



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



KELLEN MURADÁS

**ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO O INQUIRY-BASED  
LEARNING NO CONTEXTO DO SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Profa. Dra. Liane Ludwig Loder  
Orientadora

Tramandaí  
Setembro, 2024.

## CIP - Catalogação na Publicação

Muradás, Kellen

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO O  
INQUIRY-BASED LEARNING NO CONTEXTO DO SENSORIAMENTO  
REMOTO / Kellen Muradás. -- 2024.

137 f.

Orientadora: Liane Ludwig Loder.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,  
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,  
2024.

1. Ensino de Física. 2. sensoriamento remoto. 3.  
ondas eletromagnéticas. 4. metodologia inquiry-based  
learning . I. Ludwig Loder, Liane, orient. II.  
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KELLEN MURADÁS

**ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO O *INQUIRY-BASED*  
*LEARNING* NO CONTEXTO DO SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 09 de setembro de 2024.

Profa. Dra. Liane Ludwig Loder – MNPEF/UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Dakir Larara Machado da Silva – MNPEF/UFRGS

Profa. Dra. Valquíria Villas Boas Gomes Missell – MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. Guilherme Garcia de Oliveira – PPGSR/UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, profa. Dra. Liane Ludwig Loder pelas palavras sábias e pelo auxílio para conduzir esta dissertação.

Agradeço pelos desafios que tive durante o mestrado e pela força que recebi de Deus para terminá-lo, contrariando a sugestão que recebi de optar entre o trabalho ou os estudos: eu optei pelos dois!

Agradeço a Deus, aos amigos, aos meus colegas pelos momentos muito agradáveis, aos demais professores e minha orientadora por ter me dado o suporte que precisei para conseguir finalizar esse momento muito importante.

Agradeço aos professores da banca de qualificação – Professores Dr. Dakir Larara, Dr. Alexandre Junges e Dr. Jorge Zabadal - pela discussão muito construtiva que me permitiu dar continuidade a esta dissertação.

Agradeço ao Centro de Valorização a Vida (CVV), que, em 2021 e desde então, me permitiu conhecer e imergir na abordagem centrada na pessoa (ACP) de Carl Rogers.

Agradeço ao IFSUL Campus Charqueadas pela estrutura e possibilidade de colocar em prática o produto educacional.

Agradeço pela oportunidade de voltar à minha querida universidade de formação, a UFRGS, para ampliar meus conhecimentos e aprimorar a minha vocação de professora.

*The creativity is the oxygen of the learning.*

*Desconhecido*

## RESUMO

Essa dissertação discorre sobre o estudo de ondas eletromagnéticas utilizando inquiry-based learning na investigação de problemas ambientais por sensoriamento remoto (SR) no Ensino de Física. O tema do SR vem sendo explorado com alunos do Ensino Médio em escolas de diversos países. Nesse contexto, o objetivo desta dissertação é oferecer um produto educacional para integrar conceitos físicos na prática tecnológica do sensoriamento remoto. O produto educacional é estruturado em duas partes. A primeira parte trata-se de uma sequência de atividades introdutórias e conceituais de óptica e eletromagnetismo, assim como fatos históricos e evolução tecnológica do sensoriamento remoto. Nessa sequência os alunos constroem um arcabouço conceitual efetivo. A segunda parte culmina em um projeto prático de identificação de alvos terrestres utilizando dois softwares: Google Earth, para ambientação no projeto de sensoriamento remoto, e o QGIS®, para manipulação de bandas espectrais relacionadas às imagens do satélite LANDSAT na investigação de alvos terrestres. Então, nessa investigação os alunos se apropriam de conceitos físicos relevantes como ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, refletância, bandas espectrais e assinatura espectral. Assim, o projeto de investigação ambiental utiliza conceitos prévios de física e da metodologia de aprendizagem investigativa *inquiry-based learning* (IBL). A proposta parte da escolha de áreas, por opção livre, que permitam a investigação de problemas ambientais como desmatamento, eutrofização, canalização e algumas incógnitas como variação de cor em corpos d'água, caracterização de área rural e urbana. No fechamento do projeto, retoma-se a importância da utilização de conceitos físicos, verificando-se aprendizado significativo e a aplicação real e tecnológica desses conceitos. Esta dissertação oferta ao professor um produto educacional com materiais de apoio didático, exercícios comentados, roteiros passo a passo, glossário de termos específicos, sugestões e pontos para refletir a sua prática pedagógica. Conclui-se que ferramentas de ensino pela metodologia IBL (recolhendo dados, *brainstorming*, diagrama do processo investigativo, retorno à questão motriz) agregadas na abordagem centrada no aluno, foram de extrema importância no desenvolvimento de habilidades de identificação do problema a ser investigado, síntese e paráfrase e conseqüentemente na estruturação cognitiva durante o processo investigativo. Além disso, cumpre-se com o objetivo da prática pedagógica que permite a imersão dos alunos em uma temática tecnológica e ambiental contextualizada no Ensino de Física.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, sensoriamento remoto, ondas eletromagnéticas, metodologia *inquiry-based learning* (IBL).

## ABSTRACT

This dissertation discusses the investigation of environmental problems by remote sensing (RS) in Physics Teaching. The topic of RS has been explored with high school students in several countries. In this context, the objective of this dissertation is to offer an educational product to integrate physical concepts into the technological practice of remote sensing. The educational product is structured in two parts. The first part is a sequence of introductory and conceptual activities on optics and electromagnetism, as well as historical facts and technological evolution of remote sensing. In this sequence, students build an effective conceptual framework. The second part culminates in a practical project to identify terrestrial targets using two software programs: Google Earth, for setting up the remote sensing project, and QGIS®, for manipulating satellite images of the LANDSAT spectral bands in the investigation of terrestrial targets. In this investigation, students acquire relevant physical concepts such as electromagnetic waves, the electromagnetic spectrum, reflectance, spectral bands, and spectral signature. Thus, the environmental investigation project uses previous physics concepts and is guided by the teacher using techniques from the inquiry-based learning (IBL) methodology. The proposal is based on the free choice of areas that allow the investigation of environmental problems such as deforestation, eutrophication, channeling, and some unknowns such as color variation in bodies of water, characterization of rural and urban areas. At the end of the project, the importance of using physical concepts is revisited, verifying the meaningful learning and the real and technological application of these concepts. This dissertation offers the teacher an educational product with teaching support materials, commented exercises, step-by-step guides, a glossary of specific terms, suggestions, and points to reflect on their teaching practice. It is concluded that the IBL educational instruments (data collection, brainstorming, investigative process diagram, return to the driving question) combined with the student-centered approach were extremely important in developing skills for identifying the problem to be investigated, synthesis and paraphrasing, and consequently in cognitive structuring during the investigative process. In addition, it fulfills the objective of the pedagogical practice that allows students to immerse themselves in a technological and environmental theme contextualized in Physics Teaching.

**Keywords:** Physics teaching, remote sensing, electromagnetic waves, inquiry-based learning methodology (IBL).

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Justificativa 15	
1.2 Problemática 16	
1.3 Objetivos 18	
2. REFERENCIAL TEÓRICO - PARTE 1: PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM .....	20
2.1 Processo de Ensino-aprendizagem .....	20
2.1.1 Apropriações das teorias cognitivistas.....	20
2.1.2 Abordagem centrada no aluno: Contribuições de Carl Rogers para o Ensino.....	22
2.2 Estratégias de ensino e a aprendizagem baseada na investigação .....	24
2.3 Instrumentos de aprendizagem baseada em projetos e em investigação .....	28
3. REFERENCIAL TEÓRICO - PARTE 2: CONCEITOS FÍSICOS NA TEMÁTICA DO SENSORIAMENTO REMOTO.....	31
3.1 Física na temática do sensoriamento remoto.....	31
3.1.1 Ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e a luz visível.....	32
3.1.2 A luz visível e as cores.....	34
3.1.3 As cores no sensoriamento remoto, bandas e assinaturas espectrais .....	35
4. METODOLOGIA .....	41
4.1 Caracterização da escola .....	41
4.2 Instrumentos pedagógicos.....	42
4.3 Sequência Didática e Projeto.....	42
5. PRODUTO EDUCACIONAL .....	45
6. RESULTADOS .....	46
6.1 Exercício de acompanhamento da aula teórica.....	46
6.2 Brainstorming.....	48
6.3 Projeto do Google Earth .....	49
6.4 Motivos para usar o IBL .....	50
6.5 Relatório do QGIS.....	51
6.5.1 Alguns registros nos relatórios dos alunos .....	53
6.5.2 Questão motriz.....	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
9. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL.....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem do Google Earth como exemplo de investigação de área. ....	16
Figura 2. Imagem do Google Earth – exemplo de área de investigação e navegação no modo "projeto". .....	17
Figura 3. Interface do software livre QGIS® e upload das imagens de satélite LANDSAT.....	18
Figura 4. Mapa mental - contribuições de Carl Rogers para o Ensino e o método IBL.....	25
Figura 5. Diagrama do processo de investigação. ....	30
Figura 6. Espectro eletromagnético mostrando as faixas de frequências. ....	33
Figura 7. Refletância seletiva. ....	35
Figura 8. Diagrama da refletância vs. comprimento de onda e reflexão seletiva. ....	36
Figura 9. Curvas típicas de refletância espectral para vegetação, solo e água.....	37
Figura 10. Processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra. ....	38
Figura 11. Prancha de demonstração de interpretação de imagens de satélite com as bandas individuais e composição RGB.....	39
Figura 12. Composição pelas cores primárias. da luz. ....	40
Figura 13. Folha de exercícios de revisão dos conceitos abordados em aula. ....	47
Figura 14. Verso da atividade.....	47
Figura 15. Cartazes feitos por grupos durante o brainstorming de suas potencialidades. ....	48
Figura 16. Projeto dos alunos utilizando o Google Earth na área de investigação da Luanda. ....	49
Figura 17. Projeto dos alunos utilizando o Google Earth localizado no sul da Inglaterra.....	49
Figura 18. Atividade de expressão livre de como as motivações da metodologia IBL. ....	51
Figura 19. Alunos escolhendo imagens de satélite pelo site do INPE no Laboratório de Informática do IFSUL.....	51
Figura 20. Investigação dos alunos pela Banda espectral LANDSAT – 4. ....	52
Figura 21. Investigação dos alunos pela composição RGB das bandas espectrais LANDSAT 5, 4 e 2... ..	52
Figura 22. O misterioso retângulo no meio do deserto. ....	56
Figura 23. Ferramenta zoom do Google Earth mostrando rachaduras na pista.....	57
Figura 24. Relatório entregue por um dos grupos.....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Motivos para trabalhar a metodologia IBL. ....	28
Quadro 2. Estruturação da sequência didática. ....	44
Quadro 3. Retomada dos motivos de utilizar o IBL e observações feitas durante o trabalho. ....	50

## **LISTA DE SIGLAS**

ABP - Aprendizagem baseada em projetos

ABI - Aprendizagem baseada em investigação (tradução de IBL)

ACP - Abordagem centrada na pessoa (de Carl Rogers)

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CBERS - China-Brazil Earth-Resources Satellite

CTSA - abordagem Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBL - Inquiry-based Learning

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR - Infravermelho/Infra-red

HFCS - abordagem Histórico-filosófica-científica-social

LANDSAT - Land Satellite

MEC - Ministério da Educação e Cultura

OEM - onda eletromagnética

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

RGB - red-green-blue (vermelho – verde-azul)

SBF - Sociedade Brasileira de Física

SR - Sensoriamento Remoto

USGS - United State Geological Service

# 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física se depara com diversos desafios e um deles é dar espaço ao desenvolvimento de competências. A abordagem *Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)* direciona o ensino da Física para a contextualização e problematização através de atividades de relevância e aplicabilidade para acompanhar demandas sociais. Essas demandas sociais estão principalmente na utilização de tecnologias, mas a abordagem CTSA é de grande importância também na integração dos fenômenos naturais e como esses fenômenos interferem na vida e no ambiente (BUSCATTI JUNIOR, 2016; MURADÁS, 2023a). Portanto, o ensino de Física se ancora em uma perspectiva não mais restrita ao formalismo matemático, mas sim, amplia-se no âmbito da visão fenomenológica.

Outra abordagem que é interessante é a Histórico-filosófica-científica-social (HFCS), que tem o objetivo de elucidar como o desenvolvimento científico de novas tecnologias se desenrolaram diacronicamente em um contexto histórico (FORATO ET AL., 2012). Na aplicação da HFCS, os fenômenos naturais são apresentados com conceitos concatenados a fatos históricos e a evolução do pensamento humano, da mitologia à filosofia natural e à ciência com o método científico (GERMANO E KULEZCA, 2010).

A presente dissertação traz uma proposta de ensino de ondas eletromagnéticas no contexto do sensoriamento remoto dentro das duas abordagens supracitadas, CTSA e HFCS. O sensoriamento remoto (SR) é uma área do conhecimento das ciências exatas que envolve os conteúdos e aplicação dos temas estruturantes dos parâmetros curriculares nacionais (PCNs) do Ensino de Física. O SR é um conjunto de técnicas que utiliza as ondas eletromagnéticas para caracterizar alvos terrestres e se baseia em conceitos físicos do eletromagnetismo (MOREIRA, 2003; STEFFEN, 2022; RUDORFF, 2022). Assim, o SR é muito utilizado para o monitoramento ambiental, sendo uma valiosa proposta de ensino que contempla a CTSA no estudo do meio ambiente.

O Produto Educacional proposto visa oportunizar a compreensão do uso das bandas espectrais<sup>1</sup> da luz visível (azul ao vermelho) e infravermelho para identificação de alvos terrestres no sensoriamento remoto. Introduzir essa proposta no ensino médio significa promover, de forma interdisciplinar, aos jovens estudantes, competências para identificar

---

<sup>1</sup> Ver definição no glossário, pág. 120.

padrões de um determinado fenômeno ou processo que ocorre no meio ambiente, interpretar como o fenômeno ocorre, comparar, analisar e concluir (DZIOB ET AL., 2020).

Revisando os conteúdos programáticos, o ensino de eletromagnetismo tem o conteúdo de ondas eletromagnéticas dentro de dois dos temas estruturantes dos Parâmetros Curriculares Nacionais, são eles: o Tema 4, *Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações* (BRASIL, 2006, p.72), e o Tema 5, *Matéria e Radiação* (BRASIL, 2006, p.74). No Ensino Médio, muitos questionamentos podem ser feitos sobre ondas eletromagnéticas, pois no cotidiano cada vez mais se utiliza as radiações. As competências norteadoras do plano de ensino oportunizam a compreensão de fenômenos eletromagnéticos que fazem parte do cotidiano como a i) interação da radiação (ionizante, não-ionizante, ...) com a matéria, ii) tecnologias baseadas em radiações, iii) funcionamento de equipamentos domésticos e na área da saúde e a iv) transmissão de informação e imagens. O PCN+ indica que o conhecimento desses fenômenos é

*“indispensável para possibilitar o uso adequado, eficiente e seguro de aparelhos e equipamentos, além de fornecer condições para analisar, fazer escolhas e otimizar essa utilização”.* (BRASIL, 2006, p.73)

Ainda, de acordo com os parâmetros curriculares nacionais

*“Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos”.* (BRASIL, 2006, p.56).

Faz parte dos objetivos nos temas estruturantes do PCN+ que o estudante tenha capacidade de

*“identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.)”.* (BRASIL, 2006, p.75)

O Produto Educacional proposto nesta Dissertação é constituído de duas partes, a primeira, uma sequência didática com atividades introdutórias aos conceitos:

- ondas eletromagnéticas,
- espectro eletromagnético com ênfase no espectro visível e ondas infravermelho,
- luz e das cores,
- fenômenos de absorção, reflexão e transmissão, e
- bandas espectrais.

A segunda parte é um projeto investigativo de uma área na superfície terrestre com alguma problemática ambiental. Essa investigação ocorre através do uso do Google Earth e de interpretação de imagens de satélite utilizando o software livre QGIS® e base de

dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no laboratório de informática da instituição escolar. Portanto, a sequência didática seguida do projeto, permite que os estudantes concretizem a prática de conhecimentos de física ondulatória e do espectro eletromagnético em uma atividade tecnológica e ambiental. O produto educacional também oferece para o professor materiais de apoio didático, exercícios comentados, roteiros passo a passo, glossário de termos específicos.

Este produto educacional faz parte da dissertação do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo aplicado no Ensino Médio Técnico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, no município de Charqueadas.

### **1.1 Justificativa**

O tema escolhido para esta dissertação e aplicação do produto educacional surgiu do interesse de averiguar e aplicar conceitos físicos que estão associados ao funcionamento do sensoriamento remoto. Hoje, o acesso à informação e a dados de imagens de satélite permite que este conhecimento e atuação de monitoramento e práticas de proteção não sejam restritos aos governos das esferas municipal, estadual, federal, mas também por jovens de uma geração que é cada vez mais globalizada e conectada com o que acontece no planeta (FELDMANN ET AL. 2010).

Nesse sentido, considerando a abordagem CTSA, o ensino de Física se aplica a uma grande necessidade que é inserir o jovem estudante às ferramentas tecnológicas e ao monitoramento ambiental. Em 2009, Gurgel e Caramello afirmavam que a temática ambiental vem crescendo muito, mas que tanto os currículos escolares não estão adaptados para trazerem as temáticas de forma crítica, como também os professores estão presos em uma organização disciplinar do conhecimento. Parece que essa realidade não tem mudado muito, pelo menos no Brasil. Porém em muitos países, utiliza-se ferramentas de sensoriamento remoto em sala de aula no Ensino Médio AMICI & TESAR (2020).

O meio ambiente pode estar inserido nas aulas de Física e essa inserção não deve ser vista como algo que crie dificuldades. Como Licenciada em Física e Geóloga, as minhas inspirações de relacionar as duas áreas da ciência me mostram a riqueza que a

Física oferece para interpretarmos o meio ambiente e seus processos, assim como incontáveis fenômenos naturais em diferentes escalas.

O motivo pela qual foi escolhido este tema se deve a urgência estudos ambientais dentro da escola devido a necessidade de preservação ambiental e o posicionamento diante à crise climática. Nesse contexto, as Ciências Físicas contribuem para alguns questionamentos na tecnologia do sensoriamento remoto: “Como as ondas eletromagnéticas poderiam servir para identificar alvos terrestres?” e, ainda, “Quais alvos consigo identificar em uma determinada imagem de satélite através das bandas espectrais?”.

## 1.2 Problemática

O projeto deve propor uma determinada área de interesse para investigar feições (alvos terrestres). Essa área pode ser o próprio município que o estudante habita ou qualquer outro lugar no mundo. Para isso, serão incentivados a conhecer e manipular o software online Google Earth Pro e escolher, de forma livre, a área a ser explorada. A metodologia ativa de aprendizagem por investigação (*inquiry-based learning*) oportuniza uma série de perguntas para direcionar a pesquisa com base em algo de interesse dos estudantes (PAULETTI E MORAES, 2022).

A seguir, pontuo dois exemplos de questões que podem ser motivação de investigação. A primeira, na figura 1: *Por que o Rio Madre-SC possui essas variações de cores claras e escuras?* A figura 1 também mostra a organização do software, como navegar como viajante, mudar o estilo do mapa e criar projetos.

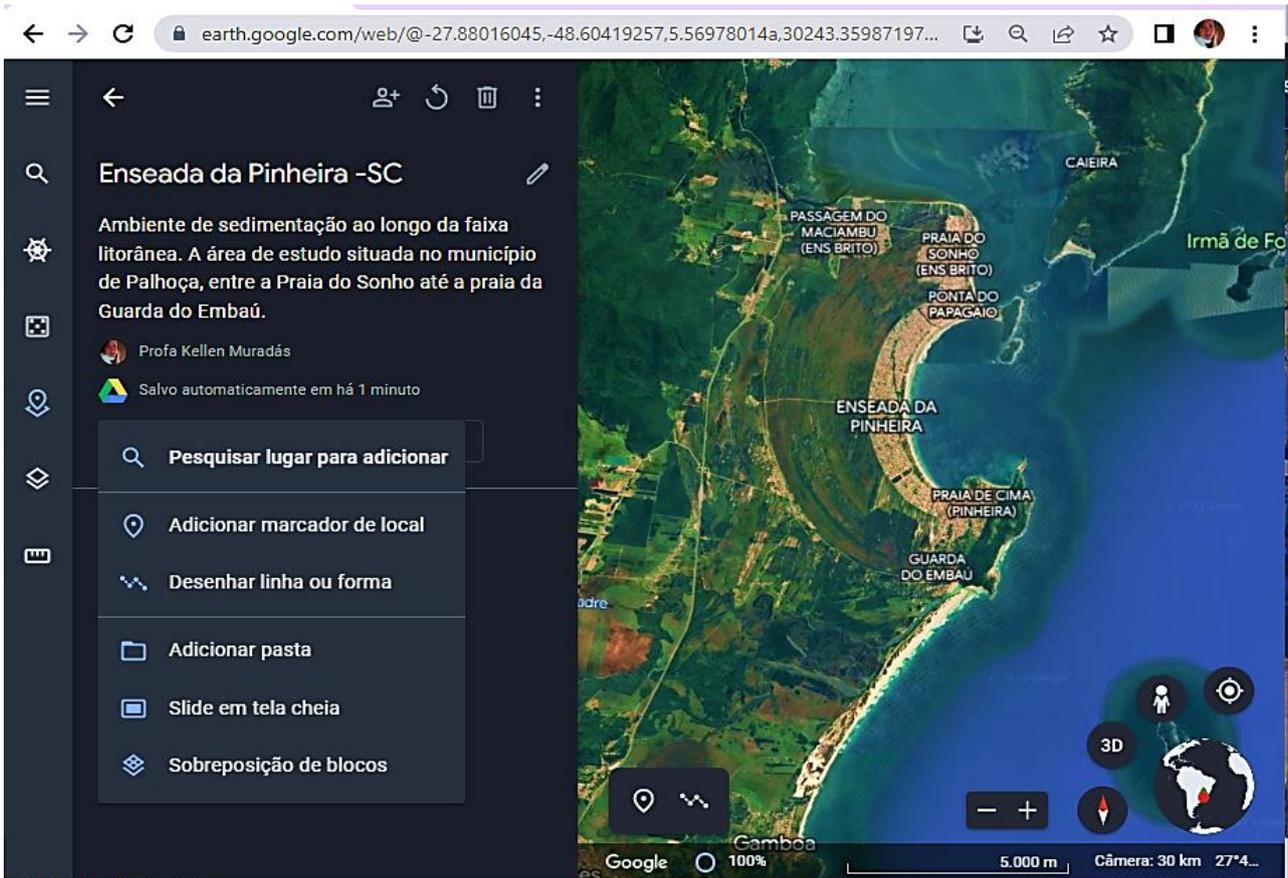
Figura 1. Imagem do Google Earth como exemplo de investigação de área.



Fonte: Google Earth Pro.

A partir da figura 2, levanta-se um segundo exemplo de questão motivadora para investigação: *Por que a enseada da Pinheira -SC possui essas linhas anelares como continuação da costa?* Essa mesma figura mostra o Google Earth no modo “projeto”, onde pode nomear o projeto e fazer uma descrição. Inserir elementos, marcar áreas, delimitar áreas com polígonos, colocar marcadores do tipo pin, criar apresentação de slides no próprio Google Earth e compartilhar o projeto através do Google Drive.

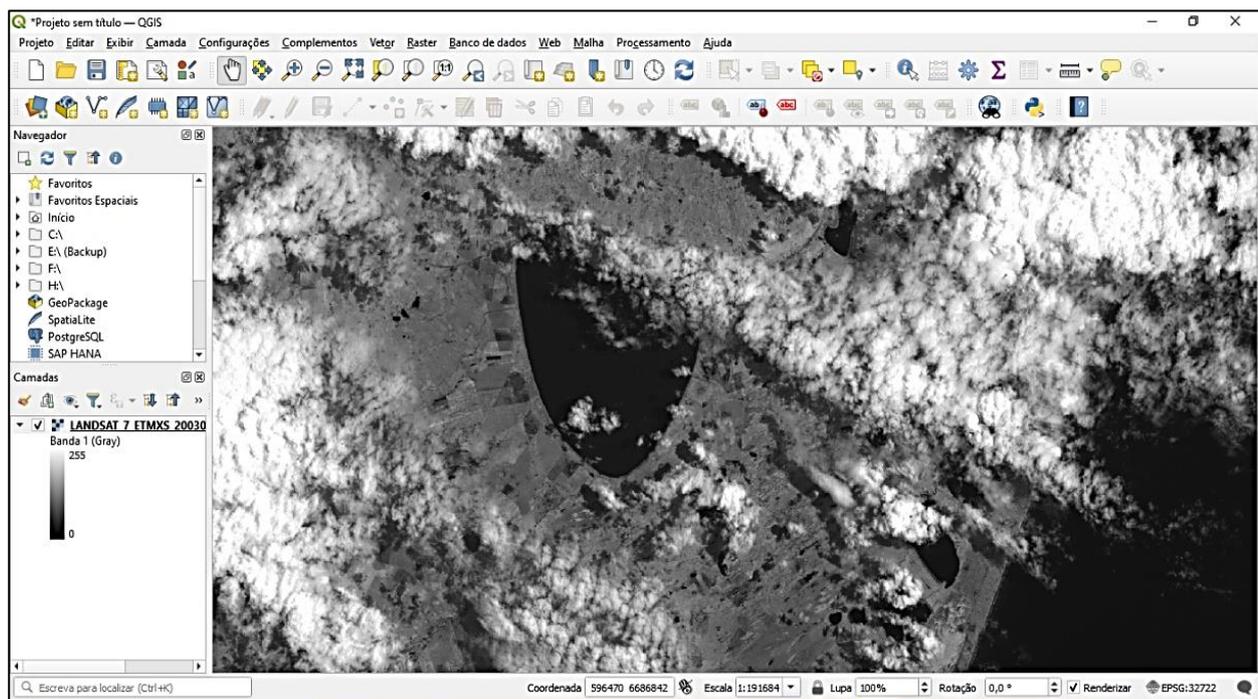
Figura 2. Imagem do Google Earth – exemplo de área de investigação e navegação no modo "projeto".



Fonte: Google Earth Pro.

A próxima etapa é o estudo de imagens de satélite de diferentes bandas espectrais como base para buscar respostas científicas aos questionamentos. As imagens serão manipuladas no software QGIS® (figura 3).

Figura 3. Interface do software livre QGIS® e upload das imagens de satélite LANDSAT.



Fonte: Software QGIS.

Essa sequência didática não terá a ênfase de georreferenciamento ou geoprocessamento, nem de processamento de imagem. Para isso, precisaríamos de um projeto de maior complexidade. Com a sequência didática apresentada neste Produto Educacional já conseguiremos abranger elementos das abordagens CTSA e HFCS. A manipulação de imagens proposta tem como objetivo visualizar feições geomorfológicas em diferentes bandas espectrais (faixas de comprimentos de ondas) com diferentes composições RGB<sup>2</sup> (*red-green-blue*) comparando com gráficos de refletância versus comprimento de onda.

Essa sequência didática claramente é de caráter interdisciplinar, onde professores de outras disciplinas são bem-vindos a participarem e com certeza, vem enriquecer a investigação de alvos terrestres. Portanto, a escolha de uma área pode se desmembrar em um projeto de monitoramento ambiental, dependendo do engajamento da comunidade escolar. Neste caso, o estudo de resolução espectral, espacial e temporal é necessário para o acompanhamento mais detalhado da área escolhida.

### 1.3 Objetivos

---

<sup>2</sup> Abreviatura do sistema de cores aditivas formado a partir das cores primárias da luz vermelho, verde e azul.

Diante do exposto, o objetivo geral é aplicar uma sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas do espectro visível e infravermelho utilizando a metodologia ativa de ensino *inquiry-based learning* por demonstrações práticas dos principais conceitos e manipulação de imagens de satélite no software QGIS®.

Os objetivos específicos dessa dissertação são:

1. Construir o produto educacional em uma sequência didática com o tema “ondas eletromagnéticas” com enquadramento nos PCN's e através das abordagens CTSA e do HFCS.
2. Trazer elementos da abordagem centrada no aluno da Teoria Humanista de Carl Rogers para a condução de uma aprendizagem ativa, investigativa e criativa.
3. Propor o uso do sensoriamento remoto como aplicação tecnológica importante das ondas eletromagnéticas pela metodologia *inquiry-based learning*.

O Produto Educacional apresenta uma sequência didática seguida de um projeto feito com os alunos e os objetivos específicos do produto são:

1. Introduzir fatos históricos do desenvolvimento científico-tecnológico pela abordagem HFSC a fim de o estudante compreender as diversas contribuições numa ordem cronológica.
2. Introduzir demonstrações e atividades que envolvam os principais conceitos físicos que cercam as ondas eletromagnéticas e o sensoriamento remoto a fim de consolidar esses conceitos.
3. Relacionar conceitos físicos de ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, conceito de luz e cor e outros com o funcionamento e técnicas de sensoriamento remoto.
4. Estruturar o projeto de investigação baseado na metodologia *inquiry-based learning* em uma problemática ambiental, aplicando a interpretação de imagens de satélite.
5. Apresentar o produto educacional a partir de uma sequência didática factível e replicável pelo professor.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO - PARTE 1: PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

A primeira parte deste capítulo, seção 2.1, traz uma revisão breve sobre teorias de aprendizagem e a importância de se reconhecer suas contribuições nos “*processos de ensino-aprendizagem*” com ênfase na abordagem centrada no aluno da teoria humanista de Carl Rogers. Dessa forma, na sequência, a seção 2.2 traz a relação entre “*Estratégias de ensino e a aprendizagem baseada na investigação*” a fim de aprofundar a estruturação da metodologia de aprendizagem ativa do *inquiry-based learning* sempre relacionando com a abordagem centrada no aluno.

### **2.1 Processo de Ensino-aprendizagem**

O processo de ensino-aprendizagem é referenciado por diferentes teorias, como behaviorista, transicional entre behaviorista e cognitivista, cognitivista, humanista e sociocultural (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010). É uma tarefa árdua selecionar um ou outro teórico que irá nortear a caminhada docente, mais propriamente esta dissertação, uma vez que contribuições de várias teorias se fundem para desenvolver a práxis pedagógica. Tomando posse da compreensão de que o aluno é um ser integral e que o processo de ensino-aprendizagem é multifacetado, escolher apenas um ente teórico para embasar este Produto Educacional seria algo limitador. Cabe, nesta revisão, permear sobre contribuições de algumas vertentes teóricas.

#### **2.1.1 Apropriações das teorias cognitivistas**

A teoria de aprendizagem de Piaget é mais propriamente dita como uma teoria de desenvolvimento mental (MOREIRA, 1996; MOREIRA, 1999; OSTERMAN e CAVALCANTI, 2010). Para Piaget, o progresso cognitivo é um processo de equilíbrio entre a assimilação e a acomodação e para haver aprendizagem é necessário que ocorra um desequilíbrio ou um “conflito cognitivo”. Na assimilação o sujeito interpreta a informação que provém do meio, em função de seus esquemas ou estruturas conceituais disponíveis e faz uma categorização conceitual (POZO, 1998, p. 170). A acomodação complementa a assimilação porque modifica o que foi assimilado pela aquisição de novos

conceitos e modificação do conceito prévio. Segundo Moreira (1999) para Piaget não há acomodação sem assimilação, pois acomodação é a reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é o esquema de adaptação ao problema. Existe um contínuo processo de trazer as experiências acomodadas para novos processos de assimilação, desencadeando a situação de equilíbrio porque o sujeito sempre está aprendendo. Portanto, o processo de equilibração continua além do período das operações formais e o conhecimento prévio é modificado. O conhecimento se dá por construção e a capacidade de aprender é distinta em diferentes etapas da vida por consequência do desenvolvimento cognitivo do ser humano. De acordo com Ostermann e Cavalcanti (2010) a obra de Piaget foi muito difundida no Ensino considerando que ensinar é um constante chamado para o processo de desequilíbrio e que os professores podem observar no processo de aprendizagem como esse desequilíbrio ocorre e se o sujeito consegue voltar ao estado de equilíbrio através de sua postura didática. Assim os autores explicam a reversibilidade no ensino:

*Ensinar é provocar o desequilíbrio, mas este não pode ser tão grande a ponto de não permitir a equilibração majorante que levará a um novo equilíbrio. Assim, se a assimilação de um tópico requer um grande desequilíbrio, o professor deve introduzir passos intermediários para reduzi-lo. Ensino reversível não significa eliminar o desequilíbrio e sim passar de um estado de equilíbrio para outro através de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos, tal como em uma transformação termodinâmica reversível. (p.22).*

Pode-se concluir que a investigação feita pelo sujeito durante a aprendizagem é uma constante passante entre o equilíbrio e desequilíbrio na assimilação até a acomodação de forma provisória. Assim, sua teoria cognitiva deu origem ao construtivismo, extremamente difundido nas práticas pedagógicas. Por sua vez, seu contemporâneo, Lev Vygotsky (1896-1934) propôs uma nova tendência no pensamento referente ao processo de aprendizagem: uma teoria sociocultural (NEVES e DAMIANI, 2006; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010). Vygotsky defende que as relações sociais são parte fundamental da aprendizagem, como por exemplo, a troca de informações entre os estudantes e a resolução de problemas em grupo. Portanto, o educador não é o único que exerce papel no ensino, os estudantes ensinam uns aos outros, indo contra o princípio das teorias inatistas da época.

Na linha cognitiva racionalista, o epistemólogo Gaston Bachelard (1884-1962) traz questionamentos importantes quanto aos obstáculos epistemológicos no processo de ensino-aprendizagem. Ele destaca a importância do erro na construção do que se entende

como verdadeiro, a racionalização do conhecimento e obstáculos epistemológicos (VILAS BOAS e SOUZA FILHO, 2018). Dentre esses obstáculos para a compreensão dos conceitos, incluem-se a generalização, o animismo, o experimento como algo predominantemente visual. Bachelard coloca a importância do comprometimento do professor e do aluno quanto à teoria que justifica o fenômeno visualizado, sem artifícios de comparações animistas ou analogias distantes da realidade. Também considera profundamente o conhecimento prévio dos estudantes, dos quais serão tecidos os novos conceitos.

### **2.1.2 Abordagem centrada no aluno: Contribuições de Carl Rogers para o Ensino**

Muitos outros teóricos da psicologia educacional e da aprendizagem poderiam ser incluídos aqui: Philippe Perrenoud, Howard Gardner, George Siemens, entre outros. Contudo, nesta dissertação, apresenta-se como escolha focalizar na teoria humanista de Carl Rogers (1902-1987). Pouco evidenciado nos bancos universitários, e talvez subestimado, suas contribuições inspiram uma nova prática docente já proposta na década de 60 porque Rogers já falava de liberdade e autonomia, algo ainda muito longe da realidade de ensino que vemos no dia a dia escolar. Pode parecer uma dissonância fundamentar uma prática de Ciências Exatas em um arcabouço teórico humanista. Pois exatamente esse Produto Educacional vem mostrar que a teoria humanista de Carl Rogers pode trazer contribuições muito ricas no que tange o processo criativo e investigativo, principalmente no que se refere a liberdade de aprender e de expressar suas ideias a construir atitudes de cuidado com ambiente.

A abordagem centrada na pessoa (ACP) aplicada ao ensino considera o ensino na perspectiva do estudante, seu crescimento pessoal e intelectual em uma prática horizontalizada, onde o professor ocupa o papel de orientador (ROGERS, 1969). A escolha para fundamentar a dissertação e o produto educacional na teoria humanista de Rogers deriva da necessidade de i) aproximar a prática educacional das ciências exatas, especificamente no ensino de Física, à teoria humanista para construir estratégias de ensino; ii) valer-se da experiência da própria autora já acompanhando abordagens da ACP em uma organização não governamental; iii) impulsionar o desenvolvimento de potenciais individuais dos estudantes através de uma abordagem centrada no aluno.

Carl Rogers é precursor da corrente humanista não-diretiva e propôs a abordagem centrada na pessoa (ACP) (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010). Essa abordagem adaptada ao ensino torna o processo de ensino-aprendizagem centrado no aluno. Então,

vale-se de uma concepção de educação, não de uma metodologia porque o professor está livre para atuar da forma que achar que melhor contribui com os estudantes. Rogers propõe três elementos, que integrados, são conhecidos por compor a tríade rogeriana (MOREIRA, 2010):

1) a consideração positiva incondicional, que é a aceitar o aluno, ou seja, aceitar todas as suas características (qualidades e limitações), sem preconceitos ou reservas. Assim, o ambiente se torna convidativo a apreender.

2) a empatia, que é colocar-se no lugar do outro. O professor compreende o aluno, suas dúvidas, inquietações, dificuldades, necessidades e suas motivações. O enfoque é o crescimento pessoal e também a importância aos aspectos intuitivos e emocionais. Acredita-se que assim, a realização pessoal andarà junta com a produção intelectual.

3) a congruência, que é ser autêntico. Quando o professor propõe uma atividade que é de interesse próprio, no desejo de convencer para alimentar suas necessidades de produção transferindo atividades aos estudantes, ou impede os estudantes de seguirem adiante em seus questionamentos, o professor está indo contra o elemento de congruência da tríade rogeriana. A proposta de ensino não está para se voltar aos desejos e anseios do professor, isso foge totalmente da tríade rogeriana que a abordagem centrada no aluno inspira. As atitudes do professor devem estar em harmonia com a sua fala.

Moreira (2010) também salienta que Rogers contrapõe dois tipos de aprendizagem:

- i) Aprendizagem por tarefas de forma imposta, sem significado pessoal, lida apenas com o cérebro, não tem relevância pessoal;
- ii) Aprendizagem experiencial surge da experiência ao lidar com o desafio, problema, questão; é autoiniciada, pois o aluno pensa por onde vai começar e dá seus primeiros passos sobre o tema; e, desenvolve a confiança, a maturidade, uma melhor aprendizagem.

Rogers dá um passo além: ele não só propõe a aprendizagem experiencial, mas também propõe a problematização na produção do saber fazendo parte da construção do conhecimento. A problematização considera as sugestões, propostas e interesses que os estudantes trazem, o aluno escolhe livremente sua orientação. O professor permite aos estudantes terem suas próprias ideias de como atingir novos conhecimentos. O professor não direciona o processo investigativo e produtivo porque esse processo ocorre por parte do aluno a partir dos seus interesses em desenvolver competências e de sua própria curiosidade. Essa teoria humanista acredita no potencial de cada indivíduo. Por isso, o professor ganha o espaço de facilitador da aprendizagem porque facilita a aprendizagem

experencial, coloca seu conhecimento à disposição do aluno, compartilha, torna disponíveis recursos, torna-se um membro do grupo expondo opiniões, cria um clima de confiança e aceitação em sala de aula, aceita o aluno como ele é, não impõe. O aluno é merecedor de crédito, portanto, o professor oportuniza que o aluno se expresse (QUEVEDO, 2012).

