (B) radiografia do Objeto-Modelo de Densidade Radiográfica.

(A)



(B)



Após o posicionamento das estruturas é realizada uma simulação de exposição a Radiação X, no comando do equipamento simulador, foram selecionados os seguintes valores de exposição 45 kV e 100 mA. O valor 45 kV, é escolhido por ser o valor mínimo de tensão exequível para aquisição de uma imagem radiográfica e o valor 100 mA é um valor mediano da corrente elétrica suportada pelos equipamentos utilizados para a produção da radiação X. O resultado real dessa exposição pode ser visto na figura 7(B).

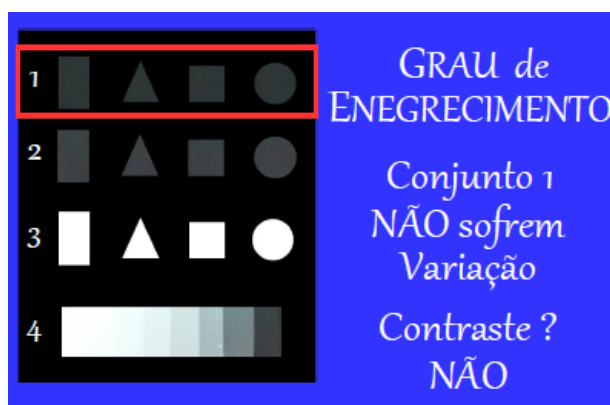
As decisões experimentais são dirigidas à aquisição de dados, no entanto, o ápice do experimento não fica restrito à análise dos resultados, mas sim à reconciliação

integrativa desses novos dados com os processos das etapas anteriores.

O principal objetivo dessa etapa é a forma como a atenuação da radiação é reconhecida, nas variações do enegrecimento do filme radiográfico em função da luz (informação energética) que chega ao filme que é fotossensível.

A análise dos resultados da simulação, figura 7(B), parte da observação individual dos grupos 1, 2, 3 e 4 em termos de grau de enegrecimento ou densidade radiográfica, (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 37). Os estudantes devem ser indagados a respeito da não influência da forma plana dos objetos radiografados na produção de variação no enegrecimento das imagens formadas pelos grupos 1, 2 e 3 individualmente, ou seja, que a forma plana do objeto radiografado não acarreta em variação da densidade radiográfica, fig.8.

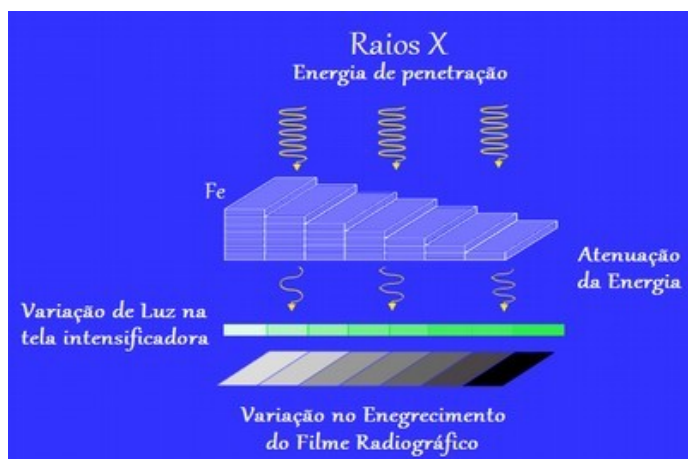
Figura 8: Cópia da tela do produto Prática 02 Densidade Radiográfica Comparação da densidade radiográfica apresentada pelo grupo de formas de Alumínio.



A medida que os debates aconteciam, o professor examinava as opiniões dos estudantes e encaminhava uma explanação, na lousa, de acordo com os reconhecimentos da situação.

A reconciliação integrativa foi alcançada com a síntese dos estudantes a respeito da variação do enegrecimento presente na imagem formada pelo grupo 4 do modelo, figura 7(B), em função da variação da sua espessura. O termo *contraste radiográfico* deve ser utilizado para se dirigir a essa variação de tons de cinza (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 40). A seguir na figura 9, uma ilustração da forma de abordagem do resultado obtido pelo conjunto 4, com auxílio da lousa.

Figura 9: Cópia de tela do produto Prática 02 que ilustrar o esquema utilizado em lousa pelo professor para explanação dos fenômenos que regem a geração da imagem radiográfica pelo grupo 4 do modelo proposto e demonstra a associação entre os experimentos 01 e 02.

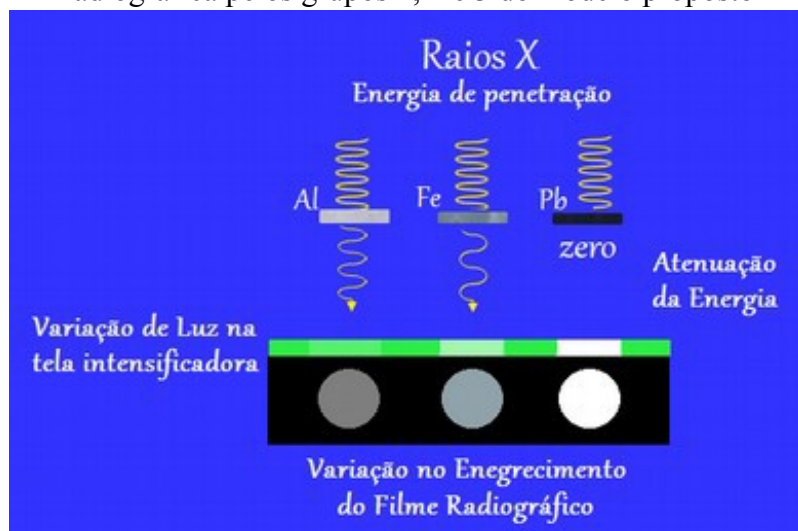


O processo de diferenciação progressiva está presente na associação da variação do grau de enegrecimento, ou na existência de contraste nas imagens em função de diferentes objetos (massas específicas) radiografados. Em parte, a explanação utilizada pelo professor para auxiliar o processo de diferenciação progressiva está ilustrada na figura 10.

Com a *radiografia prévia* do *Objeto-Modelo de Densidade Radiográfica* são trabalhados os termos, “*radiopaco*” e “*radiolúcido*”, que indicam a característica de absorção e ou reflexão da radiação que interage com uma dada massa específica (CRAIG, 2004, pág, 294). Salienta-se que esses termos são empregados de forma equivocada para menção à densidade radiográfica / grau de enegrecimento da imagem.

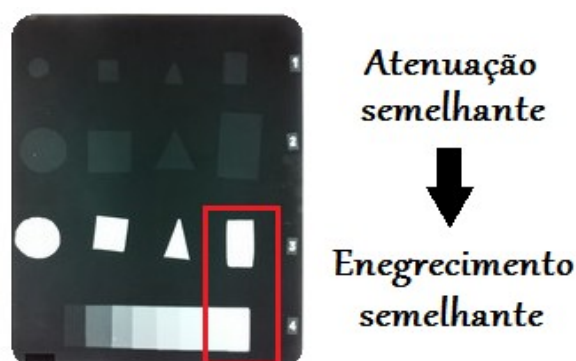
Além disso, como já comentado anteriormente, o termo, “*radioluciente*” também é usado como o oposto de radiopaco, e ainda as palavras, “*radiotransparente ou radiodensidade*”, classificadas como alta ou baixa, são comumente utilizados de forma equivocada pelos profissionais de técnicas radiológicas para se referir ao grau de enegrecimento radiográfico apresentado pelas estruturas, pois na verdade estão se referindo a uma qualidade de interação e ou absorção de Radiação X pela matéria (CRAIG, 2004, pág, 294).

Figura 10: Ilustração do esquema, utilizado em lousa pelo professor para comparação dos fenômenos de geração da imagem radiográfica pelos grupos 1, 2 e 3 do modelo proposto



Também faz parte do objetivo, a observação da possibilidade de que, materiais de diferentes composições (massas específicas) podem atenuar a radiação de forma semelhante, e portanto, podem gerar níveis de enegrecimento radiográficos semelhantes, como pode ser observado na ilustração da figura 11, a seguir.

Figura 11: Análise da radiografia do objeto modelo proposto, em destaque a observação de densidades radiográficas análogas.



Ao final do encontro é solicitado aos estudantes que se dividam em grupos de no máximo 5 indivíduos e confeccionem relatório da montagem e utilização do objeto-modelo de Densidade Radiográfica. O relatório deve ser elaborado em acordo com o *template*, anexo C, disponibilizado pelo professor na sua página pessoal online.

Os estudantes podem rever os conceitos da forma experimentada no encontro

acessando a plataforma de compartilhamento no YouTube, no vídeo renomeado “Prática 02 Densidade Radiográfica”. (Ver 7.2 Endereços dos vídeos, visualizações, p. 86).

### 5.6. 7ª etapa da UEPS – 5º encontro

Os conceitos sobre os “*Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica*” e “*Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica*” são aplicados nesta sétima etapa da UEPS, quinto e sexto encontro, quadro 7, sendo das mais importantes situação-problema para o entendimento da formação da imagem radiográfica.

Quadro 7 - Planejamento do quinto e sexto encontros.

<b>5º e 6º encontros (etapa 7)</b>	
<b>Número / tempo de encontro</b>	Quatro períodos de 45 minutos
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer a atenuação da radiação pela matéria na interpretação de uma imagem radiográfica anatômica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar as opiniões com os conceitos físicos estudados</li> <li>• Examinar e debater com os colegas a questão levantada</li> </ul> </li> <li>• Reconhecer as influências do parâmetros kV e mA na formação da imagem radiográfica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Domínio de linguagem técnica</li> </ul> </li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osso Fêmur suíno</li> <li>• Radiografias prévias do fêmur suíno</li> <li>• Chassi (35x43) e Negatoscópio radiográfico</li> <li>• Luvas Plumbíferas</li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de Radiologia</li> <li>• Situação-Problema / Experimento: “<i>Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica</i>”</li> <li>• Situação-Problema / Experimento: “<i>Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica</i>”</li> <li>• Questionário</li> <li>• Produto: <a href="#">Prática 03 Efeitos do kV na Imagem Radiográfica</a> e <a href="#">Prática 04 Efeitos do mA na Imagem Radiográfica</a></li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<p>Em grupos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagem e realização do experimento “<i>Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica</i>”</li> <li>• Montagem e realização do experimento “<i>Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica</i>”</li> <li>• Debate em grande grupo sobre os resultados obtidos com o uso do objeto-modelo Fêmur</li> </ul>

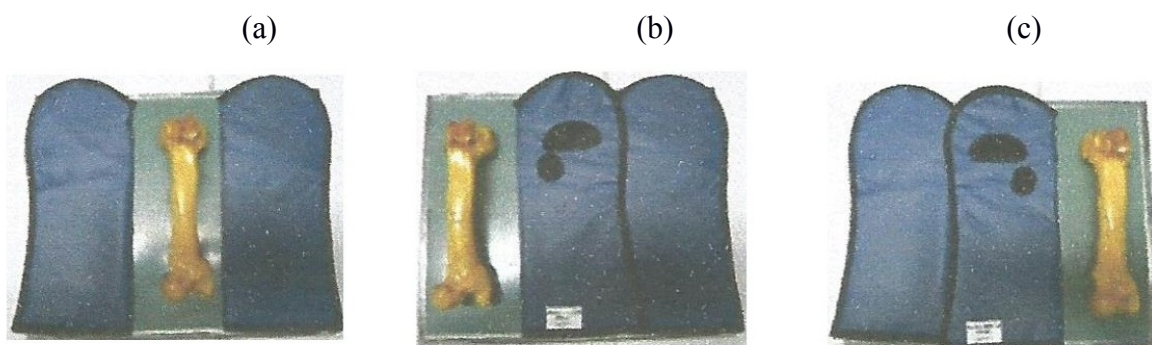
**Quadro 7 - Planejamento do quinto e sexto encontros.**

5º e 6º encontros (etapa 7)	
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentação</li> <li>• Debate</li> <li>• Construção e Reconstrução do mapa conceitual</li> <li>• Confecção de relatório</li> </ul>

O encaminhamento destas situações foi feito por meio dos experimentos “Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica” e “Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica”, que também podem ser descritas como um laboratório tradicional ou convencional de ciências. Há, no entanto, uma diferenciação, visto que são propostas questões que envolvem compreensão e evidenciam a apropriação de significados.

Nesta etapa, o professor avalia a familiaridade dos estudantes com as montagens dos experimentos em termos de protocolo de posicionamento e aquisição de imagens radiográficas, que visam a radioproteção do paciente (BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2010, pág. 63). Utilizando as luvas plumbíferas como divisores radiográficos, figura 12, os estudantes devem realizar três exposições em um único filme radiográfico 35x43.

Figura 12: Fotografias dos posicionamentos radiográficos para os experimentos dos efeitos do kV e do mA na formação da imagem radiográfica, em (a) a primeira exposição, em (b) a segunda exposição e em (c) para a terceira exposição.



Utilizando os parâmetros descritas no quadro 6, a seguir, foi proposta a execução de três simulações de exposição do fêmur suíno à Radiação X para cada um dos experimentos.

Quadro 6 – Parâmetros de exposição simuladas nos experimentos.

Experimento	Exposição					
	1 (ideal)		2		3	
	kV	mA	kV	mA	kV	mA
1	<i>Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica</i>					
	70	100	45	100	100	100
2	<i>Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica</i>					
	70	100	70	50	70	200

Para cada experimento, os chassis utilizados foram equipados com suas respectivas radiografias prévias, contendo três exposições do fêmur cada, como na figura 13, a seguir.

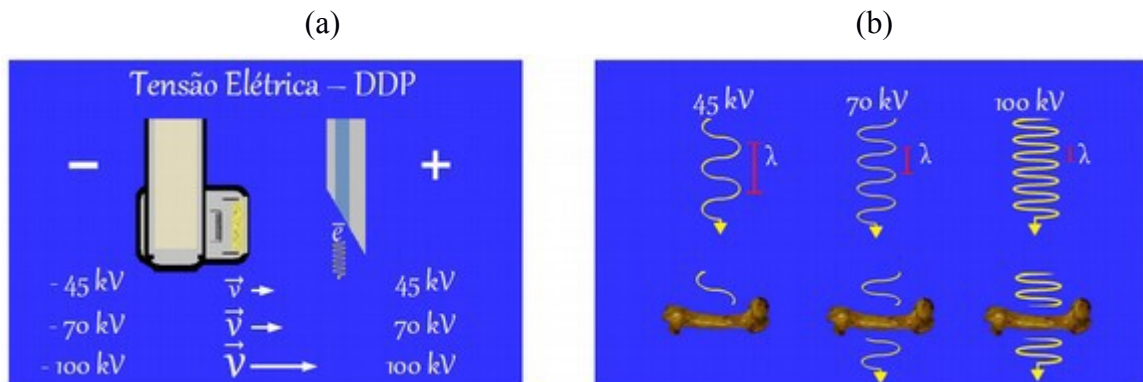
Figura 13: Fotografias dos resultados analisados após a experimentação, em (a) Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica e em (b) Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica.



O primeiro experimento, *Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica*, tem como finalidade o reconhecimento do parâmetro de exposição kV (quilo Volt) como fator primário na formação do contraste radiográfico e atua de forma secundária na formação da densidade radiográfica.

Norteados pelos termos técnicos estudados, o professor indagou relativamente ao conhecimento prévio dos estudantes e encaminhou, em consequência, uma explanação, na lousa, ilustrada em parte na figura 14. A explanação convergiu para a construção de um mapa conceitual sobre a influência do kV na formação da imagem radiográfica. O mapa foi traçado pelo professor, na lousa, a partir das indicações feitas pelo grupo de alunos presente.

Figura 14: Print screen do produto Prática 03: Efeitos do kV na Imagem Radiográfica, para ilustração da explanação em lousa, usada pelo professor para elucidar os fatores de geração do kV, (a) e a consequência o sobre o contraste e a densidade radiográfica, (b).



### 5.7. 7ª etapa da UEPS – 6º encontro

O segundo experimento, *Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica*, realizado no sexto encontro, teve como finalidade o reconhecimento dos parâmetros de exposição mA como fator primário na formação da densidade radiográfica e também, de forma secundária, a formação do contraste radiográfico. A análise da imagem foi precedida pela explanação, ilustrada em parte na figura 15, e convergiu para a construção de um mapa conceitual sobre a influência do mA na formação da imagem. O mapa foi elaborado pelo professor, na lousa, segundo as indicações vindas do grande grupo (figura16).

Figura 15: Cópia da tela do produto Prática 04, Efeitos do mA na Imagem Radiográfica remete a ilustração da explanação em lousa, usada pelo professor para elucidar os fatores de geração do mA, em (a) e a consequência o sobre o contraste e a densidade radiográfica, (b).