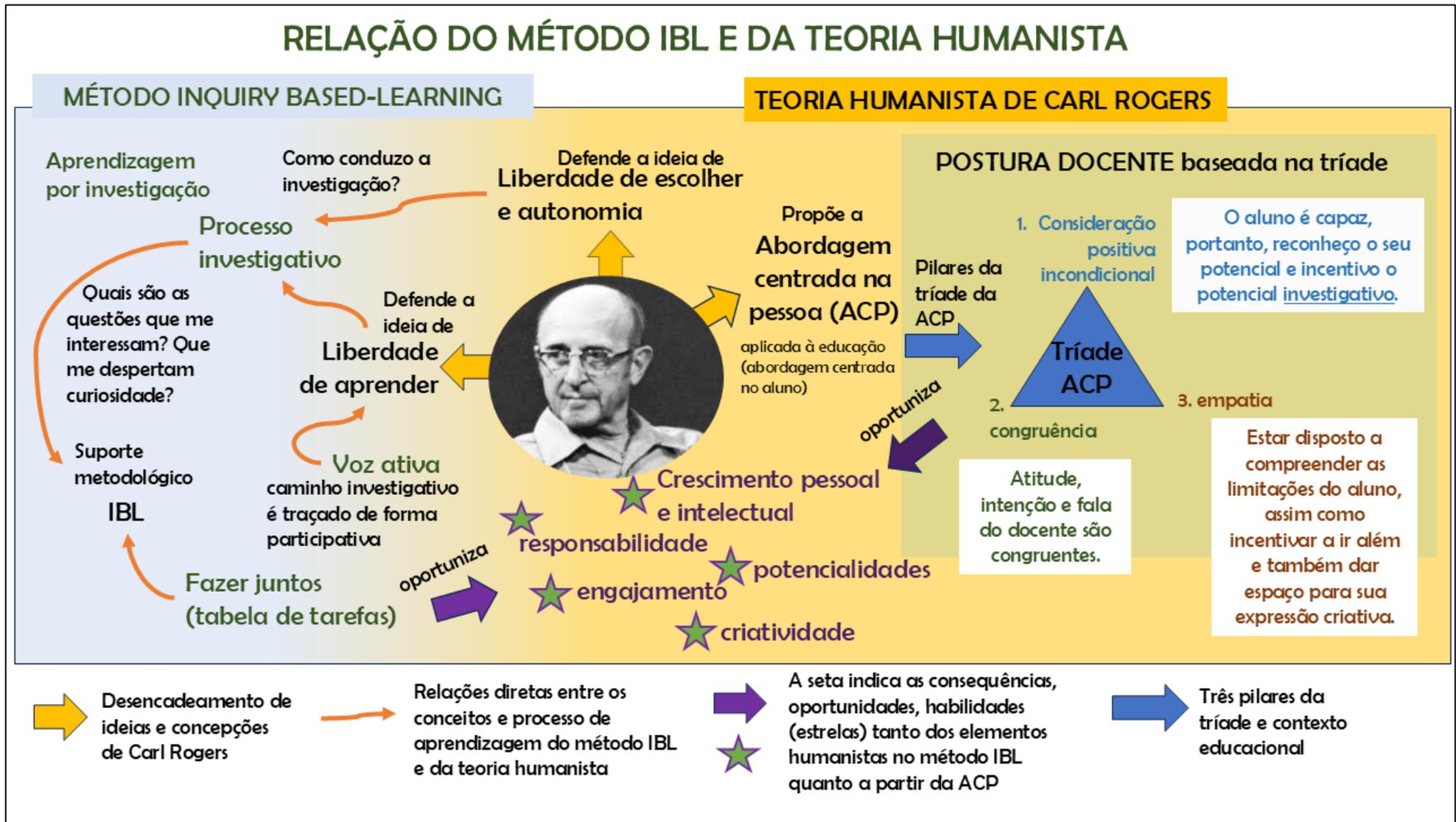
Este mesmo autor coloca que Rogers se opunha às estratégias didáticas convencionais do ensino, como por exemplo, o dever de casa, testes padronizados, atividades idênticas para todos, provas e leituras obrigatórias. Ele também destacava que o professor não deveria se responsabilizar sozinho pela nota. A pressão institucional se refere às expectativas da escola, dos pais, que mesmo indo para outra direção, devem ser consideradas, mas coloca questionamentos acerca da aprendizagem e do papel da escola frente às questões sociais.

No seu livro *Liberdade de Aprender*, Rogers compartilha experiência de professores e os impactos positivos que causam quando o professor proporciona a liberdade de aprender (ROGERS, 1969). O propósito é de libertar a curiosidade, permitir que as pessoas assumam suas direções por seus próprios interesses, iniciem a pesquisa e análise. Essa abordagem centrada no aluno propicia o desenvolvimento de muitas competências, inclusive a de se autogerir. A figura 4 é um mapa conceitual sobre as contribuições de Carl Rogers para o Ensino e a relação com o método inquiry-based learning IBL proposto neste produto educacional. Pode-se concluir que a grande contribuição de Carl Rogers para a educação foi a adaptação da ACP para abordagem centrada no aluno. Essa abordagem considera a tríade da ACP aplicada à prática docente. Rogers já falava em autonomia na aprendizagem quando defendia a liberdade de aprender. Essas contribuições se contextualizam no processo investigativo durante a aprendizagem porque a voz ativa do aluno é algo importante para Rogers e também presente no IBL. Assim como desenvolver potencialidades, o crescimento pessoal e intelectual, a criatividade, o engajamento são tanto aspectos importantes na teoria humanista de Rogers, como no IBL.

## **2.2 Estratégias de ensino e a aprendizagem baseada na investigação**

A aprendizagem efetiva pode ser alcançada por diferentes estratégias. As metodologias ativas potencializam o aprendizado e são alternativas para facilitar o processo ensino-aprendizagem. Muitos resultados positivos são verificados na aplicação da metodologia da aprendizagem baseada na investigação (ABI), do inglês *inquiry-based*

Figura 4. Mapa mental - contribuições de Carl Rogers para o Ensino e o método IBL.



Fonte: autora.

*learning* (IBL). Essa metodologia é atribuída a John Dewey e enaltecida atualmente por Trevor MacKenzie, professor estadunidense que se dedica a divulgar o IBL e aprofunda questões da mentalidade da investigação (*inquiry mindset*) (PAULETTI e MORAIS, 2022).

Segundo alguns esquemas publicados por MacKenzie, a investigação é a base da metodologia ativa. O ABI possui características semelhantes a outras metodologias ativas, como a aprendizagem por problemas e por projetos: todas são centradas no aluno, encorajam a aprendizagem ativa e o pensamento crítico. A ABI e a aprendizagem por problemas compartilham da mesma ideia de oferecer um problema a ser considerado. Por outro lado, a ABI e a aprendizagem por projetos enfatizam o processo de descoberta e não somente a questão em si.

Em entrevista, McKenzie (2022) distingue os tipos de aprendizagem baseada em projetos e aprendizagem baseada em investigação. A primeira é conduzida de forma estruturada com objetivos determinados a fim de se resolver ou criar algo de forma colaborativa. A segunda permite uma conversação entre os pares permitindo uma maior expressão das expectativas do sujeito que vão delinear a aprendizagem, focando nos talentos individuais também de forma colaborativa ao grupo.

A ABI é a metodologia escolhida para implementar o produto educacional porque é centrada no aluno, coloca os relacionamentos em primeiro lugar, reflete sobre a importância da questão a ser investigada para si, para o grupo e para a sociedade e, principalmente, foca no processo de investigação e essas diretrizes convergem com a teoria humanista de Carl Rogers, pois é necessário oportunizar a voz ativa dos estudantes e a liberdade de traçar o caminho da investigação. As etapas de um projeto investigativo oportunizam que uma série de perguntas direcione a pesquisa com base em algo de interesse dos estudantes, são elas: colocar questões reais, encontrar recursos para a investigação, interpretar informações e reportar os resultados.

Vale salientar que a prática pedagógica baseada em projetos investigativos enfatiza o processo de descoberta e não somente a questão em si, reflete sobre a importância da questão a ser investigada para si, para o grupo e para a sociedade e, principalmente, foca no processo de investigação. Muitos resultados positivos são verificados na aplicação da prática de projeto investigativo e podem ser verificados nas publicações de Dannwolff et al. (2020); Lindner et al. (2022) e Sausen, (2022). O projeto oportuniza a conexão com tecnologias, o desenvolvimento do raciocínio lógico e de atividades interdisciplinares.

Em um estudo de caso, Dziob et al. (2020) discorrem sobre o projeto no Ensino Médio em uma escola na Polônia, intitulado “as cores da Terra”. O principal objetivo foi

distinguir entre diferentes tipos de cobertura de solo por sensoriamento remoto via criação de composições de várias bandas de cores falsas do satélite Sentinel-2. Assim, os estudantes colocam em prática ferramentas de monitoramento ambiental, produzindo informação de forma crítica, pois neste caminho também se deparam com políticas públicas, legislação ambiental e planejamento urbano. Ao incluir o sensoriamento remoto (SR) no Ensino Médio, o projeto é ideal para estudantes interessados em ferramentas tecnológicas de sensoriamento remoto e desafios das mudanças climáticas e dirigido para compreender fenômenos naturais. Eles colocam também a importância desse projeto para todos os estudantes que desejam seguir seus estudos após o Ensino Médio e na inserção do trabalho nas ciências naturais, animais silvestres, nas ciências da Terra, proteção ambiental, mineração, agricultura e manejo de florestas, pesca e atividades correlatas. Os estudantes têm a oportunidade de entrar em contato mais cedo com os dados de observação da Terra, endereçando um currículo nas CTM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e matemática), ciência da computação e processamento de imagens.

AMICI e TESAR (2020) trazem outro relato de projeto com estudantes em uma escola com vínculo ao Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia da Itália que tem como tópico a “observação da Terra do espaço focado em incêndios”. A detecção remota resultou num elevado impacto em termos de experiência de trabalho e educação. Segundo os autores, olhar para a Terra a partir do espaço proporcionou aos alunos uma perspectiva diferente e deu-lhes uma compreensão da dimensão do impacto dos perigos naturais, como os incêndios florestais. Além disso, ofereceu a oportunidade de vincular conceitos de matemática e física que eles tinham em seu currículo e entendê-los fora do contexto da sala de aula dessas disciplinas. Ainda, os autores registram que gostariam de envolver os estudantes de forma mais participativa em centros de sensoriamento remoto nas universidades. Verifica-se, portanto que os professores também se sentem motivados.

No Ensino de Ciências, segundo Pauletti e Morais (2022), ensinar Ciências pela abordagem investigativa é ainda um “ensejo contemporâneo”. Na revisão literária destas autoras, trata-se de

“possibilitar que os estudantes tenham um protagonismo no processo de ensino e de aprendizagem, são desafiados a comunicar o que já conhecem, a elaborar suas próprias perguntas, reunir evidências, fazerem previsões e a interpretar e comunicar as conclusões atingidas e aprenderem a usarem o conhecimento científico para gerar e criticar processos e produtos científicos”.

De acordo com entusiastas da prática de projetos em instituições de ensino, os projetos visam permitir aprender novas habilidades ou compreensões, inventar, criar e fazer novos produtos ou melhorar ideias. Além disso, durante as etapas investigativas permite identificar problemas, o que leva à necessidade de compreender o desenvolvimento cognitivo do sujeito diante da investigação.

De acordo com MACKENZIE (2022), são muitos motivos para trabalharmos com a metodologia IBL como mostra o quadro 1.

Quadro 1. Motivos para trabalhar a metodologia IBL.

- ✓ Desenvolver novas habilidades ou compreensões
- ✓ Nutrir as paixões dos estudantes
- ✓ Inventar, criar e fazer novos produtos ou melhorar ideias
- ✓ Identificar problemas
- ✓ Ter um impacto positivo em relação aos outros
- ✓ Seguir *hobbies*, passatempos, curiosidades, talentos, paixões, sonhos
- ✓ Empoderar a voz dos estudantes e suas escolhas
- ✓ Pesquisar algo significativo
- ✓ Desenvolver fortes habilidades de pesquisa; aprofundar-se na compreensão para ir além da memorização de fatos e conteúdos
- ✓ Fortalecer a importância de perguntar boas perguntas
- ✓ Resolver problemas do futuro nas aulas de hoje

### 2.3 Instrumentos de aprendizagem baseada em projetos e em investigação

Bender (2014) explica como uma aula baseada em metodologias ativas e especificamente a aprendizagem baseada em projetos muda a dinâmica de aprendizagem em uma sala de aula. O autor traz termos específicos de ferramentas utilizadas. Algumas delas serão usadas neste produto educacional, como as seguintes, sintetizados por Camara *et al* (2023) e Silveira (2023) baseado na obra do autor Bender:

**Âncora:** Introdução e informações básicas para preparar o terreno e gerar o interesse dos alunos.

**Artefatos:** São itens criados ao longo da execução de um projeto e que representam possíveis soluções, ou aspectos da solução, para o problema.

**Questão motriz.** É a questão principal, que fornece a tarefa geral ou a meta declarada para o projeto de ABP.

**Investigação e inovação.** Dentro da questão motriz abrangente, o grupo precisará gerar questões adicionais focadas mais especificamente nas tarefas do projeto.

**Processo de investigação.** Pode-se usar diretrizes para a conclusão do projeto e geração de artefatos para estruturar o projeto.

**Voz e escolha do aluno.** Os alunos devem ter voz em relação a como o projeto pode ser realizado, além de serem encorajados a fazer escolhas ao longo de sua execução.

**Web 2.0.** Visa usar ferramentas na internet e compartilhar conhecimento.

A diferença entre aprendizagem baseada em projeto e em investigação é a forma de estruturar o projeto. Na aprendizagem baseada na investigação (ABI) a estrutura do projeto é baseada em perguntas que conduzem à criação do projeto e seu desenvolvimento. Algumas das ferramentas da ABP também são usadas na ABI.

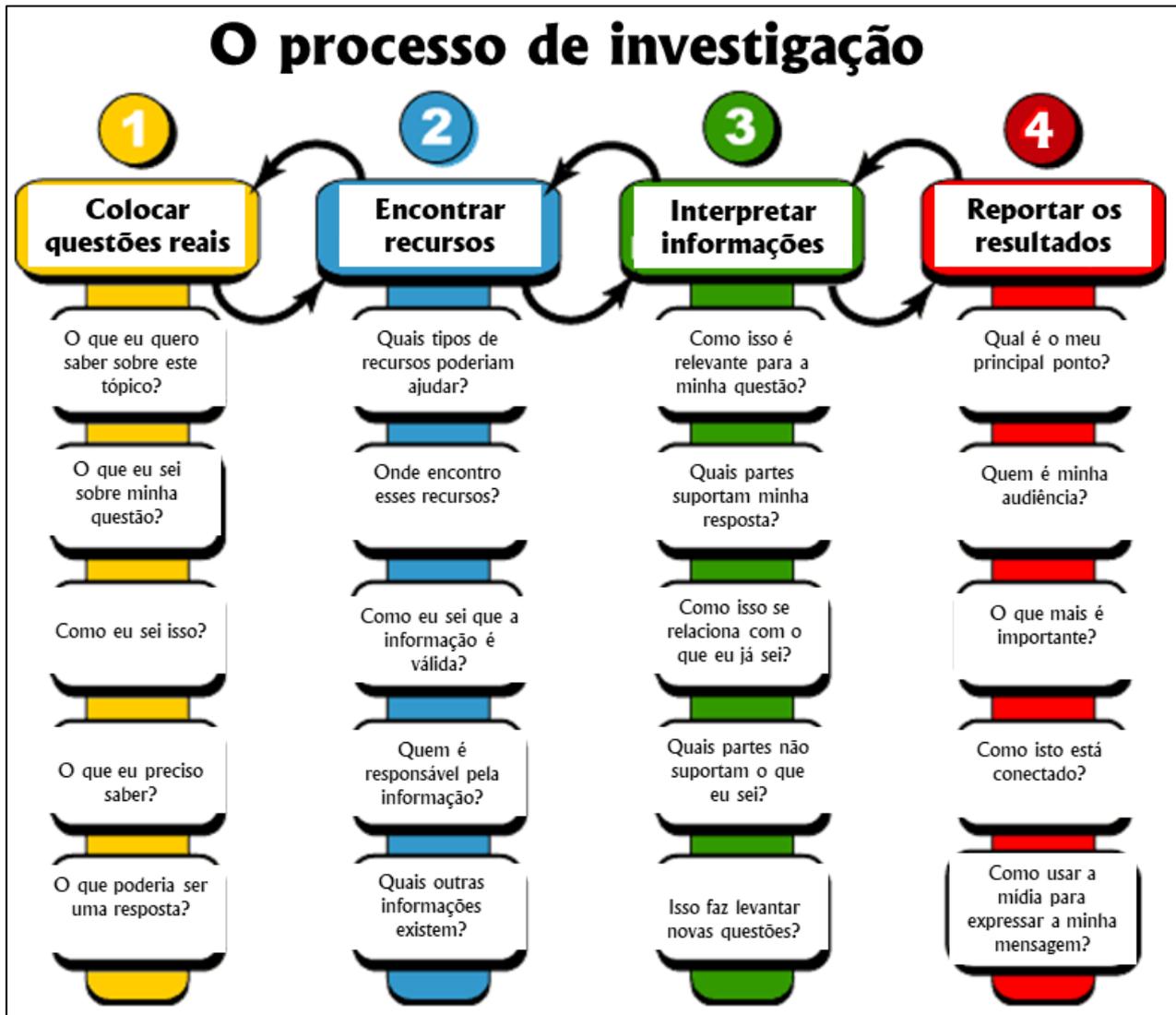
O diagrama da figura 5 de Brunner (2012) foi adaptado nesta dissertação e mostra o processo de investigação dividido em quatro fases: 1) colocar questões reais para serem investigadas partindo do aluno; 2) encontrar recursos de fontes fidedignas; 3) interpretar informações e conseguir concluir sobre o assunto e ainda, 4) reportar os dados. Esse diagrama é um instrumento muito útil que pode ser utilizado na aula para ajudar os alunos a fazerem perguntas e estruturarem a pesquisa.

Outra ferramenta muito importante utilizada na ABP e que será utilizada para avaliação dos alunos neste produto educacional é a avaliação por rubricas. Segundo Oliveira et al. (2023)

*“as rubricas são um guia para estudantes e professores avaliarem seus projetos, trabalhos e atividades realizadas. São indicadores que expressam de forma objetiva os resultados esperados em determinado projeto, período ou mesmo em uma prova.”. (p.237)*

Dentro da perspectiva das metodologias ativas e na aplicação deste produto educacional, a avaliação por rubricas (critérios de avaliação) pode ser apresentada pelo professor para os alunos ou até criadas em conjunto com o professor e alunos.

Figura 5. Diagrama do processo de investigação.



Fonte: adaptado de Cornelia Brunner do *Education Development Center/USA* (2012)

Além disso, pode-se utilizar uma tabela de tarefas. É algo muito simples e útil. Na primeira linha para cada coluna, coloca-se o nome de cada integrante e abaixo completa-se com as tarefas que cada aluno pretende contribuir e dessa forma, todos acompanham o andamento das suas tarefas e o nível de comprometimento.

### **3.REFERENCIAL TEÓRICO - PARTE 2: CONCEITOS FÍSICOS NA TEMÁTICA DO SENSORIAMENTO REMOTO**

Este capítulo apresenta os fundamentos de Física para o ensino de ondas eletromagnéticas aplicados ao sensoriamento remoto através de um arcabouço de conceitos relevantes para a aplicação do produto educacional.

#### **3.1 Física na temática do sensoriamento remoto**

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas que permite a obtenção de informações de objetos que compõe a superfície terrestre pela radiação eletromagnética (MOREIRA, 2003). Rudorff (2022) explica que sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se refere à obtenção de imagens à distância, sobre a superfície terrestre. Estas imagens são adquiridas através de aparelhos denominados “sensores remotos”. Com base nas propostas de ensino de sensoriamento remoto no Ensino Médio (DZIOB et al., 2020; AMICI e TESAR, 2020; DANNWOLF et al., 2020; LINDNER et al., 2022), trazer essa temática especificamente para o ensino de Física é algo inovador e exige dedicação do professor de conseguir conectar os conceitos físicos para que o tema do SR faça sentido. Então, no trabalho do professor, é necessário elencar os conceitos necessários de óptica e eletromagnetismo.

Por sua vez, na história da ciência, o sensoriamento remoto está ligado a importantes eventos científicos. Na abordagem HFSC, este produto educacional considera o contexto histórico e evolução epistemológica conceitual, por isso, alguns tópicos são incluídos como a evolução dos conceitos de luz e onda eletromagnética. A evolução dos conceitos de luz, ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético se deu por uma sucessão de colaborações científicas. Entre elas, pode-se destacar o desenvolvimento da teoria da luz por Newton que mostrou a decomposição da luz branca. A compreensão sobre radiação eletromagnética foi ampliada por diversos cientistas, dentre eles: Maxwell, Hertz, Herschel, Faraday, Planck e Wien.

Os fatos históricos do surgimento do sensoriamento remoto, a evolução da tecnologia, o suporte que a física promoveu para todos esses avanços são informações importantes. A mobilidade das câmeras fotográficas a bordo de balões e depois aeronaves com fins cartográficos e o aprimoramento de mapeamento e levantamento de recursos ocorreram

no decorrer dos séculos XIX e XX (STEFFEN, 2022). A metade do século XX foi marcada por vários passos tomados no aprimoramento das técnicas de SR. Foram desenvolvidos equipamentos para radiometria sensíveis à radiação infravermelha e uma das aplicações foi a detecção de camuflagem na II Guerra Mundial. Muitas pesquisas, tanto na Física Pura, quanto no Sensoriamento Remoto, tiveram os conflitos bélicos como motivação para o desenvolvimento tecnológico da utilização das ondas eletromagnéticas. Logo em seguida, vieram as câmeras multiespectrais, radiômetros de micro-ondas e construção de radares de visada lateral. Os primeiros satélites foram desenvolvidos a partir de 1962 e aqui se destaca o programa espacial envolvendo satélites de recursos naturais como o LANDSAT (STEFFEN, 2022) para observação da superfície terrestre.

### **3.1.1 Ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e a luz visível**

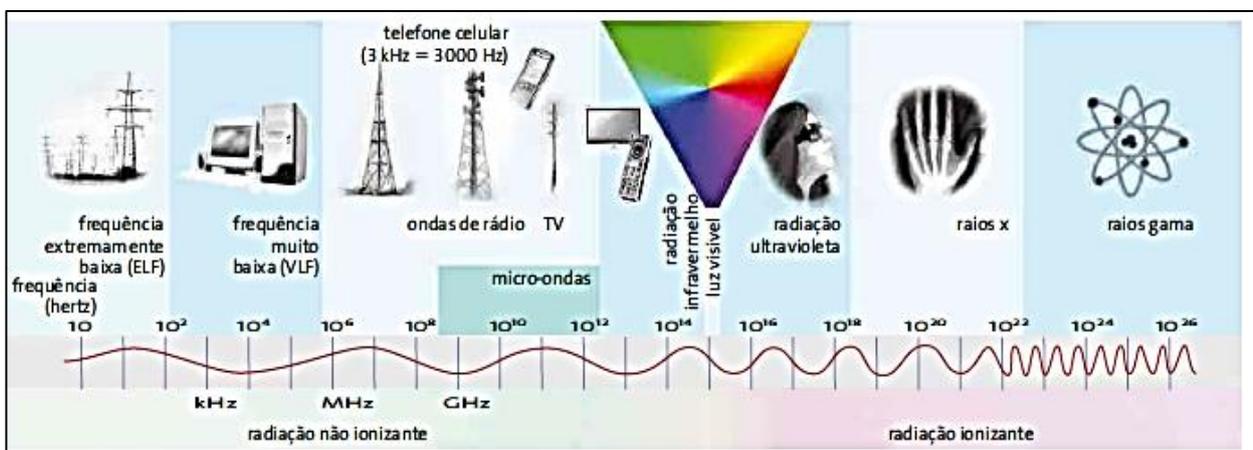
Em 1801 Young apresentou à *Royal Society of London* os resultados dos seus experimentos sobre a interferência de raios luminosos, que revelavam o caráter ondulatório da luz (GUIMARÃES et al., 2016, p. 159). As equações de James Clerk Maxwell uniram as leis da Eletricidade e do Magnetismo e previram a existência de ondas eletromagnéticas que se deslocam no vácuo com a velocidade da luz, ou seja, 300.000 km/s. Dando sequência aos destaques do eletromagnetismo do século XIX, em 1887, Henrich Rudolf Hertz comprovou a teoria de Maxwell em um experimento ao produzir ondas eletromagnéticas estacionárias com a frequência  $f$  conhecida da fonte, medindo o comprimento da onda  $\lambda$  verificou que a velocidade da onda  $v$  era igual a velocidade da luz; então segue a equação:

$$v = \lambda \cdot f .$$

As ondas eletromagnéticas são ondas de propagação de energia, portanto, não mecânicas, que se comportam seguindo as características descritivas da física ondulatória (período, frequência, amplitude e outras) e seus processos (reflexão, absorção, espalhamento, entre outras). São formadas por um campo magnético perpendicular a um campo elétrico. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade no vácuo – com a velocidade da luz. A frequência das ondas produzidas é igual à frequência da fonte que está emitindo, portanto, a classificação das ondas eletromagnéticas é feita com base na frequência  $f$ , medida no Sistema Internacional em hertz (Hz), ou sua propriedade inversa, o comprimento de onda  $\lambda$ , medido em metros ou seus múltiplos e submúltiplos (HEWITT, 2009, p. 265, 266, 290).

O espectro eletromagnético pode ser representado por uma faixa contínua de energia com intervalos de frequências e/ou comprimentos de onda correspondentes aos tipos de ondas eletromagnéticas. As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas de menor frequência e maior comprimento de onda; na sequência são as micro-ondas, a radiação infravermelha, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, no outro extremo do espectro, com maior frequência e menor comprimento de onda (WEISSKOPF, 1969; HEWITT, 2009, p. 290, GUIMARÃES et al., 2016, p. 159), como mostra a figura 6, onde algumas aplicações são apresentadas.

Figura 6. Espectro eletromagnético mostrando as faixas de frequências.



Fonte: Guimarães et. al. 2016.

As radiações do infravermelho e da luz visível são muito importantes no sensoriamento remoto. As radiações infravermelhas são aquelas produzidas nas camadas eletrônicas mais externas de átomos e moléculas. Situam-se na faixa de frequência de 10<sup>12</sup>Hz a 10<sup>14</sup>Hz (valores aproximados). O astrônomo alemão Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) foi quem descobriu e caracterizou as radiações infravermelhas ao estudar as temperaturas do espectro solar. Ele observou que a temperatura aumentava além da região do vermelho do espectro visível (GUIMARÃES et al., 2016, p. 168). Já a luz visível é uma região do espectro eletromagnético com intervalo de comprimento de onda de aproximadamente 400nm (ou 0,4μm) do violeta, ao vermelho, 700nm (ou 0,7μm). A radiação dessa faixa é produzida durante excitação dos elétrons entre diferentes níveis de energia.

### 3.1.2 A luz visível e as cores

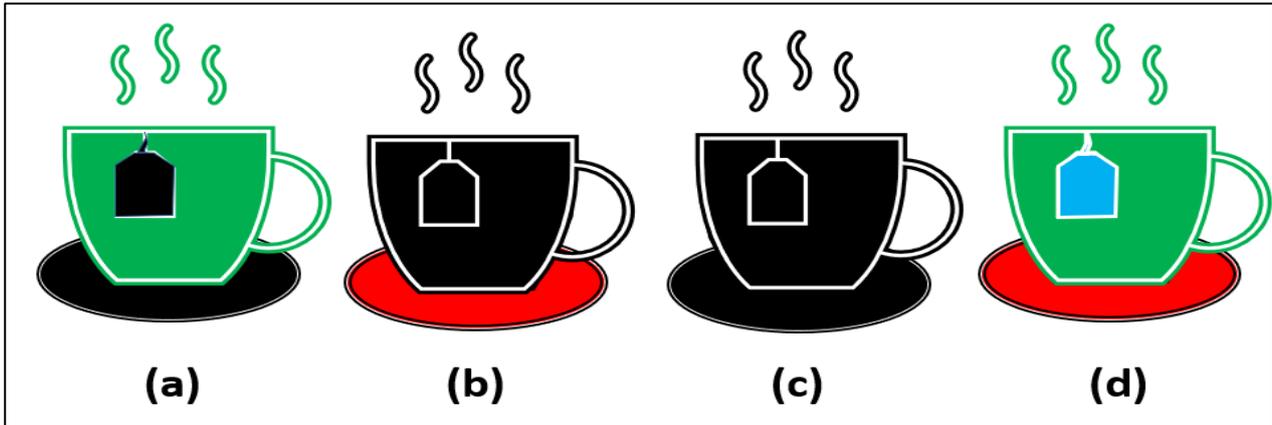
A percepção de cor é resultado da interpretação que o cérebro fornece da interação da retina com ondas eletromagnéticas no intervalo da luz visível. Cada cor tem seu comprimento de onda e frequência específicos. As cores ciano e azul são as radiações no intervalo (banda) entre 400nm até 500nm; entre 500nm e 600nm, as sensações de verde são percebidas, enquanto as radiações contidas no intervalo entre 600nm e 700nm, correspondem as sensações de amarelo, laranja e vermelho (STEFFEN, 2022). Enxergamos os materiais de acordo com a forma com que esses interagem com a luz.

Os materiais transparentes podem absorver e refletir a luz, permitindo que a luz passe pelo material, como a água, o vidro, alguns tipos de plástico e acrílico, o ar. Já os materiais opacos absorvem luz, como muitos dos objetos ao nosso entorno, uma mesa, um livro, a madeira, uma xícara de cerâmica. Aqueles materiais que permitem a passagem da luz de forma difusa são chamados de translúcidos (HEWITT, 2009, p. 293). Portanto, é importante compreender, como explica HENRIQUE et al. (2019), que um feixe luminoso possui características físicas como amplitude, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, mas não possui “uma cor”, porque a cor é resultado de um estímulo no cérebro.

O experimento do disco de Isaac Newton mostrou a decomposição da luz solar, assim como também mostrou a composição ao “colimar” a luz dispersa. Portanto, a luz branca, proveniente da luz do sol, por exemplo, é formada por todas as cores visíveis ou todas as cores do arco-íris. Os objetos são brancos quando refletem todas as cores, como é o caso da folha de papel ou de um pedaço de algodão. Por outro lado, se um objeto absorve todas as cores e, portanto, não reflete nenhuma delas, ele é visto como preto (HEWITT, 2009, p. 293; HENRIQUE et al. 2019).

A figura 7 mostra a reflexão seletiva de acordo com as cores no objeto. Em (a) os objetos são vistos através de um filtro verde; portanto, a xícara é vista na cor verde e as demais cores são absorvidas. Em (b) mostra os objetos sob um filtro de luz vermelha, então, a xícara e o sachê ficam escuros e o pires é visto na sua cor vermelha. Se colocarmos essa xícara sobre intervalos de luz do espectro visível diferentes das cores do objeto (c), veremos a xícara, o sachê e o pires escuros. Além disso, quando a luz branca é exposta, conseguimos ver, ao mesmo tempo, a xícara na sua cor verde, o pires na sua cor vermelha e descobrimos a cor do sachê de chá, que é azul (d).

Figura 7. Refletância seletiva.



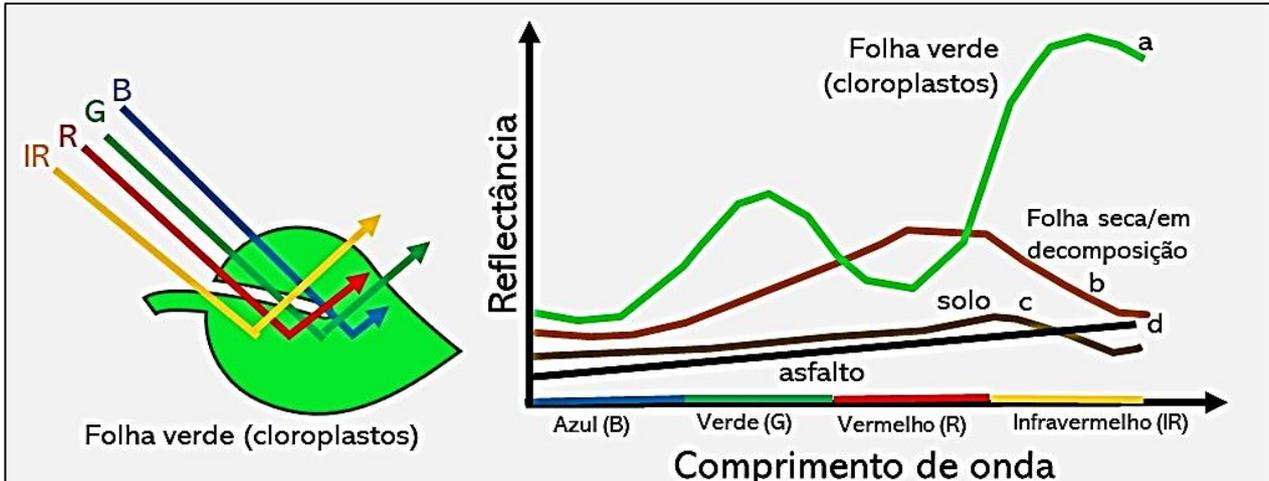
Fonte: autora.

A capacidade de um objeto de refletir a energia radiante indica a sua refletância, enquanto a capacidade de absorver energia radiante é indicada pela sua absorbância e, da mesma forma, a capacidade de transmitir energia radiante é indicada pela sua transmitância. Um objeto opaco, na prática do sensoriamento remoto, tem um valor baixo para a refletância, alto para a absorbância e nulo para a transmitância. A refletância, absorbância e a transmitância costumam ser expressas em porcentagem (ou por um número entre 0 e 1) (STEFFEN, 2022).

### 3.1.3 As cores no sensoriamento remoto, bandas e assinaturas espectrais

Assim como o exemplo qualitativo da reflexão seletiva da xícara e o pires diante da exposição de várias partes do espectro visível, descrito acima, o conceito de reflexão seletiva é muito importante para o sensoriamento remoto. Isso porque pode-se analisar quantitativamente, ou seja, medir a refletância de um objeto para cada tipo de radiação que compõe o espectro eletromagnético e, então, perceber através dessa experiência que a refletância de um mesmo objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o atinge (STEFFEN, 2022). A figura 8 é uma demonstração de como a refletância varia de acordo com o comprimento de onda da luz visível azul (B – *blue*) ao infravermelho (IR – *infra-red*) para diferentes objetos: uma folha verde (a), uma folha seca (b), uma amostra de solo (c) e asfalto (d).

Figura 8. Diagrama da refletância vs. comprimento de onda e reflexão seletiva.



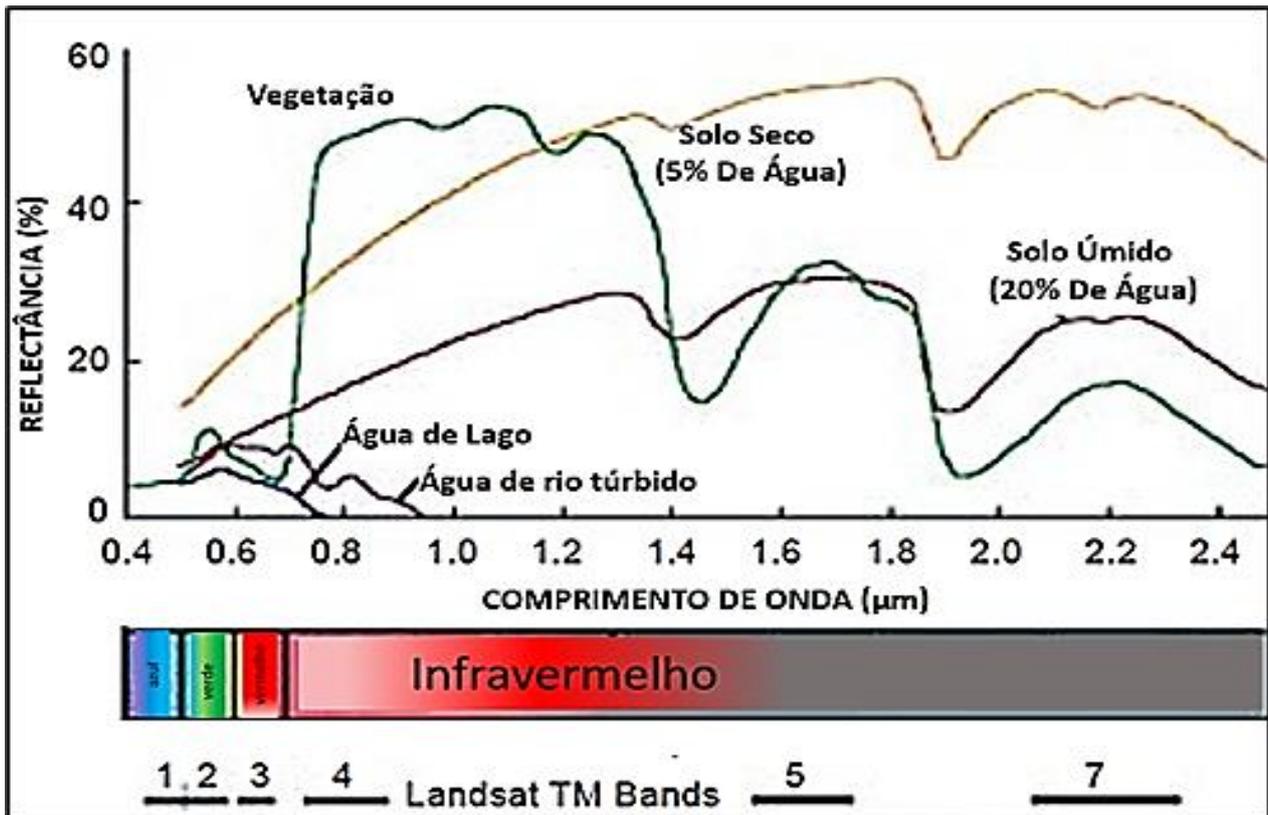
Fonte : adaptado de Steffen (sd.) e Reddy et al. (2020).

Cada curva é chamada de assinatura espectral e depende das propriedades do objeto. Essa figura mostra mais um detalhe importante: à esquerda a folha reflete (flechas “saem” da folha) as bandas do infravermelho (IR), vermelho (R), verde (G) e azul (B) com intensidades diferentes, com maior refletância para o infravermelho e verde devido à atividade orgânica e presença de cloroplastos.

Ainda sobre a assinatura espectral nas bandas do espectro visível RGB, a mesma figura mostra que a folha verde possui maior refletância na banda verde em relação à folha seca e ao solo devido à presença de clorofila, o pigmento responsável pela cor verde. Mostra também a alta refletância no infravermelho devido às suas atividades fisiológicas em contrapartida das folhas secas. Já a amostra de solo é supostamente uma amostra pobre em matéria orgânica (MOREIRA, 2003, p. 188; STEFFEN, 2022; SAUSEN, 2022)

A refletância de referência é obtida em laboratório de experimentação. Os valores obtidos servem de referência para interpretação das imagens obtidas por satélites. Esses satélites de observação da Terra (como CBERS, LANDSAT e outros) possuem um sistema sensor capaz de produzir imagens da superfície da Terra em várias bandas simultâneas justamente pela energia refletida da Terra. Na figura 9 verifica-se as faixas de abrangência dos sensores do satélite LANDSAT e de comprimento de ondas do visível (azul, verde, vermelho) e infravermelho. Os diferentes corpos (alvos terrestres), como solo, vegetação e água refletem energia e podem ser identificados através da curva espectral para cada alvo quando analisados pelo gráfico da refletância em relação ao comprimento de onda.