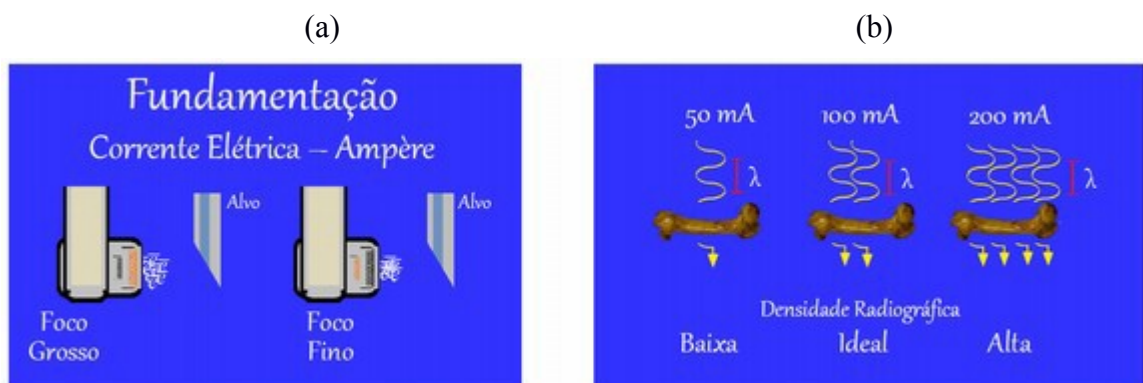
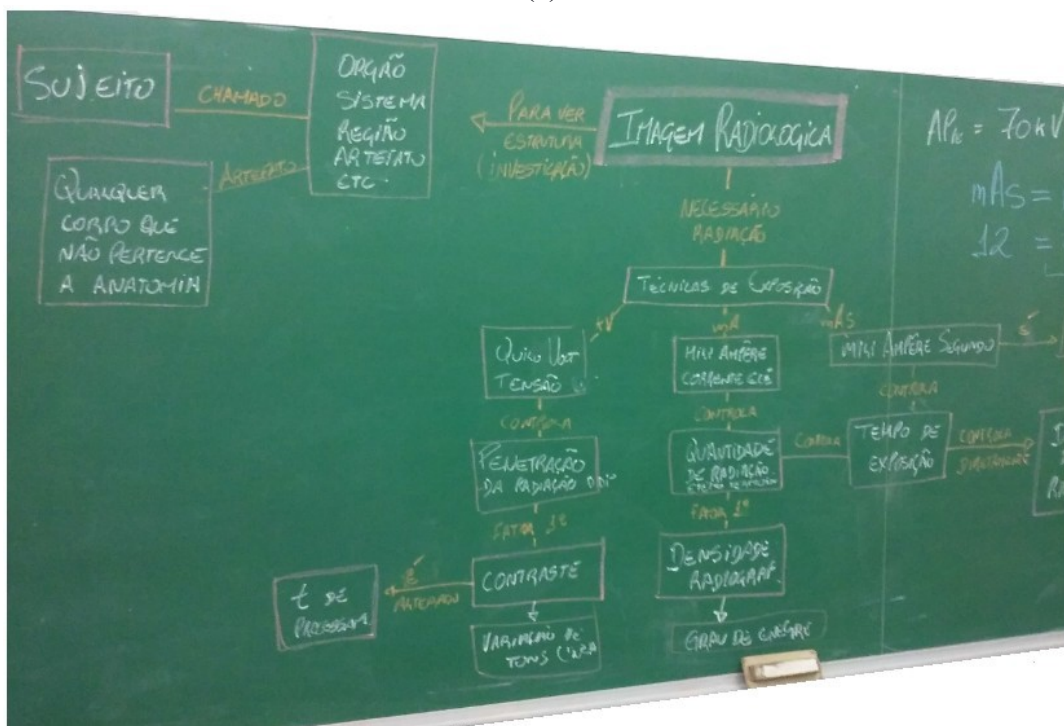
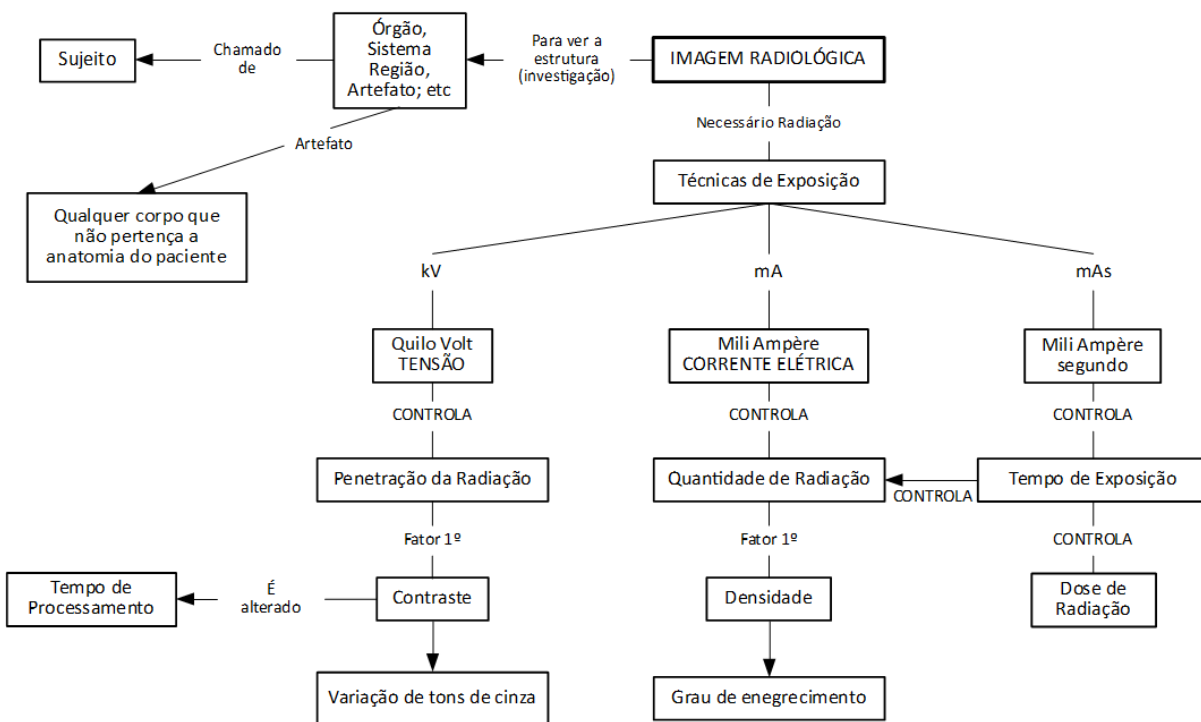


Figura 16: Em (a) Fotografia do quadro negro com o mapa conceitual elaborado pelo professor, segundo as indicações vindas do grande grupo e em (b) a ilustração do mesmo.

(a)



(b)



O professor avaliou o nível dos debates em termos de utilização dos conceitos apresentados, principalmente, os da sexta etapa da UEPS. O desempenho dos estudantes na formulação da solução para a situação-problema, idealmente, deveria evidenciar uma relação entre os significados construídos, e foi o que se verificou, em grande parte.

Essa sequência, ou a organização das ideias dos estudantes em relação aos fatores que influenciam a formação da imagem radiográfica foram registradas individualmente na reconstrução do mapa conceitual. Os estudantes uniram as situações propostas nessa etapa da UEPS e acrescentaram os conhecimentos relacionados durante os demais encontros; essa reconstrução pode ser vista na figura 40.

Ao final do encontro foi solicitado aos estudantes que novamente se reunissem em grupos de até 5 indivíduos e confeccionassem relatórios das montagens e utilização dos experimentos. O relatório foi elaborado segundo o *template* fornecido previamente, anexo C, disponibilizado pelo professor na sua página pessoal online.

Posteriormente a esta etapa, os estudantes puderam rever os conceitos veiculados nesta etapa da UEPS acessando a plataforma de compartilhamento no YouTube, pelos vídeos nomeados “Prática 03 Efeitos do kV na Imagem Radiográfica” e “Prática 04 Efeitos do mA na Imagem Radiográfica” (Ver endereços na sessão 7-2, p. 87, “Endereços dos vídeos e visualizações”).

## 5.8. 7ª etapa da UEPS – 7º encontro

No sétimo encontro (Quadro 8, a seguir) foi aplicada aos estudantes uma avaliação escrita, individual e sem consulta, composta por vinte questões de múltipla escolha e três questões dissertativas.

As questões envolveram temas históricos e conceitos de física aplicada à radiologia. O formato das questões remete aos instrumentos e à dinâmica aplicada nos encontros, para que o estudante retifique as sínteses dos objetivos alcançados nas etapas e as registre de forma escrita e individual.

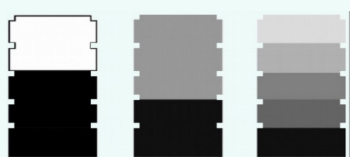
Quadro 8 - Planejamento do sétimo encontro.

7 <sup>a</sup> encontro (etapa 7)	
<b>Número / tempo de encontro</b>	Dois períodos de 45 minutos
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação os conhecimentos adquiridos na resolução de exercícios</li> <li>• Interpretação da imagem radiográfica anatômica para resolução de exercícios</li> <li>• Aplicação da linguagem técnica na elaboração de respostas</li> </ul>
<b>Materiais ou instrumentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questões elaboradas pelo professor e disponibilizadas <a href="#">online</a></li> <li>• Questões elaboradas pelo professor</li> </ul>
<b>Dinâmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação individual e escrita</li> </ul>
<b>Atividade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução individual da escrita</li> <li>• Correção da prova e envio por e-mail</li> <li>• Entrega do portfólio da disciplina</li> </ul>

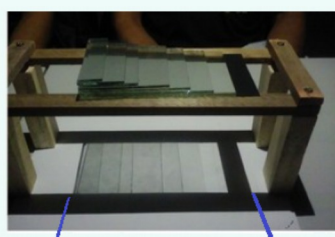
É apresentada, a seguir, na figura 17, uma questão de múltipla escolha constante da avaliação escrita, que conduz à síntese da *atenuação da radiação pela matéria* e aos *princípios de formação da imagem radiográfica*. Estas sínteses foram objeto de estudo no segundo encontro (quadro 3), nas etapas 3 e 4 da UEPS.

Figura 17: Abaixo a esquerda, uma questão dos exercícios de fixação, um exemplo de questão contemplada em avaliação. E abaixo a direita os resultados obtidos com o auxílio do objeto-modelo de atenuação.

[19] As ilustrações (1), (2) e (3) exibem contrastes entre preto, branco e tons de cinza, assim, podemos dizer que temos:



(1)      (2)      (3)



a) em (1) o maior contraste e em (2) o menor contraste.

b) em (1) o maior contraste e em (3) o menor contraste.

c) em (2) o maior contraste e em (3) o menor contraste.

A seguir, na figura 18, são apresentadas duas questões de múltipla escolha da avaliação escrita, que fundem a cronologia da radiologia e do átomo, com o fenômeno e os princípios físicos que regem a descoberta da Radiação X.

Figura 18: questões dos exercícios de fixação, exemplos de questões contempladas em avaliação.

[1] Em 8 de novembro de \_\_\_\_\_, Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os Raios X quando observou o fenômeno da \_\_\_\_\_ em uma placa de platinocianureto da bário exposta a sua ampola de Crookes.

Marque a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto.

- a) 1985 / Fosforescência
- b) 1895 / Fluorescência
- c) 1895 / Fosforescência

[2] A luz observada por Röntgen é a energia resultante dos “saltos” dos elétrons entre as camadas de um átomo. Esses saltos entre as camadas é chamado de \_\_\_\_\_ e para estudá-la utilizamos um modelo atômico, ou seja, um desenho de um átomo proposto em 1913. Esse modelo atômico, com camadas bem definidas para a eletrosfera dos átomos, é o átomo de \_\_\_\_\_.

Marque a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto.

- a) ionização / Rutherford
- b) espalhamento / Planck
- c) excitação atômica ou molecular / Bohr

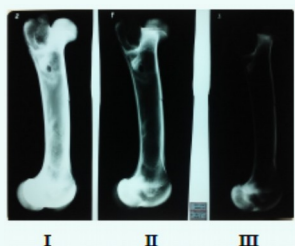
Os conceitos da *fluorescência* da tela intensificadora (ecran radiográfico) e da *excitação atômica ou molecular*, fenômenos físicos que descrevem a transformação dos Raios X em luz visível foram estudados na quinta etapa da UEPS, no segundo encontro, quadro 4.

A síntese dos objetivos dessa etapa foi registrada na resolução dessas questões norteadas pelos resultados obtidos nas simulações (figura 6) de exposição “*Simulação de Exposição Radiográfica em um Sistema tela-filme*”, quadro 4.

As questões de caráter mais técnico (figura 19 e figura 20) exigiram a fusão de objetivos alcançados nas etapas anteriores.

Figura 19: questões de múltipla escolha que envolvem a aplicação das soluções das situações-problema em práticas diárias de análise e controle da qualidade da imagem pelo técnico em radiologia.

[4] Com a ajuda das nossas experiências no laboratório de radiologia da escola, podemos conhecer os efeitos dos parâmetros de exposição na formação da imagem radiográfica. As imagens abaixo mostram o resultado de uma dessas experiências:



Analisando e comparando as imagens ósseas **I**, **II** e **III** podemos afirmar corretamente que:

- A imagem **II** apresenta uma densidade radiográfica menor do que a **III**.
- A imagem **I** é a que apresenta a mais alta densidade radiográfica.
- A imagem **I** apresenta a mais baixa densidade radiográfica e a imagem **III** apresenta a mais alta densidade radiográfica.

[5] Com base na imagem da questão [4], acima, e a variação da densidade radiográfica da imagem do um fêmur em função apenas da variação do parâmetro de exposição mA.

Podemos concluir corretamente que:

- Na imagem **I** o mA utilizada foi o menor de todos.
- O mA utilizada na **III** foi menor do que o mA utilizada em **I**.
- Na imagem **II** o mA utilizada foi maior do que nas outras, isso explica a melhor definição da imagem.

[6] Com base na imagem da questão [4], e a variação da densidade radiográfica da imagem do um fêmur em função apenas da variação do parâmetro de exposição kV.

Podemos concluir corretamente que:

- Na imagem **III** o kV utilizada foi o maior de todos.
- O kV utilizada na **I** foi maior do que o kV utilizada em **II**.
- Na imagem **II** o kV utilizada foi o maior de todos e isso explica o contraste ideal da imagem.

O estudante registrou também, nesta etapa, a solução de uma situação-problema de caráter técnico radiológico em avaliação, tendo como principais fatores de influência para a elaboração da solução, os materiais e dinâmicas da sexta etapa da UEPS (quadro 5) e da sétima etapa da UEPS (quadro 7). Os resultados obtidos nos laboratórios de radiologia para a resolução das situações-problema “*Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica*” e “*Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica*”, (quadro 7), foram reconciliados aos resultados obtidos no laboratório de radiologia para a resolução da situação-problema “*contraste radiográfico e densidade radiográfica*” (quadro 5).

Questões que envolveram os fatores de utilização do equipamento de Raios X diagnóstico, figura 20, [12] e [33], foram fundidas aos conteúdos apresentados nas etapas cinco, seis e sete desta UEPS. Essas questões envolveram a aplicação das soluções das situações-problema propostas nessa UEPS, bem como práticas diárias,

como o posicionamento do equipamento em relação ao objeto a ser imaginado, a produção da radiação necessária, em termos de energia de penetração, e a análise desses parâmetros no controle da qualidade da imagem.

Figura 20: questões dos exercícios de fixação, exemplos de questões contempladas em avaliação.

[12] Considerando as duas opções de parâmetros de exposição a seguir:

Parâmetro 1: 70 kV e 12 mAs

Parâmetro 2: 100 kV e 12 mAs

Sabendo que para um dado exame, só uma delas fornecerá uma imagem ideal para o diagnóstico. Assim, considere as afirmações a seguir para marcar a alternativa correta:

**I** - Se o parâmetro 1 for a ideal, mas você usar o 2, a imagem vai apresentar uma alta densidade radiográfica.

**II** - Se o parâmetro 2 for a ideal, mas você usar o 1, a imagem vai apresentar uma baixa densidade radiográfica.

**III** - A densidade não sofre alteração, pois só o que altera a densidade radiográfica é o mA, portanto, o mAs e não o kV.

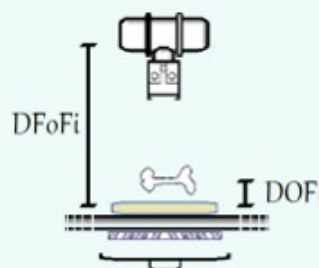
**IV** - Se o parâmetro 1 for a ideal, mas você usar o 2, a imagem vai apresentar um baixo contraste radiográfico.

**V** - Se o parâmetro 2 for a ideal, mas você usar o 1, a imagem vai apresentar um baixo contraste radiográfico.

É(são) verdadeira(s) a(s) afirmação(ões):

- a) I e II.                      b) I, II, IV e V.                      c) Todas.

[33] Considere os princípios de divergência do feixe de Raios X e as alterações das DFOFi (DFoRi) e DOF para marcar a alternativa correta.



- a) Aumentar a DFOFi e a DOF reduz a magnificação, porém, aumenta a distorção da imagem.
- b) Aumentar a DFOFi e diminuir a DOF é a melhor opção para reduzir a magnificação.
- c) Diminuir a DFOFi e diminuir a DOF ocasiona uma melhor definição da imagem.