Figura 9. Curvas típicas de refletância espectral para vegetação, solo e água

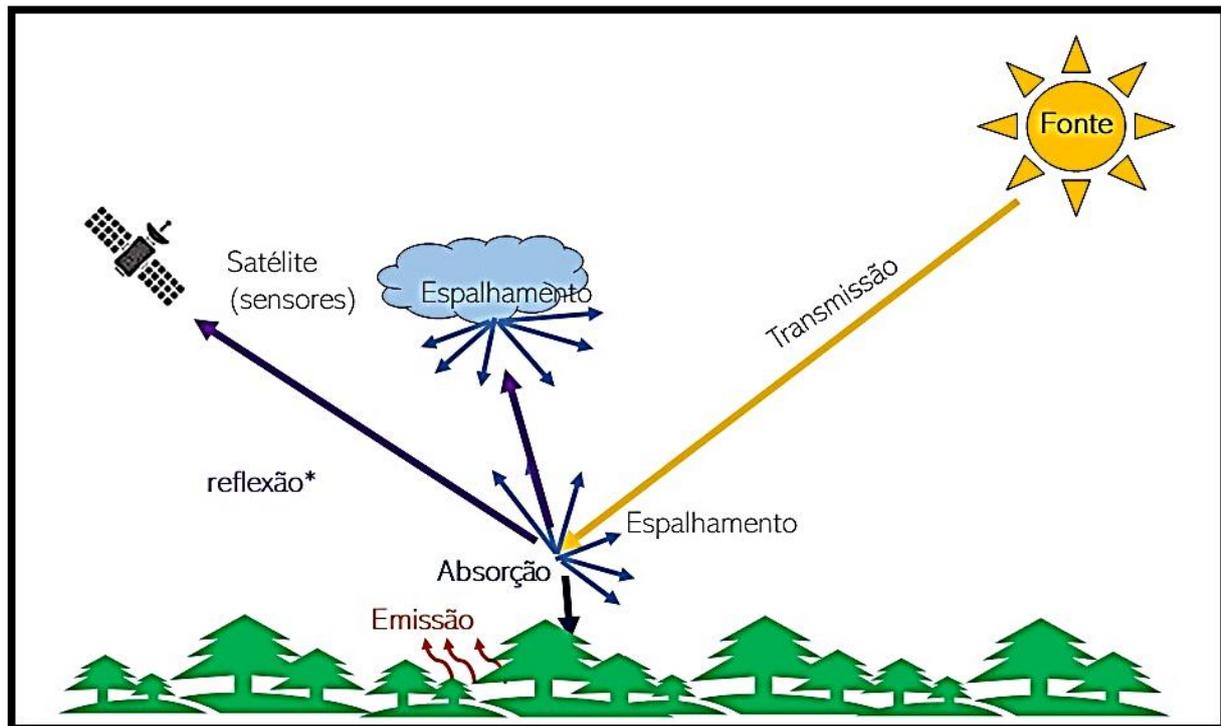


Fonte: Muradás (2023c) adaptado de Jiang (2013).

O satélite que orbita a Terra tem um período de revisita, ou seja, ele passa pelo mesmo local para imagear novamente, adquirindo imagens periódicas. A imagem é obtida em uma determinada resolução com linhas de varredura que são transmitidas para as estações receptoras na Terra, à medida que vão sendo produzidas (STEFFEN, 2022). O Brasil possui um satélite de observação e imageamento, o CBERS, *Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite*.

De acordo com LOBO et al. (2020), no processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra, a energia pode ser transmitida, absorvida, espalhada e refletida. A radiação transmitida atravessa o material ou o meio, como por exemplo, a radiação que atravessa a atmosfera. Pode também ser absorvida, quando retida pelo meio e convertida em outros tipos de energia. O espalhamento é muito comum, é quando a radiação de espalha de forma difusa em várias direções. A figura 10 mostra esses processos a partir da fonte de luz, o Sol, e a interação com um objeto na superfície, no caso, uma floresta.

Figura 10. Processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra.

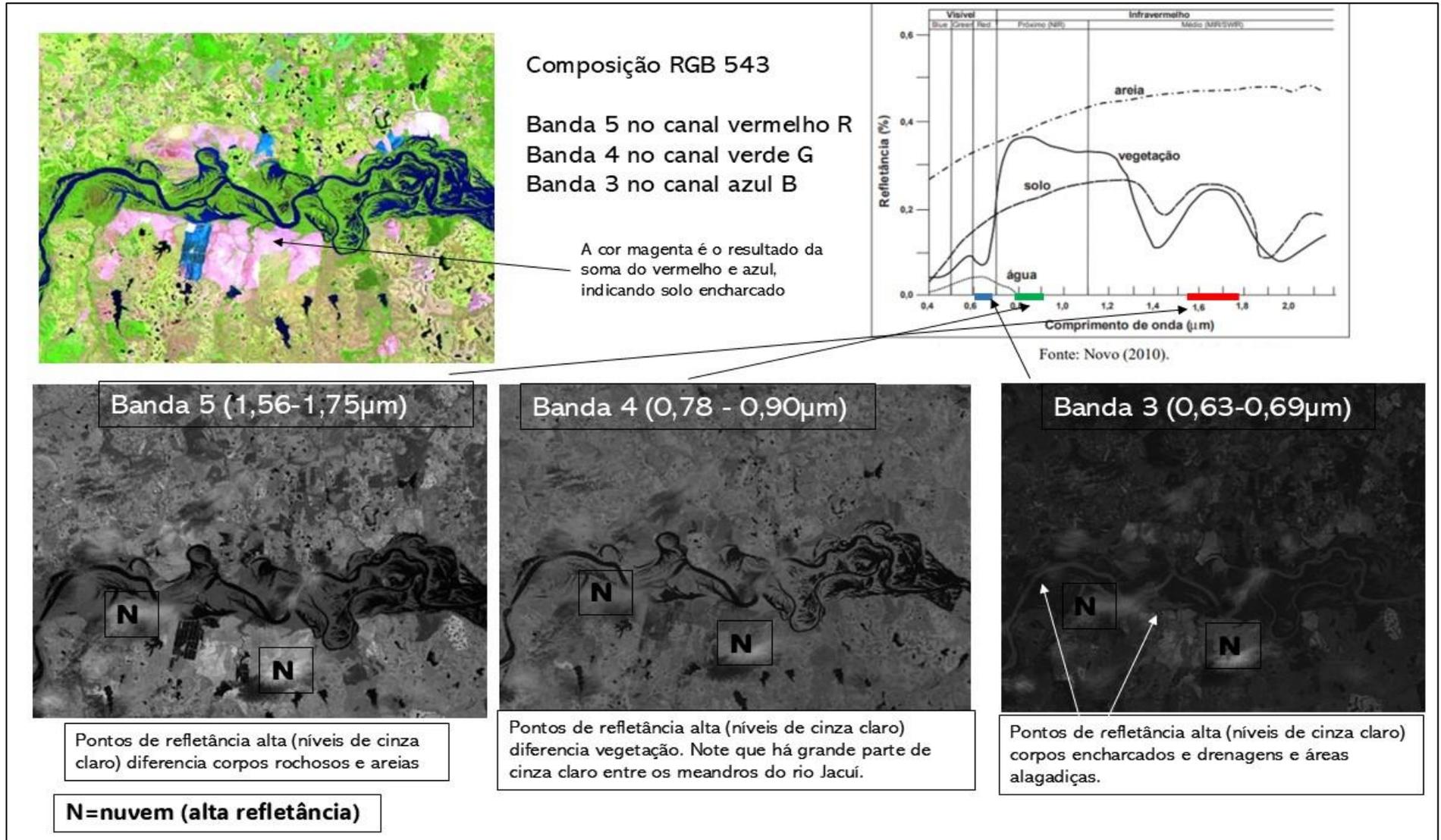


Fonte: autora.

Geralmente tratamos a reflexão da radiação quando a radiação retorna ao meio como se o meio fosse um espelho em um ângulo simétrico ao de incidência. A reflexão é vista com mais clareza na superfície de águas calmas, onde podemos ver a imagem dos arredores e do céu como um espelho. No sensoriamento remoto, tratamos o conceito de reflexão de forma um pouco diferente: trata-se da radiação que é emitida após interação com os objetos da superfície. Além disso, a radiação pode ser emitida geralmente em comprimentos de onda mais longos, como em superfícies escuras que absorvem a radiação no visível e emitem em forma de calor. Voltando à figura 7, por exemplo, vemos que a folha reflete de forma diferente os comprimentos de onda, isso se deve justamente por causa da diferença que existe entre a radiação incidente na folha e a refletida por ela.

A razão entre radiação incidente e absorvida é o que chamamos de refletância no sensoriamento remoto (QUARTAROLI et al., 2014). Na figura 11 estão as imagens das bandas do satélite LANDSAT separadas 3, 4 e 5 com os respectivos comprimentos de onda. Os pixels da imagem indicam um nível de cinza. Geralmente, quanto mais claro é o nível de cinza, maior a refletância naquele intervalo específico de comprimento de onda da banda, porém, sempre é necessário verificar o contraste na imagem. Novo (2010) apresenta gráfico semelhante ao gráfico da figura 9 e mostra os objetos com refletância predominante nas faixas da banda 3, 4 e 5 do LANDSAT.

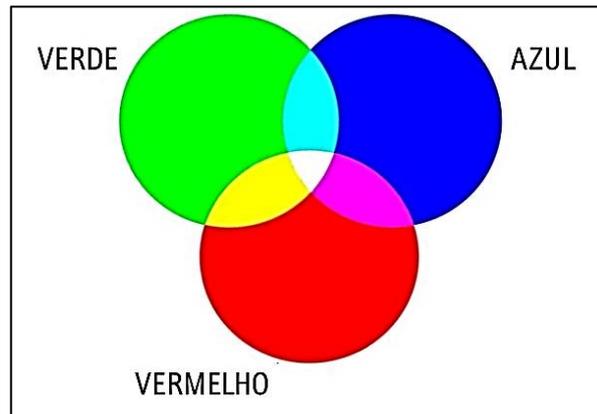
Figura 11. Prancha de demonstração de interpretação de imagens de satélite com as bandas individuais e composição RGB.



Fonte: dados da autora e gráfico de comprimento de onda x refletância de Novo (2010).

A luz branca é uma mistura equilibrada do vermelho com o verde e o azul. A luz de cor branca está refletindo de forma igual as suas componentes. As três regiões básicas do espectro da luz visível são **vermelho, verde e azul**, que são as **cores primárias da luz** (GREF, 2006). O amarelo, o magenta e o ciano são as cores ditas **secundárias** (figura 12).

Figura 12. Composição pelas cores primárias. da luz.



Fonte: autora.

Note que a cor magenta aparece na composição RGB e isso indica que este alvo reflete tanto o azul quanto o vermelho. A banda 5 foi colocada no canal da cor vermelha e a banda 3 foi colocada no canal da cor azul. Em uma interpretação de alvo, podemos sugerir um solo arenoso para a cor rosada e solo encharcado para a cor magenta. Note que tanto na banda 4 como na banda 5 o rio Jacuí possui refletância quase nula, isso se deve porque a curva da água no gráfico (figura 9 e prancha da figura 11) é detectada na banda que estiver no intervalo de 0,4 a 0,8 $\mu$ m. Por isso, usamos a banda 3 para detectar corpos hídricos utilizando (não obrigatoriamente) a cor azul.

## 4. METODOLOGIA

Neste capítulo, a metodologia para criação do produto educacional considera o referencial teórico abordado nos capítulos 2 e 3, os parâmetros curriculares nacionais (PCN) e o Base Nacional Comum Curricular do Ministério da Educação e Cultura para seguir as etapas na construção da sequência didática e do projeto. Seguindo a tríade rogeriana, a disposição de trabalho na aplicação em aula será a formação de grupos pequenos porque há maior oportunidade de fala e escuta atenta. Uma outra versão deste plano é apresentada em Muradás (2024c), assim como a descrição de instrumentos de aprendizagem do *inquiry-based learning* em Muradás (2024b; 2024c).

A abordagem de ensino neste produto educacional inclui atividades tanto na abordagem CTSA quanto na HFSC porque se trata de um tema tecnológico com importância socioambiental e na sequência didática tem-se uma abordagem diacrônica, tanto da história da evolução conceitual da luz e radiações como a evolução tecnológica do sensoriamento remoto. O objetivo da inclusão de eventos históricos no produto educacional é trazer um caráter informativo e contextualizado dos conceitos físicos aplicados ao SR. Para isso, pretende-se levantar aspectos históricos do desenvolvimento do SR, os quais se fundem de forma interessante com avanços tecnológicos e da Física. A proposta metodológica será aplicada a estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

### 4.1 Caracterização da escola

O Produto Educacional é aplicado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), no município de Charqueadas/RS. O instituto oferece ensino Técnico Integrado de Informática e Mecatrônica. O produto é aplicado nas duas turmas de 3º ano do Ensino Médio no turno da manhã do curso Técnico de Mecatrônica durante as aulas de Geografia, com 13 e 18 alunos, entre agosto e setembro de 2023. O instituto possui laboratório de Informática com 20 computadores, acesso à internet e *Chromebooks*. Todos os alunos possuem e-mail institucional, acesso ao *MOODLE* e ao *Google Drive* da conta do e-mail institucional. A condição socioeconômica dos alunos é considerada heterogênea, com alunos de classe baixa (de pouco poder aquisitivo) à classe média (com razoável poder aquisitivo) e o instituto é referência em

ensino na localidade, com alunos de municípios vizinhos também, apresentando uma polarização socioeconômica bem significativa.

#### **4.2 Instrumentos pedagógicos**

As estratégias metodológicas e os recursos didáticos dão suporte aos objetivos do Produto Educacional de acordo com a especificidade dos conteúdos. As aulas são organizadas em cinco encontros. Os encontros presenciais têm como objetivo permitir a explanação dos conteúdos:

- de ondas eletromagnéticas;
- do espectro eletromagnético com ênfase no espectro visível e ondas infravermelho;
- da luz e das cores;
- dos fenômenos de absorção, reflexão e transmissão; e
- bandas espectrais.

Portanto, as atividades pedagógicas serão desenvolvidas de modo presencial e, uma parcela de atividades assíncronas será disponibilizada no Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem, pela Plataforma do MOODLE, oferecida pelo IFSUL e pelo Google Forms. Pelo menos um dos integrantes do grupo precisa ter acesso para enviar as atividades. Verifica-se previamente se há alunos que não tem acesso à internet ou à plataforma.

O produto educacional prevê o desenvolvimento de diferentes práticas através da metodologia de aprendizagem ativa por investigação, como: trabalhos de pesquisa em grupos pequenos, aulas expositivas-dialogadas, debates de conteúdos históricos e conceitos, manuseio de software, apresentações do resultado das pesquisas, análise de textos e imagens e experimentos com a oportunidade de releitura do próprio aluno.

Os recursos didáticos mais utilizados serão: quadro, projetor multimídia, computador com acesso à Internet, ferramentas disponibilizadas no MOODLE, Google Classroom, acesso aos softwares Google Earth e QGIS® e à plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os materiais das aulas, formulários, vídeos selecionados do YouTube, tabelas de organização dos grupos estão disponíveis em .pdf no Google Drive.

#### **4.3 Sequência Didática e Projeto**

A seguir, apresenta-se a sequência didática em duas partes. A parte 1 trata-se da introdução ao tema, conceitos e demonstrações. A parte 2 trata-se do desenvolvimento

de Projetos: Sensoriamento remoto e estudo ambiental. Dependendo da instituição escolar e do ritmo dos estudantes, os períodos podem ser estendidos.

**PARTE 1: Práticas de introdução ao tema, Conceitos e demonstrações compreende:**

- apresentação de slides de forma dialogada sobre a história e evolução do SR e questão geopolítica,
- apresentação do aplicativo Google Earth e tour virtual,
- jogo online de revisão,
- apresentação de slides sobre as ondas eletromagnéticas e aplicação no SR,
- atividade de leitura e interpretação de texto sobre o papel de vários cientistas na descoberta e aplicação das ondas eletromagnéticas,
- demonstração do Disco de Newton com LED,
- atividade prática com as cores.

**PARTE 2: Desenvolvimento de Projetos compreende:**

- projeto investigativo
- uso do diagrama de investigação
- processo de escrita do relatório do projeto

A seguir, as Habilidades e Competências pela BNCC as quais o produto educacional está baseado:

HABILIDADES (BNCC): (EM13CNT101) (BRASIL, 2018)

- Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. (BRASIL, 2018)

COMPETÊNCIAS (BNCC): COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

- Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BRASIL, 2018)

O quadro 2 mostra a estruturação da sequência didática e inclui os conteúdos que são retirados dos PCNs (BRASIL, 2006) considerando algumas sugestões de competências.

Quadro 2. Estruturação da sequência didática e projeto.

<p>PCN e conteúdos</p>	<p>PCN's: Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações e Matéria e Radiação: interação da radiação (ionizante, não-ionizante, ...) com a matéria; ii) tecnologias baseadas em radiações (GPS, previsões meteorológicas, sensoriamento remoto); e a iv) transmissão de informação e imagens.                  Conteúdos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• história da ciência: luz, radiação eletromagnética e tecnologia,</li> <li>• ondas eletromagnéticas,</li> <li>• espectro eletromagnético,</li> <li>• luz visível e cores,</li> <li>• fenômenos de absorção, reflexão e transmissão.</li> </ul>
<p>Estrutura</p>	<p><b>PARTE 1:</b> Introdução ao tema, Conceitos e demonstrações                  Investigação de conhecimento prévio. Introdução ao SR e História dos estudos das radiações e da luz. Física ondulatória, a luz e o espectro eletromagnético. As cores, as bandas espectrais, as assinaturas espectrais.</p> <hr/> <p>Competências. Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. (BRASIL, 2006).                  Compreender fenômenos da natureza e aplicações na tecnologia.</p> <hr/> <p><b>PARTE 2:</b> Desenvolvimento de Projetos: Sensoriamento remoto e estudo ambiental</p> <hr/> <p>Competências:                  Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações. (BRASIL, 2006).                  Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.                  Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento</p> <hr/> <p>Competência: Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências (BRASIL, 2006).</p>
<p>Atividades</p>	<p>Aulas expositivas-dialogadas                  Experimentação                  Brainstorming, jogos online                  Pesquisa e escolha de uma área de estudo                  Uso de software e técnicas para identificar alvos                  Compartilhamento dos estudos de caso com os colegas e divulgação de resultados</p>
<p>Avaliação</p>	<p>Registro das conclusões das demonstrações experimentais                  Engajamento /participação                  Descrição das bandas que estão sendo usadas e propriedades físicas.                  Encaminhamento das perguntas de investigação                  Proficiência no uso do software QGIS®                  Observações sobre o meio ambiente                  Perguntas investigativas e justificativas dessas perguntas                  Como foram pesquisadas as perguntas de investigação</p>

## 5. PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional é estruturado em uma sequência didática que culmina em um projeto prático de uso de imagens de satélite no software QGIS. Para isso, as primeiras atividades da PARTE 1 constituem exercícios e demonstrações para ambientar o aluno e dar condições sólidas para realizar o projeto na sequência. A PARTE 2 é a execução do projeto.

O produto está no apêndice desta dissertação como recomendado pelas normas do Programa de Pós-Graduação UFRGS/MNPEF. O apêndice A é a **apresentação do produto**. O apêndice B está organizado como uma descrição minuciosa de cada etapa e **atividades da sequência didática**, quase como uma conversa com o professor-colega. A autora abre espaço para alguns pontos de reflexão, questões que considera importante e detalhes na prática pedagógica, além do acesso de todos os documentos estão nos apêndices na sequência e também pelos hiperlinks para poderem ser baixados e editados. Portanto, um dos grandes objetivos é o acesso fácil e reprodução deste produto pelo professor. O apêndice C disponibiliza os **roteiros para o projeto** em sensoriamento remoto. O apêndice D apresenta um **glossário** dos termos mais importantes nesta dissertação e no produto educacional.

Inicialmente, na parte 1, os alunos terão contato com o tema e como é o funcionamento básico do sensoriamento remoto, conceitos que envolvem as ondas eletromagnéticas, processos físicos, interação da radiação com a superfície terrestre. São apresentadas duas demonstrações: o disco de Newton e uma atividade com a composição de cores de forma mais simples, mostrando a reflexão seletiva. Terão também contato com o Google Earth, fazendo um projeto pequeno que será a introdução para o projeto maior da parte 2, onde terão recursos para analisar imagens de satélites.

## 6. RESULTADOS

Neste capítulo apresento os principais resultados e produções dos alunos nas atividades com a finalidade de relacionar com a fundamentação teórica, que é a base de sustentação dessa monografia.

### 6.1 Exercício de acompanhamento da aula teórica

A folha de exercícios abaixo (figuras 13 e 14) foi dada logo após a explanação nos slides da aula 1<sup>3</sup>. Em geral, os alunos tiveram excelente aproveitamento. Os alunos dessa turma não sabiam ainda o que era uma onda no ponto de vista da física, muito menos o que era uma onda eletromagnética. É um assunto que chama atenção dos alunos, principalmente quando se pergunta o que é luz. O conceito de onda é bem fácil de se trabalhar quando se faz analogia às ondas mecânicas. Os alunos conhecem as ondas do mar e já viram a propagação de ondas em uma superfície devido à perturbação do meio. Esse é o ponto estratégico para se iniciar a abordar ondas eletromagnéticas. Se os alunos não compreenderem campos elétricos e magnéticos neste momento, não é impeditivo para continuar a explicar as ondas eletromagnéticas, até porque é necessário um tempo de acomodação dos conceitos abstratos. Abordando as características fundamentais como velocidade, frequência, comprimento e a relação matemática entre essas propriedades físicas já é o bastante para os próximos passos.

Então, essa primeira parte é importante que os alunos compreendam do que se trata o Google Earth, que será o primeiro projeto a ser feito. Além disso, as aplicações diversas na área de monitoramento ambiental e questões práticas.

O exercício 7 na figura 13 é bastante importante porque existem detalhes que contradizem o princípio do sensoriamento remoto e é importante o aluno ter entendido, por exemplo, que sensoriamento remoto não tem o contato direto com o objeto, que o Sol é a fonte de radiação eletromagnética que vai interagir na superfície terrestre, que a informação é captada pelo sensor no caso de um sensor passivo. A questão 09 é a ideia geral do sensoriamento remoto.

---

<sup>3</sup> Essa atividade pode ser vista na página 97, apêndice B6.

Figura 13. Folha de exercícios de revisão dos conceitos abordados em aula (apêndice B6, pág.98 e 99).

**QUESTIONÁRIO**

1. Sobre o Google Earth posso afirmar que:

- é um software
- permite passear de forma virtual pelo mundo todo
- as imagens são capturadas por satélites
- é voltado para entretenimento e educação
- podemos ver feições naturais como rios, montanhas, praias, pontos turísticos, cidades históricas e os destinos de viagem.

2. Cite os três tipos de monitoramento ambiental que são aplicações importantes do sensoriamento remoto pelo uso de imagens de satélite verificadas na apresentação:

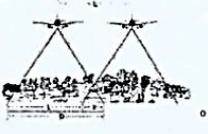
- a. Áreas urbanas
- b. Áreas rurais
- c. Monitoramento ambiental



3. Decida se a sentença é Verdadeira ou Falsa:  
As fotografias aéreas são realizadas horizontalmente devido a altura em relação ao solo. Para obter uma cobertura completa do terreno a ser representado, as fotografias aéreas são tomadas verticalmente de modo sobreposto.

4. Decida a alternativa correta em "As radiografias permitem gerar um modelo tridimensional do terreno".

- (a) cobertura
- (b) fotogrametria
- (c) câmeras fotográficas
- (d) ilustração do mapa



5. Os maiores avanços no seguimento do SR ocorreram com advento do avião, a partir de 1906, com destaque para a aviação militar que estava sendo explorada na Primeira Guerra Mundial.  
— Como você relaciona o controle do território com as questões bélicas e o avanço nas tecnologias do imageamento?  
foi um pulo em frente de que um memorabilia foto reconhecível a partir da aviação e depois foi o uso público

6. Relacione as colunas sobre os satélites

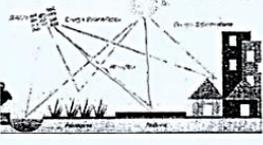
a. LANDSAT	(C) União Soviética	(O) 1972
b. SCS-1	(D) EUA-NASA	(P) 1993
c. SPUTNIK	(B) Brasil	(E) 1957

7. Sobre sensoriamento remoto:  
 é a técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra  
 as técnicas SR tem contato físico com o alvo porque a radiação "bata" o alvo.  
 As informações podem ser obtidas de uma fonte de radiação eletromagnética, no caso, a Terra.  
 Essas informações são o comprimento de onda de radiação captada no alvo terrestre.  
 São apresentadas na forma de imagens, sendo mais utilizadas, atualmente, aquelas captadas por sensores óticos orbitais localizados em satélites.  
 Os satélites, girando numa órbita em torno da Terra, levam consigo um sensor capaz de emitir/receber energia eletromagnética refletida da Terra, mas precisam de outro para recebê-la.

8. A radiação é uma combinação de campos elétrico e magnético que se mostra como uma forma eficiente de transmissão de energia propagada do Sol à Terra por ondas eletromagnéticas.



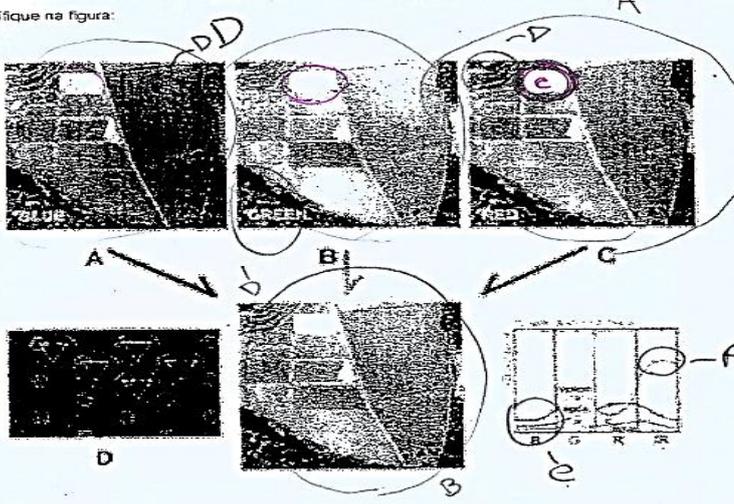
9. Explique a figura de forma sucinta.  
a radiação bate na terra e reflete ate o satelite que capta as informações



Fonte: Dados da autora.

Figura 14. Verso da atividade (apêndice B6, pág. 98 e 99).

10. Identifique na figura:



J BANDAS

- a. as bandas,
- b. a composição
- c. uma região de alta reflectância
- d. uma região de baixa reflectância
- e. uma assinatura espectral
- f. o pico de reflectância de uma assinatura espectral
- g. a banda do pico que você identificou

Fonte: Dados da autora.

A figura 14 é o verso da folha de exercícios. O exercício 10 é uma boa introdução de como a imagem de satélite é composta, por isso, nesse exercício o aluno entende que são três imagens de bandas espectrais diferentes com faixas de comprimento de onda. Nisso, atribuímos a combinação de cores RGB para cada imagem e a composição das três imagens resulta na imagem colorida que verificamos. Também nesse exercício é fácil identificar regiões de alta **refletância** (partes mais claras) e baixa refletância (partes mais escuras) e relacionar com **absorção da energia das ondas eletromagnéticas (OEM) do Sol**, que a propriedade inversa. Em um gráfico também é fácil visualizar que os picos das curvas mostram maior refletância (veja o gráfico da figura 8, página 36 e gráfico da figura 9 na página 37).

## 6.2 Brainstorming

Os estudantes foram estimulados de forma livre a escolher alguma pergunta que eles gostariam de responder. Justamente o que vimos é que a metodologia IBL dá espaço para as expectativas dos estudantes. É importante que o aluno se aproprie da própria pesquisa. Note que no cartaz da figura 15 aparece a palavra “autoconhecimento”. Aqui não se trata de um “erro semântico” e sim de que a aluna provavelmente busca se conhecer mais pelas suas potencialidades.

Figura 15. Cartazes feitos por grupos durante o brainstorming de suas potencialidades.

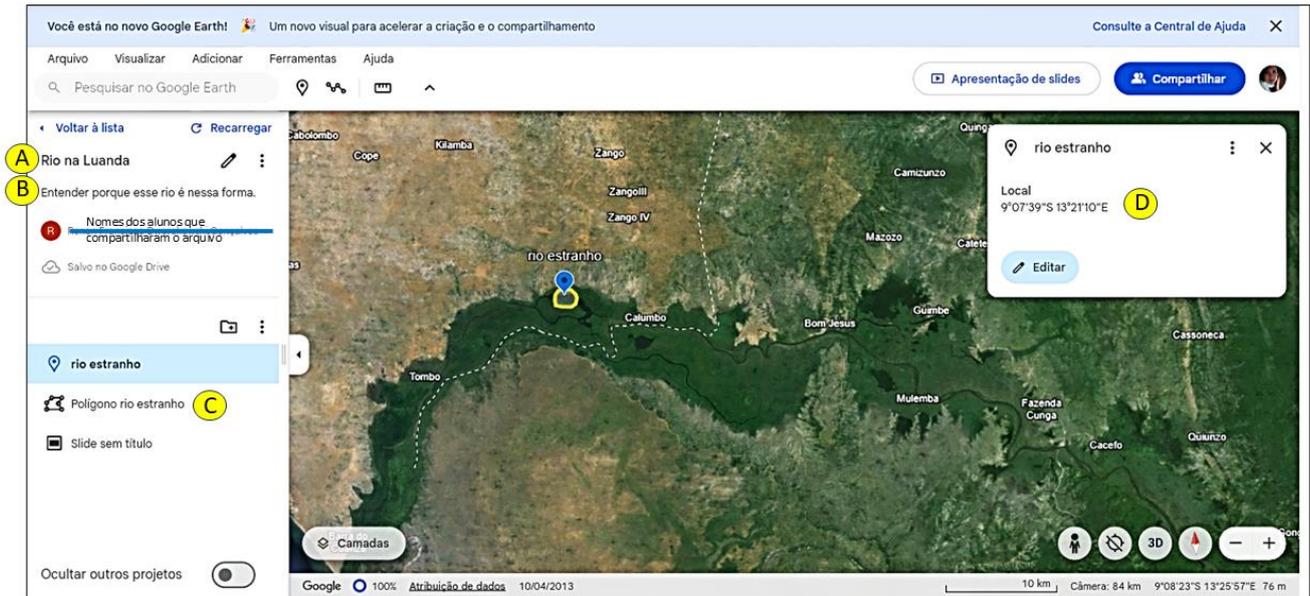


Fonte: Dados da autora.

### 6.3 Projeto do Google Earth

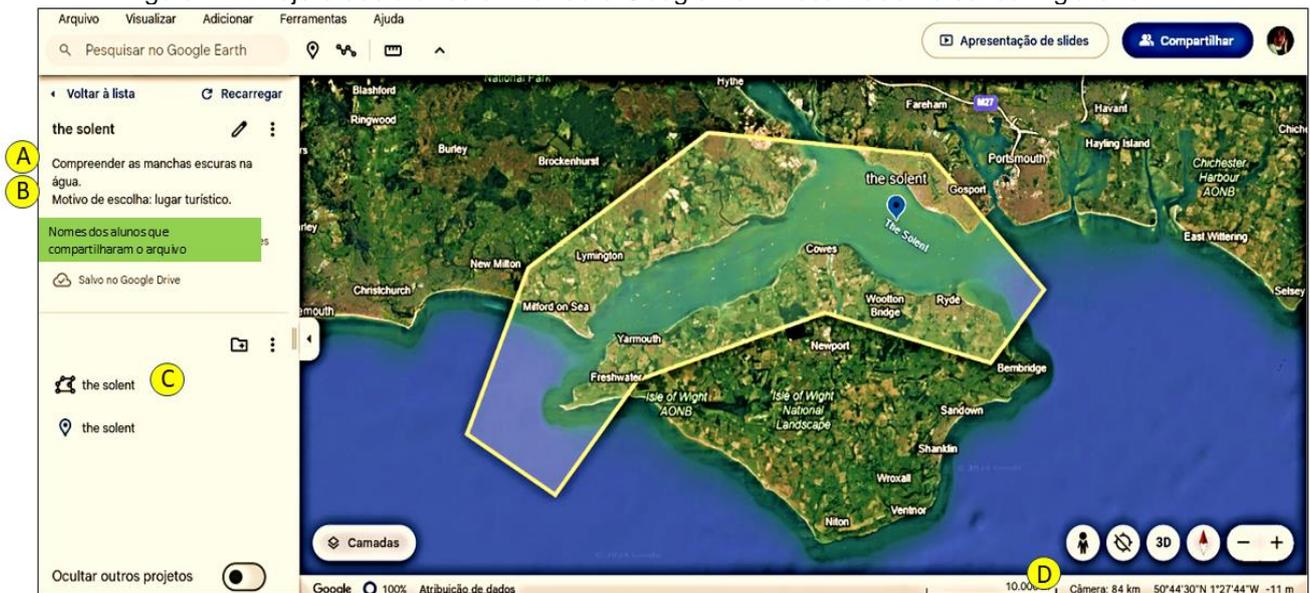
As figuras 16 e 17 mostram o passo do roteiro em que os alunos vão buscar alguma área no globo terrestre para investigar alguma feição geomofológica que os chame atenção. Assim, eles nomeiam o projeto (A), colocam o objetivo do trabalho (B), selecionam a área em um polígono (C), anotam as coordenadas geográficas (D) como referência da área de pesquisa.

Figura 16. Projeto dos alunos utilizando o Google Earth na área de investigação da Luanda.



Fonte: Dados da autora.

Figura 17. Projeto dos alunos utilizando o Google Earth localizado no sul da Inglaterra.



Fonte: Dados da autora.

## 6.4 Motivos para usar o IBL

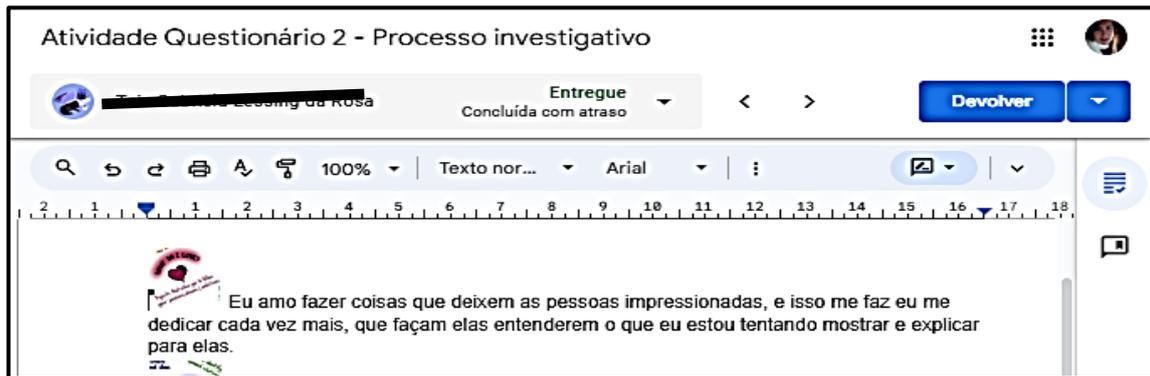
O quadro 3 abaixo são os motivos expostos na página 21, mas agora comentados com base em observações em experiências em aula. Uma reflexão da teoria humanista que podemos resgatar nesse momento é lembrar da congruência da tríade rogeriana. As atividades e projetos não são nem para o professor, nem para engavetar e servir apenas de atribuição de nota, e sim, precisam fazer sentido para os alunos. Para esses itens, compartilho as minhas observações durante as aulas.

Quadro 3. Retomada dos motivos de utilizar o IBL e observações feitas durante o trabalho.

Motivos	O que observei
Desenvolver novas habilidades ou compreensões	Interpretar imagens, lidar com elas (informações em outra escala), localizar-se diante das feições, compreender a composição das imagens e propriedades físicas, funcionamento básico do sensoriamento remoto, bandas espectrais e intervalos de comprimentos de onda, levantar o questionamento de que área investigar.
Nutrir as paixões dos estudantes	Particularmente houve um aluno que já conhecia o Google Earth porque passava o tempo durante a pandemia “viajando” pela superfície da Terra. Outras paixões ou motivações são ligadas à razão das escolhas de lugares, como: interesse nas áreas indígenas, ou um local turístico.
Identificar problemas	Todos os grupos tinham que resolver uma pergunta que era o motivo de investigação.
Empoderar a voz dos estudantes e suas escolhas. Pesquisar algo significativo	Partiu do interesse dos alunos e muitos deles já estavam conectados a uma questão ambiental por interesse próprio.
Desenvolver fortes habilidades de pesquisa; aprofundar-se na compreensão para ir além da memorização de fatos e conteúdos	Exigiu estudo das assinaturas espectrais, de estudo da área, de usar softwares.
Fortalecer a importância de perguntar perguntas consistentes ao tema	Com certeza surgiram várias! Algumas delas: “Por que as construções estão tão perto do rio?”, “Por que tem vegetação nesse rio que corta o deserto?”.
Resolver problemas do futuro nas aulas de hoje	O próprio trabalho de monitorar uma área já é inserção a uma necessidade na realidade presente e futura.

Na figura 18 é mais uma atividade de expressão livre onde os alunos resgatam suas reflexões em meio à rotina do projeto. É uma atividade que pode ser feita a qualquer momento, tanto no início, quanto durante o projeto. São momentos de reflexão sobre o próprio posicionamento diante da sua participação.

Figura 18. Atividade de expressão livre de como as escolhas interferem na motivação.

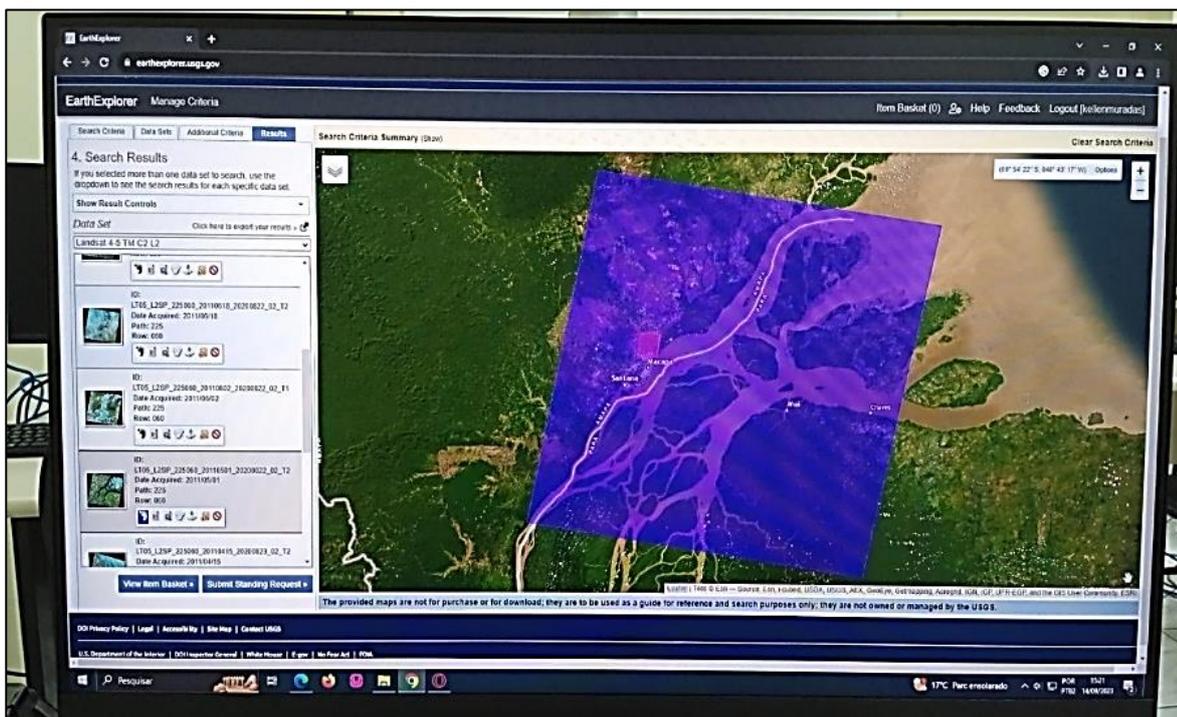


Fonte: Dados da autora.

## 6.5 Relatório do QGIS

O relatório foi feito com base nos anexos do modelo de relatório, relatório do QGIS e materiais adicionais para interpretar bandas espectrais. Na figura 19 o grupo está escolhendo imagens de satélite no site do INPE com a menor interferência de nuvens pois já sabemos que as nuvens espalham a radiação do Sol e também não permitem a visualização da superfície. A imagem precisa abranger a área que será estudada. A aquisição das imagens é gratuita, basta o cadastro do usuário e o INPE envia o link para baixar as imagens. Os alunos baixam as imagens de todas as bandas espectrais de 1 a 7 do satélite LANDSAT.