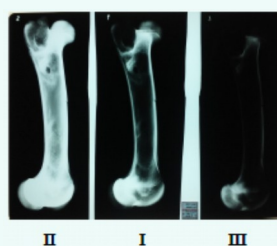
As questões dissertativas (ver exemplos na figura 21) foram elaboradas de forma que suas respostas evidenciassem a compreensão dos conceitos relativos à Radiação X e à formação da imagem radiográfica. Para isso foi necessário que a explanação fosse organizada e contivesse os termos técnicos cabíveis a cada uma das situações (ilustradas a seguir).

Figura 21: Questões contempladas em avaliação.

[23] Explique os efeitos e as determinações dos parâmetros de exposição radiográficas kV, mA e mAs, na geração da Radiação X e na formação da imagem radiográfica.

[4] De dois exemplos para: a) objeto radiopaco e b) objeto radio lúcido, e descreva como são as imagens formadas por esses materiais em termos de densidade radiográfica, ou seja, grau de enegrecimento da imagem.

[5] Com base na manipulação dos parâmetros de exposição a) kV e b) mA, justifique como é possível obter os resultados apresentados nas “imagens radiográficas” abaixo:



A avaliação individual foi acompanhada de uma folha resposta com espaço reservado para a resolução das questões dissertativas e grade resposta para a anotação das alternativas referentes as questões de múltipla escolha. Dessa forma, os estudantes, ao término da avaliação, levaram consigo as questões propostas na avaliação, para posteriormente efetuar, com o auxílio do professor, a sua correção. A data da realização da avaliação também foi a data acordada para a entrega do portfólio com os exercícios de fixação propostos pelo professor.

O professor esteve presente em sala, em média quinze minutos antes do horário regulamentar estipulado pela escola para o início do encontro. Alguns estudantes, ao utilizar esses minutos para a resolução de exercícios com o auxílio do professor, manifestaram satisfação “*pela forma como as aulas estava sendo dadas*”, e por vezes, em diálogos com o professor, aparentaram demonstrar uma aprendizagem significativa, fazendo, por exemplo, relações entre conceitos, e formulando perguntas que evidenciavam uma compreensão preliminar do que havia sido estudado.

Um registro online feito por um estudante, a respeito da confecção, por parte do professor, de um “*esqueminha*”, utilizado no comentário do produto Prática 03 (Efeitos do kV na Imagem Radiográfica) aparece na figura 22 a seguir.

Figura 22: Cópia de tela do comentário do produto Prática 03 Efeitos do kV na Imagem Radiográfica.



### 5.9. 8ª etapa da UEPS

A fim de tentar registrar as consequências da aprendizagem significativa, oitava etapa UEPS, a capacidade de resolver situações-problema na forma escrita foi observada na solução de questões transcritas no item 6, resultados esperados, assim como os mapas conceituais confeccionados pelos estudantes. O glossário e alguns relatórios estão nos anexos A e B respectivamente.

## 6. RESULTADOS

Os resultados apontados demonstram o progresso dos estudantes na resolução individual e em equipe das *situações-problema* propostas; a utilização de *materiais potencialmente significativos* resultaram, como será apresentado a seguir, na potencial produção de novos significados aos conhecimentos prévios adquiridos.

### 6.1. A Busca de Subsúnciores

A investigação dos subsúnciores dos estudantes (primeiro encontro, etapa 2 da UEPS, quadro 2) foi registrada através das respostas ao questionário proposto. A seguir, é exposto um combinado de respostas dos estudantes às questões propostas, confrontadas na forma “antes e o depois do curso”. Esta amostra é relativa a trinta por cento dos estudantes que concluíram o curso técnico de radiologia da escola e portanto participaram integralmente da UEPS apresentada.

Na questão 1, “*Qual a opinião da sua família sobre o curso de radiologia?*”, figura 24, ficou registrado o apoio familiar na busca de novos conhecimento e futuras

oportunidades de emprego; e o desconhecimento da área da radiologia, que consequentemente, desencadeia um receio dos participantes quanto à viabilidade da profissão. Salientamos a resposta do estudante 3: “[após vinte e três meses] *sempre me apoiaram, porém não entendiam muito*”. Além do apoio familiar, a resposta transmite uma impressão de elucidação a respeito da radiologia, provavelmente, esclarecimentos realizados pelo estudante à sua família.

Figura 24: respostas à questão 1 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, três registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

**1. Qual a opinião da sua família sobre o curso de radiologia?**

*Estudante 1 (23/03/2017):* Minha família me dá muito apoio.

*Estudante 1 (21/02/2019):* Incentiva a continuar, fazer um tecnólogo.

*Estudante 2 (23/03/2017):* Ficaram com “um pé atrás” pois haviam muitas pessoas falando que não haveriam sucesso

*Estudante 2 (21/02/2019):* Minha família me apoiou e me apoia em tudo o que eu escolho referente ao aprendizado e conhecimento para o futuro.

Figura 24: respostas à questão 1 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, três registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

*Estudante 3 (23/03/2017):* Dão apoio total pois acham que eu me encaixo bem nela.

*Estudante 3 (21/02/2019):* Sempre me apoiaram, porém não entendiam muito.

Na questão 2, “*O que você imagina que é radiação?* ” (Figura 25) buscou-se a apresentação, nas respostas, de uma eventual evolução dos conceitos a respeito da radiação. O estudante 1, inicialmente, propõe a luz como radiação. A evolução pode ser percebida na nova resposta: “*movimento de energia*”. O estudante 4 admite ignorar a existência das radiações, “*Nunca pensei sobre*” e supõe que a luz seja uma radiação, (“*talvez raios do sol*”), a transformação do seu ponto de vista e a apropriação, pelo menos parcial, do conceito (no intervalo de vinte e três meses) aparece em sua resposta: “*É a propagação de energia por partículas ou ondas eletromagnéticas.*”.

Figura 25: respostas à questão 2 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, dois registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

**2. O que você imagina que é radiação?**

*Estudante 1 (23/03/2017):* Uma fonte de luz.

*Estudante 1 (21/02/2019):* Movimento de energia.

*Estudante 4 (23/03/2017):* Nunca pensei sobre, talvez raios do sol.

*Estudante 4 (21/02/2019):* É a propagação de energia por partículas ou ondas eletromagnéticas.

Na questão 3, “*Onde as radiações são utilizadas?*” (figura 26, constata-se a agregação de conhecimento das áreas de emprego da radiação (saúde e a indústria), agregação esta feita por conta, possivelmente, das possibilidades de atuação profissional vislumbradas pelo respondente.

Figura 26: respostas à questão 3 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, dois registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

**3. Onde as radiações são utilizadas?**

*Estudante 1 (23/03/2017):* No raio X.

*Estudante 1 (21/02/2019):* Raio X, tomografia, indústria.

*Estudante 4 (23/03/2017):* Em exames.

*Estudante 4 (21/02/2019):* Em tratamento, exames, indústria.

Na questão 4, “*Quais suas observações sobre o comportamento da sociedade em geral sobre a radiação?*” (figura 27) registrou-se a percepção dos estudantes quanto ao lugar comum, manifestado pelas pessoas em geral, de temer a radiação: “*Observo que há um pouco de medo*” e “*Acreditam que faz surgir o câncer e têm medo.*”. Após o período de duração da UEPS, as respostas não se restringiram ao relato, mas sim, a uma certa crítica à sociedade, atribuindo o temor à falta de conhecimento sobre as radiações: “*Poucos tem noção sobre a radiação (riscos).*”; e também acerca dos riscos existentes na aplicação das radiações ionizantes: “*As pessoas têm medo, acreditam que mata e literalmente acham que causa câncer independente de tipo e dose.*”.

Figura 27: respostas à questão 4 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, dois registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

**4. Quais suas observações sobre o comportamento da sociedade em geral sobre a radiação?**

*Estudante 1 (23/03/2017):* Observo que um pouco de medo.

*Estudante 1 (21/02/2019):* Poucos tem noção sobre a radiação (riscos).

*Estudante 4 (23/03/2017):* Acreditam que faz surgir o câncer e têm medo.

*Estudante 4 (21/02/2019):* As pessoas têm medo, acreditam que mata e literalmente acham que causa câncer independente de tipo e dose.

Na questão 5, “*Você sabia que existem radiações presentes no nosso dia a dia? Se sim, exemplifique.*” (figura 28) registrou-se no período de estudo, a evolução na noção dos estudantes acerca da presença das radiações em nível ambiental e social. A percepção da luz como a radiação mais presente no dia a dia, talvez tenha sido a mais citada em função da percepção sensorial do ser humano; juntamente ao emprego da radiação X na saúde, que certamente foi influenciado pela perspectiva profissional.

Figura 28: respostas à questão 5 do questionário de identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, dois registros que confrontam as respostas formuladas à mesma pergunta com um intervalo de 23 meses.

**5. Você sabia que existem radiações presentes no nosso dia a dia? Se sim, exemplifique.**

*Estudante 1 (23/03/2017):* Não.

*Estudante 1 (21/02/2019):* Sim. Luz

*Estudante 2 (23/03/2017):* Radiação solar

*Estudante 2 (21/02/2019):* Radiação solar; em hospitais (na sala de raio x).

## 6.2. As Contribuições dos Objetos-Modelo

Os Objetos-Modelo foram utilizados nos encontros correspondentes às etapas 3 e 4, (quadro 3) e na etapa 6 (quadro 5).

### 6.2.1. Prática 01 – Uma Ideia em um Modelo

A utilização do objeto-modelo (Prática 01 Uma Ideia em um Modelo, figura 3) e o experimento com “filmes radiográficos virgens”, estão associadas à situação-problema: “*Como a imagem radiográfica é gerada?* ” (quadro 3). Tanto o objeto-modelo quanto os filmes radiográficos demonstraram ser materiais potencialmente significativos para auxiliar a apropriação de novos conceitos aos subsunçores dos estudantes, como será explanado a seguir.

Tanto a utilização do objeto – modelo, quanto o experimento, foram registrados em áudio (disponível mediante contato com o autor). Neste áudio, é possível identificar a utilização por parte dos estudantes de seus conhecimentos prévios, na tentativa de dar sentido e solução à situação-problema proposta pelo objeto-modelo.

A respeito das sombras projetadas (figura 17, à direita), a observação da existência de diferença ou contraste luminoso entre as sombras projetadas pelos degraus iluminados evidencia um subsunçor, comum a todos os estudantes: “*Quanto mais espesso, mais fraca fica a luz.*”, (19'05"). Em parte, o objetivo é atingido quando o estudante conclui que o contraste entre as sombras se deve à variação da espessura das camadas de lâminas de vidro: “*A luz vai passar mais fácil pela camada mais fina.*”, (20'46"); Durante o apontamento das manifestações acima em lousa, acontece por parte dos estudantes uma ratificação, a troca do termo “*passar*”, por “*penetrar*”, sinalizando o emprego de uma linguagem cada vez mais técnica: “*A luz vai penetrar mais fácil pela camada mais fina.*”, (21'02").

A conclusão sobre as relações entre penetração da luz, espessura e luminosidade (sombra), foi confrontada pelo professor, através da solicitação do posicionamento de uma lâmina plástica opaca de um milímetro, como primeiro degrau da estrutura (figura 3). A solução para o confronto proposto foi expressa com o concurso do conceito de “*densidade*” (massa específica).

Analisado o encadeamento da atividade podemos inferir que a resposta do estudante atribuindo o termo *densidade* (massa específica), (34'33"), para elaborar a

solução para o confronto proposto pelo professor, foi resultado de uma síntese das ideias expostas pelos colegas sobre a absorção e reflexão da energia luminosa pela matéria plástica e vidro:

Afirmações dos estudantes:

“Um objeto negro (lâmina plástica) absorve a luz.”, (32'36"); e

“Ele (objeto negro) reflete também!”, (32'50");

O professor instigou os estudantes citando a percepção, “Quanto mais espesso mais fraca fica a luz.”, (19'05") e as afirmações dos estudantes deixaram claro que “Depende do objeto, se for o vidro, sim, mas para esse aí (lâmina opaca) acho que não.”, (33'18").

O professor organizou as ideias, afirmando que a variação da luminosidade em função da espessura é válida para o material vidro (33'36") e instigou o raciocínio dos estudantes sobre a possibilidade do vidro apresentar a mesma resposta (sombra) que a lâmina plástica opaca, ou seja, bloquear totalmente a luz, a resposta foi “Sim!”, (34'14"), em seguida o professor questionou “O que é isso?” e a resposta foi, “Densidade.” (34'33").

Registrada a apropriação da relação da penetração da luz com a composição do material iluminado, ou seja, a massa específica do material iluminado, para elaborar a solução para o confronto proposto pelo professor, pode-se inferir que os objetivos de debater e reconhecer a atenuação da radiação pela matéria foram alcançados, e o foram com o auxílio do objeto-modelo de atenuação proposto (Prática 01 - Uma Ideia em um Modelo).

Com o fortalecimento dos conhecimentos teóricos sobre a variação da energia luminosa em termos de reflexão, absorção e principalmente atenuação da radiação (luz visível, no modelo), em paralelo com a apresentação do “filme radiográfico virgem” (quadro 3), desencadeia-se a produção de conceitos mais aprofundados do estudo da formação da imagem radiográfica.

A análise do resultado da exposição do “filme radiográfico virgem”, figura 4 (b), levou à investigação do princípio da *fotossensibilidade* dos filmes radiográficos. A pergunta “Porque devemos trabalhar com os filmes radiográficos em câmaras escuras?”, foi respondida com a afirmação: “Porque eles são sensíveis à luz.” (36'10").

Chamada atenção de todos os estudantes sobre os registros no filme radiográfico, a visualização das formas dos objetos como sombras no filme radiográfico gerou a declaração “Que legal!” (36'30"). A apresentação dos princípios de formação da

imagem radiográfica aconteceu de forma simplificada, o foco foi a observação das imagens geradas no filme radiográfico após permanecer exposto à luz da sala. A seguir, é transcrita uma troca de ideias entre o professor e os estudantes, relativa à análise da imagem:

“- *Professor: quanto mais luz chega...*  
 - *Estudantes: mais escuro fica.* ” (37'00”).

O professor aproveitou para questionar: se ao invés dos objetos sobre o filme, fosse utilizado o objeto-modelo de atenuação, como seriam registradas as imagens no filme radiográfico? A resposta foi: “*O primeiro degrau está chegando muita luz, então, ele seria escuro.* ” (38'18”). Essa conclusão constitui-se num elemento fundamental, pois ela faz parte da situação-problema proposta no experimento da etapa seguinte, a que trata da reconciliação integrativa.

Por fim, pode-se pressupor a assimilação de um novo conhecimento, atrelado às noções prévias: os fenômenos observados nas atividades propostas (quadro 3) foram associadas pelos estudantes à formação de uma imagem radiográfica real, ou seja, à interação da Radiação X com o tecido humano, “*Por isso as vísceras ficam escuras, porque a radiação atravessa.* ” (39'40”).

### 6.2.2. Prática 02 – Densidade Radiográfica

A utilização do objeto-modelo (Prática 02 Densidade Radiográfica, figura 7), no experimento de *Densidade Radiográfica*, deu continuidade ao aprofundamento dos conceitos que compõem a formação da imagem. O experimento com o objeto-modelo de Densidade Radiográfica (quadro 1), foi indubitavelmente essencial na modelagem da exposição da matéria à Radiação X para a formação da imagem radiográfica (situação-problema “*contraste radiográfico e densidade radiográfica*”, quadro 5).

A reconciliação dos conceitos da etapa anterior (Quadro 4, Quadro 5 e item 6.4) que envolvem *radiação (luz)*, *penetração* e *fotosensibilidade*, se deu ao integrar estes elementos a uma nova situação-problema, desta vez associada à utilização da Radiação X, ao invés da radiação luz. A integração da *radiação X* aos conceitos de *penetração* e *fotosensibilidade*, propiciou a apresentação de princípios físicos e termos técnicos significativos, necessários para a formação de uma síntese acerca da formação e da apresentação visual de uma imagem radiográfica, em termos de escurecimento em seus diferentes graus, ou seja, em termos de *densidade* e *contraste radiográfico*.

O resultado da simulação de exposição, figura 7(B), fomentou as seguintes discussões: comparação dos níveis de escurecimento das imagens formadas por objetos de uma mesma composição atômica e espessura, porém, de diferentes formas, (figura 8); variação do escurecimento, na comparação das imagens formadas por objetos de composição atômica distinta, (conjuntos 1, 2 e 3 da figura 8); variação do grau de escurecimento em função da variação da espessura de um material (conjunto 4 da figura 8); e por fim, a visualização da atenuação equivalente obtida com a variação de espessura de materiais distintos, destacados na figura 11.

Esses resultados auxiliaram o professor a provocar as sínteses dos estudantes, a respeito das relações observadas: a comparação das imagens formadas por objetos do mesmo grupo (figura 8), levou à conclusão de que radiografar objetos de formatos distintos e que não possuem variação de espessura, acarreta em imagens que não possuem variação no seu grau de escurecimento (sem contraste); a percepção da variação da penetração da Radiação X em materiais de composição distintas gerou escurecimentos distintos, conjuntos 1, 2 e 3 da figura 11; a imagem gerada pela exposição do “penetrômetro” (conjunto 4 da figura 8), fortaleceu a relação entre a penetração da radiação, espessura e formação de contraste.