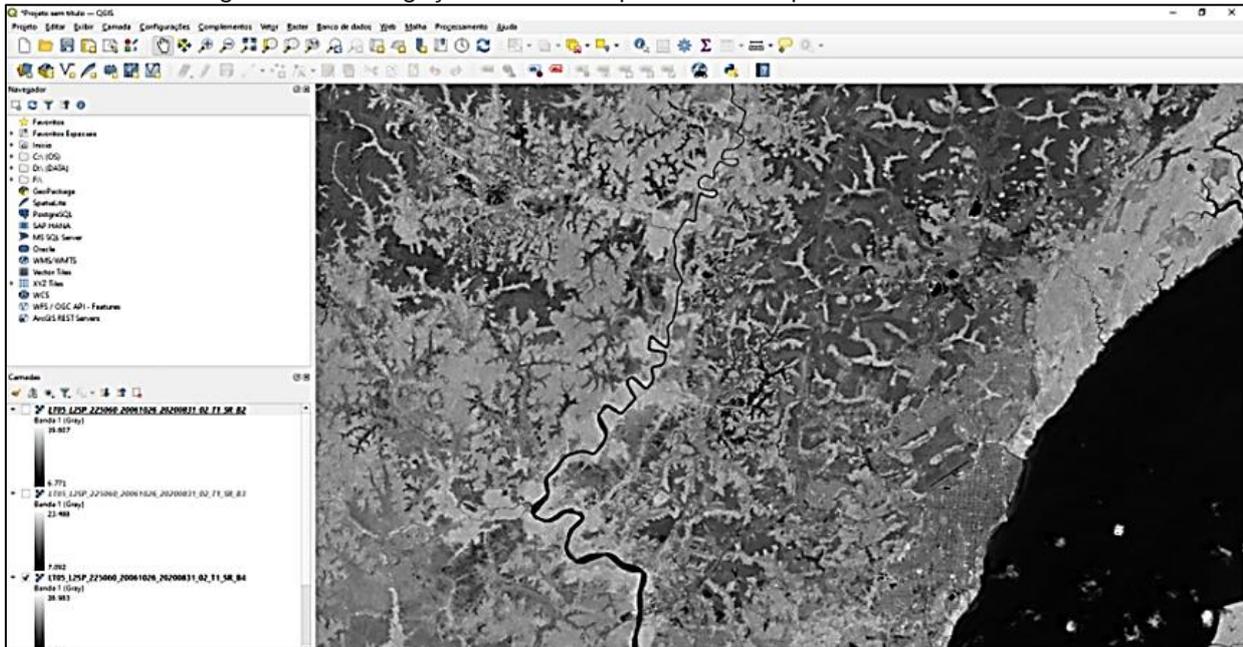
Figura 19. Alunos escolhendo imagens de satélite pelo site do INPE no Laboratório de Informática do IFSUL.



Fonte: Dados da autora.

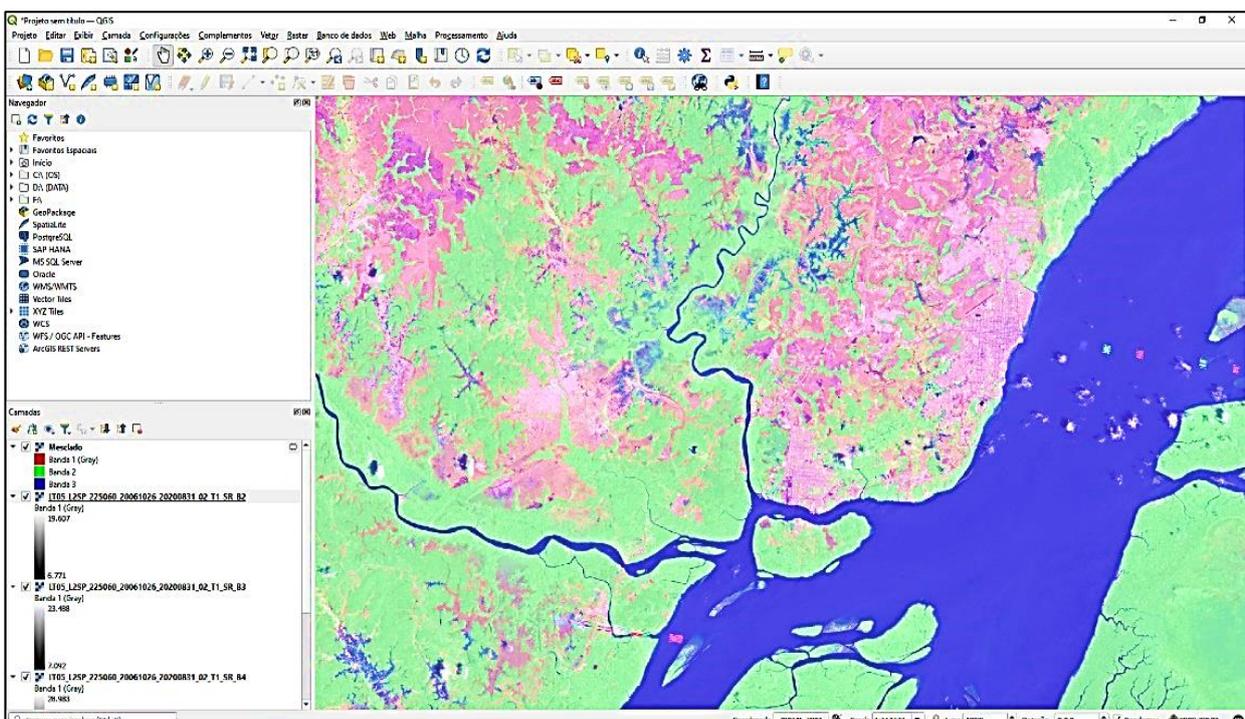
No software QGIS, os alunos verificam algumas das bandas espectrais de forma individual (figura 20) e também a composição RGB (figura 21) a fim de comparação e interpretação com auxílio dos gráficos de assinaturas espectrais. As águas estão em tons da cor azul, a vegetação está nos tons de verde e nos tons de rosa (vermelho) é o solo exposto ou rochas.

Figura 20. Investigação dos alunos pela Banda espectral LANDSAT – 4.



Fonte: Dados da autora.

Figura 21. Investigação dos alunos pela composição RGB das bandas espectrais LANDSAT 5, 4 e 2.



Fonte: Dados da autora.

### 6.5.1 Alguns registros nos relatórios dos alunos

Das questões de investigação para a pesquisa dos oito grupos, seis foram temas que surgiram de forma espontânea e dois foram sugeridos por mim. Isso já é um ótimo ponto de partida sabendo que os alunos têm iniciativa e até conhecimento e interesse por assuntos e locais específicos. Abaixo estão listados os assuntos de pesquisa dos grupos:

- A geometria e ondulações no terreno e na água de um recorte geográfico no Estado do Amapá;
- A alternância entre manchas escuras e claras nas águas de uma lagoa no Estado de Santa Catarina;
- A eutrofização em lagoas da costa do Estado do Rio de Janeiro;
- A alternância entre manchas escuras e claras nas águas de um canal no sul da Inglaterra;
- Identificação de áreas de mineração de campos petrolíferos no Estado de Alberta no Canadá;
- Motivo da vegetação ao redor do rio Nilo;
- Geometria meandrante de um segmento do rio na divisa entre os países Luanda e Angola;
- Identificação de desmatamento em um recorte geográfico no Estado de Roraima.

Com o objetivo de buscar respostas para os seus questionamentos foi necessário analisar:

- os gráficos de refletância de alguns objetos para comparação de assinaturas de materiais da superfície terrestre comparando com as imagens
- as bandas espectrais individuais
- a composição RGB das bandas espectrais.

As perguntas das quatro etapas do diagrama do processo investigativo auxiliaram muito como ponto de partida e busca de informações. Essas perguntas também auxiliaram na construção do relatório de pesquisa, pois as questões da etapa 1 serviram como base da introdução, as perguntas da etapa 2 serviram como base para a metodologia. Um exemplo registrado por um aluno na atividade do diagrama é transcrito abaixo:

*“Etapa 1*

*Nos propomos a fazer um levantamento, o que estávamos procurando sobre o tópico, o que precisávamos saber e o que poderia ser uma resposta.*

*O que estávamos procurando sobre o tópico? Queremos saber sobre o impacto ambiental do local de nossa escolha.*

*O que precisávamos saber? Histórico de local e suas propriedades.*

*O que poderia ser uma resposta? Poderia ter acontecido algum dano ambiental ao local.”.*

Note que na primeira frase os alunos descrevem as perguntas que escolheram do diagrama e depois eles as respondem. Note também que a última pergunta dá espaço para a criação de hipóteses e isso é fundamental porque o processo de investigação necessita de hipóteses. Na segunda etapa do diagrama, o mesmo grupo coloca:

*“Etapa 2*

*Neste outro levantamento fizemos a escolha destes: Quais os tipos de recursos poderiam ajudar, Onde encontro estes recursos e Como eu sei que a informação é válida?*

*Quais os tipos de recursos poderiam ajudar? Uso do Google Earth e suas imagens (usados nesse projeto).*

*Onde encontro estes recursos? Pesquisas na internet, livros e em notícias.*

*Como eu sei que a informação é válida? Fazendo buscas em sites confiáveis e verídicos.”.*

Dessa etapa podemos ver que existe uma criticidade quanto a obtenção de uma informação real que deve ser testada ou procurada por evidências. As assinaturas espectrais, as imagens do Google Earth comparadas as imagens de satélite LANDSAT e ainda referências confiáveis como sites de órgãos públicos podem conduzir às conclusões esperadas.

As perguntas da etapa 3 serviram para a discussão no relatório. Elas trouxeram solidez para o relatório no sentido de nortear a importância e finalidade da pesquisa. É observado que a estruturação das perguntas e da própria investigação é um diferencial no trabalho em sala de aula pois os relatórios acabam sendo feitos com maior complexidade. O grande estímulo é fazer perguntas e é normal que os alunos não entendam um ou outro ponto, mas vale muito a pena persistir, porque trabalhar com

imagens é algo fascinante. Os alunos demonstraram muito interesse na visualização das imagens e reconhecimento de elementos nela. Um desafio é se localizar diante da escala das imagens de satélite, que são geralmente quadrados de 30m de dimensão. Mas esse desafio é pontual e totalmente superável depois de alguns minutos de visualização.

Alguns conhecimentos de Física já vão se encaixando na trajetória da investigação. A própria seleção das melhores imagens da sua área no site do INPE já exige lembrar que nuvens atrapalham muito por causa do adensamento de água e do espalhamento da radiação. Quando os alunos testam uma banda qualquer a partir de um gráfico eles já começam a desenvolver a criticidade da escolha:

*“...bom, se a refletância da vegetação é maior na banda 4 e preciso distinguir por algum motivo a vegetação do solo exposto, posso utilizá-la para ter um maior contraste de refletância em relação ao solo.”.*

Assim como outras conclusões em relação à água e aos corpos hídricos “se queremos investigar o sedimento em suspensão neste canal, podemos fazer um contraste usando a banda que reflete mais a água e a banda que reflete mais o sedimento”.

Os alunos foram criando suas hipóteses e testando à medida que faziam composições RGB com bandas diferentes e em ordens diferentes.

Uma das conclusões foi

*“Foi concluído que nesta área a diferenciação de relevo se dá por conta das microdrenagens no ambiente, nós mostrando assim desenhos como ‘flocos de neve’ ou raízes. Isso também influencia muito em sua vegetação, a delimitação de onde as plantas árvores e etc crescem ou não. Acreditamos também que a formação do rio se deu por uma falha geológica com o passar do tempo.”.*

Neste caso, por exemplo, foram visualizadas várias feições como: corpos hídricos de vários formatos e sua relação com a vegetação, as texturas diferentes da exposição do solo e dos morros, a composição variada da superfície incluindo a construção civil. A falha geológica foi verificada devido a um alinhamento na imagem que configura um padrão de drenagem endorreico. Mas em muitos lugares do globo terrestre são reconhecidas como linhas escuras (baixa refletância) aliada a essas feições ou até padrão de drenagem retangular.

Um exemplo interessante é quando um aluno se deparou com um “retângulo” no meio do deserto e se surpreendeu ao ver que se tratava de um aeroporto (figura 22). Foi o momento que compartilhei o comentário sobre as diferenças de refletância. Note que as

linhas são escuras devido ao asfalto da pista. Em mãos apresentei o gráfico da figura 8 mostrando que o asfalto possui baixa refletância. Ele absorve muita energia devido a incidência de radiação solar e aumenta o valor de refletância no infravermelho porque acumula calor.

Figura 22. O misterioso retângulo no meio do deserto.



Fonte: Dados da autora.

É também oportunidade de observar aspectos curiosos: primeiro é o contraste com o solo muito claro, provavelmente um solo pobre em minerais ferromagnesianos que dão a coloração marrom avermelhada aos solos. A outra observação é que, ao se aproximar mais da pista, existe um nevoeiro. Alternando para o Google Earth novamente e buscando o aeroporto no deserto, podemos aproximar com a ferramenta zoom e ver até rachaduras na figura 23.

Figura 23. Ferramenta zoom do Google Earth mostrando rachaduras na pista.



Fonte: Dados da autora.

### 6.5.2 Questão motriz

A questão motriz é composta por várias questões que desafiam os alunos a entenderem a importância real de uma propriedade física e a aplicação concreta dessa propriedade no sensoriamento remoto.

*Como a radiação eletromagnética está relacionada às assinaturas espectrais para identificar alvos terrestres? Quais alvos consigo identificar em uma determinada imagem de satélite? Como identificar alvos poderia contribuir para ações ambientais?*

Eles utilizaram as propriedades de refletância e comprimento de onda para interpretação da imagem. No relatório lhes foi pedido para tentar responder sobre essas perguntas e coloco exemplos de resposta obtidas:

Comentar sobre os alvos que acharam e quais informações conseguiram obter?

*“Escolhemos esse alvo por conta da sua formação diferente que observada por olho nu pelo site é similar a uma queima. Após os estudos das bandas identificamos que não se tratava de queimada e sim de microdrenagens também achamos interessante a geometria do rio supondo uma possível falha geológica.” (grifo meu)*

Como a radiação eletromagnética está relacionada às assinaturas espectrais para identificar alvos terrestres?

*“Tivemos sucesso na composição das bandas em formato RGB 542 banda 5 oferece maior refletância as áreas urbanas no canal R. A banda 4 oferece maior cobertura sobre a vegetação no canal G e a*

banda 2 nos oferece melhor visão dos recursos hídricos, as assinaturas espectrais corresponderam corretamente a cada uma de suas bandas.” (grifo meu)

Como identificar alvos poderia contribuir para ações ambientais?

*“Identificar o alvo poderia contribuir para ajudar na preservação (...) da área.”*

É interessante observar a evolução entre hipótese e conclusões, as tentativas bem sucedidas na composição RGB escolhida e a declaração de que identificação de alvos podem ajudar na preservação, pois essa é uma real finalidade.

A figura 24 mostra o relatório de uma dupla de alunas. Observe que a terceira imagem no relatório – a imagem colorida – mostra que na composição as alunas escolheram a banda 3 no canal azul do RGB e isso mostra que a região toda tem áreas enxarcadas, sendo uma grande área úmida com associação de sedimentos, o que atribui a cor ciano para o sedimento. Os tons de azul claro a escuro indicam áreas mais rasas a mais profundas, as partes claras dos corpos d’água também podem ser atribuídas a sedimento em suspensão em maior quantidade ou ainda redução de matéria orgânica. Outra observação do grupo foi sobre o efeito da retificação do canal e a estrada, onde há represamento de sedimento nas bordas, visto nitidamente pelo contraste de cor. O acúmulo pelo represamento de sedimento é visto nas bordas paralelas em tons mais claros. Um meandro abandonado cheio d’água é verificado de forma bem clara. Pode-se concluir que o nível da água estava alto durante a obtenção da imagem de satélite porque a cor é azul escuro. Se o canal abandonado estivesse seco, a refletância seria devido ao sedimento de fundo e estaria predominante refletindo a banda 5 (maior refletância destacando os sedimentos) que está na cor verde. O que vimos é justamente um canal de cor azul, indicando maior refletância da banda 3 (maior refletância destacando a água). O tom de cor azul escuro ainda reforça que este canal deve ser mais fundo devido a pouca interferência de refletância da banda 5.

Figura 24. Relatório entregue por um dos grupos.

## Laguna

Projeto Interdisciplinar de Geografia e Física  
Professores: Kellen Muradás e Fredi dos Santos Bento

Nome dos componentes:

Julia Oliveira  
Antônia Antoni

### INTRODUÇÃO

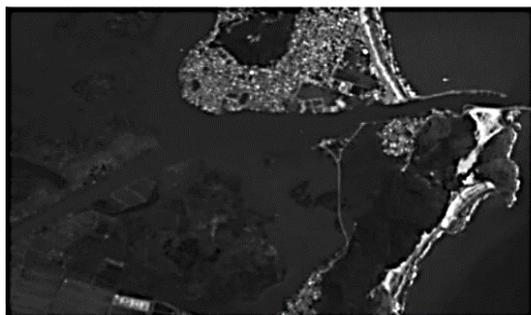
A área de estudo é Laguna localizada em SC no Brasil, as coordenadas são: LAT 28,28'57" sul e LONG 48,46'51" oeste, o lugar foi escolhido por conta da diferença de tipos de água, solo e vegetação em uma área próxima impactando a vida e a agricultura local. O problema a ser investigado é o sedimento localizado na água, sendo o primeiro alvo a água e o segundo a vegetação.

### DESENVOLVIMENTO

As imagens de satélite foram tratadas no software QGIS. Para isso, localizamos os alvos de investigação em pelo menos duas imagens de bandas individuais. Utilizamos as bandas 2 e 3 para verificar a reflectância. Logo após foi feita a composição RGB.

### RESULTADOS

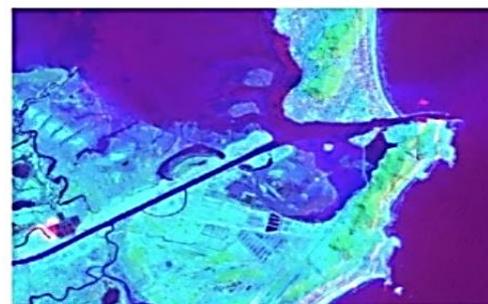
A imagem obtida da banda 2 nos possibilitou observar a maior reflectância do solo, a menor reflectância da vegetação, a banda 2 é a melhor para ver a água logo tendo maior contraste com sedimento. A imagem contém um corpo de água com grande contraste, nas áreas mais claras localizadas perto do mar são dunas de areia.



A imagem obtida da banda 3 nos possibilitou observar o maior contraste entre água e o sedimento em suspensão, como é visto na área verde da imagem abaixo. Já na área amarela da imagem é notado que há um contraste menor entre a água e o sedimento. A vegetação aparece mais escura pois tem menor reflectância, e é possível notar que a poucas regiões pretas com o indicativo de vegetação. O que pode ser dado pelo fato do desmatamento que pode ter ocorrido nesse local.



Composição RGB (red, green e blue) 453 por tanto a banda 4 está no canal vermelho, a banda 5 no canal verde e a banda 3 está no canal azul. Como foi reparado pela banda 3 a vegetação nessa área está bastante escassa. Era de se esperar que por ser uma região de turismo que haveria mais vegetações.



### DISCUSSÃO

Encontramos grande concentração de sedimento na água, e muito pouco sinal de vegetação, pouca quantidade de dunas de areia à extensão da praia. Como identificar alvos poderia contribuir para ações ambientais? Impacto antrópico de acúmulo de sedimentação de canal retificado, é visto que há pouca área vegetada, que é provável que haja poucas áreas de preservação, é possível notar perto da cidade uma redução de dunas, o que pode ser causar a invasão do mar nas áreas urbanas. Como a radiação eletromagnética está relacionada às assinaturas espectrais para identificar alvos terrestres? Pois analisamos a reflectância relativa em cada banda individualmente e na composição rgb, então vimos que alguns alvos apresentavam maior reflectância em uma determinada banda. Isso fez com que pudéssemos identificar alguns alvos, como canais de rios, áreas úmidas, áreas vegetadas, áreas urbanas.

### CONCLUSÃO

Foi concluído que essa região está sendo bastante afetada pela expansão de áreas urbanas. Como é visto a diminuição das dunas perto das áreas urbanas causando malefícios à população e a vegetação local. A mudança de forma do rio foi afetada pela ação humana, causando um acúmulo maior do que se era esperado para aquela área.

Fonte: alunas IFSUL, acervo da autora <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Alunas autorizaram a publicação de seu relatório.

## **6.6 Avaliação por rubrica**

A avaliação por rubrica foi projetada para os alunos em uma das aulas com a importância de saberem os aspectos dos quais serão avaliados e o parecer atribuído para a aprendizagem. Isso é transparência e se refere à congruência da tríade rogeriana. Os resultados parciais indicaram engajamento e compreensão satisfatórios. A avaliação por rubrica permitiu a autoavaliação por parte dos alunos e o engajamento contínuo durante o processo. Essa forma de avaliação também contribuiu para a autorresponsabilidade, pois a partir do momento que verificávamos a tabela, o aluno que não havia se comprometido passa a verificar de forma detalhada a sua aprendizagem.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional apresentado possui uma ordem de atividades descritas em uma sequência didática. Entretanto, o professor pode eleger atividades das quais ele pretende trabalhar na parte introdutória do assunto. O intuito deste produto foi oferecer várias possibilidades para que o professor possa escolher diante de sua afinidade, assim como a apresentação de slides podem ser incluídos assuntos correlacionados ao tema.

Espera-se que esta dissertação e o produto educacional tenha oportunizado ao leitor concluir que as Ciências da Terra e as Ciências Físicas têm muitos caminhos trilhados juntas e quando se separa o conhecimento em disciplinas de forma isolada, se perde muito as conexões e a aplicabilidade de ambas. As atividades propostas na sequência didática estão em sintonia com a metodologia proposta e com as novas tendências globais de ensino que oportunizam o desenvolvimento cognitivo mais amplo.

Propor temáticas com abordagem CTSA no ensino de Física também exige do professor a postura de pesquisador. Essa postura também deve ser desenvolvida pelos alunos. A pesquisa em projetos proposta neste produto educacional é, sem dúvida, a aplicação do que realmente se espera de uma pesquisa no ambiente escolar: i) a relação entre objetos e informações para resolver problemas; ii) o sentido prático do conhecimento e iii) o desenvolvimento da criticidade. Os resultados mostraram que os alunos conseguiram fazer a interpretação de assinaturas espectrais e interpretar elementos em imagens de satélite, correlacionando a refletância com os tons de cinza e depois na composição RGB da imagem. Ao compor a imagem RGB com diferentes bandas (1, 2, 3, 4, 5, 7), os estudantes puderam verificar as áreas de refletância e elementos geográficos que ficavam mais visíveis devido justamente às bandas selecionadas e à ordem delas na composição RGB.

A estruturação do processo investigativo de acordo com a metodologia *inquiry-based learning*, o IBL, permite que o aluno compreenda a importância de etapas, integreas e desenvolva habilidades mais complexas de organização. Portanto, ao selecionar perguntas do diagrama do processo investigativo de Brunner (2012) do *Education Development Center (USA)*, os alunos começam a desenvolver a sua linha de raciocínio e busca por informações. O uso de um processo investigativo em etapas auxilia na estruturação cognitiva mais organizada para iniciar a pesquisa e dar a sua continuidade.

A sequência didática permitiu que os alunos trabalhassem uma temática ambiental em um contexto tecnológico e com uso de softwares. O IBL foi considerado excelente para

conduzir as etapas do processo de investigação porque oportuniza uma série de perguntas para direcionar a pesquisa com base em algo de interesse dos estudantes. Trata-se de possibilitar que os estudantes tenham um protagonismo no processo de ensino e de aprendizagem, são desafiados a comunicar o que já conhecem, a elaborarem suas próprias perguntas, reunir evidências, interpretar e comunicar as conclusões atingidas.

A habilidade de paráfrase é expressar a compreensão do fenômeno e a sua interpretação através da escrita. Muitos professores das ciências exatas esquecem da escrita. A escrita é fundamental para a construção cognitiva a partir do fenômeno estudado. Não deve ser considerada como uma atividade tradicional ultrapassada, muito pelo contrário: atividades de leitura e escrita devem ser sempre incentivadas em uma sequência didática.

Portanto, esses instrumentos contribuíram para uma nova dinâmica de trabalho em grupo acompanhando todo processo investigativo. Essa abordagem está em sintonia com novas tendências globais de ensino e oportuniza o desenvolvimento de várias habilidades.

### **Quanto à temática do sensoriamento remoto e à compreensão de conceitos físicos**

Os alunos apresentaram interesse e criatividade em escolher a área de investigação com a oportunidade de explorar o globo terrestre considerando temáticas ambientais como desmatamento, canalização, efeito de barragem em região costeira, eutrofização de lagoa. Alguns tiveram que baixar outras imagens do INPE e até do USGS e puderam se familiarizar com esses sítios, além de imagens não somente do satélite LANDSAT, como também do sino-brasileiro CBERS. A manipulação do software QGIS foi facilitada por roteiro para abrir as imagens de satélite de forma individual e por composição RGB. Para facilitar a construção do relatório, um *template* foi fornecido no MOODLE. Os questionamentos levantados na seção 3 foram inseridos na seção de discussão do *template* do relatório.

Os alunos também apresentaram desenvoltura em escolher as bandas nos canais RGB e identificar objetos simples como alguns núcleos de vegetação, corpo hídrico com algas e sem algas, mancha urbana e pavimentada, áreas desmatadas e outros alvos de acordo com seus projetos, justificando pelas curvas de assinatura espectral e associação com as bandas utilizadas na composição.

Se relembrarmos da página 15, os conteúdos deste produto educacional eram:

- ondas eletromagnéticas;
- espectro eletromagnético com ênfase no espectro visível e ondas infravermelho;
- luz e cores;
- fenômenos de absorção, reflexão e transmissão; e
- bandas espectrais.

Podemos concluir que todos esses conteúdos foram abordados de forma teórica e prática aplicados nas atividades. Diante do projeto, os conteúdos são aplicados de forma contextualizada e adquirem real significado. Quando se atribui uma das três cores RGB à uma banda, é justamente o que o cérebro está fazendo quando recebe o estímulo no nervo óptico. Os intervalos dos espectros e os fenômenos de absorção, reflexão e transmissão foram sendo discutidos durante a interpretação da imagem.

Defende-se nesta dissertação que o nível de complexidade da temática trabalhada em aula não deve ser reduzido por se tratar de uma atividade aplicada ao Ensino Médio. O fundamental é que:

- o professor tenha domínio do que esteja propondo,
- faça as atividades em passos menores caso seja necessário,
- tenha disposição para discutir o tema e os passos em uma postura investigativa.

### **Quanto às abordagens CTSA e HFCS e às habilidades e competências**

A abordagem HFSC não foi o foco deste produto educacional, mas, defende-se a necessidade de sempre fazer as contextualizações históricas, filosóficas, sociais e científicas em todos os temas que o professor trazer para a sala de aula. Assim, o conhecimento é socialmente contextualizado, é útil e faz parte da história da humanidade.

Já a abordagem CTSA é o fulcro deste produto educacional que integra todos os seus aspectos. Na aplicação deste produto, o estudante concretiza o conhecimento científico e tecnológico na interpretação de problemas ambientais e caracterização da superfície, assim, a Física está integrada em uma problemática socioambiental.

### **Quanto à abordagem humanista no processo de ensino**

Esta dissertação também teve como objetivo mostrar que a abordagem humanista da educação pode estar inserida em um contexto de ensino científico e investigativo. A

escolha de um teórico humanista, e principalmente se tratando de Carl Rogers, teórico pouco referenciado no meio acadêmico, implica que é necessário entender que o conhecimento também é uma construção pessoal, que no percurso metodológico em sala de aula, também se desenvolve valores, autoestima, autonomia. E, finalmente, é fundamental o professor validar o desempenho, cada passo na compreensão do processo, estimulando o progresso deste aluno, principalmente em uma geração marcada por vícios tecnológicos e isolamento social. Mais uma vez, Rogers contribui de forma muito bela ao nosso percurso docente ao defender um dos pilares da sua tríade: a consideração positiva incondicional.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMICI, S., TESAR, M. 2020. ***Building Skills for the Future: Teaching High School Students to Utilize Remote Sensing of Wildfires***. Remote Sensing. 2020, 12, 3635.
- BRUNNER, C. Inquiry-based learning : an approach to educating and inspiring kids. *Education Development Center/USA* (2012), 11 p.
- BENDER, W. **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI**. Ed. Penso; 1ª edição, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. 2006. **PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, p. 144.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, p.600. 2018. Acesso em março de 2023 em <http://www.basenacionalcomum.mec.gov.br/>.
- BUSCATTI JUNIOR, 2016. **CTSA e o Ensino de Física: um estudo de caso**. Colloquium Humanarum, vol. 13, n. Especial, Jul–Dez, 2016, p. 218-223. ISSN: 1809-8207. DOI: 10.5747/ch.2016.v13.nesp.000837
- CAMARA, V.F.S.; MEZALIRA, S.M.; SILVA, C.R.C.A.; FERREIRA, A.G. **A aprendizagem baseada em projetos no ensino de ciências**. Em: Metodologias ativas no ensino de ciências: teoria e prática. Vol.1 p.29-49. 2023. Doi: 10.48209/978-65-5417-163-1.
- CASTRO, V.S., OLIVEIRA, S.R.B. 2023. ***Diversity in Software Design and Construction Teaching: A Systematic Literature Review***. Education Science, 13, 303.
- DANNWOLF, L., MATUSCH, T., KELLER, J., REDLICH, R. SIEGMUND, A. 2020; ***Bringing Earth Observation to Classrooms - The Importance of Out-of-School Learning Places and E-Learning***. Remote Sensing 12, 3117; doi:10.3390/rs12193117.
- DZIOB, D., KRUPINSKI, M., WOZNIAK, E., GABRYSZEWSKI, R. 2020; ***Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School***. Remote Sensing 12, 2868; doi:10.3390/rs12182868.
- FELDMAN, L.; NISBET, M.; LEISEROWITZ, A.; MAIBACH, E. 2010. The Climate Change Generation? Survey Analysis of the Perceptions and Beliefs of Young Americans. Report. Yale Climate Communication. Acesso em 10.10.22 Endereço na web: <https://climatecommunication.yale.edu/>
- FORATO, T.C.M.; MARTINS, R.A., PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. Capítulo 5. Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. Editora UFRN, 2012.
- GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física da USP. **Leituras de Física, óptica. Para ler, fazer e pensar**. P. 49-51. 2006.

- GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, J.R., CARRON, W. 2016. **Física Eletromagnetismo e Física Moderna**. Editora Ática. p. 384.
- GURGEL, I.; CARAMELLO, G.W. 2009. **A temática ambiental face aos saberes de referência no ensino de Física**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis. 19p. ISSN: 21766940.
- HENRIQUE, F.R., TOMAZIO, N. B., ROSA, R. G. T., SOUZA, A.M., D'ALMEIDA, C.P., SCIUTI, L.F., GARCIA, M.R., DE BONET, L. 2019. **Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 3.
- HEWITT, P.G. 2002. **Física Conceitual**. Ed. Bookman, Porto Alegre. p. 290.
- LINDNER, C., RIENOW, A., OTTO, H., JUERGENS, C., 2022. **Development of an App and Teaching Concept for Implementation of Hyperspectral Remote Sensing Data into School Lessons Using Augmented Reality**. Remote Sensing, 14, 791.
- LOBO, F.L., RAMALHO, E., SINOTTIET, J. 2020. **Introdução ao Google Earth Engine**. Apostila da Disciplina Optativa Curso De Engenharia Hídrica/CDTec Universidade Federal De Pelotas (UFPel). p. 85.
- MackENZIE, T. **Inquiry-based learning fundamentals**. 2022. Acesso em Janeiro de 2024 em: [www.ibl.org.br/](http://www.ibl.org.br/)
- MOREIRA, M.A. 1996. **Modelos mentais**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 1, n. 3, pp. 193-232, 1996.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M.A. 2003. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, UFV. p. 307.
- MOREIRA, V. 2010. **Revisitando as fases da abordagem centrada na pessoa**. Estudos de Psicologia I Campinas I 27(4) I 537-544 I.
- MURADÁS, K. 2023a. **Oceanografia como objeto de estudo no Ensino de Física**. Atas do IX Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre/RS, Instituto de Física da UFRGS. 104-109p.
- MURADÁS, K. 2023b. **Inquiry-based learning: aplicando técnicas de investigação em projetos de pesquisa**. Congresso de Pesquisa e Práticas em Educação, 2024.
- MURADÁS, K. 2023c. **Física aplicada ao sensoriamento remoto: abordagem Interdisciplinar de tecnologias espaciais no Ensino Médio**. Saberes científicos: unindo conhecimento para o ensino de ciências relação universidade-escola. P. 83-88.
- NEVES, R.A., DAMIANI, M.F. 2006. **Vygotsky e as teorias da aprendizagem**. UNIrevista - Vol. 1, nº 2.

- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Blucher. 288p.
- OLIVEIRA, A.P; OLIVEIRA, C.A.I.; NOVELLO, A.; CANDITO, V. **Aprendizagem maker: o estudante como protagonista do processo de ensino-aprendizagem. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: Teoria E Prática**. (Livro eletrônico). Vol. 1, p. 50-79.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H .2010. **Teorias de aprendizagem**. UFRGS – Instituto de Física. 40p.
- PAULETTI, F.; MORAIS, C. 2022. ***Inquiry-based science education: revisão de uma década de produções científicas***. RBECM, Passo Fundo, v.5, n.1, p. 350-372, jan/jun.2022.
- POZO, J. I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998
- ROGERS, C. 1969. **Liberdade para aprender**. Interlivros, Belo Horizonte. P. 329.
- RUDORFF, B.F.T. **Produtos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- SAUSEN, T.M. **Sensoriamento Remoto e suas Aplicações para Recursos Naturais**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- SILVEIRA, L. S. **A utilização de ferramentas de design (aprendizagem maker, design thinking (dt) e storytelling) aplicadas na aprendizagem baseada por projetos em ambiente de tbl (team based learning)**. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: Teoria E Prática (Livro eletrônico). Vol. 1, p. 119-134.
- STEFFEN, C.A. **Introdução Ao Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- QUARTAROLI, C. F.; VICENTE, L. E.; ARAUJO, L. S.. **Sensoriamento remoto**, Capítulo 4. Embrapa. 19 p. 2014.
- QUEVEDO, T.L. 2012. ***Review of Freedom to Learn***. Revista Eletrônica Acolhendo a Alfabetização nos Países de Língua Portuguesa. p. 148-155.
- VILAS BOAS e SOUZA FILHO, 2018. **Epistemologia de Bachelard e a aprendizagem do conceito de ressonância**. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 2, n.2, p. 40-58.
- WEISSKOPF, V.F. 1969. ***How Light Interacts with Matter***. Scientific American 219, 60-71.

## **9. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 50

PRODUTO EDUCACIONAL

# ENSINO DE FÍSICA: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO SENSORIAMENTO REMOTO

AUTORAS: Profa. Kellen Muradás, Profa. Dra. Liane Ludwig Loder

Tramandaí/RS  
Dezembro de 2024

## APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação **ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO O INQUIRY-BASED LEARNING NO CONTEXTO DO SENSORIAMENTO REMOTO**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 50 – UFRGS, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O produto educacional explora conceitos físicos de ondas eletromagnéticas, fenômenos ondulatórios e a sua aplicabilidade no sensoriamento remoto. A primeira parte trata-se de uma sequência de atividades introdutórias e conceituais de óptica e eletromagnetismo, assim como fatos históricos e evolução tecnológica do sensoriamento remoto em abordagem CTSA e HFSC. Nessa sequência os alunos constroem um arcabouço conceitual efetivo. A segunda parte culmina em um projeto prático de identificação de alvos terrestres utilizando dois softwares: Google Earth, para ambientação no projeto de sensoriamento remoto, e o QGIS®, para manipulação de bandas espectrais relacionadas às bandas espectrais das imagens do satélite LANDSAT na investigação de alvos terrestres.

O produto educacional oferta, à você, professor, materiais de apoio didático, exercícios comentados, roteiros passo a passo, glossário de termos específicos, sugestões, pontos para refletir sobre a prática pedagógica e todo material didático pode ser baixado por links de forma gratuita. Um dos propósitos é aplicar a Física à projetos ambientais. É de se esperar que no final do projeto, os alunos consigam dominar conceitos e aplicações de ondas eletromagnéticas, suas propriedades e formas de propagação, interferência com a atmosfera assim como a interação com os alvos terrestres, como os satélites funcionam, como a imagem do satélite é gerada e interpretada.

Para isso, as atividades foram cuidadosamente elaboradas, a fim de que o processo investigativo seja agradável e fascinante. Em meio às alternativas, é possível escolher as atividades introdutórias, dando maior flexibilidade à construção dos conceitos de ondas. E, finalmente, este produto foi feito como um convite para os colegas professores “mergulharem” em um tema interdisciplinar e que ganha vida própria a partir da forma que pode ser conduzido. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO - CONCEITOS FÍSICOS NA TEMÁTICA DO SENSORIAMENTO REMOTO.....	7
3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E PROJETO .....	17
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
5. REFERÊNCIAS.....	32
6. APÊNDICES .....	34
APÊNDICE A – Estruturação do Produto Educacional .....	35
APÊNDICE B – Sequência Didática.....	36
APÊNDICE B1 – Apresentação Google Earth e História do Sensoriamento Remoto. ....	36
APÊNDICE B2 – Jogo Kahoot.....	40
APÊNDICE B3 – O Sol como fonte de energia, as ondas eletromagnéticas e a luz .....	41
APÊNDICE B4 – Texto didático sobre o espectro eletromagnético .....	46
APÊNDICE B5 – Física de ondas eletromagnéticas aplicada ao Sensoriamento Remoto ...	48
APÊNDICE B6 – Questionário .....	52
APÊNDICE C – Projeto Investigativo.....	56
APÊNDICE C1 – Roteiro do Google Earth para Anteprojeto.....	56
APÊNDICE C2 – Coleta de dados da área .....	60
APÊNDICE C3 – Diagrama de Etapas do Processo Investigativo.....	62
APÊNDICE C4 – Relatório de estudo interdisciplinar.....	64
APÊNDICE C5 – Roteiro QGIS .....	65
APÊNDICE C6 – Referências bibliográficas de assinaturas espectrais e de bandas espectrais .....	67
APÊNDICE D – Glossário.....	69

## **LISTA DE SIGLAS**

ABP - Aprendizagem baseada em projetos

ABI - Aprendizagem baseada em investigação (tradução de IBL)

ACP - Abordagem centrada na pessoa (de Carl Rogers)

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CBERS - China-Brazil Earth-Resources Satellite

CTSA - abordagem Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBL - Inquiry-based Learning

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR - Infravermelho/Infra-red

HFCS - abordagem Histórico-filosófica-científica-social

LANDSAT - Land Satellite

MEC - Ministério da Educação e Cultura

OEM - onda eletromagnética

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

RGB - red-green-blue (vermelho – verde-azul)

SBF - Sociedade Brasileira de Física

SR - Sensoriamento Remoto

USGS - United State Geological Service

# 1. INTRODUÇÃO

Este produto tem como tema o Ensino de Ondas Eletromagnéticas em Sensoriamento Remoto e é estruturado em duas partes: **sequência didática (parte 1)** seguido por **um projeto investigativo (parte 2)**. Um quadro-resumo das competências habilidades, atividades e avaliação é apresentado no apêndice A. Os conteúdos refletem as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) considerando algumas sugestões de competências na aplicação de matéria e energia, especificamente, ondas eletromagnéticas.

As habilidades e competências pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) selecionadas para serem desenvolvidas neste produto são:

## HABILIDADES (BNCC): (EM13CNT101)

▪ Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

## COMPETÊNCIAS (BNCC): COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

▪ Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

A estrutura da sequência didática (apêndice B) tem como objetivo a consolidação de conceitos, portanto as atividades se destinam à introdução ao tema, conceitos e demonstrações. Os seguintes materiais de apoio pedagógico para o professor são:

- apresentação de slides de forma dialogada sobre a história e evolução do SR e questão geopolítica;
- apresentação do aplicativo Google Earth e tour virtual;
- apresentação de slides sobre as ondas eletromagnéticas e aplicação no SR e jogo online de revisão;
- atividade de leitura e interpretação de texto sobre o papel de vários cientistas na descoberta e aplicação das ondas eletromagnéticas;
- demonstração do Disco de Newton com LED;

- atividade prática com as cores.