O experimento que evoluiu a situação-problema “*contraste radiográfico e densidade radiográfica*” (quadro 5), potencializou a integração da situação-problema da etapa anterior (quadro 4), podendo-se pressupor que houve uma contribuição para a fixação dos conceitos relativos à “*fluorescência*” da “*tela intensificadora (ecran radiográfico)*” e ao processo de “*excitação atômica ou molecular*”.

As sínteses elaboradas nas análises das imagens demonstraram discernimento dos conceitos de formação da “*densidade radiográfica*” e de “*contraste radiográfico*”.

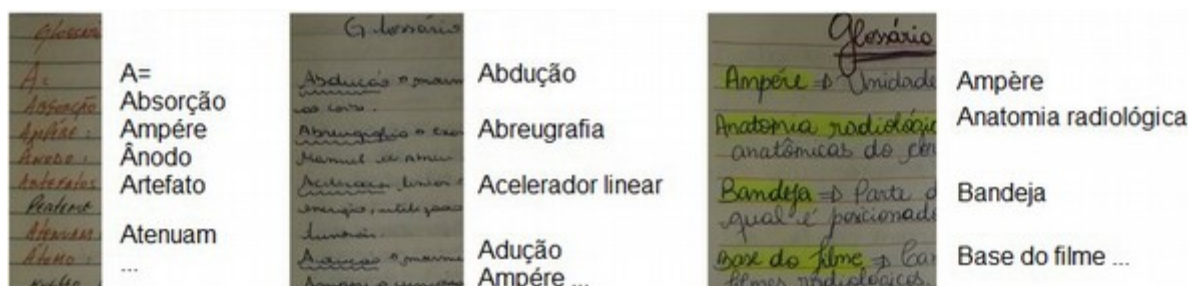
### **6.3. Dedicção e Comprometimento na Elaboração dos Glossários**

Na terceira e quarta etapas da UEPS, segundo encontro, quadro 3, teve início a confecção do glossário, apêndice A, glossário este que consistiu basicamente da explicitação escrita do vocabulário empregado no estudo da radiologia e das atividades práticas, que contribuem para a formação do técnico em radiologia. A proposta do glossário foi formalizada no início do encontro, e a data para sua apresentação foi a data de realização da avaliação,

De maneira geral, a elaboração dos glossários teve como objetivo a criação de uma fonte de consulta rápida e eficiente aos termos de maior emprego na área, bem como a possibilidade de os estudantes, por eles mesmos, por meio de pesquisas na internet e livros, produzirem este glossário. Bem entendido, o sucesso desta empreitada, como foi declarado aos alunos na ocasião em que ela foi lançada, seria o comprometimento dos alunos, não só de buscar as definições dos termos, mas também de selecionar aqueles termos que se revelassem importantes, na óptica deles, alunos. No entanto, foram relevantes, além do comprometimento em construir o glossário, comprometimento este que se manifestou claramente ao longo de toda a UEPS, a organização, a clareza e o uso dos glossários.

A reorganização dos elementos dos glossários, o “*glossário passado a limpo*”, fez com que quase quarenta por cento dos glossários fossem apresentados com os termos em ordem alfabética, como podemos ver nos recortes apresentados na figura 29. Essa remodelagem do glossário demanda tempo de dedicação, o que demonstra o interesse e o esmero do estudante na elaboração da atividade.

Figura 29: Glossários com elementos organizados em ordem alfabética.



Podemos observar nos glossários, a incorporação de termos empregados em outras disciplinas do curso, os termos “*Adução e Ortostático*”, terminologias utilizadas para se referir à fisiologia do movimento humano e posicionamento radiográfico, respectivamente, podem ser vistos nos recortes apresentados na figura 30. Assim, podemos afirmar que a proposta de construção do glossário constitui-se, para os alunos, numa inspiração para o estudo de conceitos de diferentes disciplinas do curso.

Figura 30: Glossários com termos empregados em outras disciplinas do curso técnico em radiologia.

*Adução* → movimento de braço ou perna em direção ao corpo.

*Ortostático* → Posicionamento para exame radiológico no qual o paciente fica em pé e parado.

Ortostático → Posicionamento para exame radiológico no qual o paciente fica em pé e parado.

Os glossários apresentados continham palavras e descrições em, pelo menos, três páginas. Apenas um restringiu-se a uma página. Considerando uma média de vinte definições por página, os glossários na sua maioria apresentaram pelo menos sessenta palavras e siglas acompanhadas de definições.

Por partir do professor, as explicações que forneceram as primeiras indicações para a composição do glossário, não provocaram um comportamento ativo dos estudantes, no sentido de selecionar e acrescentar conceitos em seus glossários. Mas, gradualmente, a partir do fomento reiterado, por parte do professor, na criação do glossário, fomento este reiterado ao final de cada explicação, de cada debate, os estudantes foram se apropriando, gradualmente, da tarefa. Esta apropriação gradual foi estimulada pelo professor ao fazer uso frequente dos glossários (*procurem aí no glossário o termo ...*) e, uma vez encontrado o termo, este servia de ponto de partida para a elaboração de explicações e retomadas de conceitos (figura 16).

#### 6.4. Aprendizagem Colaborativa nos Laboratórios de Ensino de Radiologia

A primeira atividade envolvendo o laboratório de ensino de radiologia foi realizada em sala de aula, aplicada no segundo encontro (quadro 3, etapas 3 e 4 da UEPS) e seus resultados estão descritos no item 6., subitem 6.2., pelo fato de ter sido aplicada juntamente a utilização do objeto-modelo de atenuação.

As demais atividades, envolvendo o laboratório de ensino de radiologia, foram aplicadas nas etapas 5 e 6, quadros 4 e 5, respectivamente, dessa UEPS. Após as atividades práticas no laboratório de radiologia, os estudantes que formaram, por afinidade, três grupos de cinco e um grupo de seis integrantes, no período que se seguia,

se reuniam para elaborar o relatório de aula prática (anexo B). Por interesse do grande grupo, todos os experimentos foram realizados duas vezes, no mesmo encontro; a segunda execução dos experimentos, invariavelmente, foi executada pelos estudantes, com a interferência mínima do professor.

As simulações de exposição à Radiação X realizadas no laboratório serviram como complemento para a teoria, inicialmente, auxiliando na memorização dos aspectos comuns, tais como, “*distâncias foco-objeto-filme*”, “*colimação*”, e “*alinhamento entre fonte, objeto e filme radiográfico*”, figura 31(A), aspectos que contemplam todos os procedimentos de exame radiográfico. No anexo B, “*Para realizar a simulação foi ajustado o aparelho com uma distância de 1 metro e 10 centímetros entre o foco e o filme (o mesmo se encontrava em cima da mesa), em um único filme realizamos três imagens.*”

Essas noções foram aplicadas em forma de situações-problemas nos exercícios de fixação propostos e avaliação escrita, figura 31(B).

Figura 31: Experimento com chassi radiográfico, em (A) fotografia dos materiais utilizados e em (B) ilustração utilizada em situações-problemas dos exercícios de fixação e avaliação.



A utilização de um equipamento de Raios X diagnóstico para executar as simulações de exposição à Radiação X, tornou o estudo dos conceitos mais interessante. A seguir, um trecho da conclusão de um relatório de aula prática, anexo B, da atividade proposta no experimento que envolveu a utilização do *objeto-modelo e Densidade Radiográfica* e a situação-problema “*contraste radiográfico e densidade radiográfica*”, quadro 5.

“*Ao realizar a simulação e observar os resultados foi possível compreender que realmente é preciso o uso da técnica para ajustar o equipamento, assim como o contraste da imagem radiográfica varia de acordo com a densidade do corpo radiografado, sendo assim mais clara a compreensão do enegrecimento da radiografia processada se dá por conta de diferentes estruturas e espessuras.* (Conclusão do Relatório, ANEXO B)”

Os resultados das experiências em laboratório proporcionaram aos estudantes ocasiões para aplicar habilidades de “observação” e “reflexão” sobre o emprego dos parâmetros de exposição kv, mA e mAs para a formação da imagem radiográfica, “*O filme radiográfico continha três imagens em posição (AP) antero/posterior e observando o mesmo é possível notar que as três imagens ficaram iguais, isso foi possível devido a relação entre o tempo e o miliampère.*” (anexo B).

Ao final, os estudantes demonstraram utilizar corretamente os materiais disponíveis no laboratório. O auxílio e o revezamento entre os colegas que operavam o equipamento também foram aspectos positivos observados na turma.

### 6.5. Indicativos da Aprendizagem Significativa em Soluções de Situações-problema

Estes resultados apresentam a avaliação de resolução de situações-problema em avaliação escrita e mapas conceituais, atividades aplicadas na etapa 7 da UEPS. Em sala de aula, os estudantes demonstraram relacionamento cooperativo para a busca de soluções para as situações-problema propostas para a confecção do portfólio e elaboração de relatórios (anexo) cujos trechos são anexadas as situações propostas a seguir (situações essas que envolvem não só os conteúdos apresentados nessa UEPS, mas os conteúdos que a complementam).

Reconciliando os resultados obtidos no laboratório de radiologia com o uso do *Objeto-modelo de Densidade Radiográfica* para a resolução da situação-problema “*contraste radiográfico e densidade radiográfica*”, o estudante é indagado, em uma questão (figura 32) que remete à situação apresentada pelo professor na sexta etapa da UEPS, quadro 5.

Figura 32: Exemplo de questão que reconcilia os resultados obtidos nas atividades de experimentação, típica questão contemplada em avaliação.

“[04] As ilustrações abaixo mostram dois exemplos de contraste radiográfico obtidos pela formação da “*informação do feixe*” de Raios X. Explique como é possível o contraste ser o mesmo nas duas situações.:

---

---

---

---

---

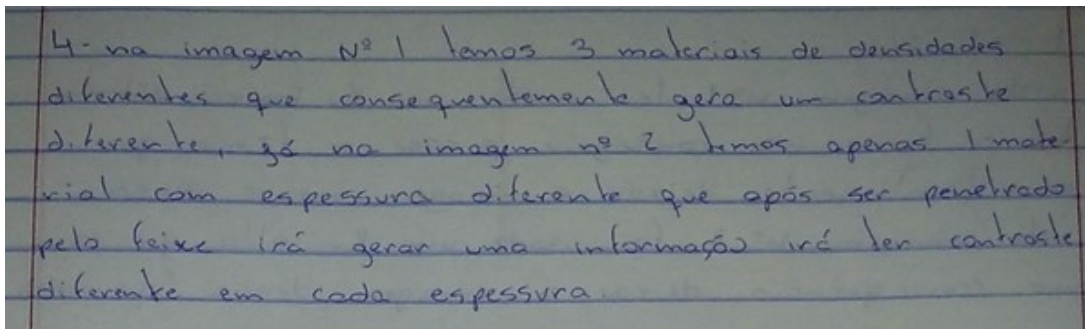
---

---

---

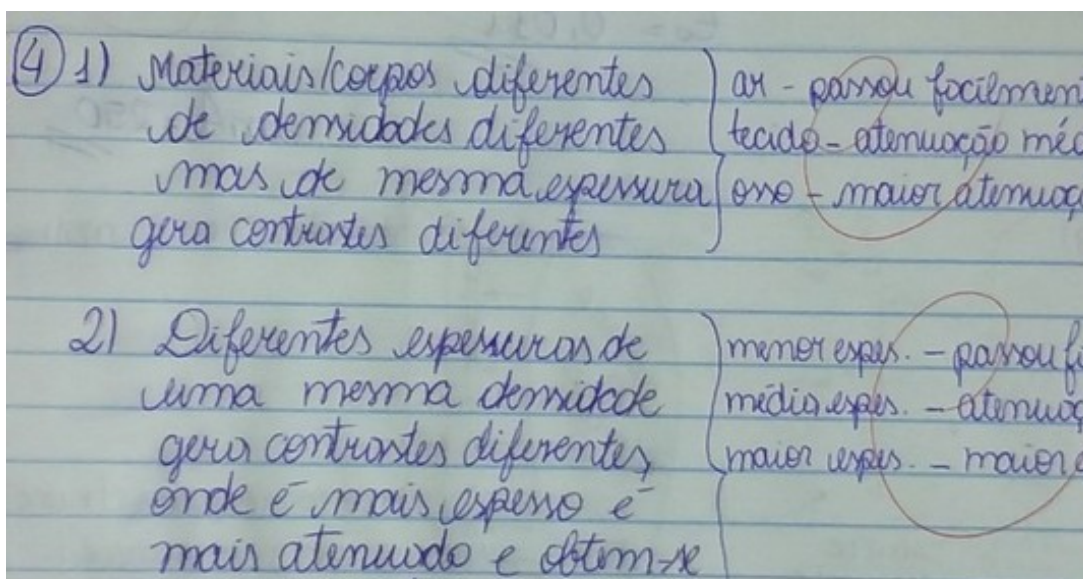
A resposta formulada na figura 33 apresenta em sua composição o termo “*densidade*” empregado de forma equivocada, pois para se referir ao tipo de material radiografado deve ser utilizado o termo “*massa específica*”, mesmo assim, a sua síntese evidencia a compreensão da formação da informação energética do feixe de Raios X, principalmente pelo uso do termo “... *consequentemente gera* ...” e “... *que após ser* ...” que indicam hierarquia entre os conceitos. Resposta do estudante:

Figura 33: Resposta que emprega o termo “densidade” de forma equivocada.



A seguir, na figura 34, uma síntese que evidencia a compreensão da formação da informação energética do feixe de Raios X, também contém o termo “*densidade*”, porém, de forma positiva, acrescenta o termo “*atenuação*” para se referir à variação energética do feixe de Raios X e ao final, exemplifica conceitos que solidificam sua síntese.

Figura 34: Síntese que evidencia a compreensão da formação da informação energética do feixe de Raios X e emprega o termo “densidade” de forma equivocada.



A seguir, uma questão, figura 35, que envolve os fatores de exposição kV e mA (kilo Volt e mili Ampère), tanto na geração da Radiação X, quanto na influência na aquisição da imagem.

Estudo realizado com o auxílio das situações-problema “Efeitos do kV na Formação da imagem Radiográfica” e “Efeitos do mA na Formação da imagem Radiográfica”, quadro 7, sétima etapa da UEPS, e conceito de massa específica aplicada ao corpo humano, integrados em uma situação-problema que envolve práticas diárias do técnico em radiologia.

Figura 35: Exemplo de questão que reconcilia os fatores de exposição com os equipamentos que fabricam a radiação X.

[15] Comparando um aparelho de Raios X diagnóstico fixo com um móvel: O fixo possibilita a realização de todos os exames radiográficos com uma melhor qualidade de imagem pois produz com qualidade uma quantidade superior de radiação.

Essa produção está relacionada ao abastecimento elétrico desses aparelhos e com seus filamentos denominados Foco Fino e Foco Grosso.

Comparando duas radiografias realizadas em um aparelho fixo, a mão (44kV e 100mA) e o tórax (90kV e 200mA) podemos dizer que:

- a) Deve ser usado o Foco Grosso nos dois exames pois a quantidade de radiação produzida será maior, o que resulta em uma maior definição da imagem, tanto para os alvéolos quanto para os ossos da mão.
- b) Deve ser escolhido o Foco Fino para a mão, pois radiação produzida será menor, mas, mais concentrada. E o Foco Grosso para o tórax pois a área do tórax é maior.
- c) Deve ser usado o Foco Fino nos dois exames pois a radiação produzida será mais concentrada o que resulta em uma maior definição da imagem, principalmente dos alvéolos pulmonares.

As questões dissertativas, como na figura 36, a seguir, exploradas em avaliação, foram respondidas de forma clara e sucinta, (figura 37) sugerindo a compreensão das consequências dos fatores de exposição kV e mA (quilo Volt e mili Ampère), na formação da imagem radiográfica, com o uso equivocado do termo “passar” ao invés de “penetrar”, porém, mensurando os parâmetros com os termos técnicos usuais “alto e baixo”.

Figura 36: Exemplo de questão discursiva cuja a resposta exige a reconciliação dos resultados obtidos nas atividades de experimentação, típica questão contemplada em avaliação.

[01] Com a ajuda das nossas experiências em sala de aula podemos conhecer os efeitos dos parâmetros de exposição na formação da imagem radiográfica. As imagens abaixo mostram o resultado de uma dessas experiências:

Com base na manipulação dos parâmetros de exposição a) kV e b) mA, justifique como é possível obter os resultados apresentados nessas “imagens radiográficas”. Para uma comparação considere a imagem II como a imagem que apresenta uma densidade radiográfica ideal.



Por meio de uma resposta clara e sucinta à pergunta [01] (figura 36, a seguir na figura 37) fica evidenciada a compreensão das consequências dos fatores de exposição kV e mA (quilo Volt e mili Ampère), na formação da imagem radiográfica.

Figura 37: resposta do estudante a pergunta [01] da figura 36.

① a) na imagem 1 o kV foi muito baixo passou menos radiação que a 2. e na imagem 3 o kV foi muito alto passando mais radiação que a 2.  
 b) comparando a 1 com a 2 o mA foi maior. e na 3 o mA foi menor que na 2.

Na figura 38, aparece uma resposta mais substancial para a questão dissertativa da figura 36, com utilização ampla dos termos técnicos cabíveis, busca uma elucidação dos fatores em sequência, evidenciando a compreensão das consequências dos fatores de exposição kV e mA (quilo Volt e mili Ampère), na formação da imagem radiográfica.

Os termos “penetração e quantidade de radiação”, para justificar a “informação” que chega ao filme radiográfico são aplicados corretamente. Os parâmetros com os termos técnico “alto, baixo” também são corretamente aplicados, e o uso da radiação, apontado como “suficiente”, também é adequado.

Figura 38: Resposta mais substancial para a questão dissertativa da figura 36, utilização de termos técnicos para elucidar as consequências dos fatores de exposição kV e mA na formação da imagem radiográfica.

11. a) o kV, quanto mais alto aumenta  
 mais a penetração dos raios X (fótons) no objeto  
 na imagem do meio foi usado um valor  
 suficiente para se ter a penetração dos raios X  
 de forma que temos a imagem ideal no filme  
 (2) pois a penetração dos raios X do objeto não  
 deixou de penetrar o suficiente com na imagem  
 (1) tem que se tem a informação de forma  
 do objeto mas não se visualiza de forma correta  
 e nem muito como na imagem (3) em que  
 a penetração dos raios X foi muito forte e  
 deixou o famoso filme "queimado"

b) o mA, é a quantidade de elétrons (energia) pro-  
 duzida. Na imagem (2) tivemos um mA suficien-  
 te para deixar a informação correta no filme,  
 se na (1) foi usado um valor baixo de mA,  
 que não fez (produziu) energia suficiente então  
 a imagem fica fraca (contraste radiográfico)  
 e na (3) foi usado um valor muito alto, que  
 fez com que tivesse energia demais e "queimado"  
 o filme

## 6.6. Indicativos da Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais

Outro indicativo da aprendizagem significativa foi obtido por meio dos mapas conceituais construídos pelos estudantes. Os temas para a construção dos mapas foram associados aos conteúdos apresentados nas etapas desta UEPS e também aos conteúdos que complementam a disciplina. Para essa turma, o mapa conceitual foi feito em lousa, de forma colaborativa, como recurso para retomar o conteúdo do encontro precedente (figura 39).

Figura 39: Questão da avaliação, cuja a resposta solicita a confecção do mapa conceitual.

[08] Utilize o verso da prova para fazer um mapa conceitual que envolva os parâmetros de exposição e os fatores que influenciam a aquisição e formação da imagem radiográfica analógica.

Foram considerados conceitos-chave para nortear a construção dos mapas e a discussão dos mesmos, os seguintes conteúdos:

- Os parâmetros de exposição radiográficas kV, mA e mAs;
- Influência dos parâmetros de exposição na geração da imagem radiográfica;
- Densidade e contraste radiográfico;
- Etapas do processamento químico radiográfico.

A conexão e as indicações foram elaboradas de modo a auxiliar na expressão de significados. Os estudantes foram cientificados de que, na construção dos mapas, a simetria não é obrigatória, mas a localização dos conceitos no mapa serve como evidência da organização dos pensamentos. Este trabalho não buscou, bem entendido, por uma única forma de elaboração de um mapa conceitual, mas sim, por uma estrutura que remetesse à compreensão da relação entre conceitos.

Observamos, no mapa apresentado na figura 40, uma série de aspectos que poderiam indicar uma aprendizagem significativa. Observa-se que o mapa da figura 40 é constituído pelos conceitos-chave, necessários na elucidação do processo de aquisição da imagem radiográfica, ou seja, fica evidente a fusão entre diferentes situações-problema, expostas em especial nas figuras 32 e 36. Os fatores fundamentais, os parâmetros de exposição radiográficos (*kV*, *mA* e *mAs*), assim como a “*imagem radiográfica*” possuem uma forma (nuvem) que os destaca no mapa conceitual (figura 40). O agrupamento destes conceitos revela uma harmonia sequencial e hierárquica, conectada ao uso de setas para indicar consequência.

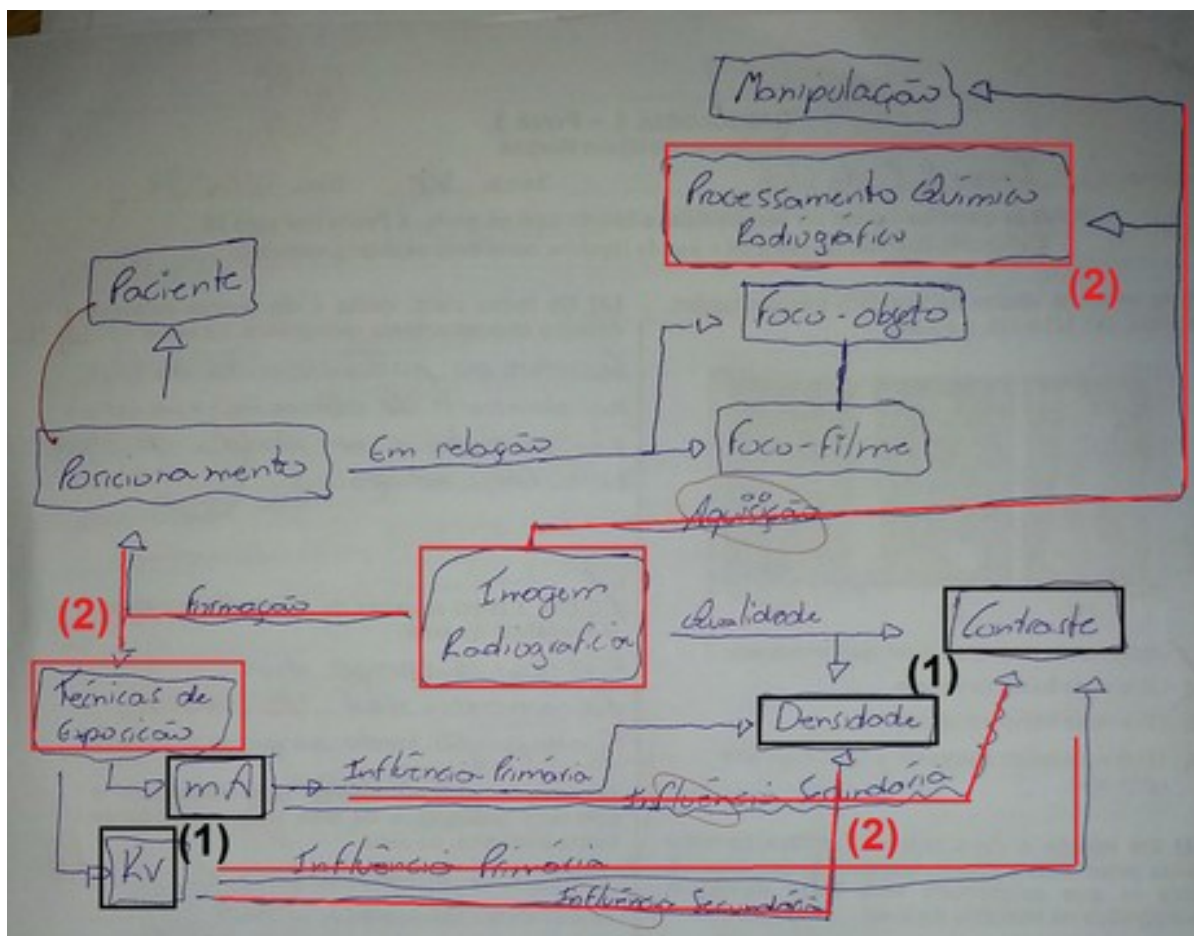
A relação entre fenômenos distintos e a sequência de fatores para formar o conceito de “*aquisição da imagem*” pode ser observada nas conexões da figura 40, destacado em (2), embora algumas palavras sobre as linhas pudessem enriquecer ainda mais a relação entre os conceitos.

A forma organizacional aplicada na etapa 6 dessa UEPS, quadro 5, serviu de inspiração para o estudante destacar, abaixo, em seu mapa, a ordem existente nas “*etapas do processamento químico radiográfico*”, figura 40, destacado em (4).



O agrupamento dos conceitos apresenta uma harmonia que propicia, entre outras coisas, conexões convincentes entre as diferentes informações, bem como conexões cruzadas e setas, que auxiliadas por palavras como “*interferência primária*”, indicam determinações (figura 41, destacado em (2)).

Figura 41: Mapa conceitual reconstruído individualmente, em (1) os parâmetros de exposição e seus fatores na formação da imagem, em (2) o posicionamento dos conceitos iniciais e o cruzamento das informações.



Não existe uma ferramenta educacional única capaz de comprovar a aprendizagem significativa, mas é possível, por meio de mapas conceituais, observar lacunas na aprendizagem de um estudante pela forma como ele expressa a organização do conhecimento adquirido, e desta forma, planejar adequadamente a sequência dos encontros, de forma a suprir estas lacunas. Inversamente, quando os mapas revelarem ligações efetivas e convincentes, o professor, nos seus planejamentos, levará isto em consideração, e evitará “ensinar aos alunos o que eles já sabem”.

O estudante que construiu um mapa conceitual rico em ideias, hierarquia de

conceitos e suas conexões (figura 40 e na figura 33), também apresentou um desempenho de síntese satisfatório ao resolver situações-problema em uma avaliação escrita, individual e sem consulta, o que de certa forma seria de se esperar. Já os estudantes que apresentaram um desempenho de síntese insatisfatório ao resolver situações-problema na mesma avaliação, figura 43, também apresentaram dificuldades de elaboração de mapas conceituais.

Pode ser visto na figura 42 que o mapa conceitual possui destaques apenas no termo “Imagem Radiográfica”, embora os parâmetros de exposição “ $kV$ ,  $mA$  e  $mAs$ ” estejam presentes no trabalho entregue (①). Os conceitos apresentados são expostos como frases que apresentam uma hierarquia demasiada, visto em ②, na mesma figura. Além de apresentar uma linha de conexão vaga, (③) o trabalho possui conceitos unidos por linhas, porém, o tamanho, a forma e a falta de setas e palavras sobre as linhas não externalizam de forma convincente as relações entre os conceitos.

Figura 42: Mapa conceitual entregue pelo estudante que apresentou uma síntese desprovida de conceitos que solucionam de forma íntegra, as situações-problema das figuras 32 e 36 da avaliação escrita, individual e sem consulta.

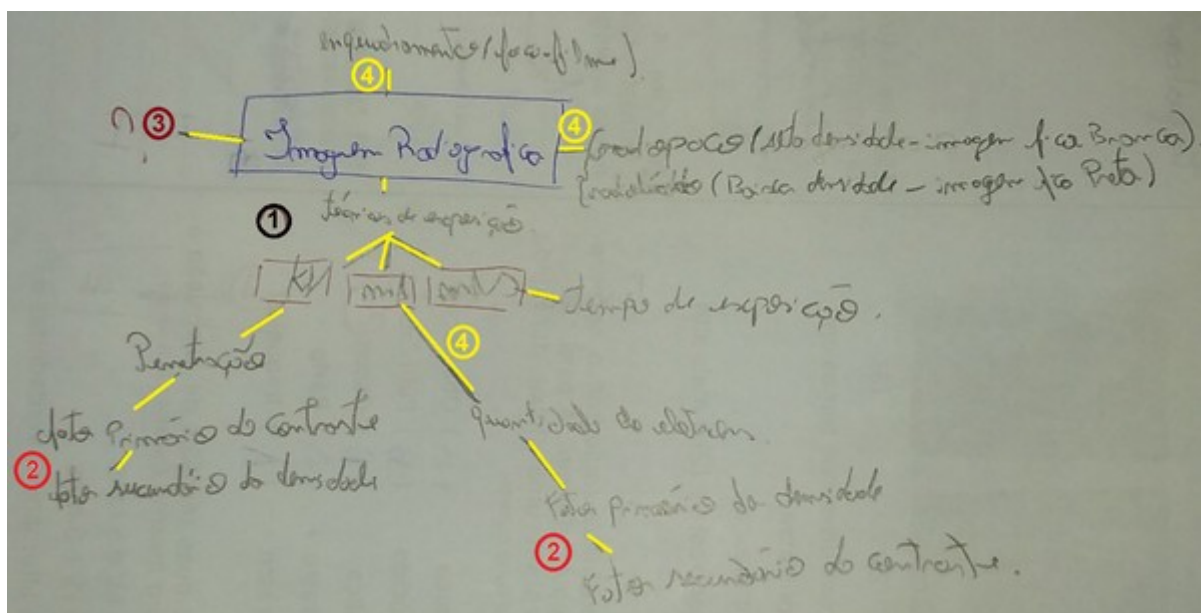
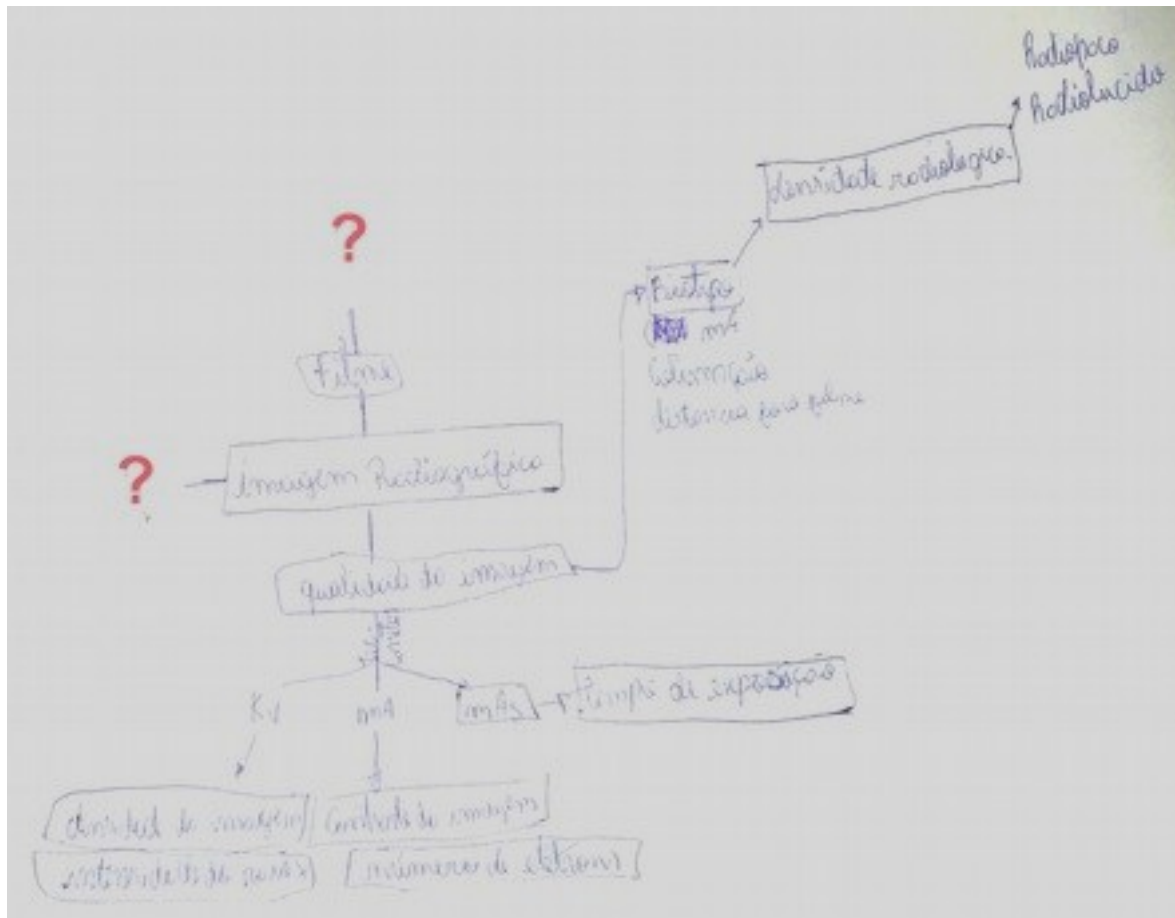




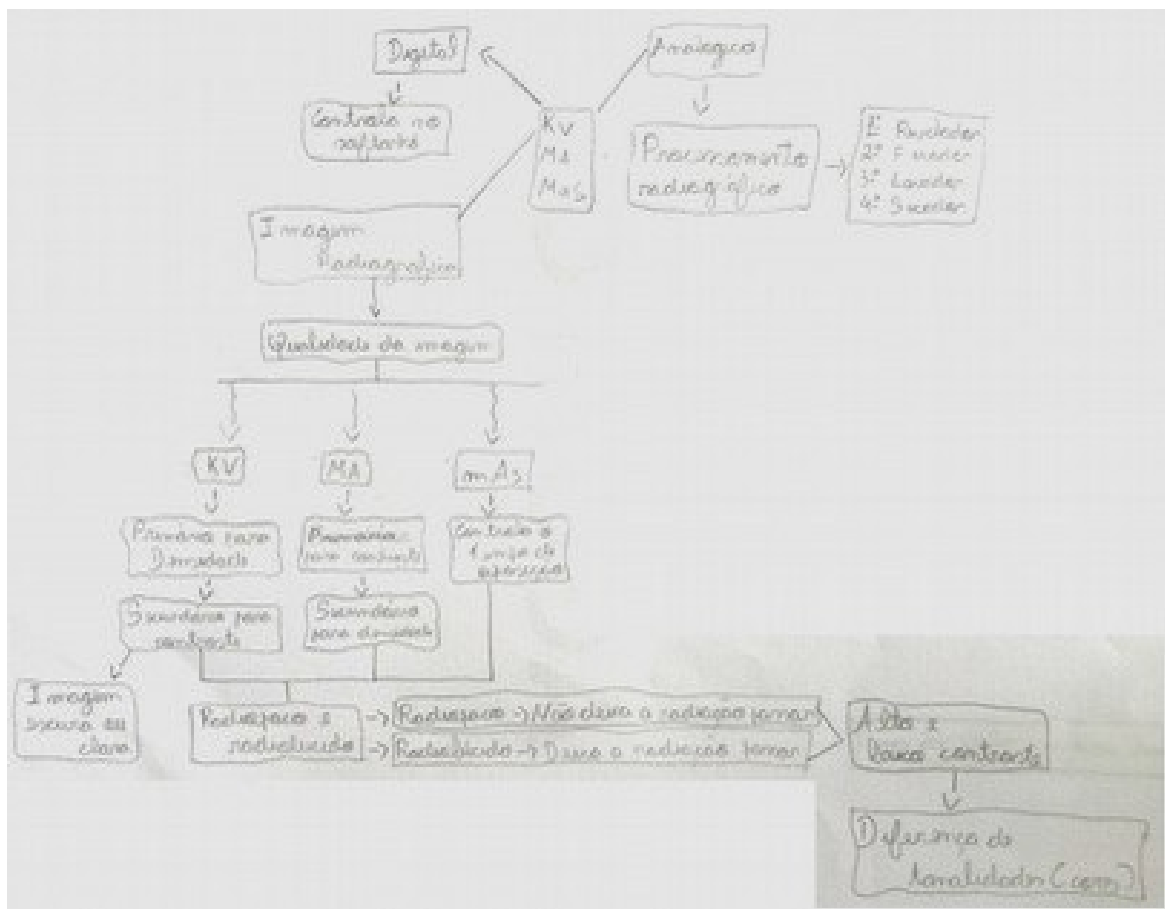


Figura 45: Mapa conceitual que apresenta linhas vagas, rasura, falta de conceitos e correlação entre eles.