Ao discorrer da sequência didática, você poderá acessar os hiperlinks, acompanhar comentários e sugestões. Abaixo, na tabela 01 abaixo, é recomendado um tempo mínimo para as aulas. O cronograma deve ser adaptado de acordo com a realidade da instituição escolar e do ritmo dos estudantes.

Tabela 1. Esquema de distribuição das aulas da sequência didática.

AULA	Tempo mínimo recomendado	observação
Google Earth e <b>história da tecnologia do SR; jogo online</b>	2 períodos	Aula âncora
O Sol como fonte de energia, as ondas eletromagnéticas e a luz. Demonstração do Disco de Newton. Reflexão Seletiva.	5 períodos *é necessário reservar tempo extra caso os alunos montem o Disco de Newton da forma sugerida ou outra mais simplificada	Momento de vivência observação, experimentação, questionamentos, dedução, hipótese.
<b>Física de ondas eletromagnéticas</b> aplicada ao Sensoriamento Remoto. Texto da história do Eletromagnetismo	3 períodos	Habilidade de Leitura de texto e interpretação.

A parte 2 (apêndice C) é o desenvolvimento de projeto investigativo em Sensoriamento remoto e técnicas através do uso do dia diagrama de investigação e do processo de escrita do relatório do projeto. Essa parte finaliza com um **glossário** com termos específicos (**apêndice D**). Durante o uso do produto educacional, você encontrará **símbolos** para guiar melhor o seu uso.

#### LEGENDA PARA MELHOR USO DO PRODUTO EDUCACIONAL

	Importante	A autora chama atenção de algum ponto essencial (conteúdo, didática, ...)
	Acesso	Através do hiperlink ou QR code você pode acessar o conteúdo no anexo da dissertação ou no drive compartilhado pela autora, links de websites, ferramentas e materiais complementares.
	Para o professor refletir	Questões sobre a postura pedagógica, sobre educação e contextualização da teoria de aprendizagem
	Comentário	Desenvolvimento de conteúdo ou aplicação de ferramentas e técnicas.
	HFCS	 CTSA
	Discussão em grupo	 Trabalho em grupo

Contato para dúvidas e sugestões: [profa.kellenm@gmail.com](mailto:profa.kellenm@gmail.com)

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO - CONCEITOS FÍSICOS NA TEMÁTICA DO SENSORIAMENTO REMOTO

Este capítulo apresenta os fundamentos de Física para o ensino de ondas eletromagnéticas aplicados ao sensoriamento remoto através de um arcabouço de conceitos relevantes para a aplicação do produto educacional.

### 2.1 Física na temática do sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas que permite a obtenção de informações de objetos que compõe a superfície terrestre pela radiação eletromagnética (MOREIRA, 2003). Rudorff (2022) explica que sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se refere à obtenção de imagens à distância, sobre a superfície terrestre. Estas imagens são adquiridas através de aparelhos denominados “sensores remotos”. Com base nas propostas de ensino de sensoriamento remoto no Ensino Médio (DZIOB et al., 2020; AMICI e TESAR, 2020; DANNWOLF et al., 2020; LINDNER et al., 2022), trazer essa temática especificamente para o ensino de Física é algo inovador e exige conectar os conceitos físicos para que o tema do sensoriamento remoto faça sentido na aula de Física. Então, no trabalho do professor, é necessário elencar os conceitos necessários de óptica e eletromagnetismo.

Por sua vez, na história da ciência, o sensoriamento remoto está ligado a importantes eventos científicos. Na abordagem Histórico-Filosófica-Social-Científica (HFSC), este produto educacional considera o contexto histórico e evolução epistemológica conceitual, por isso, alguns tópicos são incluídos como a evolução dos conceitos de luz e onda eletromagnética. A evolução dos conceitos de luz, ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético se deu por uma sucessão de colaborações científicas. Entre elas, pode-se destacar o desenvolvimento da teoria da luz por Newton que mostrou a decomposição da luz branca. A compreensão sobre radiação eletromagnética foi ampliada por diversos cientistas, dentre eles: Maxwell, Hertz, Herschel, Faraday, Planck e Wien.

Os fatos históricos do surgimento do sensoriamento remoto, a evolução da tecnologia, o suporte que a física promoveu para todos esses avanços são informações importantes. A mobilidade das câmeras fotográficas a bordo de balões e depois aeronaves com fins cartográficos e o aprimoramento de mapeamento e levantamento de recursos ocorreram no decorrer dos séculos XIX e XX (STEFFEN, 2022). A metade do século XX foi marcada por vários passos tomados no aprimoramento das técnicas de SR. Foram desenvolvidos

equipamentos para radiometria sensíveis à radiação infravermelha e uma das aplicações foi a detecção de camuflagem na II Guerra Mundial. Muitas pesquisas, tanto na Física Pura, quanto no Sensoriamento Remoto, tiveram os conflitos bélicos como motivação para o desenvolvimento tecnológico da utilização das ondas eletromagnéticas. Logo em seguida, vieram as câmeras multiespectrais, radiômetros de micro-ondas e construção de radares de visada lateral. Os primeiros satélites foram desenvolvidos a partir de 1962 e aqui se destaca o programa espacial envolvendo satélites de recursos naturais como o LANDSAT (STEFFEN, 2022) para observação da superfície terrestre.

### 2.1.1 Ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e a luz visível

Em 1801 Young apresentou à *Royal Society of London* os resultados dos seus experimentos sobre a interferência de raios luminosos, que revelavam o caráter ondulatório da luz (GUIMARÃES et al., 2016, p. 159). As equações de James Clerk Maxwell uniram as leis da Eletricidade e do Magnetismo e previram a existência de ondas eletromagnéticas que se deslocam no vácuo com a velocidade da luz, ou seja, 300.000 km/s. Dando sequência aos destaques do eletromagnetismo do século XIX, em 1887, Henrich Rudolf Hertz comprovou a teoria de Maxwell em um experimento ao produzir ondas eletromagnéticas estacionárias com a frequência  $f$  conhecida da fonte, medindo o comprimento da onda  $\lambda$ . Então, verificou que a velocidade da onda  $v$  era igual a velocidade da luz; então segue a equação:

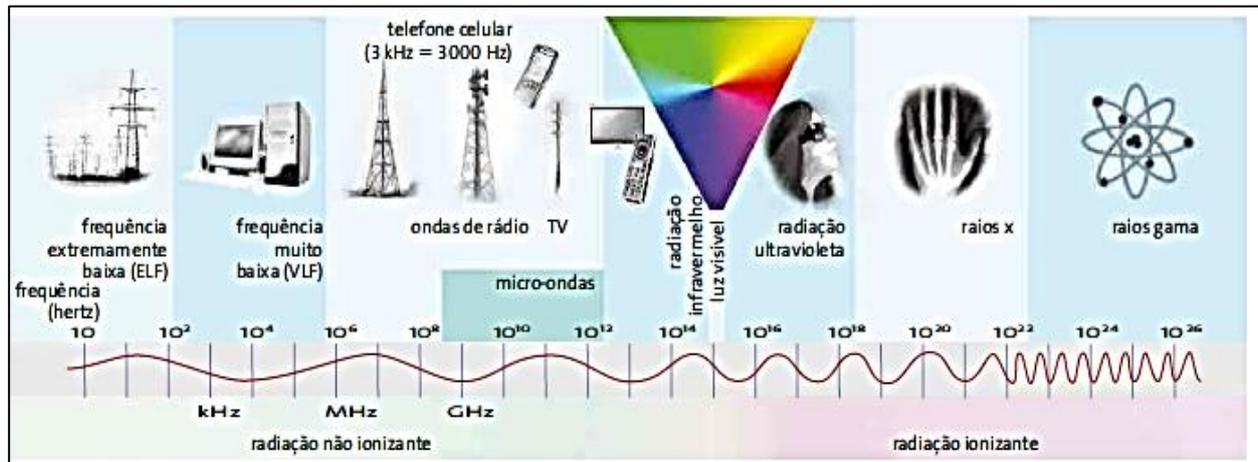
$$v = \lambda \cdot f .$$

As ondas eletromagnéticas são ondas de propagação de energia, portanto, não mecânicas, não materiais, que se comportam seguindo as características descritivas da física ondulatória (período, frequência, amplitude e outras) e seus processos (reflexão, absorção, espalhamento, entre outras). São formadas por um campo magnético perpendicular a um campo elétrico. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade no vácuo – com a velocidade da luz. A frequência das ondas produzidas é igual à frequência da fonte que a está emitindo, portanto, a classificação das ondas eletromagnéticas é feita com base na frequência  $f$ , medida no Sistema Internacional em hertz (Hz), ou sua propriedade inversa, o comprimento de onda  $\lambda$ , medido em metros ou seus múltiplos e submúltiplos (HEWITT, 2009, p. 265, 266, 290).

O espectro eletromagnético pode ser representado por uma faixa contínua de energia com intervalos de frequências e/ou comprimentos de onda correspondentes aos tipos de ondas eletromagnéticas. As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas de menor frequência

e maior comprimento de onda; na sequência são as micro-ondas, a radiação infravermelha, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, já no extremo do espectro, com maior frequência e menor comprimento de onda (WEISSKOPF, 1969; HEWITT, 2009, p. 290, GUIMARÃES et al., 2016, p. 159), como mostra a figura 1, onde também algumas aplicações são apresentadas.

Figura 1. Espectro eletromagnético mostrando as faixas de frequências.



Fonte: Guimarães et. al. 2016.

As radiações do infravermelho e da luz visível são muito importantes no sensoriamento remoto. As radiações infravermelhas são aquelas produzidas nas camadas eletrônicas mais externas de átomos e moléculas. Situam-se na faixa de frequência de  $10^{12}$ Hz a  $10^{14}$ Hz (valores aproximados). O astrônomo alemão Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) foi quem descobriu e caracterizou as radiações infravermelhas ao estudar as temperaturas do espectro solar. Ele observou que a temperatura aumentava além da região do vermelho do espectro visível (GUIMARÃES et al., 2016, p. 168). Já a luz visível é uma região do espectro eletromagnético com intervalo de comprimento de onda de aproximadamente 400nm (ou 0,4 $\mu$ m) do violeta, ao vermelho, 700nm (ou 0,7 $\mu$ m). A radiação dessa faixa é produzida durante excitação dos elétrons entre diferentes níveis de energia.

### 2.1.2 A luz visível e as cores

A percepção de cor é resultado da interpretação que o cérebro fornece da interação da retina com ondas eletromagnéticas no intervalo da luz visível. Cada cor tem seu comprimento de onda e frequência específicos. As cores ciano e azul são as radiações no intervalo (banda) entre 400nm até 500nm; entre 500nm e 600nm, as sensações de verde são percebidas, enquanto as radiações contidas no intervalo entre 600nm e 700nm, correspondem as

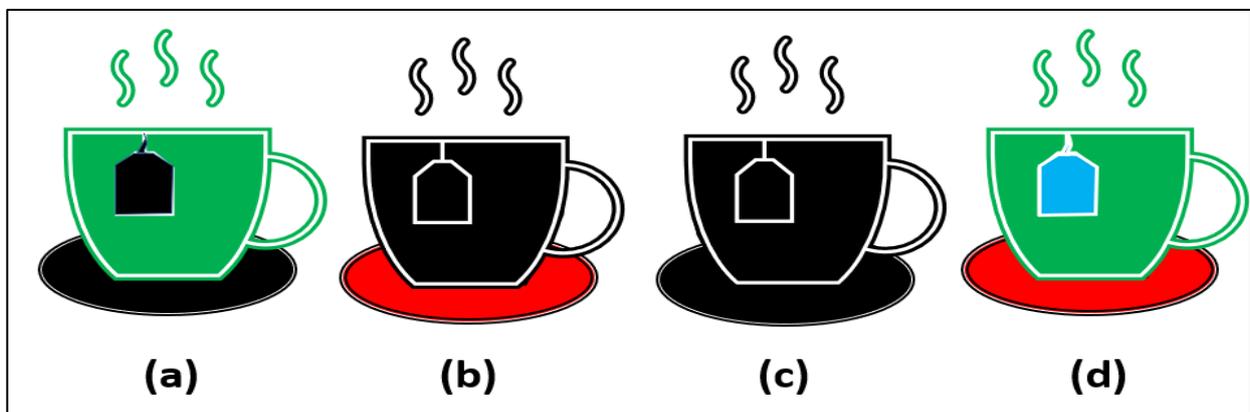
sensações de amarelo, laranja e vermelho (STEFFEN, 2022). Enxergamos os materiais de acordo com a forma com que esses interagem com a luz.

Os materiais transparentes podem absorver e refletir a luz, permitindo que a luz passe pelo material, como a água, o vidro, alguns tipos de plástico e acrílico, o ar. Já os materiais opacos absorvem luz, como muitos dos objetos ao nosso entorno, uma mesa, um livro, a madeira, uma xícara de cerâmica. Aqueles materiais que permitem a passagem da luz de forma difusa são chamados de translúcidos (HEWITT, 2009, p. 293). Portanto, é importante compreender, como explica HENRIQUE et al. (2019), que um feixe luminoso possui características físicas como amplitude, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, mas não possui “uma cor”, porque a cor é resultado de um estímulo no cérebro.

O experimento do disco de Isaac Newton mostrou a decomposição da luz solar, assim como também mostrou a composição ao “colimar” a luz dispersa. Portanto, a luz branca, proveniente da luz do sol, por exemplo, é formada por todas as cores visíveis ou todas as cores do arco-íris. Os objetos são brancos quando refletem todas as cores, como é o caso da folha de papel ou de um pedaço de algodão. Por outro lado, se um objeto absorve todas as cores e, portanto, não reflete nenhuma delas, ele é visto como preto (HEWITT, 2009, p. 293; HENRIQUE et al. 2019).

A figura 2 mostra a reflexão seletiva de acordo com as cores no objeto. Em (a) os objetos são vistos através de um filtro verde; portanto, a xícara é vista na cor verde e as demais cores são absorvidas. Em (b) mostra os objetos sob um filtro de luz vermelha, então, a xícara e o sachê ficam escuros e o pires é visto na sua cor vermelha. Se colocarmos essa xícara sobre intervalos de luz do espectro visível diferentes das cores do objeto (c), veremos a xícara, o sachê e o pires escuros. Além disso, quando a luz branca é exposta, conseguimos ver, ao mesmo tempo, a xícara na sua cor verde, o pires na sua cor vermelha e descobrimos a cor do sachê de chá, que é azul (d).

Figura 2. Refletância seletiva.



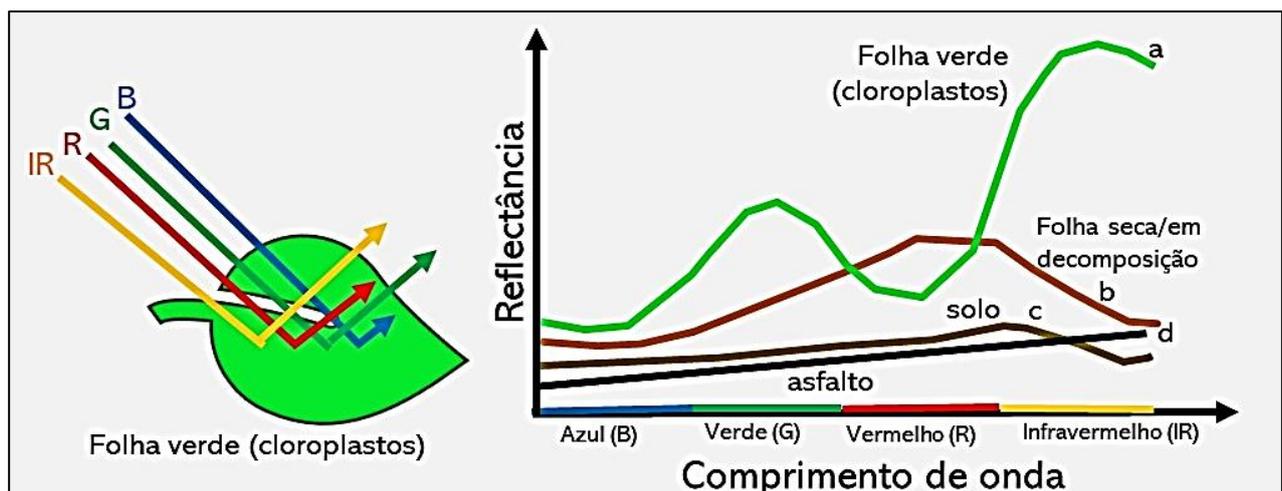
Fonte: autora.

A capacidade de um objeto de refletir a energia radiante indica a sua **refletância**, enquanto a capacidade de absorver energia radiante é indicada pela sua **absorbância** e, da mesma forma, a capacidade de transmitir energia radiante é indicada pela sua transmitância. Um objeto opaco, na prática do sensoriamento remoto, tem um valor baixo para a refletância, alto para a absorbância e nulo para a transmitância. A refletância, absorbância e a transmitância costumam ser expressas em percentagem (ou por um número entre 0 e 1) (STEFFEN, 2022).

### 2.1.3 As cores no sensoriamento remoto, bandas e assinaturas espectrais

Assim como o exemplo qualitativo da reflexão seletiva da xícara e o pires diante da exposição de várias partes do espectro visível, descrito acima, o conceito de reflexão seletiva é muito importante para o sensoriamento remoto. Isso porque pode-se analisar quantitativamente, ou seja, medir a refletância de um objeto para cada tipo de radiação que compõe o espectro eletromagnético e, então, perceber através dessa experiência que a refletância de um mesmo objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o atinge (STEFFEN, 2022). A figura 3 é uma demonstração de como a refletância varia de acordo com o comprimento de onda da luz visível azul (B – *blue*) ao infravermelho (IR – *infra-red*) para diferentes objetos: uma folha verde (a), uma folha seca (b), uma amostra de solo (c) e asfalto (d).

Figura 3. Diagrama da refletância vs. comprimento de onda e reflexão seletiva.



Fonte: adaptado de Steffen (sd.) e Reddy et al. (2020).

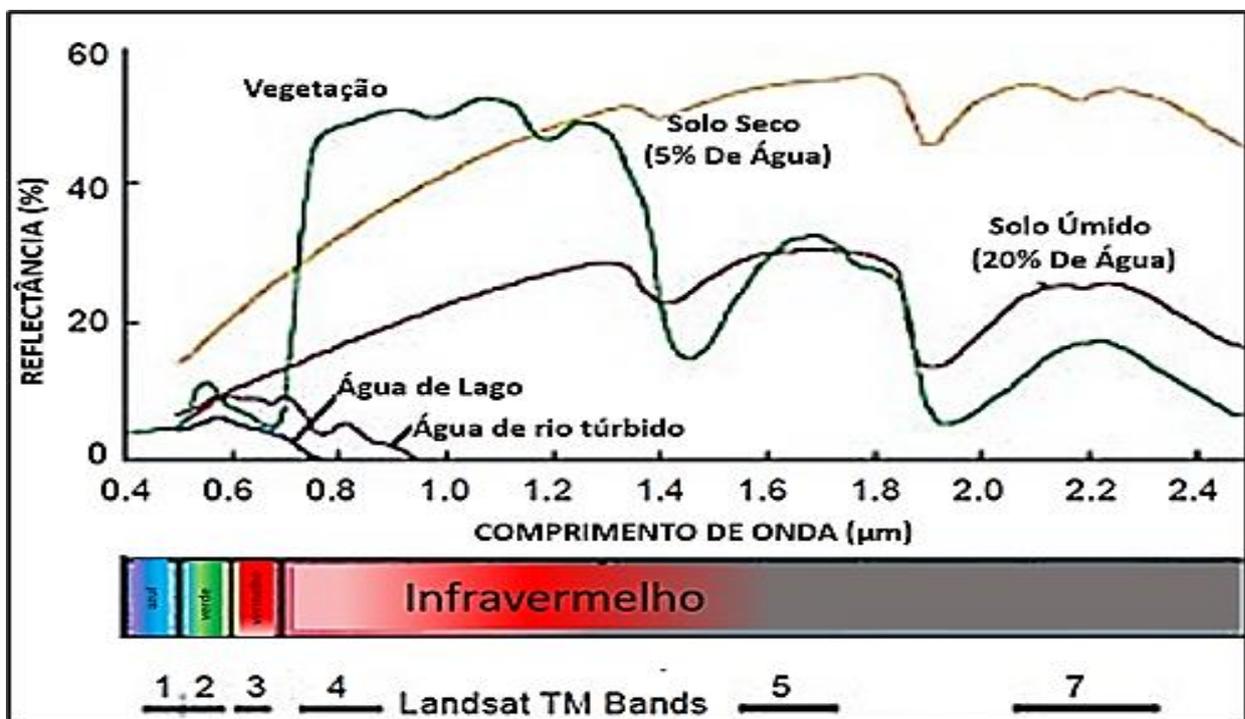
Cada curva é chamada de assinatura espectral e depende das propriedades do objeto. Essa figura mostra mais um detalhe importante: à esquerda a folha reflete (flechas “saem” da folha) as bandas do infravermelho (IR), vermelho (R), verde (G) e azul (B) com intensidades

diferentes, com maior refletância para o infravermelho e verde devido à atividade orgânica e presença de cloroplastos.

Ainda sobre a assinatura espectral nas bandas do espectro visível RGB, a mesma figura mostra que a folha verde possui maior refletância na banda verde em relação à folha seca e ao solo devido à presença de clorofila, o pigmento responsável pela cor verde. Mostra também a alta refletância no infravermelho devido às suas atividades fisiológicas em contrapartida das folhas secas. Já a amostra de solo é supostamente uma amostra pobre em matéria orgânica (MOREIRA, 2003, p. 188; STEFFEN, 2022; SAUSEN, 2022)

A refletância de referência é obtida em laboratório de experimentação. Os valores obtidos servem de referência para interpretação das imagens obtidas por satélites. Esses satélites de observação da Terra (como CBERS, LANDSAT e outros) possuem um sistema sensor capaz de produzir imagens da superfície da Terra em várias bandas simultâneas justamente pela energia refletida da Terra. Na figura 4 verifica-se as faixas de abrangência dos sensores do satélite LANDSAT e de comprimento de ondas do visível (azul, verde, vermelho) e infravermelho. Os diferentes corpos (alvos terrestres), como solo, vegetação e água refletem energia e podem ser identificados através da curva espectral para cada alvo quando analisados pelo gráfico da refletância em relação ao comprimento de onda.

Figura 4. Curvas típicas de refletância espectral para vegetação, solo e água

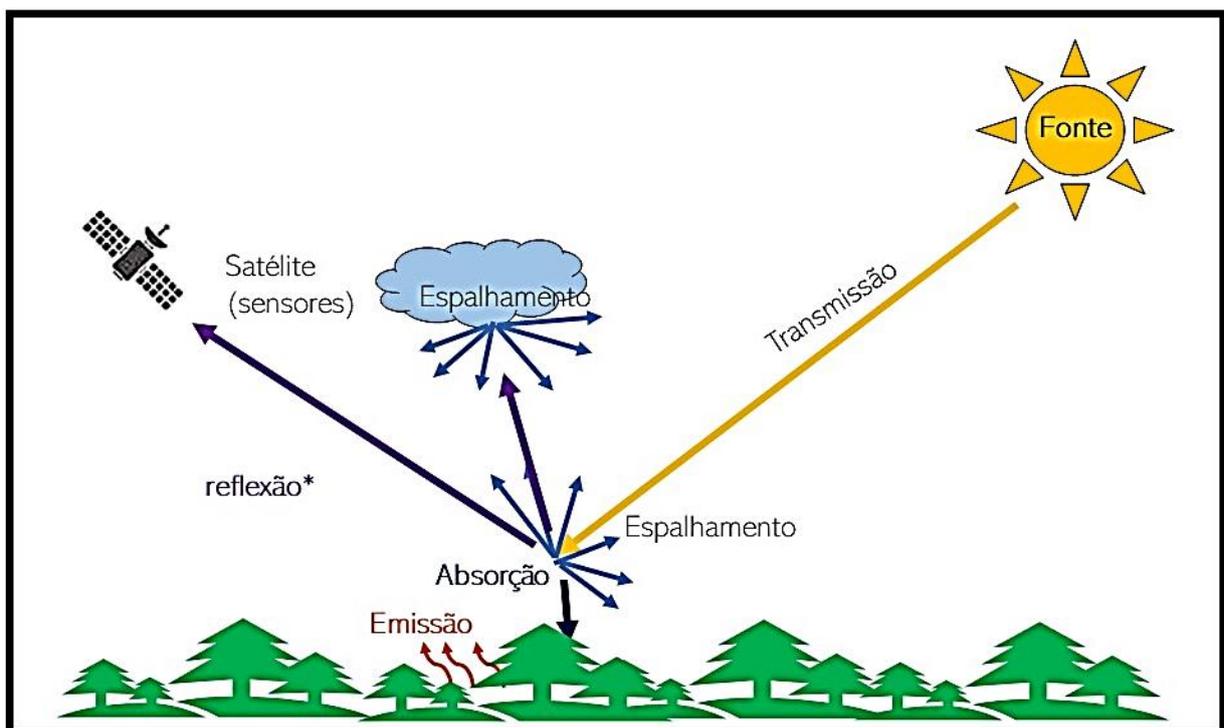


Fonte: Muradás (2023c) adaptado de Jiang (2013).

O satélite que orbita a Terra tem um período de revisita, ou seja, ele passa pelo mesmo local para imagear novamente, adquirindo imagens periódicas. A imagem é obtida em uma determinada resolução com linhas de varredura que são transmitidas para as estações receptoras na Terra, à medida que vão sendo produzidas (STEFFEN, 2022). O Brasil possui um satélite de observação e imageamento, o CBERS, *Chinese-Brazilian Earth Resources Satellite*.

De acordo com LOBO et al. (2020), no processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra, a energia pode ser transmitida, absorvida, espalhada e refletida. A radiação transmitida atravessa o material ou o meio, como por exemplo, a radiação que atravessa a atmosfera. Pode também ser absorvida, quando retida pelo meio e convertida em outros tipos de energia. O espalhamento é muito comum, é quando a radiação se espalha de forma difusa em várias direções. A figura 5 mostra esses processos a partir da fonte de luz, o Sol, e a interação com um objeto na superfície, no caso, uma floresta.

Figura 5. Processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra.

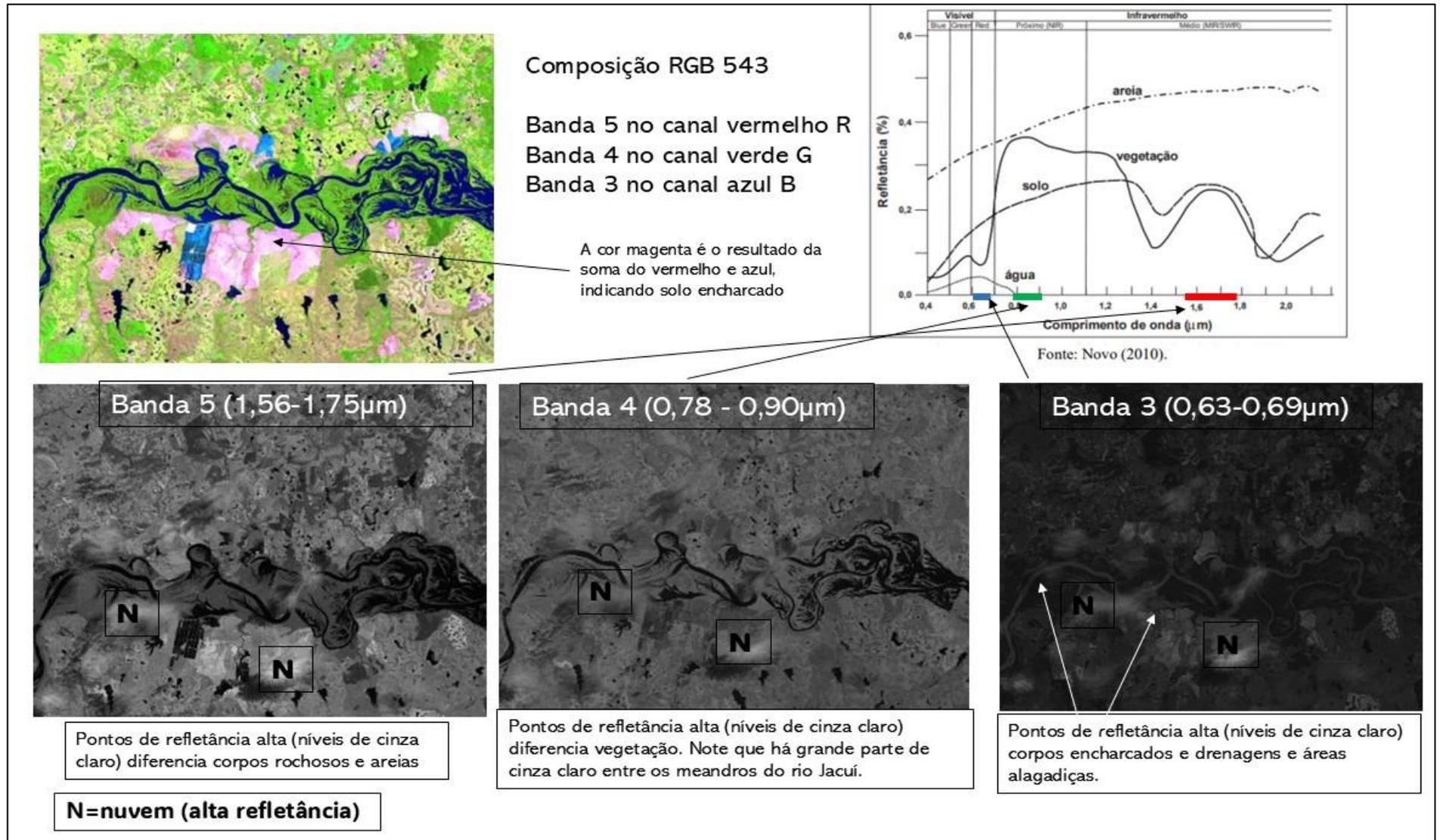


Fonte: autora.

Geralmente tratamos a reflexão da radiação quando a radiação retorna ao meio como se o meio fosse um espelho em um ângulo simétrico ao de incidência, o que é raro na natureza. Mas a reflexão pode ser vista com mais clareza na superfície de águas calmas, onde podemos ver a imagem dos arredores e do céu como um espelho. No sensoriamento remoto, tratamos

o conceito de reflexão de forma um pouco diferente: trata-se, de forma geral, da radiação que é emitida após interação com os objetos da superfície. Além disso, a radiação pode ser emitida geralmente em comprimentos de onda mais longos e as ondas do visível, no caso, o infravermelho, como em superfícies escuras que absorvem a radiação no visível e emitem em forma de calor. Voltando à figura 3, por exemplo, vemos que a folha reflete os comprimentos de onda de forma diferente, isso se deve justamente por causa da diferença entre a radiação incidente na folha e a refletida por ela. A razão entre radiação incidente e absorvida é o que chamamos de **refletância** no sensoriamento remoto (QUARTAROLI et al., 2014). Na figura 6 estão as imagens das bandas do satélite LANDSAT separadas 3, 4 e 5 com os respectivos comprimentos de onda. Os pixels da imagem indicam um nível de cinza. Geralmente, quanto mais claro é o nível de cinza, maior a refletância naquele intervalo específico de comprimento de onda da banda, porém, sempre é necessário verificar o contraste na imagem. Novo (2010) apresenta gráfico semelhante ao gráfico da figura 6 e mostra os objetos com refletância predominante nas faixas da banda 3, 4 e 5 do LANDSAT.

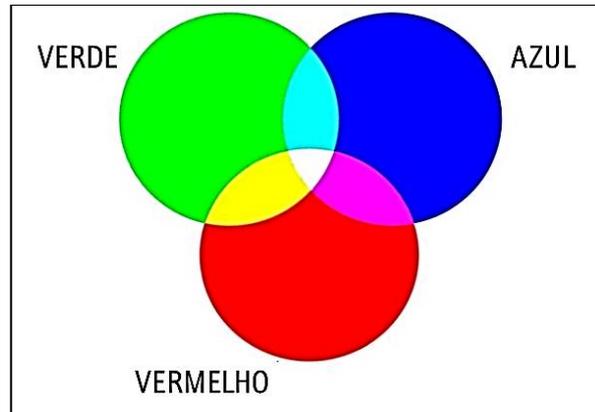
Figura 6. Prancha de demonstração de interpretação de imagens de satélite com as bandas individuais e composição RGB.



Fonte: dados da autora e gráfico de comprimento de onda vs. refletância de Novo (2010).

A luz branca é uma mistura equilibrada do vermelho com o verde e o azul. A luz de cor branca está refletindo de forma igual as suas componentes. As três regiões básicas do espectro da luz visível são **vermelho, verde e azul**, que são as **cores primárias da luz** (GREF, 2006). O amarelo, o magenta e o ciano são as cores ditas **secundárias** (figura 7).

Figura 7. Composição pelas cores primárias. da luz.



Fonte: autora.

Note que a cor magenta aparece na composição RGB e isso indica que este alvo reflete tanto o azul quanto o vermelho. A banda 5 foi colocada no canal da cor vermelha e a banda 3 foi colocada no canal da cor azul. Em uma interpretação de alvo, podemos sugerir um solo arenoso para a cor rosada e solo encharcado para a cor magenta. Note que tanto na banda 4 como na banda 5 o rio Jacuí possui refletância quase nula, isso se deve porque a curva da água no gráfico (figura 4 e prancha da figura 6) é detectada na banda que estiver no intervalo de 0,4 a 0,8 $\mu$ m. Por isso, usamos a banda 3 para detectar corpos hídricos utilizando (não obrigatoriamente) a cor azul.

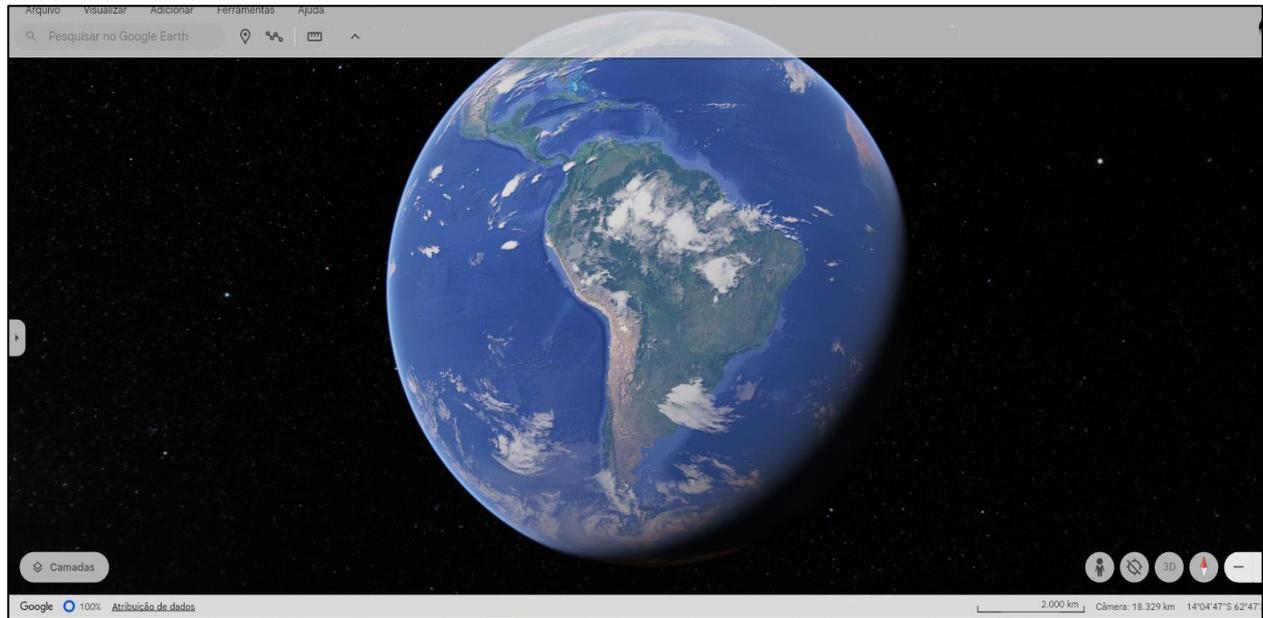
### 3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA E PROJETO

#### PARTE 1: Práticas de introdução ao tema, Conceitos e demonstrações.

1. Apresentar o *Google Earth* acessando o link <https://earth.google.com/>

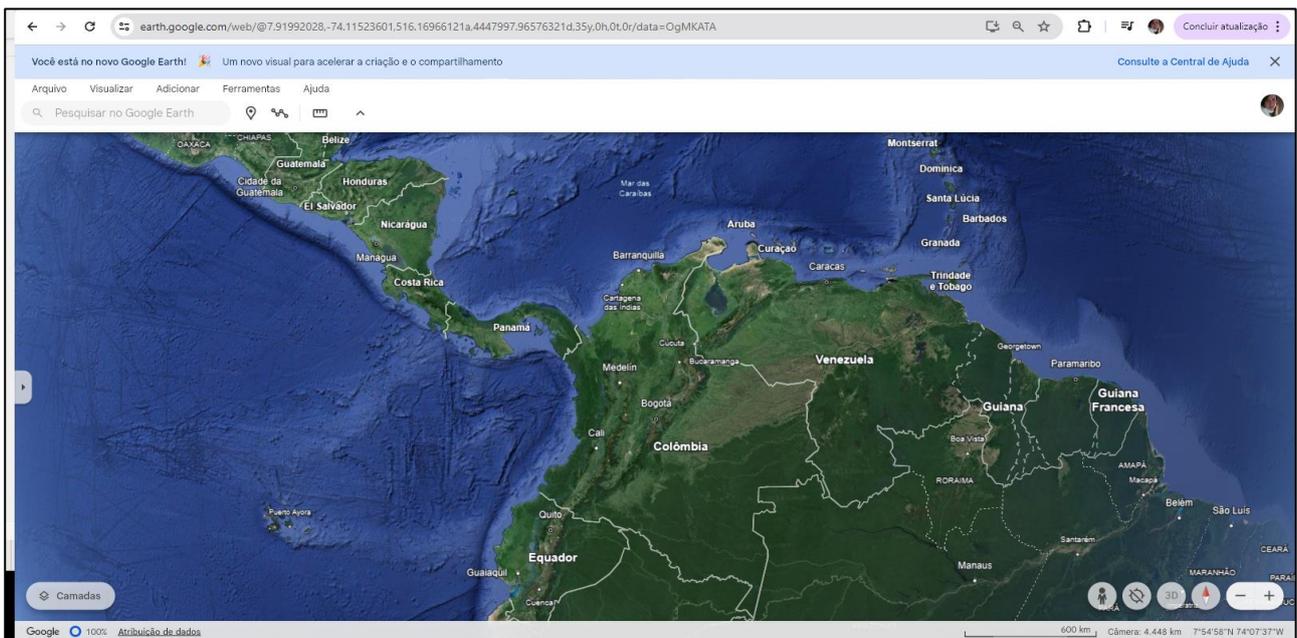


Figura 8. Captura de tela mostrando a inicialização do software Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro.

Figura 9. Captura de tela da aproximação de feições geomorfológicas (montanhas, drenagens, canais, fraturas, variação de relevo, continentes...).



Fonte: Google Earth Pro.

- *Vocês conhecem o Google Earth? Já usaram?*
- *Vocês já viram imagens como essas? (mostrar imagens de satélite de diversas regiões do mundo, pergunte para onde eles querem “viajar” neste momento e “voe” para os locais citados pelos alunos. Você pode chamar seu aluno para “pilotar o voo”)*
- *Por que será que o homem precisou “inventar” técnicas para “imagear” o planeta?*
- *Para que essas imagens servem?*
- *Como essas imagens são feitas? Como conseguem extrair tantos detalhes?*



**Importante:** Investigação de conhecimento prévio. Lançamento de perguntas e escuta atenta sobre o que os estudantes trazem de conhecimentos, interesses e perguntas. Os pontos levantados serão considerados para planejar as aulas seguintes.