A seguir, figura 46, a reestruturação do mapa conceitual apresentado na figura 45, agora o mapa conceitual apresenta o acréscimo de conceitos e linhas para ligações que representam a associação entre esses conceitos.

Figura 46: Reconstrução do mapa conceitual da figura 45, reestruturado com acréscimo de conceitos e ligações que representam associação entre os mesmos.



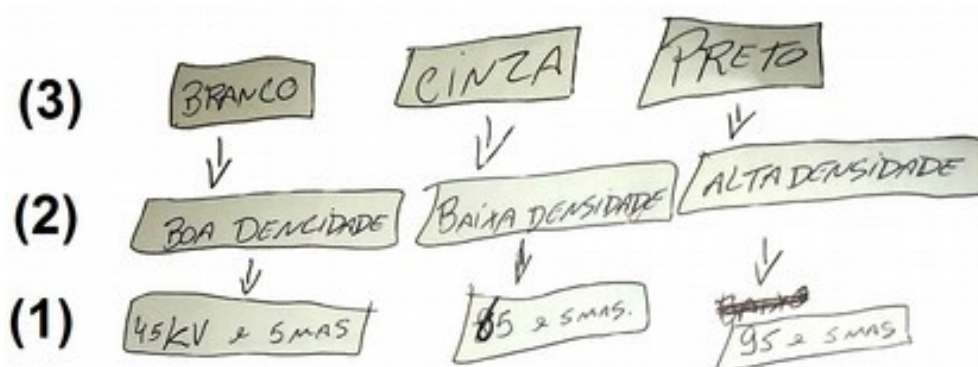
Por fim, são apresentados os mapas dos estudantes reprovados após a aplicação desta UEPS, figura 47 e figura 48. A seguir, figura 47, duas etapas: construção e reconstrução do mapa conceitual. Podemos observar que nenhum dos mapas deixa claro, quais conceitos são importantes, dessa forma, as relações conceituais não ficam explícitas, e o mapa lembra mais um aglomerado de informações.



origem aos conceitos “*contraste e densidade*”, apontados a partir do segundo encontro, etapas três e quatro da UEPS, no quadro 3;

Ao mensurar a densidade radiográfica com o termo “*boa*” (figura 48) destacado em (2), o estudante demonstra que ainda está numa fase inicial de apropriação do conhecimento técnico teórico necessário para um bom exercício da profissão de técnico em radiologia.

Figura 48: Tentativa de elaboração de mapa conceitual por estudante reprovado na disciplina.



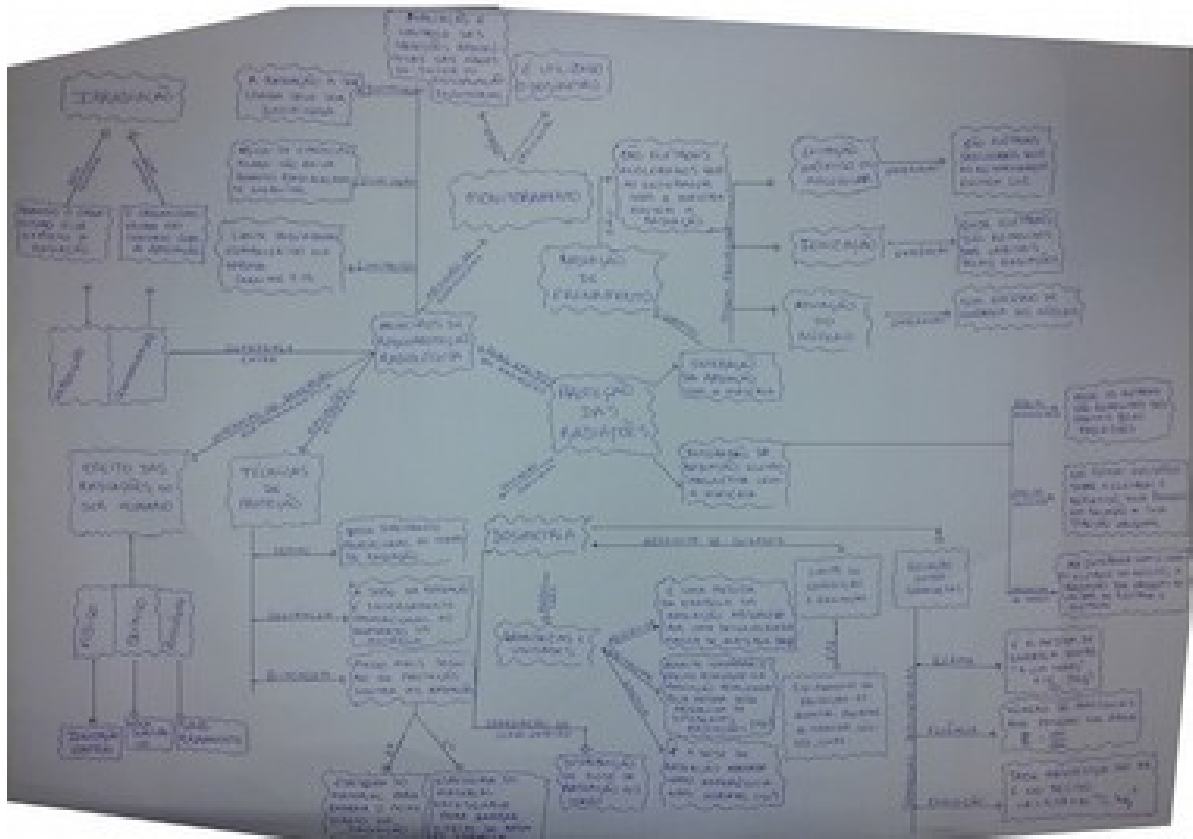
Dos vinte e quatro estudantes que colaboraram na realização dessa UEPS, três deles foram reprovados por frequência insuficiente, de acordo com norma da escola. Nenhum deles realizou as tarefas com mapas conceituais.

Dos vinte e um estudantes que contribuíram do início ao fim para a realização dessa UEPS, somente dois deles não apresentaram evolução na reconstrução de seus mapas, indicando falta de compreensão e/ou de comprometimento, e portanto, foram reprovados com o percentual de aproveitamento nas atividades propostas, inferior a sessenta por cento. Esses mesmos estudantes apresentaram um percentual de acertos na avaliação escrita, individual e sem consulta, de recuperação, de quarenta por cento. Ao decorrer do período letivo todos os estudantes reprovados optaram pelo cancelamento ou desistência do curso.

A aplicação dessa UEPS desenvolveu nesse grupo de vinte e um estudantes, um potencial para a elaboração de mapas conceituais. Ao seguir do curso técnico em radiologia, os estudantes mostraram afinidade com a maneira de relacionar os conceitos por meio de um mapa conceitual, elaborando em grupo, um mapa conceitual do

conteúdo de radioproteção e dosimetria, figura 49, conteúdo que sucede os conceitos estudados durante essa UEPS.

Figura 49: Elaborando em grupo, de um mapa conceitual do conteúdo de radioproteção e dosimetria, da disciplina de Radioproteção que sucede os conceitos estudados durante essa UEPS.



A turma do curso técnico em radiologia que deu início a aplicação da UEPS, portanto, a partir do primeiro encontro, segunda etapa, quadro 2, era composta por trinta e nove estudantes. No segundo encontro, terceira e quarta etapas da UEPS, quadro 3, a turma era composta por vinte e quatro estudantes. Sendo que, vinte e um deles participaram integralmente da UEPS, sendo dois deles não obtiveram êxito suficiente para a aprovação nas atividades propostas. Apenas treze entre os vinte e um estudantes que colaboraram com essa UEPS concluíram o curso técnico em radiologia. Considerando o número do primeiro encontro, pouco mais de trinta por cento dos estudantes concluíram o curso técnico em radiologia.

## 7. LIÇÕES EM VÍDEO – PRODUTO

O intuito desse produto é utilizar um dos “bens de consumo” eletrônico mais adquirido e usado no Brasil, o “smartphone”. “O Brasil terá um smartphone em uso por habitante até o final de 2017, segundo dados da 28ª Pesquisa Anual de Administração e Uso de Tecnologia da Informação nas Empresas, realizada pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP) (ESTADÃO, 2017) ”.

Atualmente os smartphones possibilitam principalmente o acesso móvel à internet, e com isso a interação social na forma digital cresce exponencialmente. Dessa forma, não demorou muito para ouvir clamores dos estudantes por opções de ensino disponíveis na internet. Assim, o produto apresentado nesse trabalho é de natureza digital, está [disponível](#) e pode ser acessado por qualquer aparelho smartphone conectado à internet. Especificamente, o produto é uma seleção de vídeos que influenciam a fixação dos conteúdos estudados.

Nos vídeos, disponíveis na plataforma de compartilhamento YouTube, os estudantes podem rever conteúdos e experiências realizadas em aula. Além disso, os estudantes podem fazer questionamentos através do espaço reservado para comentários e compartilhar esses vídeos e as possíveis indagações através de outras mídias sociais como o Facebook e o WhatsApp por exemplo.

Segundo Peron (2016), a maior plataforma de interação é o Facebook, criado em 2004, a maior rede social do mundo, com um total de 1.590.000.000 (um bilhão quinhentos e cinquenta e nove milhões) de usuários, sendo no Brasil 99.000.000 (noventa e nove milhões) de contas ativas. Em 2016, cada um dos usuários brasileiros permaneceu online pelo menos 22 (vinte e dois) minutos diários. O WhatsApp vem em segundo lugar com 1.200.000.000 (um bilhão e duzentos milhões) de usuário em todo o mundo. Segundo o site eMarketer (2016), no Brasil 56.500.000 (cinquenta e seis milhões e quinhentos mil) aparelhos móveis utilizam o aplicativo WhatsApp para a troca de mensagens instantâneas.

Por serem vídeos confeccionados sem o uso softwares específicos de edição e captação de imagens, pois softwares dessa natureza exigem um investimento financeiro considerável, os vídeos apresentam uma forma singela de layout e formatação tanto para áudio como para o vídeo. No total foram utilizados seis softwares para a confecção dos vídeos, todos executados no sistema operacional Windows 8.1.

Além dos recursos do próprio Windows, portanto software pagos, o gravador de Som e Paint, ambas as versões 6.3, também foram utilizados os seguintes softwares livres (*software free*): LibreOffice 5.3.7.2 Impress, Adobe Acrobat Reader DC Versão 2018.011.20040, oCam versão 430.0 e o Media Player Classic versão 6.4.9.1. Destacamos, o programa Impress que é utilizado para a confecção e exportação de slides, e o programa oCam, software livre que capta a tela do computador.

### **7.1. Concepção dos Vídeos**

A elaboração dos vídeos compreende três fases temporais: a confecção, a gravação e a fusão. Na fase de confecção é preparada uma apresentação de slides no programa LibreOffice Impress, utilizando além do conteúdo da disciplina, imagens que podem ser fotografias editadas das experiências realizadas ou figuras criadas, também com base nos materiais usados em aula, ambas no programa Paint. Após, utilizando a opção “Exportar como PDF” do LibreOffice Impress o documento é convertido para ser executado no programa Adobe.

A opção de conversão é necessária pois a transição de slides através do programa LibreOffice Impress simultânea à captação da tela com o programa oCam apresenta falhas do tipo *delay* (retardo de sinal) no processamento das imagens.

As primeiras gravações de áudio e vídeo são realizadas com a utilização de três programas simultaneamente, o oCam para capturar a transição de slides executada no Adobe e para a explanação o gravador de áudio, pois o software oCam não possui a opção de gravação de tela e microfone ao mesmo tempo.

Após finalizadas as gravações de áudio e vídeo, é necessário unir esses dois arquivos. A fusão ocorre usando o Media Player Classic que possibilita a abertura de múltiplas janelas, dessa forma, ao rodar a gravação da explanação e o vídeo da transição de slides de forma sincronizada o programa oCam executa a captura da tela e de áudio, gerando assim o arquivo em vídeo que é disponibilizado na plataforma de compartilhamento de vídeos [YouTube](#).

## 7.2. Endereços dos Vídeos, visualizações

No total para essa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS, foram confeccionados e disponibilizados em quatro de novembro de 2017 na internet, quatro vídeos conforme a tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Vídeos disponibilizados online, dia quatro de novembro de 2017 e suas respectivas visualizações.

Vídeo	Nome	Número de Visualizações				
		2 dias	1 mês	3 meses	5 meses	7 meses
1	<a href="#">Prática 01</a> Uma Ideia em um Modelo	38	74	74	344	389
2	<a href="#">Prática 02</a> Densidade Radiográfica	32	69	105	502	618
3	<a href="#">Prática 03</a> Efeitos do kV na Imagem Radiográfica	43	80	165	842	989
4	<a href="#">Prática 04</a> Efeitos do mA na Imagem Radiográfica	50	85	318	1.600	2.005

Inicialmente o produto foi desenvolvido para o compartilhamento através do aplicativo de troca de mensagens instantâneas WhatsApp, porém, na busca de mensurar o uso dos vídeos pelos estudantes foi criado um “canal” na plataforma YouTube.


“Canal” é termo utilizado pela plataforma de compartilhamento YouTube para se referir às pessoas registradas que disponibilizam vídeos em sua rede de compartilhamento. No canal nomeado como “[Professor Cassiano](#)” é possível acompanhar as visualizações por meio das ferramentas de estatísticas disponibilizadas pela plataforma. Salientamos que a criação do canal foi divulgada somente na turma dos estudantes que colaboraram com a realização desse trabalho. Assim, foi possível registrar, tabela 2, que 48 horas após a postagem dos vídeos todos eles atingiram um número de visualizações que superam de maneira geral, o número máximo de estudantes de uma turma de curso técnico em radiologia, um indicativo de que alguns dos estudantes assistiram os vídeos mais de uma vez.

O ano letivo da escola se encerrou na segunda quinzena de dezembro de 2017 e reiniciou na segunda quinzena de fevereiro do ano seguinte, trinta dias após a disposição online, período de férias do curso, as visualizações continuaram a crescer indicando que mesmo no período de férias, estudantes visualizaram os conteúdos das aulas.




Também está registrada no espaço disponibilizado para comentários a interação direta do estudante com o professor conforme a figura 50, a seguir.

Figura 50: Cópia de tela do comentário, registro a interação online do estudante com o professor.


**Comentário em destaque**

 [Redacted] 7 meses atrás

Professor, o contraste nos permite notar a diferença nos tons de cinza de acordo com a densidade dos materiais na qual passa a radiação? E a densidade nos permite observar mais precisamente os detalhes anatômicos das estruturas na imagem? Obrigado! Abraço...




   RESPONDER


**Ocultar respostas ^**

 **Professor Cassiano** 7 meses atrás




Sim. Além de visualizar o contraste entre estruturas de massas específicas distintas, o contraste também acontece quando a espessura de um objeto varia. Uma das definições de densidade radiográfica é "detalhe anatômico" ou definição da imagem, então sim, a densidade radiográfica permite a melhor

**Ler mais**

 1   RESPONDER

 [Redacted] 7 meses atrás

Professor Cassiano Obrigado!

   RESPONDER

### 7.3. Potencial de exploração do Produto

Trinta dias após a “postagem” dos primeiros vídeos, o vídeo Prática 02: Densidade Radiográfica apresentou o menor número visualizações, 69, tabela 2, que é maior do que o triplo do número total de estudantes que participaram do início ao fim da UEPS apresentada.

Ao transcorrer de três meses o vídeo Prática 01: Uma Ideia em um Modelo, permaneceu estático, talvez por ser dos produtos, o mais específico para a turma em questão. Porém, os demais produtos apresentaram um número crescente de visualizações.

Após sete meses da sua criação e com mais quatro vídeos contendo material solicitado pelos estudantes, o canal apresenta um total de 5.064 (cinco mil e sessenta e quatro) visualizações e 140 (cento e quarenta) inscritos, ou seja, 140 indivíduos que acompanham a “movimentação” do canal. Considerando que o produto foi apresentado a apenas duas turmas do curso técnico de Caxias do Sul, que totalizam 49 alunos, o alcance do produto foi além do esperado.

Com base nos números apresentados pelo serviço de estatística do YouTube, nos 28 dias, considerando a data do vigésimo oitavo dia, seis de junho de 2018, o canal apresenta um tempo de exibição de 2.954 (dois mil novecentos e cinquenta e quatro) minutos que não ficam restritos ao território nacional, tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem aproximada do tempo de exibição pelos locais no período de 28 dias\*.

Local	Tempo	
	minutos	%
Brasil	2894,92	98
Bolívia	26,59	0,9
Angola	17,72	0,6
Holanda	14,77	0,5
Estados Unidos da América	5,91	0,2

\* do dia 10/05/2018 até o dia 06/06/2018.

Atualmente, julho de 2022, o canal possui 1.300 (mil e trezentos) inscritos e todos os produtos apresentados e aplicados nessa UEPS, possuem um número de visualizações superior a mil. Sendo que o mais acessado, Prática 03 Efeitos do kV na Imagem Radiográfica, supera 13.000 visualizações, além disso, alguns estudantes do Brasil já utilizaram a plataforma do Youtube, para questionamentos na busca de elucidaciones afins da radiologia.

## 8. CONCLUSÃO

Tal como preconizado por Moreira (2011), a avaliação dessa UEPS foi realizada com base nos resultados obtidos pelos estudantes na execução das atividades propostas nesse trabalho. Os resultados apontados nos permitiram afirmar que as *atividades formativas* possuem fartos indícios do progresso dos estudantes na resolução individual e em equipe das *situações-problema* propostas;

Os *objeto-modelo* auxiliaram no desenvolvimento das soluções das *situações-problema* envolvendo a aplicação dos conceitos estudados; a utilização de *materiais potencialmente significativos* nos experimentos de simulação deu significado lógico a esses conceitos (MOREIRA, 2011, pág. 10);

As *atividades colaborativas*, Laboratórios de Ensino, resultaram na progressão da aplicação de significados como a densidade por exemplo, as novas situações ocasionaram a interação com o conhecimento prévio adquirido (MOREIRA, 2011, pág. 8);

As *avaliações somativas*, por conterem questões descritivas, também puderam ser avaliadas do ponto de vista da aprendizagem significativa, como comentado no texto.

A seguir, em tópicos, os resultados relativos aos métodos aplicados nas etapas dessa UEPS;

O *subsunçores* realmente serviram como um alicerce para a construção dos novos conhecimentos sobre as propriedades de penetração da radiação pelas associações luz-Raios X e sombra-radiografia;

Os *objetos-modelo* são instrumentos concretos que, acompanhados dos conceitos relativos a cada etapa auxiliaram no apoderamento pelos estudantes dos conhecimentos teóricos fornecidos e como a partir deles são produzidos os conceitos mais aprofundados do estudo da radiologia;

Os *mapas conceituais* produzidos pelos estudantes apontaram aspectos da aprendizagem significativa, o agrupamento, as conexões e as especificações de conceitos, bem como as fundamentações e a organização desses conceitos nos mapas, fornecem preciosos indícios do conhecimento eventualmente adquirido pelos estudantes. Inversamente, a apresentação de lacunas, falta de conexões e ausência de

especificações de conceitos estudados indicam dificuldades no apoderamento do conhecimento.

Os *vídeos*, produtos desenvolvidos nesse projeto, apresentaram um potencial significativo como ferramenta de revisão e fixação dos conteúdos estudados. Por fim, o número de visualizações, como registrado na tabela 2, foi superior ao número de estudantes da turma, no período de aplicação da UEPS, o que permite concluir que o conteúdo foi acessado por mais de uma ocasião, pelos estudantes. Além disso, a plataforma propiciou uma comunicação verdadeiramente efetiva entre o professor e os estudantes, como registrado na figura 50.

## 9. REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Paralelo editora, LDA. 1ª edição PT-467-Janeiro de 2003. ISBN 972 - 707 -363 – 6.
- BONTRAGER, Kenneth L.; LAMPIGNANO, John P. **Posicionamento Radiográfico e Anatomia Associada**. 7ª ed. Editora Elsevier Ltda. São Paulo, 2010.
- BRASIL. **Catálogo Nacional dos Cursos Técnico**. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Profissional Técnica e Diretoria de Políticas de Educação Profissional e Tecnológica. 2012.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio.  
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- CUPANI, Alberto. PIETROCOLA, Maurício. **A Relevância da Epistemologia de Mario Bunge Para o Ensino de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v.19, p.100-125, jun. 2002. Número especial.
- DIMINGUES, R. J. S.; FREITAS, J. J. S.; SILVA, Alexandre. Ferreira. **Ensino da Radiologia Com Uso de Metodologias Ativas na Graduação em Medicina**. RIES, ISSN 2238-832X, Caçador, v.5, nº 2, p. 41-56, 2016.
- PINHO, J. F. A. **Regras da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v. 17, nº 2: p. 174-182. Agosto de 2000.
- FRANCISCO, F. C. MAYMONE, W. CARVALHO, A. C. P. FRANCISCO, V. F. M. FRANCISCO, M; C. **Radiologia: 110 anos de História**. Revista Imagem 2005;27(4):281-286.
- HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8ª ed. v. 1, **Mecânica**. Rio de Janeiro, 2008.
- HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8ª ed. v. 2, **Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Rio de Janeiro, 2008.
- JUNIOR, Amaurt Castro. **Introdução à Radiologia**. 1º ed. Editora Ridell. São Paulo 2006.
- JUNIOR, J. E. **Simulação em Radiologia e Diagnóstico Por Imagem**. Simpósio Didática II – Simulação, capítulo VI. 40 (2): 192-8, Ribeirão Preto abr./jun. 2007.
- Le MOIGNE, J. L.. **Qu'est-ce qu'un Modèle?** Publicado em “Les modèles expérimentaux et la clinique” (AMRP1985). Confrontations Psychiatriques, 1987, edição especial dedicada aos Modelos.
- LORENZATO, Sergio. **O Laboratório de Ensino e Matemática na Formação de Professores**. 3ª ed. Editora Autore Associados Ltda. 2012.

MARTINS, R. A.. **A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Röntgen.** Revista Brasileira de Ensino de Física vol. 20, no. 4, pp. 370-391. Dezembro, 1998.

MOREIRA, M. A.. **Unidades De Ensino Potencialmente Significativas – UEPS.** Published in Spanish in the journal. Aprendizagem Significativa em Revista, Vol. 1, N. 2, pp. 43-63. 2011.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRIGUEZ, M. L.. **Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente.** Actas del Encuentro Internacional Sobre el Aprendizaje Significativo, pp 19-44. Bugos, Espanha, 1997.

NOGUEIRA, Salvador. ROMERO, Thiago. **FÍSICA 2011 – Estado da Arte, Desafios e Perspectivas Para os Próximos Cinco Anos.** 1ª ed. Chris McHilliard Editora Ltda. São Paulo, 2011.

OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios.** 1ª ed. Editora Harbra Ltda. São Paulo, 1998.

PIAGET, J. **A Epistemologia Genética.** Editora Martins Fontes. São Paulo, 1990.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.. **Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica.** REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (ONLINE), v. 41, p. e20190029 1-e20190029 9, 2019.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.. **Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD).** REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (ONLINE), v. 42, p. 1/e20190248-18/e20190248, 2020.

SCHMIDT, G. T.; PAULA, V. D.. **Doses de Exposição em Exames Radiológicos Realizados em Sistemas CR e Tela-Filme.** Revista Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, vol. 12, nº 1, p. 65-75. Santa Maria, 2011. ISSN 1981-2841.

TAUHATA, Luiz. SALATI, Ivan P. A.; PRINZIO, Renato Di; PRINZIO, Antonieta R. Di. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos.** Instituto de Radioproteção e Dosimetria, IRD e Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN. 5ª revisão, Rio de Janeiro – RJ, 2003

THUILLIER, Pierre. **De Arquimedes a Einstein - A face oculta da invenção científica.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores. 1994.

UNDERWOOD, E. A. **Wilhelm Conrad Rontgen (1845-1923) and the Early Development of Radiology.** Section of the History of Medicine. Proceedings of the Royal Society of Medicine. Vol. XXXVIII, may, 1945.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A Formação Social da Mente**. 4ª ed. Editora Livraria Martins Fontes Ltda. São Paulo, 1991.

TESES:

Silva, Fernando Siqueira Da. **Objetos-Modelo no Ensino de Astronomia e o Processo da Transposição Didática**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, 2011.

SITES

ALLAN PERON [Infográfico] **Facebook Marketing – Dados de 2016 da Maior Rede Social do Mundo**

<http://www.allanperon.com.br/facebook-marketing/>

Acessado em 30/05/2018

eMARKETER. **Internet Users in Brazil Favor Whatsapp, Facebook For Mobile Messaging**. 10 de maio de 2016

<https://www.emarketer.com/Article/Internet-Users-Brazil-Favor-WhatsApp-Facebook-Mobile-Messaging/1013938>

Acessado em 30/05/2018

CAPELAS, BRUNO. **Até O Fim De 2017, Brasil Terá um Smartphone Por Habitante, Diz FGV**. O Estado de São Paulo. 19 de abril de 2017

<https://link.estadao.com.br/noticias/gadget,ate-o-fim-de-2017-brasil-tera-um-smartphone-por-habitante-diz-pesquisa-da-fgv,70001744407>

Acessado em 30/05/2018

## 10. APÊNDICE A – CRONOGRAMA E CONTEÚDOS DA UEPS

Partindo do primeiro dia de interação entre o professor e os estudantes, dia vinte e três de março de 2017, iniciou-se a cronologia da pesquisa apresentada, que se encerrou no dia vinte e dois de janeiro de 2019, tabela 4.

Este cronograma apresenta os dias letivos correspondente aos encontros presenciais das disciplinas curriculares de Física 1 e Física 2, do curso técnico em radiologia da Escola de Educação Profissional Nossa Senhora de Fátima. No total, são vinte e quatro encontros presenciais, doze para cada disciplina, tabela 4.

Também expostas na tabela 4, em destaque, as datas, 23 de março, 18 e 19 de maio, 8, 9, 16 e 22 de junho, correspondentes aos encontros e portanto, as etapas da UEPS. Os dias 21 e 22 de janeiro, tabela 3 em negrito, são as datas da apresentação dos Trabalhos de Conclusão do Curso, TCC do técnico em radiologia da escola. Aproveitamos esses encontros para solicitar aos estudantes que resolvessem novamente o questionário proposto no primeiro encontro, segunda etapa da UEPS, quadro 2.

Tabela 4: Datas dos encontros presenciais por disciplina do curso envolvida na UEPS e as datas referentes as etapas da UEPS destacadas em cinza.

Disciplina	Datas dos encontros das disciplinas												Nº Total de encontros	Ano dos encontros
Física 1	MARÇO				ABRIL				MAIO		• 12 letivos • 1 dedicado a UEPS		2017	
	23	24	30	31	06	07	13	20	27	28	05	12		
	1º													
Física 2	MAIO				JUNHO						• 12 letivos • 6 dedicados a UEPS		2017	
	04	11	18	19	25	01	02	08	09	16	22	29		
			2º	3º				4º	5º	6º	7º			
Conclusão do Curso	Fev												2*	2019
	21	22												

\* Bancas de TCC

A seguir, na tabela 5 e na tabela 6, os cronogramas com as datas e os conteúdos específicos abordados nas disciplinas de Física 1 e Física 2, respectivamente, destacadas as datas dos encontros e as etapas de aplicação da UEPS propostas nesse trabalho.

Tabela 5: Conteúdos desenvolvidos na disciplina de Física 1 do curso técnico em radiologia da Escola de Educação Profissional Nossa Senhora de Fátima e suas respectivas datas de estudo, em negrito o encontro referente a aplicação da UEPS.

<b>Encontro</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdo curricular</b>
1°	<b>23/03/2017</b>	Apresentação do conteúdo da disciplina e propostas de atividades para a avaliação formal do desempenho individual do estudante. Revisão breve das Operações Matemáticas Básicas: operações dos sinais, exponencial, potências de base 10, operações de frações, radiciação e funções do primeiro grau. <b>(Primeiro encontro, 2ª etapa da UEPS, quadro 2)</b>
2°	24/03/2017	Introdução à Física: Grandezas Físicas, Sistema Internacional de Unidades (S.I.); Fluidos: Densidade x Massa Específica. Pressão hidrostática: Modelo de Líquido Ideal, Cálculo da Pressão Exercida por Líquidos, Experiência de Torricelli, Teorema de Stevin. Exercícios. Ondulatória: Elementos de uma Onda: Cristas, Vale, Amplitude, Comprimento de onda, Fase, Período e Frequência, e Velocidade da Onda. Exercícios.
3°	30/03/2017	Ondulatória: Ondas Mecânicas, velocidade do Som, Ondas Eletromagnéticas, velocidade da Luz e Tipos de Propagação; Som: Acústica: Produção do Som, Transmissão do Som, Altura, Intensidade; Fenômenos sonoros: Reflexão, Refração, Difração e Ressonância; Qualidades Fisiológicas do Som. Exercícios; Introdução a Óptica: Luz; Fonte de Luz: Fonte Primária e Fonte secundária, Radio Luminoso, Pincel de Luz; Meios e Princípios de Propagação: Propagação Retilínea da Luz.
4°	31/03/2017	Fenômenos da óptica geométrica: Reflexão, Reflexão Difusa, Refração, Refração Difusa e Absorção da Luz; Acor de um Corpo, Sombra e Penumbra; Espelhos planos: Posição da Imagem, Tamanho da Imagem e Campo Visual; Formação de imagens, e Exercícios.
5°	06/04/2017	Avaliação escrita, individual e sem consulta – Prova; Abrange o conteúdo estudado até o 4° encontro; e Data única para entrega do portfólio 1.
6°	07/04/2017	Eletricidade e Magnetismo. Eletrostática: Força Elétrica / Lei Coulomb, e Exercícios.
7°	13/04/2017	Eletricidade e Magnetismo. Eletrostática: Força Elétrica / Lei Coulomb, Campo Elétrico, Linhas de Força e Exercícios.
8°	20/04/2017	Eletrodinâmica: Tensão Elétrica ou Diferença de Potencial, Corrente Elétrica, Resistência Elétrica, Resistores e Capacitores, e Exercícios.
9°	27/04/2017	Associação de Capacitores; e Exercícios.
10°	28/04/2017	Eletrodinâmica: Tensão Elétrica ou Diferença de Potencial, Corrente Elétrica, Resistência Elétrica, Associação de Capacitores e Exercícios.
11°	05/05/2017	Avaliação escrita, individual e sem consulta – Prova; Abrange o conteúdo estudado do 6° ao 10° encontro; e Data única para entrega do portfólio 2.
12°	12/05/2017	Recuperação

Tabela 6: Conteúdos desenvolvidos na disciplina de Física 2 do curso técnico em radiologia da Escola de Educação Profissional Nossa Senhora de Fátima e suas respectivas datas de estudo, em negrito os encontros referentes a aplicação da UEPS.