## 2. Apresentação de slides em uma exposição sempre dialogada sobre a motivação e história da tecnologia do SR.

Conteúdo dos slides:

- Como eram as primeiras imagens aéreas? Imagens por balão, avião e satélite.
- Hipóteses => Por que elas surgiram?
- Relação das imagens com a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e a Era espacial
- Surgimento do sensoriamento remoto e relação com a Guerra Fria (1947-1991).
- O primeiro satélite de observação da Terra - LANDSAT-1 e imagens de satélite.
- O primeiro satélite de observação brasileiro.
- Princípio básico de funcionamento do imageamento = radiação eletromagnética.
- Tecnologias associadas: radiometria sensível ao infravermelho, câmeras multiespectrais, radiômetros de micro-ondas e construção de radares de visada lateral.



### Comentário

A primeira aula envolve tanto a abordagem CTSA quanto HFCS. É importante destacar que a aquisição das imagens por satélite foi antecedida por fotografias de balão, por uso de pássaros e depois, com o surgimento do avião. Aproveitando essa informação: o que os alunos acham sobre esse uso de animais no início do SR? A sociedade permitiria isso hoje em dia?

Outro aspecto importante é que o interesse principal não era um turismo virtual como hoje o Google Earth é comumente utilizado; muito pelo contrário, o principal motivo para aquisição de imagens foi e ainda é o controle geopolítico.

O professor também pode mencionar a Primeira Guerra Mundial onde foram muito utilizadas as imagens adquiridas por avião. A Guerra Fria deu origem a uma competição entre Estados Unidos da América, EUA, e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, URSS, surgindo a chamada Era Espacial. Assim, a evolução tecnológica foi estimulada principalmente pelo controle territorial.

O professor também pode comentar a diferença entre os satélites, os tipos de imagens e informações que foram adquiridas por esses satélites: características da ionosfera, da superfície da Terra, entre outras.

Assim, cumpre-se o objetivo das abordagens CTSA e HFCS diacrônica dos fatos históricos e das reais motivações da evolução tecnológica. O professor pode fazer o fechamento da aula mostrando o funcionamento do imageamento por satélites, onde o princípio básico físico é a interação da radiação eletromagnética com a superfície.





Você pode acessar o arquivo da apresentação de slide\_ “História do Sensoriamento Remoto” do apêndice B1 [aqui](#) para você poder editar e a versão [pdf](#).

3. Jogo no Kahoot com exemplos de perguntas sobre - **História do Sensoriamento Remoto** no [apêndice B2](#). Existem outros aplicativos para gerar jogos online.



Você pode criar o seu questionário [aqui](#).



4. Apresentação de slides em uma exposição sempre dialogada sobre **O Sol como fonte de energia, as ondas eletromagnéticas e a luz.**

- O sol: fonte de luz e energia
- Conceitual de luz e onda eletromagnética (OEM)
- Características das OEM: frequência, comprimento da onda  $\lambda$ , velocidade da onda, Sistema Internacional de medidas, equação (1):  $v = \lambda \cdot f$  (1);
- Espectro eletromagnético e classificação das ondas eletromagnéticas.
- As primeiras ideias sobre a luz e a teoria da luz por Newton.
- Ideias atuais sobre a luz



Você pode acessar o arquivo da apresentação de slide **O Sol como fonte de energia, as ondas eletromagnéticas e a luz** do apêndice B3 [aqui](#) para você poder editar e a versão [pdf](#).

#### Comentários

Nós vimos que o Sol é fundamental como fonte de radiação para a Terra e que o satélite capta a radiação vinda da superfície depois que a radiação do sol interagiu com a superfície. Portanto, agora é importante compreender o Sol e sua radiação. Neste momento o professor pode explicar o que é a luz e uma onda eletromagnética. Os alunos geralmente gostam bastante dessa aula! Ora, o que é luz, afinal? Você pode fazer a leitura do referencial teórico parte 2, a partir da página 32 dessa dissertação.

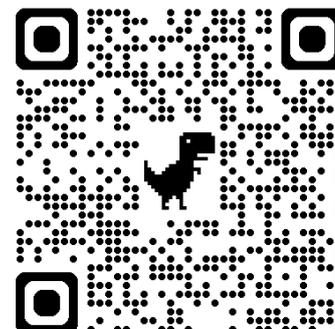


5. Demonstração prática I - Disco de newton com LEDs

Trata-se de um experimento onde os alunos podem visualizar a composição das cores em branco nesta demonstração com LEDs RGB - vermelho, verde e azul. Ao girar o disco, consegue-se ver a cor branca. Pode-se selecionar pares de LEDs e ver a cor resultante também.



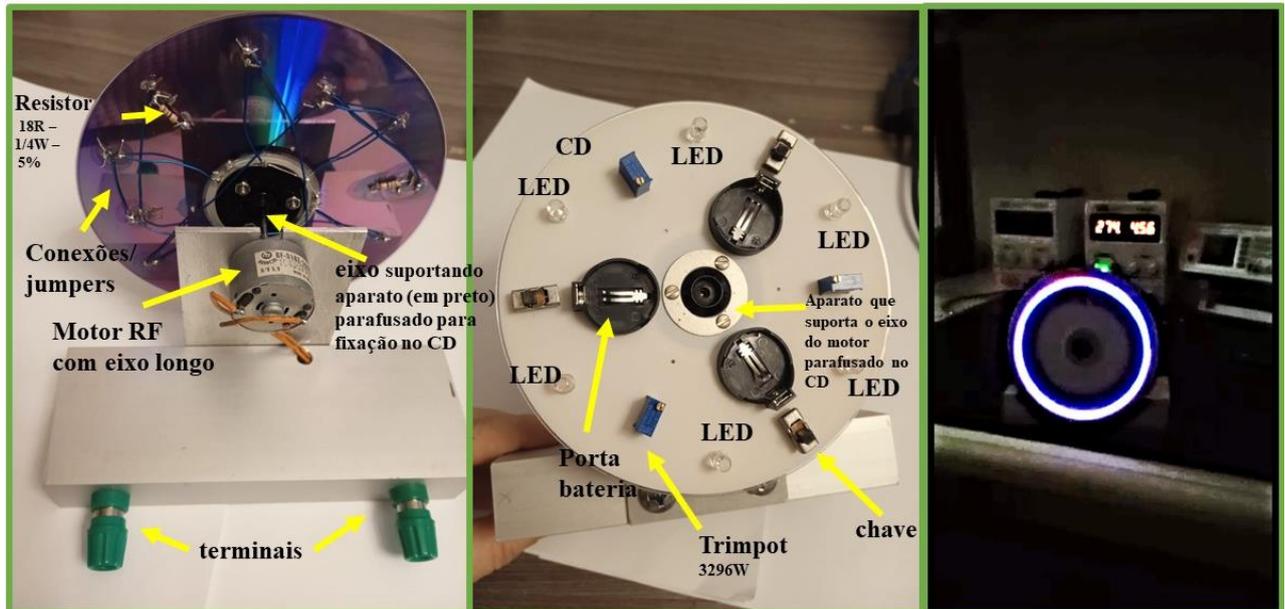
Você pode ver o disco funcionando pelo QR code ao lado.



Na figura 10 vemos fotos da montagem na parte de trás do disco, na parte da frente do disco onde estão os LEDs de cor vermelho, verde e azul. A montagem foi baseada no artigo

de Silveira e Barthem (2016). Os LEDs verde e vermelho resultam no amarelo; os LEDs vermelho e azul resultam na cor magenta e os LEDs verde e azul resultam na cor ciano. Quando todos os LEDs estão acesos, resulta na cor branca, como na foto da direita. Esse experimento comprova a explicação de Isaac Newton para a decomposição da luz branca.

Figura 10. Montagem do Disco de Newton no Laboratório do IF. Na imagem da direita, vemos a composição da luz branca ao acionar as três chaves RGB.



Fonte: autora.

### Como trabalhar com o disco de Newton?

A luz branca é uma mistura equilibrada do vermelho com o verde e o azul. A luz de cor branca está refletindo de forma igual as suas componentes. As três regiões básicas do espectro da luz visível são **vermelho, verde e azul**, que são as **cores primárias da luz** (GREF, 2006). O amarelo, o magenta e o ciano são as cores ditas **secundárias** (ver figura 7).

Neste experimento podemos acionar as chaves dos LEDs separadamente. Portanto, na junção de pares de LEDs obteremos:

Azul + Vermelho = **magenta**

Azul + Verde = **ciano**

Vermelho + Verde = **amarelo**

Azul + Verde + Vermelho = branco

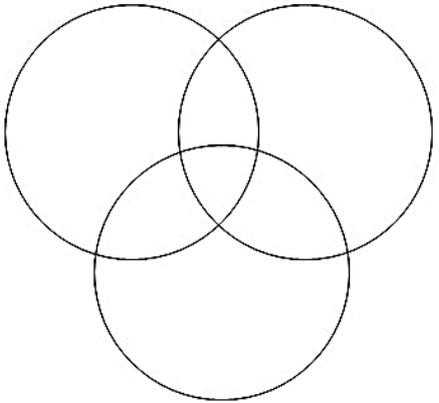
A atividade é feita por observação ao ligar as chaves do disco e acionar o giro de dois em dois LEDs e depois os três LEDs juntos. Os alunos vão chegar à conclusão da composição das cores secundárias, como mostra a figura 11. O professor pode imprimir em cartões para os alunos preencherem.

Figura 11. Atividade composição das cores.

No disco de Newton, ligue os LEDs em pares e registre as cores obtidas na tabela que são as cores secundárias.

	Verde	Vermelho	Azul
Verde	-----		
Vermelho		-----	
Azul			-----
Verde +	Vermelho +	Azul =	

Agora, pinte o diagrama de composição das cores partindo das mais externas (cores primárias) para o centro.



Fonte: autora.



**Referência bibliográfica para montagem:** Silveira e Barthem (2016).

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 4, e4502 (2016)

[www.scielo.br/rbef](http://www.scielo.br/rbef)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-009>

Você pode acessar este artigo científico [aqui](#) e se aventurar na montagem desse disco de LEDs.

## 6. Demonstração da reflexão seletiva

De forma bastante simples podemos demonstrar a reflexão seletiva. Ao olharmos os objetos com um filtro monocromático, observamos os objetos somente da cor do filtro ou preto. Para fazer essa demonstração, o primeiro passo é utilizar um papel branco e fazemos três retângulos com canetas vermelha, verde e azul. Separadamente, fazemos também os mesmos retângulos em um plástico fino transparente. O segundo passo é colar um dos nossos filtros com fita adesiva na lente da câmera do nosso telefone celular, como mostra a figura 12. O terceiro passo é fotografar o papel com os três retângulos com cada um dos filtros. Teoricamente, se utilizarmos, por exemplo, o filtro vermelho, somente veríamos o retângulo vermelho e a folha vermelha porque o branco reflete todas as cores e os outros dois retângulos veríamos preto. Eles não ficam exatamente preto porque nosso filtro (feito da tinta de caneta) não é perfeitamente monocromático, ou seja, ele não seleciona a cor tão bem quanto a um filtro ou lâmpada monocromática. O mesmo acontece utilizando os demais filtros. Note que o filtro verde não filtra muito bem o retângulo de cor azul e vice versa.

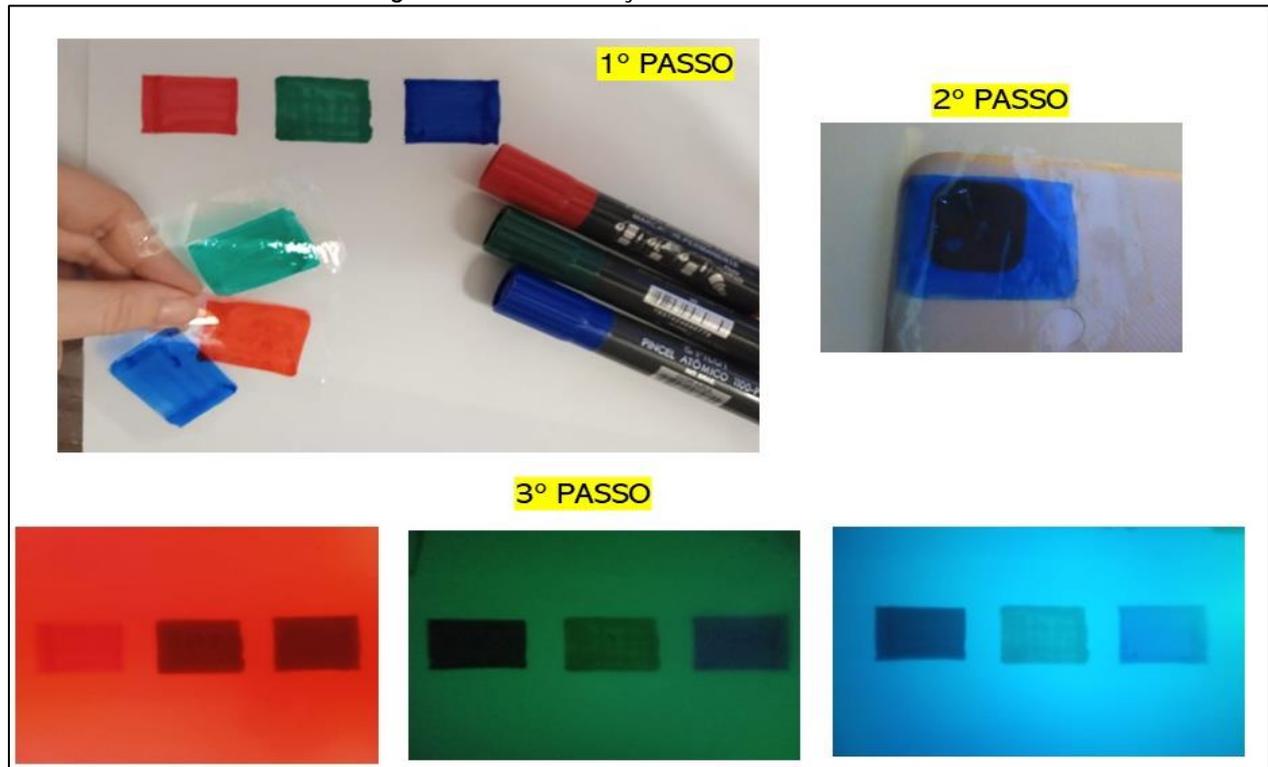


**Importante:** O professor pode comentar com os alunos essas variações retomando o conceito de reflexão seletiva. Esse conceito é fundamental para o projeto. Você pode consultar o referencial teórico para aprofundar este conceito.



**Sugestão de atividade complementar:** O professor escolhe um objeto e os alunos devem descobrir a cor real pelo uso de filtros, descartando ou não pelo conceito de reflexão seletiva através dos filtros.

Figura 12. Demonstração de reflexão seletiva.



Fonte: autora

## Comentários



Numa abordagem HFCS também retomamos as primeiras ideias de luz e a teoria da luz proposta por Newton enquanto estava isolado na sua cidade natal ao fugir da Grande Peste de Londres. Algo semelhante ao que aconteceu conosco durante a pandemia de 2020! Esse isolamento foi extremamente produtivo para Newton e uma das contribuições foi a teoria da luz e das cores. Ele analisou a luz do Sol através de alguns prismas e lentes. Ao passar pelo prisma, o feixe de luz do Sol se decompõe em cores do visível, do vermelho e do violeta. Ao passar por um segundo prisma, ocorre a composição, novamente, da luz branca do Sol. Newton acreditava que a luz era feita de partículas emitidas pelos corpos luminosos. Depois, Christian Huygens, que era um pouco mais novo que Newton, negaria a teoria corpuscular, proporia o conceito da natureza ondulatória da luz e relacionaria a velocidade com inverso do índice de refração do meio.

Que genial! A partir de 1900, Planck, Einstein, de Broglie, Neils Bohr, Erwin Schrödinger contribuíram para a Teoria da Dualidade da Luz.



## 7. Leitura de texto e interpretação.

Não menos importante, precisamos inserir a leitura e interpretação de texto na sequência didática por vários motivos: os alunos leem cada vez menos e a maior parte da informação consumida é uma informação compactada através de mídias. O material adicional é um texto que fala da origem do eletromagnetismo e contribuição de alguns cientistas. Esse texto foi retirado de Guimarães et. al. (2016) e pode-se fazer um questionário para os alunos trabalharem as habilidades de leitura, síntese, paráfrase, compreensão de texto e conhecimento da História da Física. Após o texto, há um questionário com gabarito.



**Para o professor refletir:** O livro didático é um aliado do professor: ele estimula a leitura e sempre traz questões interessantes que complementam as aulas.



Você pode acessar o texto e o questionário com gabarito do [apêndice B4](#) para você editar o cabeçalho na versão [docx](#) e versão [pdf](#).

### Como trabalhar o texto didático?

1. Leitura: preparar o ambiente mostrando a importância do silêncio, assinalar as ideias-chave e imaginar o que se está lendo.

2. Antes de corrigir as questões com a turma, o ideal é perguntar se gostaram do texto, o que acharam de interessante. Várias dinâmicas podem ser feitas: cada um escreve uma ideia que chamou atenção para ser lida para a turma. Ferramentas como a *nuvem de palavras* pode ser usada também. É importante que, após a leitura, o aluno



tenha uma **percepção geral do texto destacando algum detalhe, que é a habilidade de síntese**. Além da nuvem de palavras, um esquema semelhante pode ser feito: uma nuvem que mostra a ideia geral e detalhes marcantes. Então, qual seria a ideia geral do texto e quais seriam os detalhes marcantes?

3. Juntando a observação do item anterior, que é desenvolver a habilidade de síntese, sempre é importante incluir questões escritas para desenvolvimento da **habilidade de paráfrase**.

## Comentário

### O que é a habilidade de paráfrase?



A habilidade de paráfrase está associada a leitura e a capacidade de o aluno explicar com as suas palavras o que está lendo. É a habilidade de “recontar”, explicar o que entendeu. É importante estimular a comunicação escrita e oportunizar questões em que o aluno leia e escreva o que entendeu. Na questão 6 do questionário, os alunos devem explicar o que é espectro eletromagnético, por exemplo. Mais adiante, veremos a importância de um trabalho escrito pelos alunos e a habilidade de escrita que está associada a paráfrase. Em meio ao uso indiscriminado do chat GPT e outras ferramentas IA, é importante resgatar a escrita pela habilidade de paráfrase.

## 8. Apresentação de slides de Física de ondas eletromagnéticas aplicada ao Sensoriamento

### Remoto.

Conteúdo dos slides:

- os tipos de ondas eletromagnéticas importantes no sensoriamento remoto;
- contribuição do astrônomo alemão Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) na descoberta da radiação infravermelha.
- Retomando o que é luz. Qual é a relação da luz com o nosso sistema sensorial?
- A composição de cores
- Como é feita a imagem de satélite?
- Bandas espectrais e composição da imagem.

 **Desafio:** Como a onda eletromagnética poderia servir para identificar alvos? Como as imagens de satélite são formadas?

 **Para o professor refletir:** é importante fazer uma comparação dos itens levantados na conversa prévia com as conversas que houve durante a aula, assim como verificar o que surge no feedback dos formulários. Quais informações podem ser investigadas na próxima aula?

## Comentários



Na apresentação de slides foram colocados os conceitos mais importantes que vão dar a base para o projeto da PARTE 2. É de extrema importância a compreensão dos conceitos envolvidos e compreender que a refletância é a radiação que resulta da interação da radiação solar com o objeto da superfície.

A resposta para o desafio acima é justamente considerar que os sensores do satélite captam as ondas eletromagnéticas refletidas da superfície terrestre e entender que os objetos possuem uma curva de refletância única que servem para sua identificação, como se fosse uma digital.



Você pode acessar o arquivo da apresentação de slide. “Física de ondas eletromagnéticas aplicada ao Sensoriamento Remoto” do [apêndice B5 aqui em pptx](#) para você poder editar e a versão [pdf](#).



**Importante:** Recomenda-se ler as páginas 08 a 14, onde se explica o princípio fundamental da reflexão seletiva e são dados exemplos de interpretação de imagem de satélite.

**Exercícios em aula de composição.** No apêndice B6 você encontrará uma atividade de revisão sobre a primeira apresentação de slides. São exercícios de revisão de conceitos, percepção, compreensão do funcionamento básico do sensoriamento remoto e composição de bandas espectrais para gerar uma imagem.



**Importante:** Essa atividade é considerada fundamental para ser feita antes do projeto (parte 2).



Você pode acessar a lista de exercícios do [apêndice B6](#) aqui e o gabarito.

## PARTE 2: Construção do Projeto: Sensoriamento remoto e técnicas



Para o projeto, recomenda-se a formação de grupos de quatro alunos, pois é um número pequeno, onde a interação e comunicação entre os integrantes tende a ser eficiente. Os alunos recebem a questão motriz que, neste caso, é composta de mais de uma questão que vão conduzir a um resultado maior. Os alunos selecionam um tema motivados por um problema do mundo real: **qual alvo seria importante identificar no que tange uma contribuição ambiental?**

### 1. Questão motriz:

Como a radiação eletromagnética está relacionada às assinaturas espectrais para identificar alvos terrestres? Quais alvos consigo identificar em uma determinada imagem de satélite? Como identificar alvos poderia contribuir para ações ambientais?

### Comentários



Note que a questão motriz é, na verdade, um conjunto de questões essenciais para uma abordagem CTSA, pois resgata a compreensão do fenômeno ao perguntar “**Como a radiação eletromagnética está relacionada às assinaturas espectrais para identificar alvos terrestres?**”. Aqui o estudante vai se deparar com três expressões-chave: radiação – assinatura espectral – alvo. É importante que fique claro sobre a refletância dos corpos terrestres e que cada alvo/objeto reflete as ondas eletromagnéticas do visível e infravermelho de forma própria, ou seja, com intensidades próprias deste objeto.

A segunda pergunta “**Quais alvos consigo identificar em uma determinada imagem de satélite?**” ocorre através da observação das imagens LANDSAT de forma individualizadas (bandas) e depois a composição colorida RGB para criar as hipóteses. Finalmente, é importante que o aluno desperte para a ideia de que a Física serve como fundamento científico para o desenvolvimento e avanço das tecnologias.

“**Como identificar alvos poderia contribuir para ações ambientais?**” Identificar alvos terrestres auxilia no monitoramento ambiental.

### 2. Selecionando uma área de pesquisa para a investigação de alvos terrestres através do Google Earth Pro com o uso de Ferramenta Web 2.0.

Introdução a criação e compartilhamento de projetos pelo Google Earth. Vídeo: *Google Earth: Tutorial do Google Earth: Introdução às Ferramentas de Criação* no link <https://www.youtube.com/watch?v=5KtwMRedAbc>. Duração: vídeo de 1min11s.

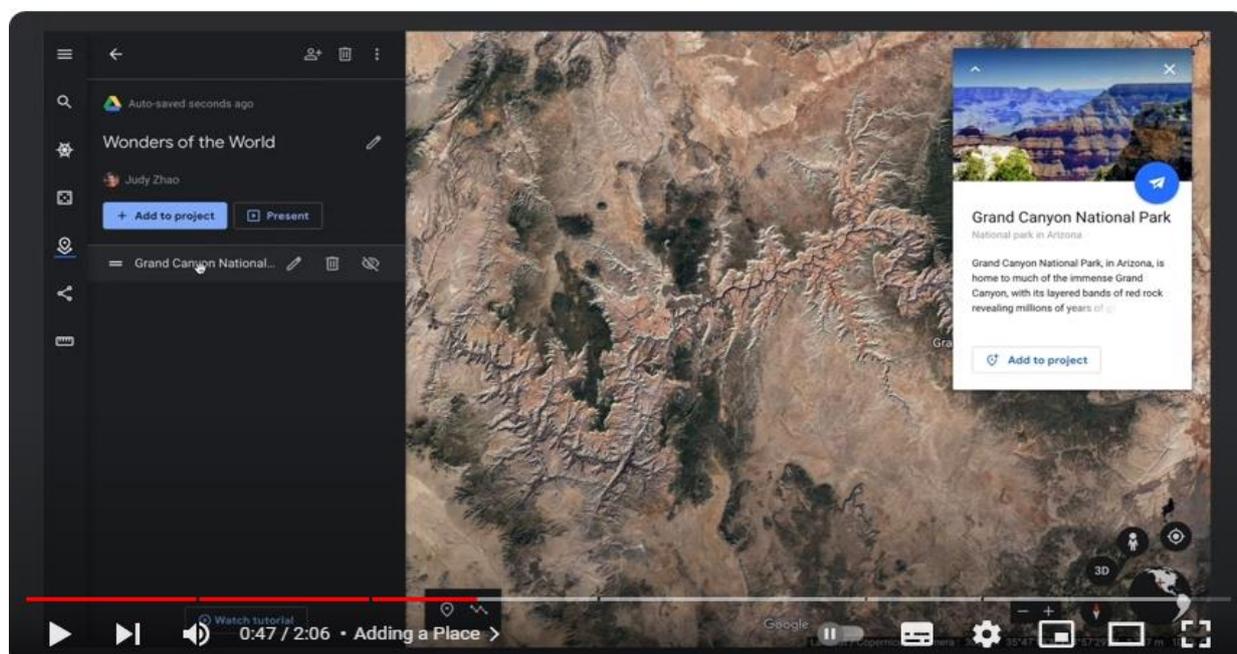


A legenda em português está disponível. A figura 13 mostra as ferramentas do Google Earth para procurar uma área de investigação e compartilhar com a turma. Este link é para a criação

de um projeto online no Google Earth que pode ser compartilhado por e-mail ou copiando o link do projeto. Aqui os alunos vão:

- Escolher uma área de pesquisa,
- Escrever a descrição da área,
- Escrever a motivação,
- Salvar as coordenadas geográficas de um ponto da área,
- Criar uma apresentação,
- Compartilhar o projeto com o professor e com a turma.

Figura 13. Captura do vídeo explicando a criação de projetos no Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro.

Websites complementares: site do Google Earth para busca <https://earth.google.com/web/> e o site do Google Earth <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/> para consultar recursos e uma visão geral sobre o aplicativo.



Você pode acessar o roteiro do projeto Google Earth do apêndice C1 [aqui](#).



**Para o professor refletir:** O tempo de uma semana geralmente é suficiente para os -  
estudantes investigarem uma área de interesse do grupo. Vale a pena manter contato com os estudantes estimulando a busca de uma área de estudo através de fórum ou grupos de discussão.

## PASSO A PASSO

1) Propor a Questão motriz (item 1) e explanação da proposta.

2) Apresentação de exemplo de estudo de caso (ver páginas 11 e 12 da problemática desta dissertação).

3) Os alunos são guiados a enumerar todas as ações necessárias para concluir o projeto.

☞ De que materiais vocês precisam?

☞ Qual o prazo para conclusão do projeto?

☞ Quem pode concluir cada tarefa?

☞ A enumeração das ações permite que os alunos expressem seus interesses e selecionem tarefas.

### 3. Planilha para organização dos grupos

 Planilha “Coletando Dados”: Em grupos escolher uma área de interesse no planeta Terra para conhecer melhor. Preencher a planilha compartilhada com a professora no Google Drive com as informações do grupo, nome dos integrantes, área a ser estudada, motivação. Podem também enviar informações da área de estudo.



Na planilha estará um roteiro de como os estudantes podem fazer o *download* das imagens de satélite no site do INPE <http://www.dgi.inpe.br/>; [www.dgi.inpe.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.br/CDSR). A busca da imagem de satélite pode ser pelo nome do município. Atentar para escolher uma imagem com menos nuvens. O grupo compartilha no drive a imagem de satélite/cena que irá utilizar.



Você pode acessar o roteiro do projeto Google Earth do apêndice C2 [aqui](#).

### 4. Diagrama para nortear a investigação

Durante o trabalho de investigação, o diagrama abaixo será a referência para os alunos darem andamento ao artefato. O diagrama irá ajudar a nortear os questionamentos. Durante o trabalho de investigação, o professor pode referenciá-lo ao acompanhar o trabalho com os estudantes e verificar se os apontamentos estão sendo desenvolvidos.



Você pode acessar o diagrama de processo de investigação do apêndice C3 [aqui](#).

### 5. **Brainstorming**: produção de ideias para resolução de tarefas. Registro em folha A3.



**Importante:** Sobre a voz e escolha do aluno: o aluno é estimulado a escolher, argumentar suas escolhas, manifestar sua opinião, dúvidas.

**Para o professor facilitar a organização:** A medida que a planilha vai sendo preenchida, o professor acompanha as escolhas das áreas dos grupos. É importante salvar as imagens dos grupos em *pendrive* como cópia de segurança e providenciar a instalação do software QGIS® nos computadores. Este é um software livre.



**Para o professor refletir:** O professor faz o papel de facilitador, como Rogers e a metodologia ativa ABI preconizam. O papel do professor é incentivar a investigação, trazer recursos de pesquisa e suas experiências e conhecimento, clarificar dúvidas acreditando no potencial dos estudantes e nas suas escolhas.

### Roteiro QGIS® para trabalhar com imagens de satélite



Você pode acessar o roteiro QGIS do apêndice C5 [aqui](#).



Material para interpretação das assinaturas espectrais do apêndice C6 [aqui](#).

### Comentários

Existem muitos estudos de interpretação de imagens de satélite na internet. Para o professor de Física, as figuras adicionais no apêndice irão lhe auxiliar para uma melhor interpretação e relação com o conceito de refletância.



**Importante:** Tenha uma cópia de fácil acesso do material dos apêndices C5 e C6 para poder tirar dúvidas e discutir com os alunos ao analisar os gráficos de assinaturas espectrais para interpretação das imagens.

## 6. Relatório de Investigação

Questões norteadoras para o compartilhamento dos projetos na apresentação:

*O que motivou vocês para escolherem esse recorte?*

*Quais os alvos chamaram mais atenção na imagem de vocês?*

*Qual o satélite vocês utilizaram?*

*Quais bandas espectrais vocês utilizaram?*

*Qual foi a composição de bandas?*

*Vocês chegaram a ver alguma mudança temporal nesse alvo?*

*Retomando o desafio: Como a onda eletromagnética poderia servir para identificar alvos?*

*Como as imagens de satélite são formadas?*



Você pode acessar o modelo (*template*) do relatório de investigação no [apêndice C4](#).

Este *template* indica perguntas importantes para estruturar o relatório.

### Como avaliar?

A avaliação pode ser realizada com diferentes propósitos (diagnóstica, formativa e somativa). Aqui apresenta-se a avaliação por rubrica.

Por ALUNO				
Tarefas/ Atitudes	Excelente	Muito Bom	Satisfatório /Bom	Insatisfatório
Atenção e Participação	O aluno se conecta com a informação e acompanha, participa, faz perguntas.	O aluno se conecta com a informação e acompanha, mas não verbaliza, porém, mostra interesse.	O aluno se conecta com a informação e acompanha, mas não verbaliza.	O aluno não se conecta com a informação não acompanha, não verbaliza, nem mostra interesse.
Participação do kahoot	Participa do questionário com interesse.	Participa do questionário.	Participa do questionário.	Não participa do questionário.
Engajamento no grupo pelo	O aluno faz apontamentos, apresenta interesse, maturidade de busca investigativa.	O aluno contribui, apresenta interesse e faz apontamentos.	O aluno registra pelo menos um apontamento que parece ser válido ao grupo.	O aluno não faz apontamentos.
Tabela de tarefas (coluna do aluno)	O aluno tem atribuições muito pertinentes e se sente motivado a cumpri-las. Atribuições são colocadas de forma colaborativa e/ou autônomas por auto-sugestão	O aluno tem atribuições pertinentes e se sente motivado a cumpri-las. Atribuições são colocadas de forma colaborativa.	O aluno tem atribuições simples e se sente motivado a cumpri-las. Atribuições são colocadas de forma colaborativa.	O aluno não tem atribuições, ou se tem, foram recebidas por outro integrante ou apresenta indisponibilidade de cumpri-las ou não entende ou não está conectado.
Por GRUPO				
Proposta de itens do diagrama	O grupo marcou pelo menos 3 itens de cada uma das 4 etapas do diagrama.	O grupo marcou pelo menos 2 itens de cada uma das 4 etapas do diagrama.	O grupo marcou pelo menos 1 item de cada uma das 4 etapas do diagrama.	O grupo não marcou pelo menos 1 item de cada uma das 4 etapas do diagrama.
Tabela no drive preenchida	Preenchimento está completo, claro e objetivo.	Preenchimento está claro, mas há algum detalhe a ser revisto.	Preenchimento está claro, mas precisa ser revisto ou mehorado.	Preenchimento da tabela não foi feito.



**Para o professor refletir:** a afirmação comum que “a resposta deu certo” ou “deu errado” deve ser repensada nas aulas experimentação e formulação de hipóteses. Para uma hipótese bem correspondida pode haver detalhes a serem melhor investigados e não significam total compreensão ou ainda, descarte de outras hipóteses darem “certo”. Nem sempre o pensamento de como chegar a uma resposta é ou deve ser linear.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional uma ordem de atividades descritas em uma sequência didática para facilitar a aprendizagem de conceitos. Entretanto, o professor pode eleger atividades das quais ele pretende trabalhar na parte introdutória do assunto. O intuito deste produto foi oferecer várias possibilidades para que o professor possa escolher atividades diante de sua afinidade. O material está totalmente acessível, assim como as apresentações de slides podem ser editadas e, se assim for, também incluir assuntos correlacionados ao tema. O professor pode se valer das atividades que mais gostar e ainda, na prática do software QGIS, adaptar o uso das imagens de diferentes satélites e com bandas isoladas. Ou seja, há muitas possibilidades de se traçar um caminho nesta temática. Além disso, aquele colega que gosta da abordagem histórica pode se deleitar sobre os conflitos da Era Espacial e na aquisição de imagens para controle territorial.

O projeto é uma forma de integração entre colegas de outras áreas, além de ter a oportunidade de pesquisar uma problemática real. Estende-se o convite para você apreciar a dissertação onde estudos de casos de alunos foram apresentados nas temáticas de interpretação do meio físico e de impactos antrópicos.

As assinaturas espectrais, sem dúvida, são o desafio deste projeto. É parte mais complexa onde gráfico da refletância por comprimento de onda indica o comportamento espectral deste objeto. Você pode imprimir os gráficos de assinaturas espectrais, encapar com filme plástico e riscar com caneta de quadro branco ao acompanhar grupos no processo investigativo. Antes de chegar a esse ponto, podemos analisar com os alunos porquê, afinal, enxergamos uma determinada cor de um objeto. Por isso, os conceitos precisam estar “entrelaçados” e também é por isso que atividades como o Disco de Newton são abordadas antes desse estágio mais complexo. Você não precisa chegar nesse estágio mais profundo do projeto, como a interpretação ambiental. Muito pode-se fazer e explorar, como as bandas espectrais de forma qualitativa, diversas composições RGB e assim por diante.

A Física oportuniza nos aproximarmos de muitas outras áreas do conhecimento. Espera-se que todo o professor que até aqui chegou, munido deste arcabouço conceitual e cheio de possibilidades, sintam-se motivado a seguir explorando as tecnologias na interpretação do meio físico.

## 5. REFERÊNCIAS

- AMICI, S., TESAR, M. 2020. ***Building Skills for the Future: Teaching High School Students to Utilize Remote Sensing of Wildfires***. Remote Sensing. 2020, 12, 3635.
- BRASIL. Ministério da Educação. 2006. **PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, p. 144.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, p.600. 2018. Acesso em março de 2023 em <http://www.basenacionalcomum.mec.gov.br/>.
- DANNWOLF, L., MATUSCH, T., KELLER, J., REDLICH, R. SIEGMUND, A. 2020; ***Bringing Earth Observation to Classrooms - The Importance of Out-of-School Learning Places and E-Learning***. Remote Sensing 12, 3117; doi:10.3390/rs12193117.
- DZIOB, D., KRUPINSKI, M., WOZNIAK, E., GABRYSZEWSKI, R. 2020; ***Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School***. Remote Sensing 12, 2868; doi:10.3390/rs12182868.
- GRF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física da USP. **Leituras de Física, óptica. Para ler, fazer e pensar**. P. 49-51. 2006.
- GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, J.R., CARRON, W. 2016. **Física Eletromagnetismo e Física Moderna**. Editora Ática. p. 384.
- HENRIQUE, F.R., TOMAZIO, N. B., ROSA, R. G. T., SOUZA, A.M., D'ALMEIDA, C.P., SCIUTI, L.F., GARCIA, M.R., DE BONET, L. 2019. **Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 3.
- HEWITT, P.G. 2002. **Física Conceitual**. Ed. Bookman, Porto Alegre. p. 290.
- LINDNER, C., RIENOW, A., OTTO, H., JUERGENS, C., 2022. ***Development of an App and Teaching Concept for Implementation of Hyperspectral Remote Sensing Data into School Lessons Using Augmented Reality***. Remote Sensing, 14, 791.
- LOBO, F.L., RAMALHO, E., SINOTTIET, J. 2020. **Introdução ao Google Earth Engine**. Apostila da Disciplina Optativa Curso De Engenharia Hídrica/CDTec Universidade Federal De Pelotas (UFPel). p. 85.
- MOREIRA, M.A. 2003. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, UFV. p. 307.
- MURADÁS, K. 2023b. **Inquiry-based learning: aplicando técnicas de investigação em projetos de pesquisa**. Congresso de Pesquisa e Práticas em Educação, 2024.
- MURADÁS, K. 2023c. **Física aplicada ao sensoriamento remoto: abordagem**

- Interdisciplinar de tecnologias espaciais no Ensino Médio.** Saberes científicos: unindo conhecimento para o ensino de ciências relação universidade-escola. P. 83-88.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** Blucher. 288p.
- RUDORFF, B.F.T. **Produtos de Sensoriamento Remoto.** Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- SAUSEN, T.M. **Sensoriamento Remoto e suas Aplicações para Recursos Naturais.** Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- STEFFEN, C.A. **Introdução Ao Sensoriamento Remoto.** Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. s.d. Disponível em <http://www3.inpe.br>. Acesso em novembro de 2022.
- QUARTAROLI, C. F.; VICENTE, L. E.; ARAUJO, L. S.. **Sensoriamento remoto**, Capítulo 4. Embrapa. 19 p. 2014.
- WEISSKOPF, V.F. 1969. How Light Interacts with Matter. Scientific American 219, 60-71.

## 6. APÊNDICES

## APÊNDICE A – Estruturação do Produto Educacional

PCN e conteúdos	<p>PCN's: Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações e Matéria e Radiação: interação da radiação (ionizante, não-ionizante, ...) com a matéria; ii) tecnologias baseadas em radiações (GPS, previsões meteorológicas, sensoriamento remoto); e a iv) transmissão de informação e imagens.</p> <p>Conteúdos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• história da ciência: luz, radiação eletromagnética e tecnologia,</li> <li>• ondas eletromagnéticas,</li> <li>• espectro eletromagnético,</li> <li>• luz visível e cores,</li> <li>• fenômenos de absorção, reflexão e transmissão.</li> </ul>
Estrutura	<p><b>PARTE 1:</b> Introdução ao tema, Conceitos e demonstrações Investigação de conhecimento prévio. Introdução ao SR e História dos estudos das radiações e da luz. Física ondulatória, a luz e o espectro eletromagnético. As cores, as bandas espectrais, as assinaturas espectrais.</p> <p>Competências. Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. (BRASIL, 2006). Compreender fenômenos da natureza e aplicações na tecnologia.</p> <p><b>PARTE 2:</b> Desenvolvimento de Projetos: Sensoriamento remoto e técnicas</p> <p>Competências: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações. (BRASIL, 2006). Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos. Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento</p>
Atividades	<p>Aulas expositivas-dialogadas Experimentação Brainstorming, jogos online Pesquisa e escolha de uma área de estudo Uso de software e técnicas para identificar alvos Compartilhamento dos estudos de caso com os colegas e divulgação de resultados</p>
Avaliação	<p>Registro das conclusões das demonstrações experimentais Engajamento /participação Descrição das bandas que estão sendo usadas e propriedades físicas. Encaminhamento das perguntas de investigação Proficiência no uso do software QGIS® Observações sobre o meio ambiente Perguntas investigativas e justificativas dessas perguntas Como foram pesquisadas as perguntas de investigação</p>

## APÊNDICE B – Sequência Didática

### APÊNDICE B1 – Apresentação Google Earth e História do Sensoriamento Remoto.

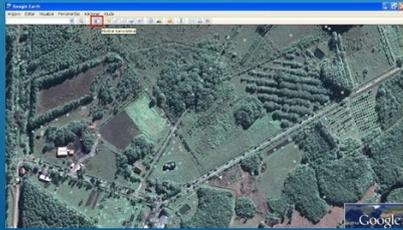




Áreas urbanas, evolução da mancha urbana.