<b>Encontro</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdo curricular</b>
1º	04/05/2017	Apresentação do conteúdo da disciplina; Tipos e diferenças de tubos de Raios X diagnósticos em virtude do tamanho. Componentes básicos de um tubo de Raios X diagnóstico. Princípio básico da geração da radiação x (Bremsstrahlung).
2º	11/05/2017	Classificações de um tubo de Raios X diagnóstico; componentes de um tubo de Raios X de foco duplo. Princípios de funcionamento (geração da radiação x / Bremsstrahlung) dos componentes de um tubo de Raios X diagnóstico.
3º	<b>18/05/2017</b>	Princípios de formação da imagem radiográfica. Composição e características de um filme radiográfico. <b>(Segundo encontro, 3ª e 4ª etapas da UEPS – Utilização do Objeto Modelo de Atenuação/ Prática 01, quadro 3)</b>
4º	<b>19/05/2017</b>	Informação do feixe e registro da imagem radiográfica em um sistema tela-filme. <b>(Terceiro encontro, 5ª etapa da UEPS, quadro 4)</b>
5º	25/05/2017	Equipamento: princípios de geração da radiação X, kV e mA. Filtração e Atenuação da radiação pela matéria, e Gráficos de Filtração e Atenuação
6º	01/06/2017	Parâmetros de exposição: kV e mA. Formação do contraste radiográfico. Bucky e Diafragmas de abertura.
7º	02/06/2017	Avaliação escrita, individual e sem consulta – Prova; Abrange o conteúdo estudado até o 5º encontro; e Data única para entrega do portfólio 1.
8º	<b>08/06/2017</b>	Aspectos e Efeitos Físicos da Imagem Radiográfica; Aula prática no laboratório de Radiologia: Efeitos do kV na imagem radiográfica. <b>(Quarto encontro, 6ª etapa da UEPS – Utilização do Objeto Modelo de Densidade Radiográfica/ Prática 02, quadro 5)</b>
9º	<b>09/06/2017</b>	Aspectos e Efeitos Físicos da Imagem Radiográfica; Aula prática no laboratório de Radiologia: Efeitos do mA na imagem radiográfica. <b>(Quinto encontro, 7ª etapa da UEPS, quadro 7)</b>
10º	<b>16/06/2017</b>	Aspectos e Efeitos Físicos da Imagem Radiográfica; Aula prática no laboratório de Radiologia: Manipulação do mA e seus Efeitos na imagem radiográfica. <b>(Sexto encontro, 7ª etapa da UEPS, quadro 7)</b>
11º	<b>22/06/2017</b>	Avaliação escrita, individual e sem consulta – Prova; Abrange todo o conteúdo estudado na disciplina; e Data única para entrega do portfólio 2. <b>(Sétimo encontro, 7ª etapa da UEPS, quadro 8)</b>
12º	29/06/2017	Recuperação

## 11. APÊNDICE B – TEMPLATE PARA CONFECCÃO DOS RELATÓRIOS

### RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA: Nome do Relatório (fonte Arial tamanho 12)

Disciplina de Nome da Disciplina, módulo, outra (fonte Arial tamanho 12)

**Alunos(as):** Seus nomes e sobrenomes (fonte Arial tamanho 12)

(1 espaço simples)

#### 1. INTRODUÇÃO (todos os títulos possuem espaçamento entrelinhas de 1,5)

Relatar de forma geral o que foi feito, deve-se informar o nome do local e o objetivo da visita, aula, outra. Relatar de forma geral o que foi feito, deve-se informar o nome do local e o objetivo da visita, aula, outra. Relatar de forma geral o que foi feito, deve-se informar o nome do local e o objetivo da visita, aula, outra. Relatar de forma geral o que foi feito, deve-se informar o nome do local e o objetivo da visita, aula, outra.

(1 espaço simples)

#### 2. OBJETIVO

Presenciar, conhecer, ou outro, local, equipamentos, e/ou outros.

(1 espaço simples)

#### 3. EQUIPAMENTO / MATERIAL UTILIZADO

O setor, sala ou laboratório de Radiodiagnóstico do(a) escola, hospital, etc, é equipado com: escrever; os; equipamentos; ou; acessórios; separados; por; ponto; e; vírgula. escrever; os; equipamentos; ou; acessórios; separados; por; ponto; e; vírgula.

(1 espaço simples)

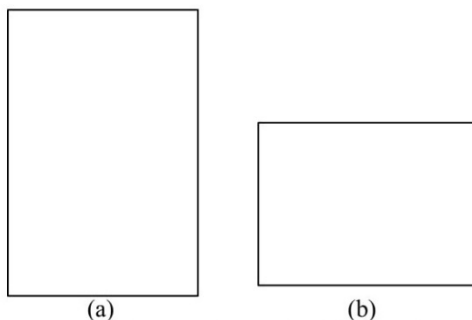


Figura 2: (centralizada e legenda tamanho 9)

(1 espaço simples)

Escrever; os; equipamentos; ou; acessórios; separados; por; ponto; e; vírgula. escrever; os; equipamentos; ou; acessórios; separados; por; ponto; e; vírgula.

(1 espaço simples)

#### 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema.

Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema.

(1 espaço simples)



Figura 1: (centralizada e legenda tamanho 9)

(1 espaço simples)

Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literaturas informações afins sobre o assunto ou tema. Retirar da Literatura informações afins sobre o assunto ou tema.

(1 espaço simples)

## 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc.

Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc.

Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc. Relatar da forma mais completa tudo que foi visto, executado, falado, etc.

(1 espaço simples)

## 6. RESULTADOS

O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento. O que foi feito, observado ou outro, condiz com o fundamento.

(1 espaço simples)

## 7. CONCLUSÃO

A visita, aula ou outra, serviu bem ao seu propósito? Destaca-se alguma coisa ou acontecimento? As informações e dúvidas foram esclarecidas? A visita, aula ou outra, serviu bem ao seu propósito? Destaca-se alguma coisa ou acontecimento? As informações e dúvidas foram esclarecidas? A visita, aula ou outra, serviu bem ao seu propósito? Destaca-se alguma coisa ou acontecimento? As informações e dúvidas foram esclarecidas? A visita, aula ou outra, serviu bem ao seu propósito? Destaca-se alguma coisa ou acontecimento? As informações e dúvidas foram esclarecidas?

(1 espaço simples)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORN, M.; BLIND-STOYLE, R. J. ; RADCLIFFE, J. M.. **ATOMIC PHYSICS**. Traduzido por Egídio Namorado. 8ed. - London: Glasgow, 1969.

(procurar manter esta ordem: SOBRENOME, Nome abreviado Exemplo Autor: Cassiano Martins => MARTINS, C.)

## INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO:

Toda informação em vermelho não deve permanecer ao término do trabalho;

Além do texto, as informações sublinhadas também devem ser substituídas.;

A fonte, ou seja, o tipo de letra é a Times New Roman, tamanho 11 (exceção as 4 primeiras linhas);

O espaçamento entre as linhas do texto é simples;

O texto tem alinhamento justificado;

As figuras não são obrigatórias.

## 12. ANEXO A - GLOSSÁRIO

Glossário

KV → Quilovoltagem, tensão aplicada na ampola de raio X.

mA → Milliampereagem, corrente elétrica que passa pelo filamento da ampola de raio X.

mAs → Milli Ampere Tempo, obtido pela multiplicação do valor do mA com o Tempo, controla o tempo de exposição.

Absorção → Retenção da energia da radiação incidente no material.

Ampère → Unidade de medida de corrente elétrica.

Base do Filme → Camada de gel de nitrato de prata que reveste os filmes radiológicos.

Barramento → Perda de resolução da imagem em função do movimento. Ex: Movimento involuntário, a sístole, diástole e Peristaltismo.

Bucky → Parte do aparelho de raios X em que se coloca a bandeja com o chassi para realização da radiografia.

Bremstrahlung → O mesmo que raio X de freamento.

Chassi → Dispositivo utilizado para acoplar o filme a tela.

Colimador → Dispositivo do equipamento de raio X, que seleciona os raios em uma única direção.

Comprimento de Onda → Distância entre duas cristas consecutivas de uma onda.

DFE → Distância foco filme.

DEO → Distância foco objeto.

Distorção → Aumento desproporcional da imagem radiográfica formada por um objeto radiografado.

DOF → Distância objeto filme.

Energia Potencial → é a energia que se encontra em estado latente.

Energia Cinética → é a energia que é formada pelo movimento.

V → Volt.

Enquadramento → O objeto de estudo deve estar centralizado em relação ao Raio Central (RC) e ao receptor de imagem.

Ruído → Termo utilizada na radiologia digital para se referir a nitidez da imagem. O Ruído mede a "Granulidade" da imagem.

Efeito Compton → A radiação eletromagnética, o Raio X perde parte de sua energia para os átomos.

Radiação Ionizante → Forma de energia, natural ou artificial, emanada dos átomos por processos de excitação dos elétrons ou do núcleo.

Radiação não Ionizante → É aquela que possui energia de ionização abaixo de  $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .

Processamento Radiográfico (etapas)

1ª Revelação - a imagem latente se torna visível com o enegrecimento da prata metálica.

2ª Fixação - a imagem é fixada, ou seja, o enegrecimento pois não retirados os Haletos que não foram expostos a luz.

3ª Lavagem - Retira os químicos das etapas anteriores.

4ª Secagem - Permite a manipulação do filme radiográfico.

## 13. ANEXO B – RELATÓRIOS

### RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA: Simulação de Densidade Radiográfica

Disciplina de Física II

Alunos(as):

#### 1. INTRODUÇÃO

No dia 01 de Junho de 2017, foi apresentada em laboratório a introdução sobre densidade, no âmbito tendo como exemplo algumas peças de espessuras e formas diferentes, colocadas sobre um filme radiográfico e tendo em vista o seu resultado afirmamos a teoria de que a densidade pode ser descrita conforme seu grau de enegrecimento. Tivemos um agravamento na área, entendendo o que foi aplicado e revendo conceitos de como realizar o trabalho e entender o equipamento radiográfico.

#### 2. OBJETIVO

Presenciar em simulação e entender como a mudança de densidade e ajustes nos aparelhos podem alterar resultados na imagem radiográfica.

#### 3. EQUIPAMENTO / MATERIAL UTILIZADO

Foi utilizado um Tubo de Raios X; mesa de exames; painel de controle; um chassi para filme radiológico; um filme radiológico; conjuntos de formas geométricas em Ferro, Chumbo e Alumínio de diferentes espessuras.

#### 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Sabendo que o resultado da imagem tem contrastes diferentes conforme a densidade/espessura da área em questão, temos o princípio, segundo Kenneth L. Bontranger, de que a densidade radiográfica pode ser descrita como o grau de enegrecimento da radiografia processada.

O fator primário de controle da densidade é o mAs, que é o produto da corrente do tubo de raios X pelo tempo de exposição sendo relacionado com a densidade por meio de controle direto da quantidade de raios X emitida do tubo de raios X durante uma exposição.

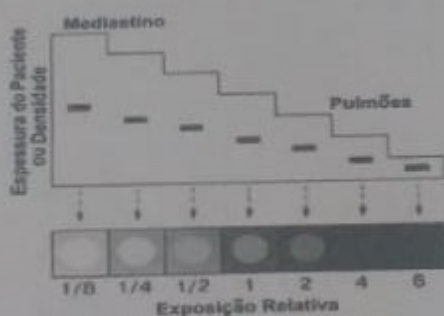


Figura 1: Contraste conforme densidade.

A distância do tubo de raios X entre seu foco e o filme também tem efeito sobre a densidade radiográfica, portanto possui um efeito significativo sobre a densidade, temos dessa maneira uma distância padrão e o mAs torna-se uma variável usada para aumentar ou reduzir a densidade radiográfica.

#### 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Na simulação feita com os colegas em laboratório, foram colocadas diversas peças sobre um filme radiográfico, separados em conjunto conforme o material do qual era feito, no primeiro conjunto tínhamos diferentes formas de peças em alumínio, no segundo conjunto diferentes formas em ferro, no terceiro as peças eram feitas de chumbo e no quarto conjunto tínhamos um penetrometro feito de ferro. Regulamos uma quantidade de kV e mA após ser ligado o aparelho, regulamos o foco na caixa de colimação com uma distância de 1m12cm (posicionamos o foco com tal distância pois o filme não estava guardado na gaveta) à

placa de alumínio (24x30) após o disparo do raio X, analisamos a imagem que por sua vez tinha tonalidades diferentes devido as densidades diferentes que cada material possuía.

A diferença de densidade das peças faz com que o filme com os objetos em questão sejam sensibilizados de forma diferenciada. Deve haver densidade adequada, pois uma densidade muito pequena ou muito grande não permitirá visualização de determinadas estruturas.

## 6. RESULTADOS

Obtivemos o filme radiográfico com a imagem de cada conjunto em contrastes diferentes, apesar de todas as peças terem o mesmo formato. Isso acontece devido à diferença de densidade e volume de cada peça, ou seja, onde os materiais eram mais densos e/ou de maiores espessuras foi visto no filme a "cor branca" já os conjuntos com peças em alumínio e ferro foi visto a "cor cinza" e no penetrometro as tonalidades variavam de acordo com a espessura de cada degrau, tendo uma atenuação em maior e em menor grau.

Devido a essa atenuação de energia os materiais com um número de átomos menor permitem a passagem da radiação com facilidade, já o chumbo bloqueia totalmente a energia fazendo com que a radiação pare no material e não consiga atravessar. Qualquer artefato visto na imagem indica que tem algo errado, não é normal.

## 7. CONCLUSÃO

Ao realizar a simulação e observar os resultados foi possível compreender que realmente é preciso o uso da técnica para o ajuste do equipamento, assim como o contraste na imagem radiográfica varia de acordo com a densidade do corpo radiografado, sendo assim mais clara a compreensão de que o enegrecimento da radiografia processada se da por conta de diferentes estruturas e espessuras.

Manipulando o aparelho, permitiu-nos aprender que os detalhes durante o ajuste do aparelho causam influência na qualidade da imagem. As peças de diferentes materiais mostram que conforme a quantidade de átomos que possuem, pode haver uma atenuação do feixe ou o bloqueio por completo do mesmo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BONTRAGER, Kenneth L. *TRATADO DE TÉCNICA RADIOLÓGICA*, Base Anatômica 4<sup>o</sup> ed. – St. Louis, MO, 1999.

## RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA: Efeito do Miliampére (mA) na imagem radiográfica

Disciplina de Física 2

Alunos(as):

Ruan Pivotto.

### 1. INTRODUÇÃO

Diante da aula prática no laboratório de Física, buscamos manipular o equipamento de Raios X, usando um mesmo osso para que pudéssemos ver as diferentes formas com que a imagem pode ser apresentada, apenas mudando o mA (miliampére) do aparelho. Usamos alguns equipamentos de apoio como placa de chumbo. Fizemos três imagens em um filme Radiográfico, e a partir dele pudemos analisar uma imagem ideal e duas imagens com erro na aplicação do mA. Após Discussão e também análise das mesmas conseguimos identificar o erro e ver de forma correta a aplicação.

### 2. OBJETIVO

Observar a variação do contraste no resultado da imagem radiográfica através do efeito do miliampére (mA).

### 3. EQUIPAMENTO / MATERIAL UTILIZADO

Um chassi e um filme radiográfico 30x40 (trinta por quarenta); um osso (fêmur) suíno; duas placas de chumbo utilizadas como divisores radiográficos.

### 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A corrente elétrica quando é aumentada, ou seja, o aumento do mA faz com que se desprendam mais elétrons do filamento, dessa maneira mais elétrons serão atraídos pelo ânodo e, portanto, maior será a quantidade de fótons de raios X produzidos, o que significa um aumento da intensidade dos raios X aplicados, tendo dessa maneira um efeito positivo, que é o aumento da resolução espacial, permitindo ver pequenos detalhes na imagem.

A alteração de mA causa efeito sobre a imagem radiográfica, deve ser ajustada adequadamente, afinal o miliampére é responsável pela quantidade de radiação sendo o que define uma qualidade de imagem de acordo com a espessura em questão.

### 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para realizar a simulação foi ajustado o aparelho com uma distância de 1 metro e 10 centímetros entre foco e filme (o mesmo se encontrava em cima da mesa), em um único filme realizamos três imagens. No primeiro disparo a imagem resultante foi a ideal, realizada com o osso centralizado em cima do chassi, com as duas placas de chumbo nas laterais e a técnica com  $Kv=70$ ;  $mA=75$  com o tempo de exposição sendo de 0,8 segundos. Para realizar o segundo disparo o osso foi colocado no canto direito e uma placa de chumbo cobria o restante do chassi, reduzimos o mA para 35 mantendo o valor de kV e o tempo. Na última imagem o osso foi colocado no canto direito com a placa de chumbo cobrindo o restante do chassi, porém utilizamos o  $mA=150$  também mantendo o valor de kV e tempo.

Exposição	kV	mA	Tempo	mAs
1º	70	75	0,8	60
2º	70	35	0,8	28
3º	70	150	0,8	120

### 6. RESULTADOS

Foi analisado um único filme radiográfico que apresentava três imagens diferentes, todas elas com uma alteração em sua quantidade de radiação. A primeira imagem foi a ideal, pois os fótons atravessaram a espessura em uma dose adequada para se obter uma informação, comparada a segunda imagem houve pouca quantidade de fótons não conseguindo atravessar o osso fazendo com que a imagem ficasse pouco densa, já a terceira houve quantidade exagerada de fótons que passaram com facilidade pelo osso deixando a imagem com muita densidade.

o miliampère. Apesar de ter uma qualidade de imagem nas três opções, a primeira ainda é vista como a ideal pois não expõem o paciente em um tempo demasiado e ao mesmo tempo a quantidade de radiação fica em um valor adequado para a densidade/ espessura em questão.

## 7. CONCLUSÃO

Foi possível compreender que independente da variação de mAs a informação no filme radiográfico é igual para as três imagens produzidas, entendendo assim que possível manter a qualidade de imagem com a manipulação do tempo x mA usando a relação estabelecida entre eles. Manipulando a técnica utilizada sabemos que quando for necessário usar um tempo menor na realização de um exame é possível, utilizando esse procedimento de acordo com a máquina.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CASTRO JUNIOR, A. Introdução à radiologia, 1º Ed – São Paulo: Rideel, 2006.

<https://pt.linkedin.com/pulse/f%C3%ADsica-radiol%C3%B3gica-fatores-que-influenciam-na-dos-x-phillip>

<http://www.lucianosantarita.pro.br/Imaginologia.html>