Monitoramento ambiental climático



Áreas rurais (plantações, manejo da terra, áreas de preservação, corpos hídricos)

1ª AULA:

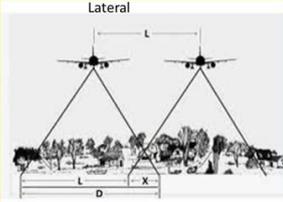
# HISTÓRIA E TECNOLOGIA DO SENSORIAMENTO REMOTO

Profa. Kellen Muradás  
Mestranda em Ensino de Física – UFRGS

## COMO ERAM AS PRIMEIRAS IMAGENS AÉREAS?



<https://adenilsongiovanini.com.br/>  
Lateral



<https://igeo.ufrgs.br/museudetopografia>

- Imagens por pássaros, balão, avião e satélite.
- Instalação de câmeras especiais denominadas de aerofotográficas.
- As fotografias aéreas são realizadas verticalmente.
- Para obter uma cobertura completa do terreno a ser representado, as fotografias aéreas são tomadas de modo sobreposto.

Com o auxílio de um aparelho fotogramétrico, realiza-se a restituição, processo de confecção do mapa, através de um modelo tridimensional.

<https://www.youtube.com/watch?v=IzzKI1DEDLc>



RELAÇÃO DAS IMAGENS COM A PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL (1914-1918).

A ERA ESPACIAL

▪ SURGIMENTO DO SENSORIAMENTO REMOTO E RELAÇÃO COM A GUERRA FRIA (1947-1991).



Os maiores avanços nesse seguimento ocorreram com o advento do avião, a partir de 1906, com destaque para a aviação militar que estava sendo explorada na Primeira Guerra Mundial.



Nesse período os aviões tinham como objetivo principal identificar bases inimigas e seus movimentos, isso era possível por meio da instalação de câmeras especiais denominadas de aerofotográficas, assim poderiam antecipar as estratégias e as ações.

#### A Corrida Espacial entre EUA e URSS durante a Guerra Fria



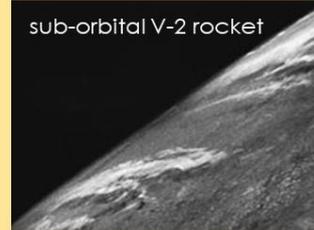
Yuri Gagarin



Apollo 11



Buzz Aldrin



sub-orbital V-2 rocket

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fotografias-aereas.htm>



<https://brasilecola.uol.com.br/>

A primeira ocorrência de sensoriamento remoto por satélite pode ser datada do lançamento do primeiro satélite artificial, Sputnik 1, pela União Soviética em 4 de outubro de 1957. O Sputnik 1 enviou de volta sinais de rádio, que os cientistas usaram para estudar a ionosfera.



<https://brasilecola.uol.com.br/>

O primeiro satélite de observação da Terra foi o LANDSAT-1

O primeiro satélite de observação brasileiro foi o SCD-1. Projetado, construído e operado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), muito utilizado pela Agência Nacional de Águas, segue retransmitindo informações para a previsão do tempo e monitoramento do nível de água dos rios e represas, entre outras aplicações.

## MOTIVAÇÕES PARA O SURGIMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE



Cosmógrafos, astrônomos e matemáticos, os primeiros a buscar métodos científicos capazes de representar a superfície terrestre.



Controle geopolítico.



Aprimorar a localização.



Compreender e prever fenômenos geológicos, ocupação de área urbana, conflitos de ocupação, monitoramento ambiental e fenômenos meteorológicos.

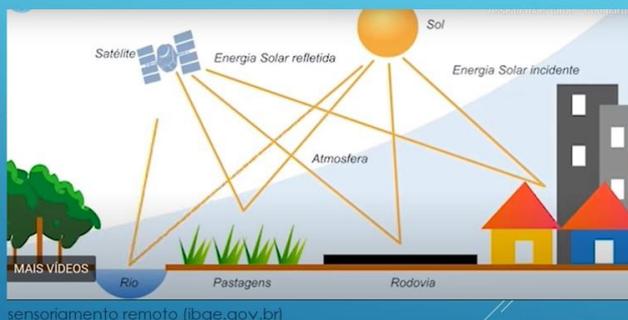
## PRINCÍPIO BÁSICO DE FUNCIONAMENTO DO IMAGEAMENTO

O sensoriamento remoto é a técnica de **obtenção de informações** acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra, sem que haja contato físico com o mesmo.

As informações podem ser obtidas através de **radiação eletromagnética**, no caso, o Sol.

São apresentadas na forma de **imagens**, sendo mais utilizadas, atualmente, aquelas captadas por **sensores óticos orbitais** localizados em **satélites**.

Os satélites, girando numa **órbita** em torno da Terra, levam consigo um **sensor** capaz de emitir e/ou receber a energia eletromagnética refletida da Terra.



Pin do jogo  
828 56666

**Kahoot!**

## APÊNDICE B2 – Jogo Kahoot

Acompanha som de suspense!  
Algumas ferramentas são gratuitas.

**Perguntas (6)** **Ocultar respostas**

1 - Quiz  
**Google Earth**  20 seg.

	É um software p/ passeio virtual no mundo e timeline de evolução de áreas.	✓
	É um software para passeio, mas sem possibilidade de adição de informações.	✗
	É possível fazer projetos educacionais com autorização do Google Corpor.	✗
	Os satélites utilizados pelo Google são somente americanos.	✗

2 - Quiz  
**A evolução das captura de imagens foi dada por**  20 seg.

	pássaros, balões, aviões e satélites	✓
	águias, bações, aviões e sensores	✗
	baleias, balões, aviões-caça e mísseis	✗
	perdizes, balões, navios e satélites	✗

3 - Slide  
**ERA ESPACIAL** 

Foi a competição entre União Soviética e Estados Unidos para ver que conseguia levar o homem para o espaço primeiro e obter maior controle de informações da superfície da Terra.

4 - Verdadeiro ou falso  
**Os maiores avanços do SR foram com o uso de aviões a partir da 1ª G. Mundial e as imagens de satélite com a G. Fria.**  20 seg.

	Verdadeiro	✓
	Falso	✗

5 - Quiz  
**O lançamento do primeiro satélite artificial foi em outubro de X, o Y pela W.**  20 seg.

	1957, Sputnik, União Soviética	✓
	1967, Gatnik, União da Suécia	✗
	1967, Sputnik, União Soviética	✗
	1967, Gatnik, União Soviética	✗

6 - Quiz  
**Agora vamos escolher um local no mundo pelo Google Earth para explorar e tentar identificar algo que não sabemos,**  20 seg.

## APÊNDICE B3 – O Sol como fonte de energia, as ondas eletromagnéticas e a luz

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO  
TÉCNICAS DO INQUIRY-BASED LEARNING NO CONTEXTO DO  
SENSORIAMENTO REMOTO



# APOIO DIDÁTICO PARA O PROFESSOR

**KELLEN MURADÁS**  
Professora Licenciada em Física e Geóloga  
Contato: kellen-muradas@educar.rs.gov.br



## O SOL: FONTE DE LUZ E ENERGIA

### CARACTERÍSTICAS DO SOL

O Sol é uma estrela do tipo anã amarela e é a estrela mais próxima da Terra, mas essa distância é enorme! Em torno de 150 milhões de quilômetros. Essa distância designou a unidade de distância chamada unidade astronômica que é exatamente a distância entre o Sol e a Terra.

A luz demora em torno de 8 minutos e 20 segundos para vir do Sol à Terra, ou seja, em torno de 500s.

O tempo gasto pela Terra para executar uma volta completa ao redor do Sol é 365 dias 5 h 48 min 46 s.



Fonte: El país (26/08/2026).

## CARACTERÍSTICAS DO SOL

O nosso planeta é bem pequeno comparando com o tamanho do Sol: possui um diâmetro da ordem de 110 vezes menor que o do Sol.

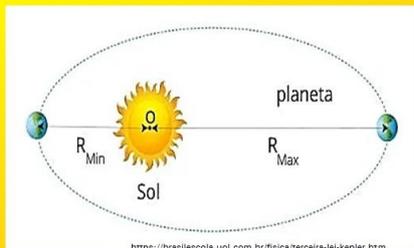


**FORA DE ESCALA!!!**

Jornal da UNESP 09/02/2022

## CARACTERÍSTICAS DO SOL O SOL E A ÓRBITA DA TERRA

O Sol está no centro (em um dos focos da elipse) da órbita dos planetas como mostra uma a **Primeira Lei de Kepler** e anteriormente a teoria do **Heliocentrismo** proposta por Nicolau Copérnico e defendida por Galileu e outros cientistas na Idade Moderna.

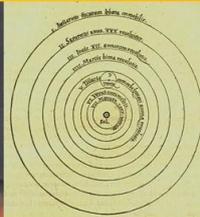
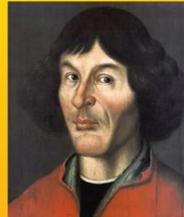


<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-kepler.htm>

O Sol nasce a leste e se põe a oeste.



<https://escolakids.uol.com.br/geografia/pontos-cardiais.htm>



<https://escoladobrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/05/teoriamodelo-copernico-CPA-ADicao-1.jpg>

## CARACTERÍSTICAS DO SOL

### ENERGIA

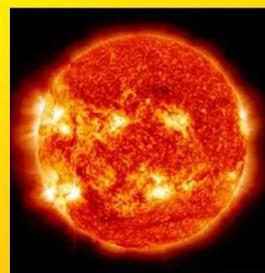
A matéria solar é constituída basicamente por hidrogênio em estado de plasma. Nele ocorre a fusão de hidrogênio em hélio.

Com o processo da fusão nuclear, o Sol produz energia continuamente.

Sabe-se que cerca de **30% da energia solar que chega à Terra é refletida de volta para o espaço;**



Agrobio.com



<https://www.infoescola.com/sol/>; 2024.

## CARACTERÍSTICAS DO SOL ENERGIA

Então, de 30% da energia solar que chega à Terra é refletida de volta para o espaço; **aproximadamente 47% dessa energia se transforma em calor**, aquecendo os continentes e os oceanos, provocando a evaporação das águas, que formam as chuvas; do ar atmosférico e pela formação de ondas no mar e processo da fotossíntese.

A energia solar pode ser aproveitada para aquecimento de água nas residências e conversão em energia elétrica.



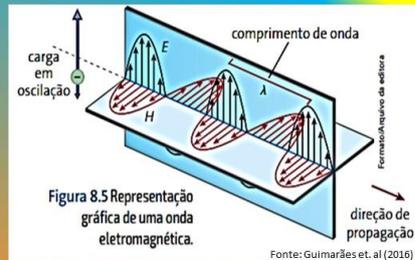
## ONDA ELETROMAGNÉTICA

PROPAGAÇÃO OSCILANTE

CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO (CARGAS ELÉTRICAS EM MOVIMENTO)

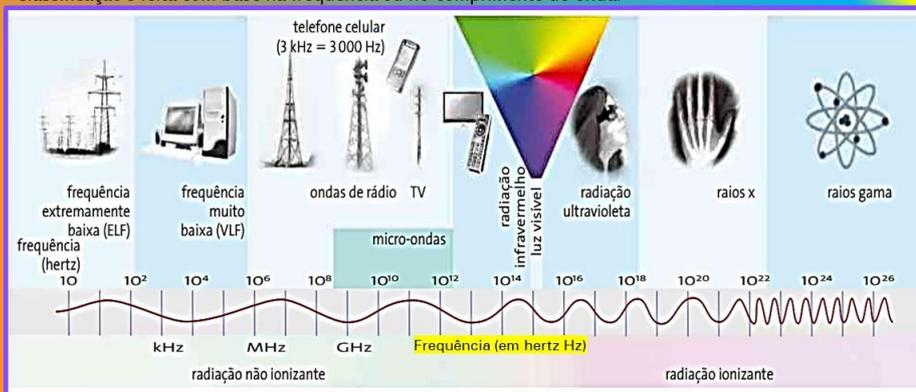
### CARACTERÍSTICAS DAS Ondas eletromagnéticas

- campo magnético perpendicular a um campo elétrico
- Podem ser geradas por variação de uma corrente elétrica, do movimento de uma carga elétrica, de um campo elétrico ou magnético
- se propagam com a mesma velocidade no vácuo – com a velocidade da luz
- sua classificação é feita com base na **frequência** ou no **comprimento de onda**.



## ONDA ELETROMAGNÉTICA E A LUZ

Classificação é feita com base na frequência ou no comprimento de onda.



# ONDA ELETROMAGNÉTICA (OEM)

Características das OEM:

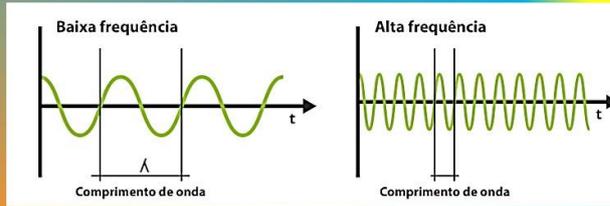
Frequência  $f$  - medida em hertz (Hz)  
 comprimento da onda  $\lambda$  - medida em metros (m)  
 velocidade da onda  $v$  - medida em metros por segundo (m/s)

## Equação

$$v = \lambda \cdot f$$

A velocidade da onda eletromagnética é  $3 \cdot 10^8$  m/s

Intervalos de tempo  $t$  de uma oscilação chama-se **período (T)**

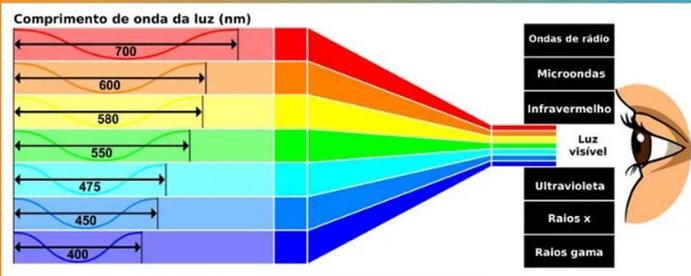


**Baixa frequência:**  
 Maior período  
 Menos oscilações em um intervalo de tempo  $t$ .  
 Comprimento de onda maior

**Alta frequência:**  
 Menor período  
 Mais oscilações em um intervalo de tempo  $t$ .  
 Comprimento de onda menor

# A LUZ

LUZ → A luz é um tipo de onda eletromagnética visível.



<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/luz.htm>

Fonte: Brasil Escola



Frequência (em hertz Hz)  
 Fonte: Guimarães et. al (2016)

# A LUZ

As primeiras ideias sobre a luz.  
 A teoria da luz por Newton.

Newton acreditou que a luz era feita de partículas emitidas pelos corpos luminosos.

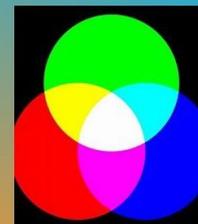
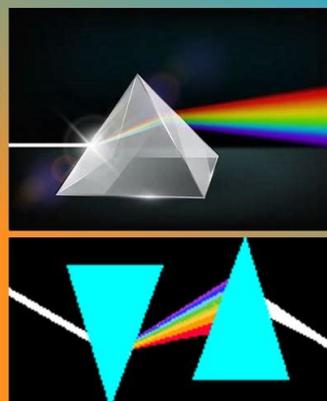
Cores diferentes corresponderiam a partículas diferentes.

No ar, todas as partículas teriam a mesma velocidade mas, entrando no prisma de vidro, a velocidade seria diferente para cada cor.

Usando dois prismas, a soma das cores resultaria no branco, mas para obter a luz branca, basta a soma das **luzes de cores primárias: vermelho, verde e azul** (RGB – red, green, blue)

A dispersão da luz por Newton

Esse conjunto de cores Newton chamou de *spectrum*.



Teoria das cores

<https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/wagnerdjir/newton/experiencias.htm>

Planck foi o pai da Teoria Quântica e mostrou que a radiação é absorvida ou emitida por meio de pacotes de energia chamados "quantum".

A luz transfere sua energia em quantidades bem definidas, proporcionais à sua frequência. A essa quantidade, Einstein deu o nome de quantum de luz.

A natureza corpuscular da luz foi confirmada por Compton (1911). Verificou-se que quando um fóton colide com um elétron, eles se comportam como corpos materiais.

Atualmente aceita-se o fato de a luz ter caráter dual: os fenômenos de reflexão, refração, interferência, difração e polarização da luz podem ser explicados pela teoria ondulatória e os de emissão e absorção podem ser explicados pela teoria corpuscular.



[https://ca.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Holly\\_Compton](https://ca.wikipedia.org/wiki/Arthur_Holly_Compton)

Compton



<https://www.britannica.com/biography/Max-Planck>

Planck



Einstein

<https://www.britannica.com/biography/Albert-Einstein>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, J.R., CARRON, W. 2016. Física Eletromagnetismo e Física Moderna. Editora Ática. p. 384.

HEWITT, P.G. 2002. Física Conceitual. Ed. Bookman, Porto Alegre. p. 290.

Website: Experiências sobre a luz e cores/PUC-SP

<https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/wagnerldjr/newton/experiencias.htm#mario>

## APÊNDICE B4 – Texto didático sobre o espectro eletromagnético



### Texto 1. Ondas eletromagnéticas

Adaptado do texto de Guimarães, Piqueira e Carron. Física vol. 3 Editora ática, 2016.

A compreensão da natureza da luz e a comprovação das ondas eletromagnética ocorreram graças ao desenvolvimento da Eletricidade, do Magnetismo e da Óptica por vários cientistas do século XVII e XIX. Thomas Young (figura 1) apresentou sua tese sobre acústica em 1796 na Universidade de Gottingen, na Alemanha (figura 2). Na sequência, depois de pesquisas com ondas sonoras, estudou interferência de raios luminosos, e através do experimento da dupla fenda conseguiu determinar o caráter ondulatório da luz. Young apresentou seus resultados à *Royal Society of London* em 1801.



Figura 1. Thomas Young.  
Fonte Wikiquote.

Vinte anos depois, Hans Christian Ørsted contribuiu para um marco muito importante ao Eletromagnetismo porque conseguiu observar a variação do campo magnético devido a passagem de corrente elétrica de um fio condutor próximo a uma bússola, associando os fenômenos de eletricidade e magnetismo (figura 3). Dando continuidade, em 1831 Michael Faraday descobriu que era possível gerar corrente através do movimento de um ímã ao redor de um fio condutor, o que seria tratado como indução eletromagnética.



Figura 2. Universidade de Gottingen na Alemanha. Fonte Wikidata.

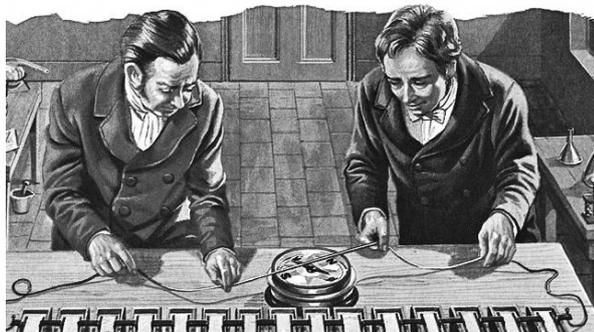


Figura 3. Durante uma aula, Ørsted verificou a agulha de uma bússola variando de posição devido a passagem de corrente elétrica.  
Fonte: <https://imamagnets.com/pt-pt/blog/a-unidade-oersted/>

James Clerk Maxwell foi um matemático e físico escocês expressou as teorias do eletromagnetismo através de equações entre 1864 e 1865. Essas equações ficaram famosas por serem a segunda grande unificação na física, depois das leis de Newton. Essas equações podiam prever a velocidade de deslocamento das ondas eletromagnéticas, que é a velocidade da luz, em torno de 300.000m/s. Mais tarde, em 1887 Henrich Rudolf Hertz (figura 4) conseguiu mostrar por experimentos que era possível produzir ondas eletromagnéticas estacionárias com a frequência de uma fonte. Ele utilizou a equação fundamental da ondulatória,  $v = \lambda \cdot f$  que relaciona velocidade, comprimento de onda e frequência. Sabendo que a frequência era a da fonte e medindo o comprimento de onda, conseguiu chegar no valor da velocidade da luz prevista por Maxwell. Assim, podemos ver que a ciência é construída através das contribuições de diversos cientistas ao longo do tempo.



Figura 4. Henrich Hertz.  
Fonte: Wikipedia.

Mas o que são ondas eletromagnéticas? São ondas que se propagam no espaço material ou no vácuo formadas por um campo magnético perpendicular a um campo elétrico (figura 5). Semelhante a

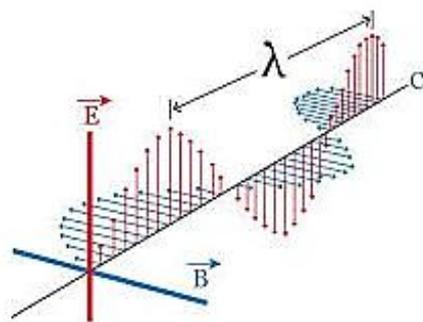


Figura 5. Onda eletromagnética: campos elétrico (E) e magnético (B) perpendiculares entre si. Fonte: Toda matéria.

uma onda no mar originada pela perturbação na água, a onda eletromagnética é gerada pela variação de uma corrente elétrica, do movimento de uma carga elétrica, de um campo elétrico ou magnético. Como Hertz verificou, a frequência das ondas produzidas é igual à frequência da fonte e a velocidade de propagação é a velocidade da luz. Então o diagrama de classificação é feita com base na frequência ou no comprimento de onda como vemos na figura 6, que é o espectro eletromagnético. As frequências das ondas eletromagnéticas variam de alguns ciclos por segundo (Hz) a valores quase inimagináveis, como  $10^{22}$  Hz, que é a frequência de alguns raios cósmicos. Cada tipo de onda eletromagnética é produzido por um dispositivo diferente. Por exemplo, obtemos ondas de rádio por meio de circuitos elétricos oscilantes, e os raios X, que compreendem frequências muito altas, são obtidos por oscilações que ocorrem em nível atômico, ou pela desaceleração brusca de elétrons.

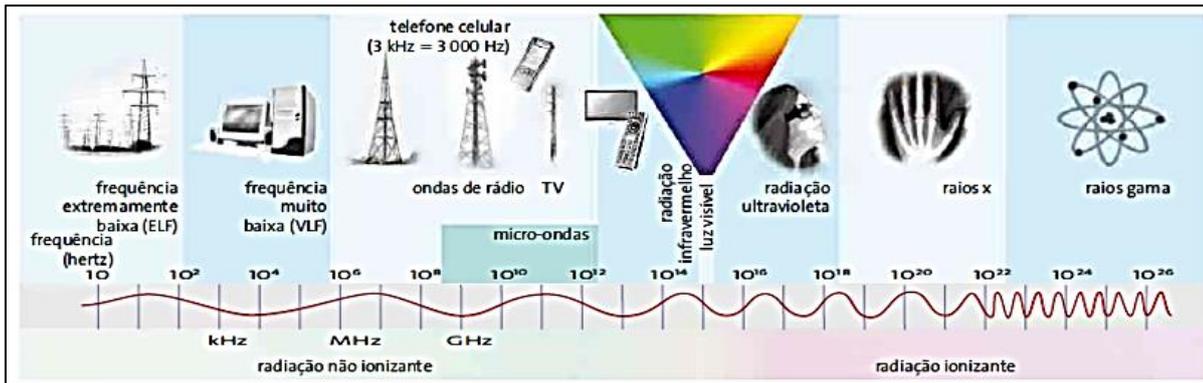


Figura 6. Espectro eletromagnético. Fonte: Guimarães et. al 2016

**QUESTÕES SOBRE O TEXTO 1: O espectro eletromagnético**

**Questão 1.** Relacione as frases e a letra do seu respectivo cientista

- ( ) Uma bússola colocada próxima a um fio percorrido por uma corrente elétrica. Essa observação, de uma corrente elétrica gerando um campo magnético, pode ser considerada como o marco zero do Eletromagnetismo, ou seja, a unificação da Eletricidade com o Magnetismo.
- ( ) Experimentos sobre a interferência de raios luminosos revelaram o caráter ondulatório da luz.
- ( ) Descobriu que era possível produzir uma corrente elétrica por meio de um ímã em movimento na região onde se encontrava um fio condutor.
- ( ) suas equações uniram as leis da Eletricidade e do Magnetismo, elas tiveram uma consequência fundamental: previam a existência de **ondas eletromagnéticas** que se deslocam no vácuo com a velocidade da luz
- ( ) usando a equação fundamental da ondulatória, comprovou a teoria de Maxwell



A- Ørsted    L- Hertz    G - Maxwell    X- Young    N- Faraday

**Questão 2.** Decida se cada frase é verdadeira ou falsa.

- ( ) Ondas eletromagnéticas são, basicamente, um campo magnético perpendicular a um campo elétrico.
- ( ) Pode-se produzir ondas eletromagnéticas no ar mediante a variação de uma corrente elétrica, do movimento de uma carga elétrica, de um campo elétrico ou magnético.
- ( ) A frequência das ondas produzidas não é igual à frequência da fonte.
- ( ) As ondas eletromagnéticas se propagam com diferentes velocidades no vácuo.
- ( ) A velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo é a velocidade da luz.
- ( ) A classificação das ondas eletromagnéticas é feita com base somente pelo comprimento de onda.
- ( ) As frequências das ondas eletromagnéticas variam de alguns ciclos por segundo (Hz) a valores quase inimagináveis, como  $10^{-2}$  Hz, que é a frequência de alguns raios cósmicos.

**Questão 3.** As ondas de rádio são as ondas eletromagnéticas com \_\_\_\_\_ frequência e \_\_\_\_\_ comprimento de onda; em seguida, temos: \_\_\_\_\_.

- a. menor; maior; micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.
- b. menor; maior; infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios gama, raios X e micro-ondas.
- c. maior; menor; micro-ondas, luz visível, infravermelho, ultravioleta, raios X e raios gama.
- d. menor; maior; micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

**Questão 4.** Suponha que ondas eletromagnéticas com comprimento de onda igual a  $1,2 \cdot 10^{-4}$  m sejam produzidas no vácuo. Em que frequência devemos sintonizar um receptor para captar essas ondas?

**Questão 5.** Sabe-se que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética depende do meio em que ela se propaga. Assim sendo, pode-se afirmar que uma onda eletromagnética na região do visível ao mudar de um meio para outro:

- a) tem somente a velocidade de propagação alterada.
- b) tem a sua cor alterada.
- c) tem a velocidade de propagação alterada, bem como a frequência e o comprimento de onda.
- d) tem a velocidade de propagação alterada, bem como o comprimento de onda, mas a frequência não muda.

**Questão 6.** O que é espectro eletromagnético?

**GABARITO**

Questão 1. AXNGL. Questão 2. VVFFVFF. Questão 3. D. Questão 4.  $2,5 \cdot 10^{12}$ Hz usando  $v=f \cdot \lambda$  Questão 5. C. Questão 6. É o intervalo de propagação de todas as possíveis frequências (ou comprimento de onda) da radiação eletromagnética que se estende desde as ondas de baixa frequência, ondas de rádio (maior comprimento de onda), até as de maior frequência como as da radiação gama (menor comprimento de onda).

# APÊNDICE B5 – Física de ondas eletromagnéticas aplicada ao Sensoriamento Remoto

PARTE 3

## APOIO DIDÁTICO PARA O PROFESSOR

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: UTILIZANDO TÉCNICAS DO INQUIRY-BASED LEARNING NO CONTEXTO DO SENSORIAMENTO REMOTO

KELLEN MURADÁS

Professora Licenciada em Física e Geóloga  
Contato: kellen-muradas@educar.rs.gov.br



PARTE 3

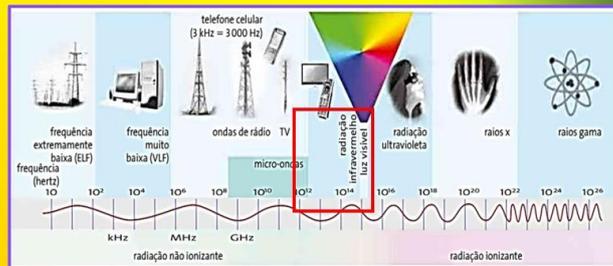
## Física de ondas eletromagnéticas aplicada ao Sensoriamento Remoto

KELLEN MURADÁS



### Os tipos de ondas eletromagnéticas importantes no sensoriamento remoto

A principal faixa do espectro utilizada para o sensoriamento remoto dos recursos terrestres está entre os comprimentos de onda de  $0,4 \mu\text{m}$  e  $12 \mu\text{m}$ , na região do visível e do infravermelho e entre 3 cm e 68 cm na região das micro-ondas.

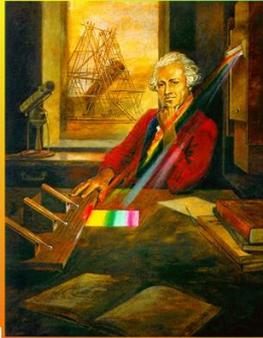


# Radiação infravermelha

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822) descobriu que eles eram refletidos, refratados, absorvidos e transmitidos de modo semelhante à luz visível.

Era uma forma de radiação, atualmente conhecidas como radiação **INFRAVERMELHA**. O prefixo infra significa abaixo, portanto, infravermelho quer dizer a região do espectro imediatamente abaixo do vermelho.

A experiência de Herschel foi tremendamente importante porque ela marcou a **primeira vez que alguém demonstrou que haviam tipos de luz\* que não conseguimos ver com nossos olhos.**  
\*ondas eletromagnéticas



Fonte: Espaço Ciência Viva



NASA "Cool Cosmos" website: [http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic\\_kids/learn\\_ir/index.htm](http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_kids/learn_ir/index.htm)

Adaptado de Espaço Ciência Viva

Fonte: <https://cienciaiviva.org.br/como-herschel-descobriu-o-infravermelho/>

## Sensores e detectores de infravermelho possuem muitas aplicações.

Organismos vivos emitem infravermelho.



Wang et al. 2021. Urban Green Infrastructure Monitoring Using Remote Sensing from Integrated Forward Thermal Infrared Cameras Mounted on a Moving Vehicle. Revista Sensors.

Controle remoto



<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>

Monitoramento de aquecedores, incêndio, e falhas em estruturas prediais.



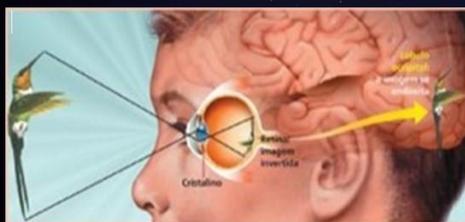
<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>

Retomando...

O que é luz? A luz é um tipo de onda eletromagnética visível para o ser humano.

Qual é a relação da luz com o nosso sistema sensorial?

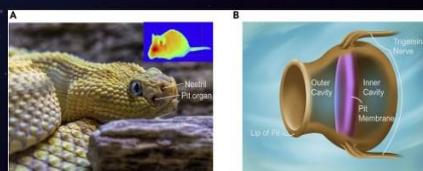
A luz quando chega na retina estimula células especializadas, os **fotorreceptores**, em converter o impulso luminoso em estímulo elétrico. Existem 2 tipos; os cones, especializados em **visão colorida** e de detalhes, localizados especialmente na região central e os bastonetes, especializados na **visão noturna**, que se localizam na periferia da retina. O estímulo elétrico decodificado pelas células da retina e conduzido para o **cérebro que interpreta as informações.**



Fonte: artigos do Hospital da Visão Santa Catarina por Dr Astor Grumann Junior. Acesso em <https://www.hospitalvisaosc.com.br/artigo/11/como-funciona-o-olho-humano-7>

Víboras, pítons e jibóias têm buracos em seus rostos chamados **órgãos de fossa**, que contém uma membrana que **pode detectar radiação infravermelha** de corpos quentes a **até um metro de distância**. À noite, os **órgãos das fossas** permitem que as cobras "vejam" uma imagem do seu predador ou presa – como faz uma **câmera infravermelha**.

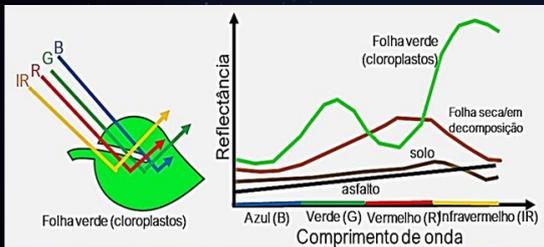
Fonte: J. Fang. Snake Infrared detection unravelled. Nature 2010.



Fonte: Faezeh Darbianyan et al. 2021. Soft Matter Mechanics and the Mechanisms Underpinning the Infrared Vision of Snakes. Revista Matters.

## Reflectância: um conceito muito importante!

A capacidade de um objeto de refletir a energia radiante que absorveu do Sol indica a sua **reflectância**.



A figura mostra uma folha absorvendo a luz do Sol e algumas ondas eletromagnéticas são mais absorvidas que outras, logo, menos refletidas e vice-versa. Neste caso a folha reflete mais infravermelho e a luz visível verde. O diagrama da reflectância vs. comprimento de onda mostra o intervalo da luz azul à vermelho e o infravermelho para três materiais: uma folha verde (a), uma folha seca (b) e uma amostra de solo (c) e o asfalto de uma estrada. Adaptado de Steffen (sd.) e Reddy et al. (2020).

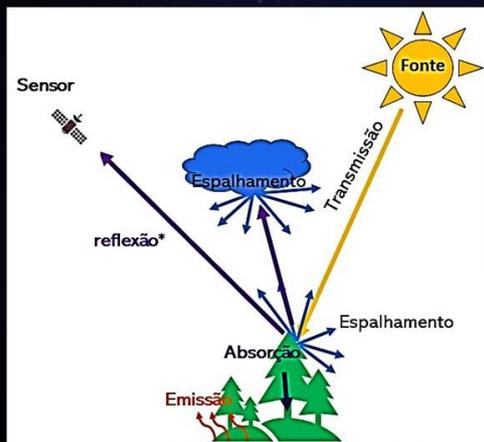
É a razão entre a quantidade de energia radiante refletida por uma superfície e a quantidade de energia radiante incidente na mesma superfície em determinada faixa do espectro eletromagnético no mesmo intervalo de tempo.

A reflectância é expressa em porcentagem ou por um número entre 0 e 1 que indica a fração da energia incidente sobre o alvo que foi refletida.

Para se obter a reflectância é preciso medir os fluxos radiantes (quantidade de energia por unidade de tempo) refletido e incidente sobre uma superfície ou alvo em determinada faixa do espectro.

Fonte: Geotecnologias e geoinformação. Brasília, DF: Embrapa, 2014. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/digital.jsp>

## PROCESSOS FÍSICOS



No processo de interação da radiação com a atmosfera e a superfície da Terra, a energia pode ser transmitida, absorvida, espalhada e refletida.

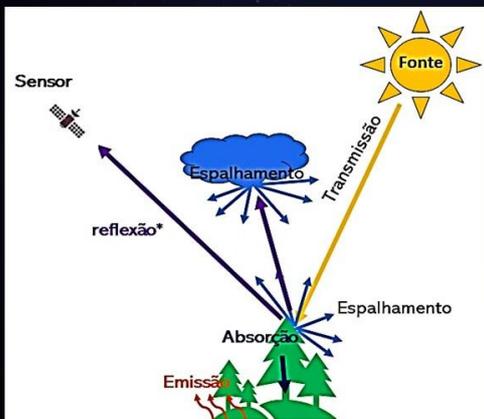
A **radiação transmitida** atravessa o material ou o meio, como por exemplo, a radiação que atravessa a atmosfera.

Pode também ser **absorvida**, quando retida pelo meio e convertida em outros tipos de energia.

O **espalhamento** é muito comum, é quando a radiação de espalha de forma difusa em várias direções.

A figura mostra esses processos a partir da fonte de luz, o Sol, e a interação com um objeto na superfície, no caso, uma floresta.

## PROCESSOS FÍSICOS



## Reflectância

Geralmente tratamos a reflexão da radiação quando a radiação retorna ao meio como se o meio fosse um espelho em um ângulo simétrico ao de incidência. A reflexão é vista com mais clareza na superfície de águas calmas, onde podemos ver a imagem dos arredores e do céu como um espelho. No sensoriamento remoto, tratamos o conceito de reflexão de forma um pouco diferente: trata-se da radiação que é emitida após interação com os objetos da superfície. Além disso, a radiação pode ser emitida geralmente em comprimentos de onda mais longos, como em superfícies escuras que absorvem a radiação no visível e emitem em forma de calor. No slide 7, por exemplo, vemos que a folha reflete de forma diferente os comprimentos de onda, isso se deve justamente por causa da diferença que existe entre a radiação incidente na folha e a refletida por ela. A razão entre radiação incidente e absorvida é o que chamamos de reflectância no sensoriamento remoto (EMBRAPA, 2014).

# Bandas espectrais

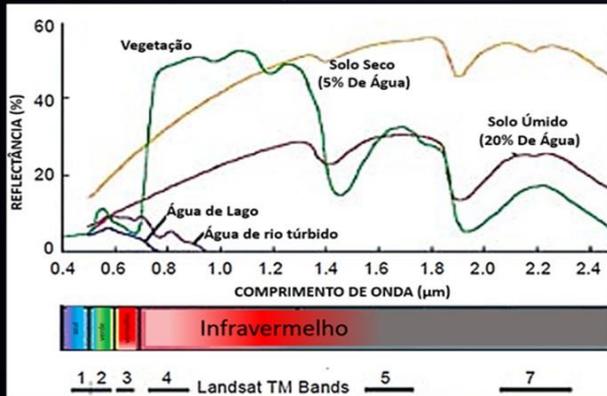


Figura 9. Curvas típicas de reflectância espectral para vegetação, solo e água (Muradás 2023 adaptado de Jiang, 2013). Verifica-se as faixas de abrangência dos sensores do satélite LANDSAT e de comprimento de ondas do visível (azul, verde, vermelho) e infravermelho.

São o intervalo entre dois comprimentos de onda no espectro eletromagnético. Geralmente, o nome da banda espectral refere-se à região do espectro onde ela está localizada (infravermelho próximo, azul, verde, infravermelho termal, etc.). Muitos dos sistemas sensores registram a energia refletida ou emitida pelo alvo em diferentes bandas do espectro eletromagnético.

Se esse registro for feito por meio de imagens, será gerada uma **imagem do alvo para cada banda**.

As curvas no gráfico são curvas de reflectância ou também chamadas de **assinaturas espectrais**. É um gráfico da reflectância de um objeto em função do comprimento de onda do espectro eletromagnético.

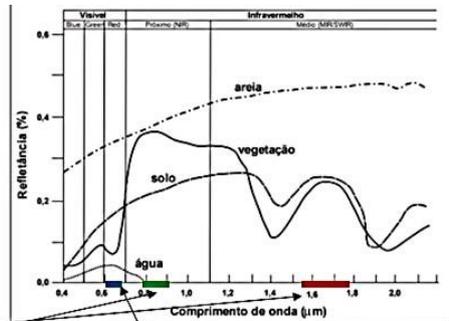
Fonte: Geotecnologias e geoinformação Brasília, DF: Embrapa, 2014. <https://ainfo.cnpia.embrapa.br/digital/digital.jsp>



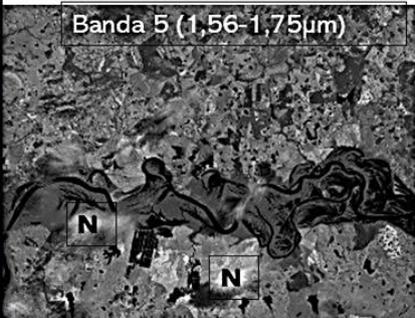
Composição RGB 543

Banda 5 no canal vermelho R  
Banda 4 no canal verde G  
Banda 3 no canal azul B

A cor magenta é o resultado da soma do vermelho e azul, indicando solo encharcado



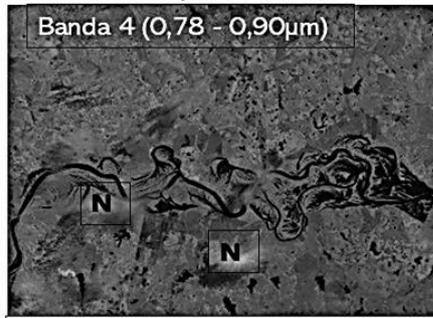
Fonte: Novo (2010).



Banda 5 (1,56-1,75µm)

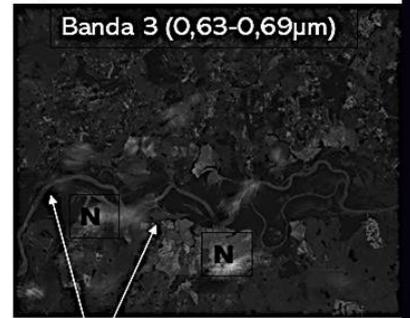
Pontos de refletância alta (níveis de cinza claro) diferencia corpos rochosos e areias

N=nuvem (alta refletância)



Banda 4 (0,78 - 0,90µm)

Pontos de refletância alta (níveis de cinza claro) diferencia vegetação. Note que há grande parte de cinza claro entre os meandros do rio Jacuí.



Banda 3 (0,63-0,69µm)

Pontos de refletância alta (níveis de cinza claro) corpos encharcados e drenagens e áreas alagadiças.

## APÊNDICE B6 – Questionário

### QUESTIONÁRIO

1. Sobre o Google Earth posso afirmar que:

- é um software
- permite passear de forma virtual pelo mundo todo
- as imagens são capturadas por satélites
- é voltado para entretenimento e educação
- podemos ver feições naturais como rios, montanhas, praias, pontos turísticos, cidades históricas e os destinos de viagem.

2. Cite os três tipos de monitoramento ambiental que são aplicações importantes do sensoriamento remoto pelo uso de imagens de satélite verificadas na apresentação abaixo:

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

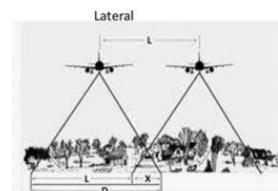


3. Decida a alternativa correta em “A(s) \_\_\_\_\_ permite(m) gerar um modelo tridimensional do terreno”.

- a. cobertura
- b. fotogrametria
- c. câmeras fotográficas
- d. ilustração do mapa

7. Observe a figura e decida se a sentença é Verdadeira ou Falsa:

As fotografias aéreas são realizadas horizontalmente devido à altura em relação ao solo. Para obter uma cobertura completa do terreno a ser representado, as fotografias aéreas são tomadas verticalmente de modo sobreposto.



5. Os maiores avanços no seguimento do SR ocorreram com o advento do avião, a partir de 1906, com destaque para a aviação militar que estava sendo explorada na Primeira Guerra Mundial.

→ Como você relaciona o controle do território com as questões bélicas e o avanço nas tecnologias do imageamento?

6. Relacione as colunas sobre os satélites

- a. LANDSAT      ( ) União Soviética      ( ) 1972
- b. SCS-1        ( ) EUA-NASA            ( ) 1993
- c. SPUTNIK     ( ) Brasil                ( ) 1957

7. Sobre sensoriamento remoto, verifique quais são sentenças verdadeiras:

- SR é a técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra
- As técnicas SR tem contato físico com o alvo porque a radiação “toca” o alvo.
- A fonte de radiação eletromagnética incidente é a Terra.

- ( ) A assinatura espectral é uma curva de refletância para os comprimento de onda da radiação captada obtida para caracterizar objetos da superfície.
- ( ) Os satélites possuem sensores para captar as ondas eletromagnéticas.
- ( ) O SR usa somente ondas no comprimento de onda das radiações infravermelho.

8. A radiação é uma combinação de campos \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, que se mostra como uma forma eficiente de transmissão de energia propagada do Sol à Terra por ondas eletromagnéticas

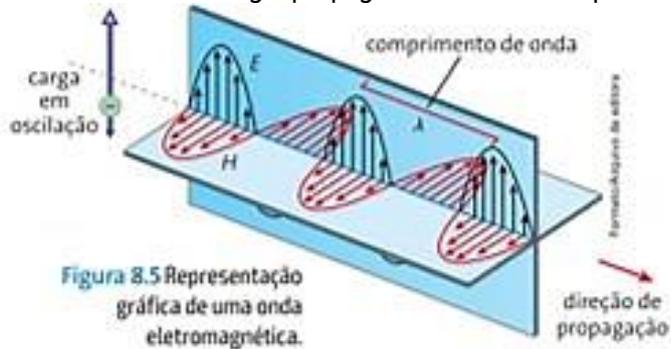
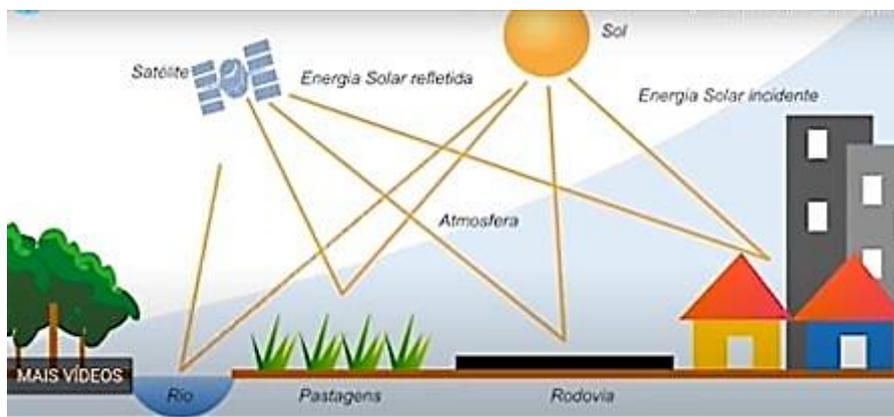


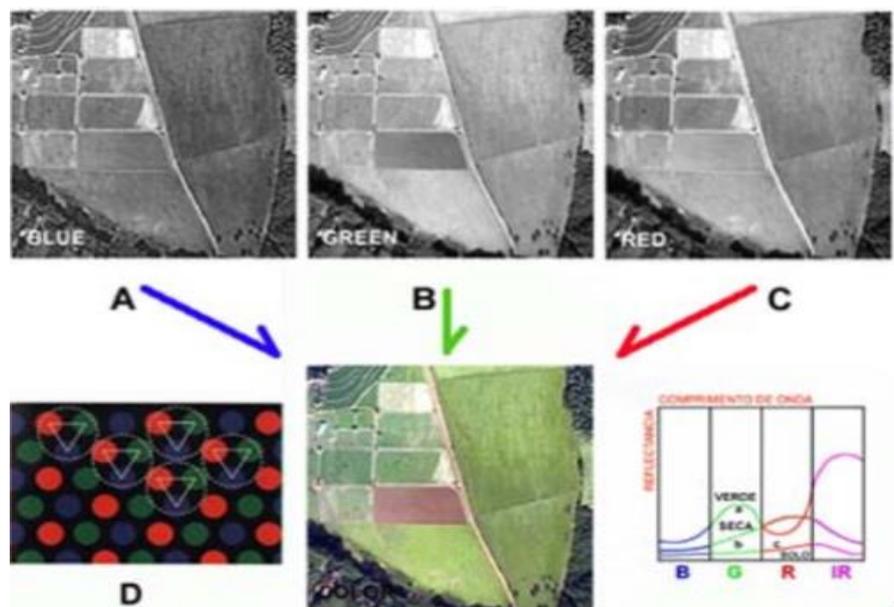
Figura 8.5 Representação gráfica de uma onda eletromagnética.

9. Explique a figura de forma sucinta, ou seja, o funcionamento básico do sensoriamento remoto.



10. Identifique na figura:

- a. as bandas,
- b. a composição
- c. uma região de alta refletância
- d. uma região de baixa refletância
- e. uma assinatura espectral
- f. o pico de refletância de uma assinatura espectral
- g. a banda do pico que você identificou



## GABARITO COMENTADO

1. Você pode afirmar todas as alternativas.

2. Nesta questão é importante citar o monitoramento ambiental climático como o degelo das geleiras e também várias outras informações ambientais como áreas desmatadas, incendiadas, crescimento da zona urbana.

Monitoramento de áreas urbanas

Monitoramento de áreas rurais

Monitoramento climático

3. Fotogrametria

4. **CORREÇÃO** As fotografias aéreas são realizadas **VERTICALMENTE** devido à altura em relação ao solo. Para obter uma cobertura completa do terreno a ser representado, as fotografias aéreas são tomadas **HORIZONTLMENTE** de modo sobreposto.

Ao apresentar os slides você pode mostrar na figura que o avião tira fotos em linhas com uma parte sobreposta e é justamente esta área de sobreposição que será obtida o relevo. Ou seja, o que se fazia era aproximar duas fotografias com a mesma área de sobreposição no estereoscópio para tornar a imagem 3D. Você pode comparar com a visão humana, pois a visão tridimensional se forma a partir da fusão das imagens captadas separadamente por cada um dos olhos. É como se cada olho fosse tirar uma fotografia e o cérebro é o estereoscópio que vai sobrepor a imagem e formar a profundidade.

5. Aqui o professor pode fazer a relação das guerras com interesse de controle territorial, pois conhecer o território do inimigo é o que faz ter a melhor estratégia para vencê-lo. Por isso a importância de mostrar a evolução das tecnologias de aquisição de imagem (desde os balões, aos aviões e aos satélites). No século XX a sede de conhecimento não se limita apenas a área de um determinado país, mas expandiu para o planeta. O feito de o homem ir para o espaço também se torna uma ambição por reconhecimento e poder. No entanto, essa corrida pelo controle territorial a nível de escala planetária impulsionou o desenvolvimento de tecnologias importantes com o uso da Física, pois para colocar um satélite em órbita é necessário conhecer muitos conceitos que envolvem dinâmica, gravitação e eletromagnetismo para desenvolver os sensores que registram atividades de radiação na ionosfera, assim como as imagens do planeta.

6. SPUTNIK União Soviética 1957 /LANDSAT EUA-NASA1972 /SCS-1 Brasil1993

7.

( X ) SR é a técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra.

Sim, tudo certo!

( ) As técnicas SR tem contato físico com o alvo porque a radiação “toca” o alvo.

Falso. O SR é caracterizado por não ter contato físico com o objeto, por isso “remoto”.

( ) A fonte de radiação eletromagnética incidente é a Terra.

Falso. A fonte de radiação eletromagnética incidente é o Sol.

( X ) A assinatura espectral é uma curva de refletância para os comprimento de onda da radiação captada obtida para caracterizar objetos da superfície.

Sim, tudo certo!

( X ) Os satélites possuem sensores para captar as ondas eletromagnéticas.

Sim, tudo certo! Nesse caso chamamos de sensores passivos.

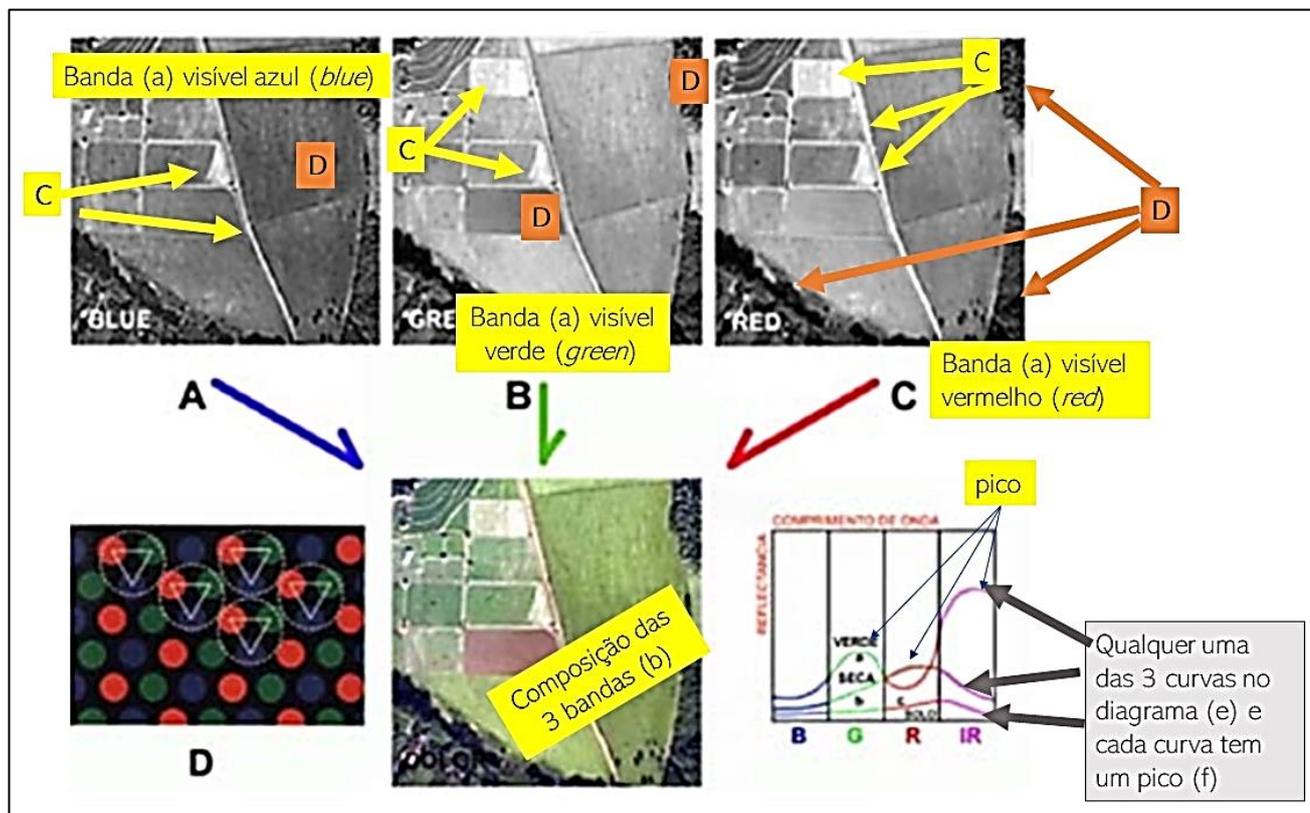
( ) O SR usa somente ondas no comprimento de onda das radiações infravermelho.  
Falso. Utiliza a luz visível, microondas também.

### 8. Elétrico e magnético

9. O sol é a fonte de radiação que incide na superfície da Terra. Essa radiação interage com a atmosfera e a superfície, pois dependendo do objeto (prédios, rio, pastagem, asfalto, ....), absorve em maior ou menor intensidade em determinados comprimentos de onda, refletindo o restante. O que o objeto reflete é captado pelo sensor no satélite e assim é gerada a imagem a partir da onda eletromagnética captada.

10. Na figura você verá as letras dos subitens do exercício. As áreas com mais alta refletância (c) possuem tons de cinza claros, quanto mais claro o tom de cinza, maior a refletância nessa banda. Note que a estrada que atravessa as plantações tem refletância alta. Note também que dependendo da banda, a mesma área pode apresentar refletâncias diferentes. Nesse contexto, pode estar associada a fase e o tipo de plantio. Esse exercício pode ser corrigido na projeção de slides.

O diagrama possui três curvas: folha verde, folha seca e a mais de baixo, o solo. Cada curva tem um pico, uma região onde a refletância é mais alta. Na curva da folha verde o pico mais alto é na região do infravermelho e o segundo pico é na região verde do visível; na curva da folha seca (a curva do meio) o pico é na região vermelha do visível; na curva solo, o pico é discreto entre a região vermelha do visível e infravermelho.

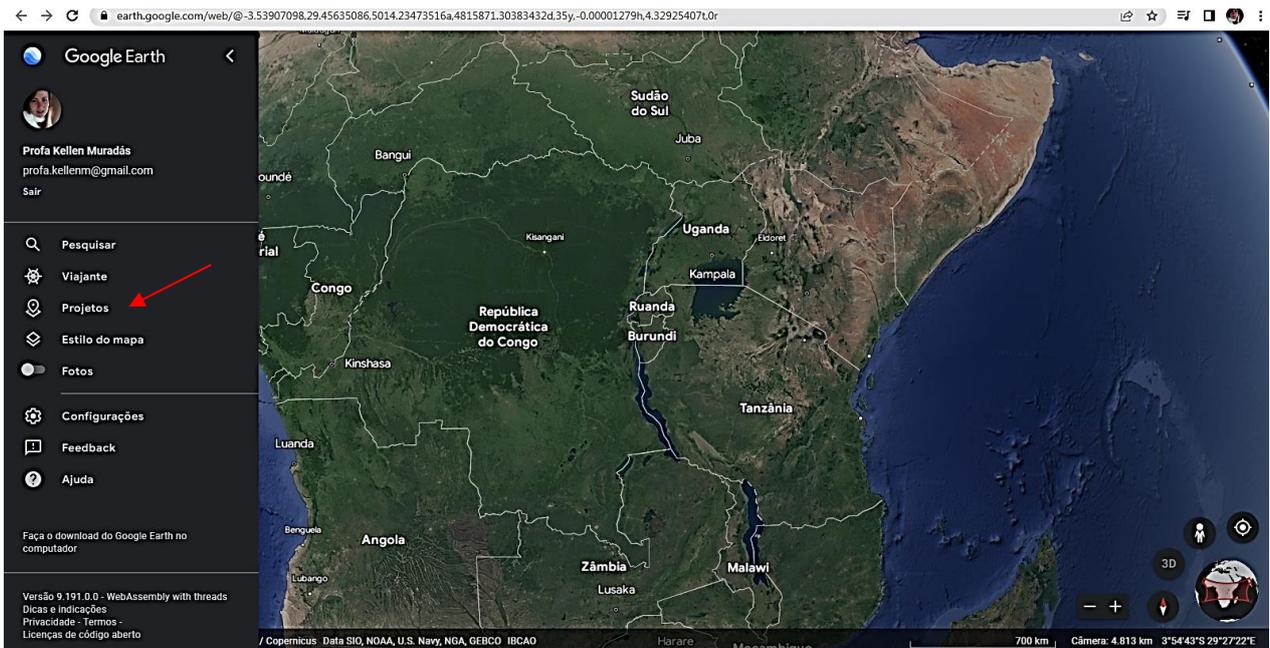


# APÊNDICE C – Projeto Investigativo

## APÊNDICE C1 – Roteiro do Google Earth para Anteprojeto

### ROTEIRO GOOGLE EARTH - PROJETO

#### 1. Clicar em “projetos”



#### 2. Clicar em “criar”

3. Escolha entre criar projeto no Google Drive ou arquivo kml. Na segunda opção você vai diretamente desenhar o polígono da sua área de estudo. A extensão desse arquivo é .kml e esse arquivo é aceito em softwares de SIG.



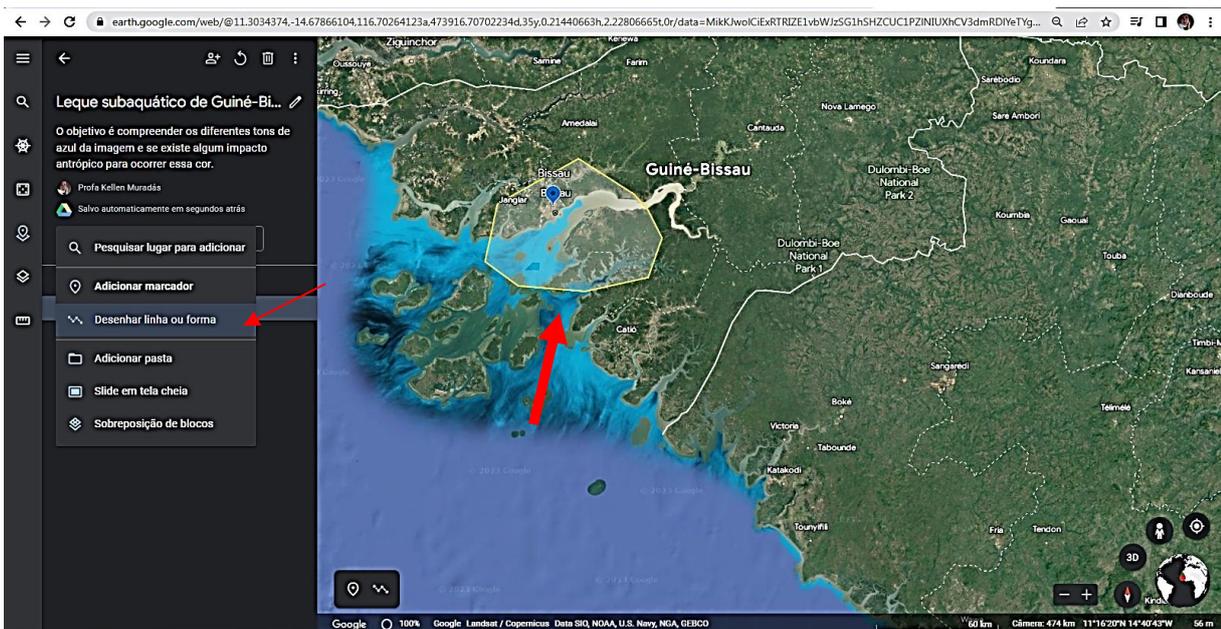
4. Escolhi a primeira opção porque eu não tenho um arquivo .kml e vou fazer o polígono da minha área de estudo. Então, aparece a opção “novo elemento”.



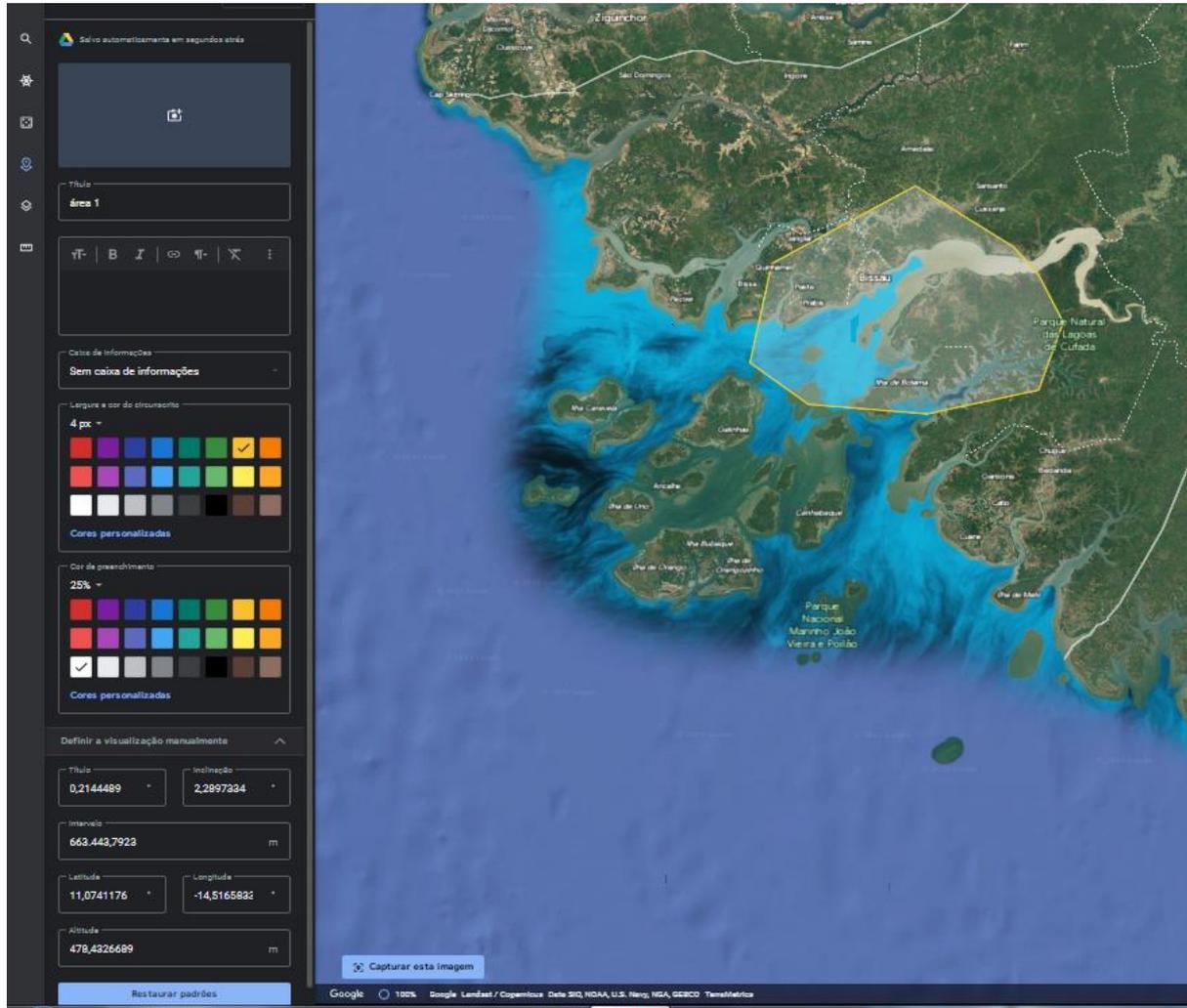
5. Posso preencher o nome do projeto em “Projeto sem título” e clicar na caneta na figura do passo 4 à direita para descrever o objetivo do projeto.



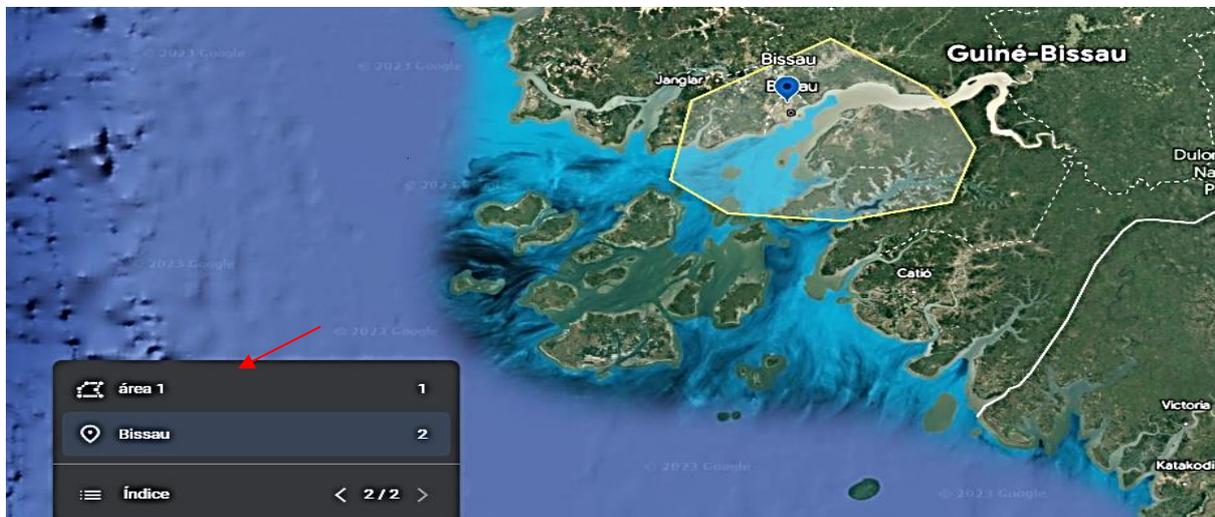
6. Em “novos elementos” na figura do passo 5 aparecerá várias opções, como adicionar marcador, desenhar linha ou forma. Você também pode adicionar esses dados em uma pasta, mostrar o cenário em tela cheia e sobrepor blocos de informações.



7. A próxima figura mostra detalhes para fazer um polígono.



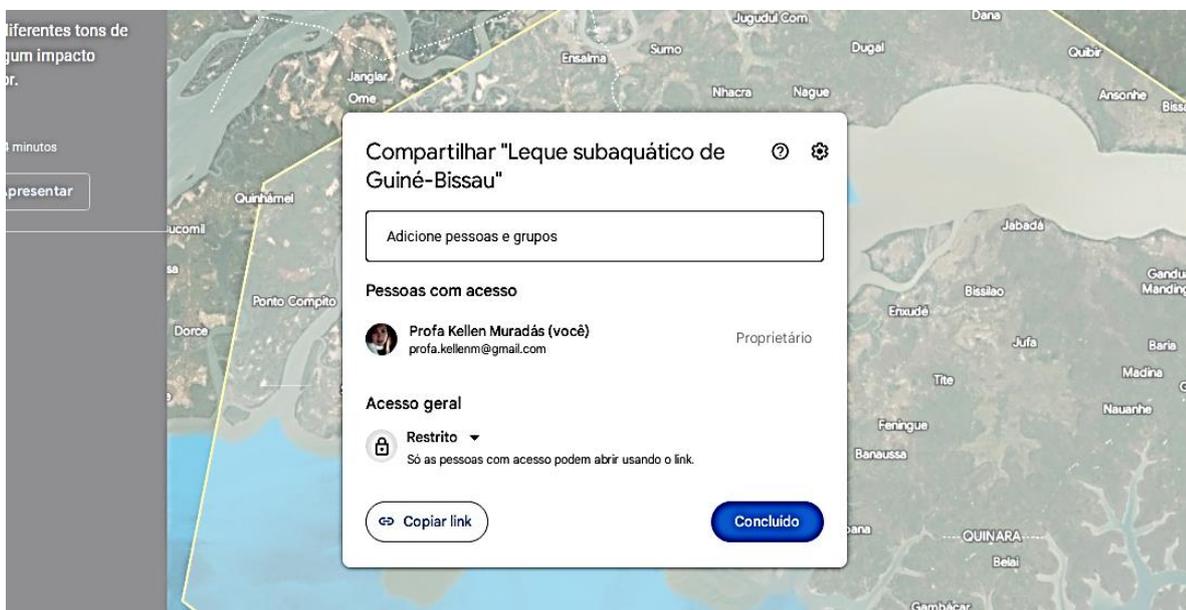
8. Clicando em “apresentar” na figura do passo 5 (ao lado de “novo elemento” você pode ver os elementos que você criou no projeto. Neste exemplo: o polígono “área 1” e o marcador “Bissau”.



9. Para compartilhar o projeto, basta clicar no primeiro ícone.



10. A janela mostra a opção de compartilhamento



## APÊNDICE C2 – Coleta de dados da área

07/08/2023 23:06

Recolhendo dados

### Recolhendo dados

Digite seu texto aqui.

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. Nome dos integrantes \*

---

2. Área de estudo. Descreva a área e onde fica. \*

---

---

---

---

---

3. Localização em coordenadas geográficas \*

---

4. Motivação da escolha da área e possíveis impactos ambientais. \*

---

---

---

---

---

5. Problema a ser investigado.

---

---

---

---

---

6. Citar alvo 1 a ser investigado. \*

---

7. Citar alvo 2 a ser investigado. \*

---

8. Há outra questão importante a ser investigada? \*

---

---

---

---

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

# APÊNDICE C3 – Diagrama de Etapas do Processo Investigativo

GRUPO:

TAREFA: Enumere pelo menos 3 perguntas de cada etapa e responda-as a seguir.



ETAPA 1

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ETAPA 2

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ETAPA 3

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

ETAPA 4

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## APÊNDICE C4 – Relatório de estudo interdisciplinar

### TEMPLATE RELATÓRIO INVESTIGATIVO AMBIENTAL

Projeto interdisciplinar das Disciplinas de Física e Geografia  
Professores Kellen Muradás e Fredi dos Santos Bento

Nome dos componentes:

Introdução

Apresentar a área de estudo, motivação, problema,... Informações relatadas no formulário “recolhendo dados”.

Desenvolvimento

Software utilizado, composição das imagens, descrição do que proporem nas etapas investigativas 1 e 2 do Diagrama do Processo Investigativo.

1. Localizar, identificar os alvos
2. Fazer pelo menos duas composições de imagens e verificar diferenças na facilidade de ver o alvo

Resultados

3. Fazer print das imagens registrando as composições na ordem RGB
4. Descrever as diferenças que encontraram nas composições
5. Descrever o impacto ambiental
6. Por que consigo ver um alvo melhor em uma banda? Por que consigo ver um alvo melhor em uma determinada composição?
7. Verificar as bandas separadamente e verificar diferenças na facilidade de ver o alvo
8. Esse alvo é ressaltado em qual banda e qual composição de bandas?
9. O que isso tem a ver com as assinaturas espectrais dos alvos?
10. Voltar para o diagrama de investigação e responder as perguntas das etapas 3 e 4

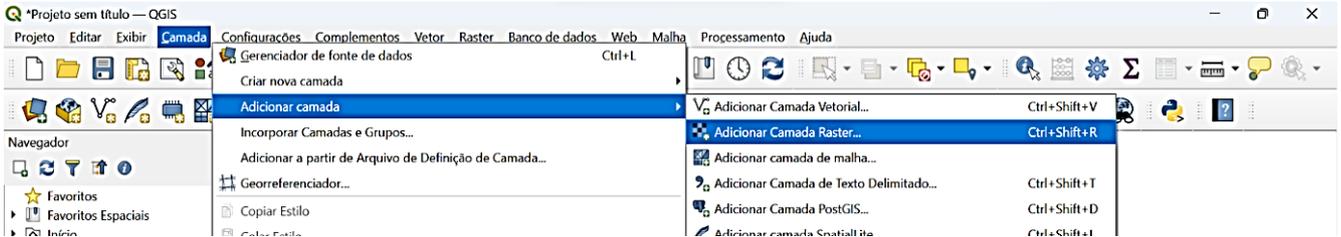
Conclusões

11. Voltar para a questão problematizadora
12. Fazer uma síntese conclusiva do trabalho e se alcançaram o objetivo proposto e comentar sobre a qualidade do resultado

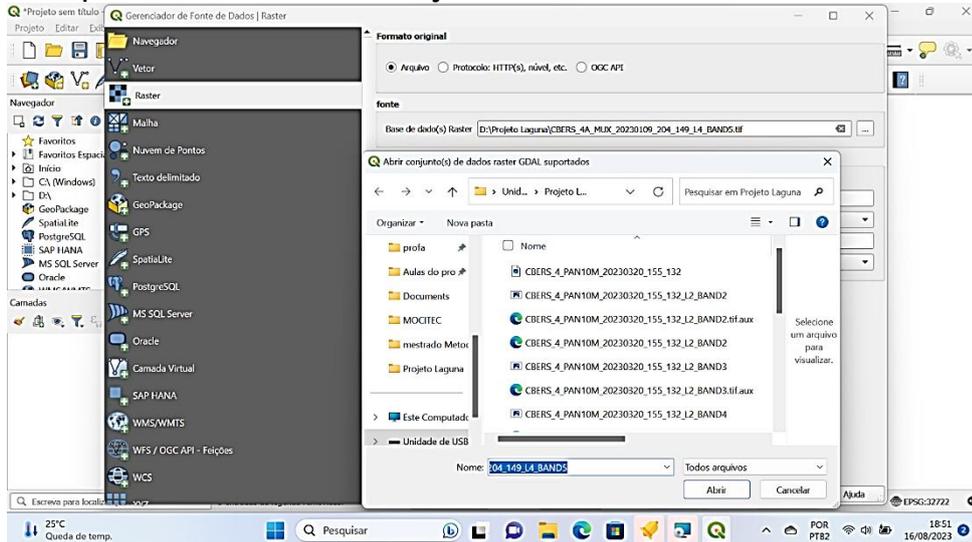
## ROTEIRO QGIS

### ATIVIDADE 1

1. Para inserir a imagem de uma banda de satélite clique em Camada - Adicionar Camada - Adicionar Camada Raster.

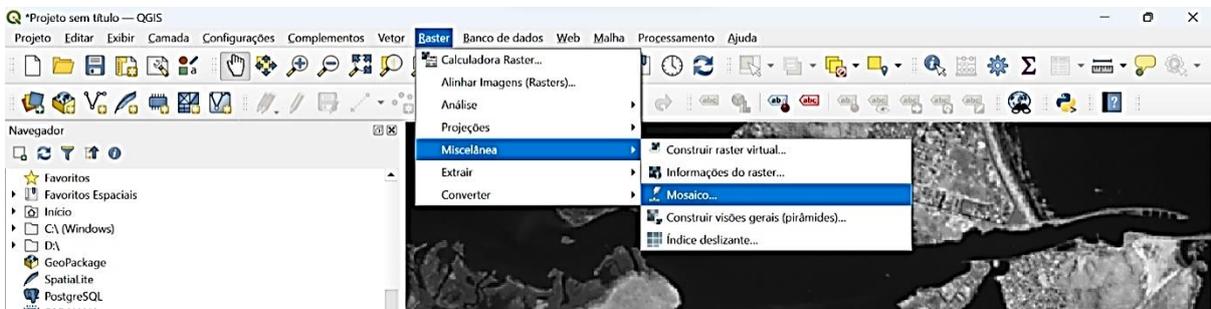


2. Clique nos ... na parte esquerda em “fonte” para selecionar o arquivo da imagem e assim, insira quantas bandas você desejar.

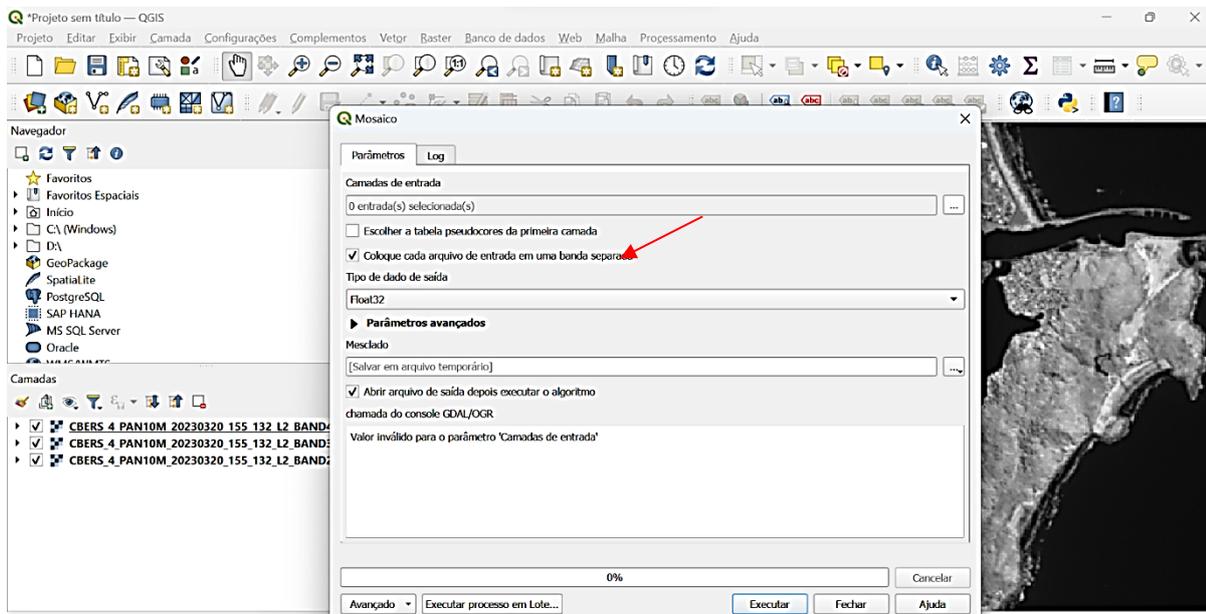


### ATIVIDADE 2

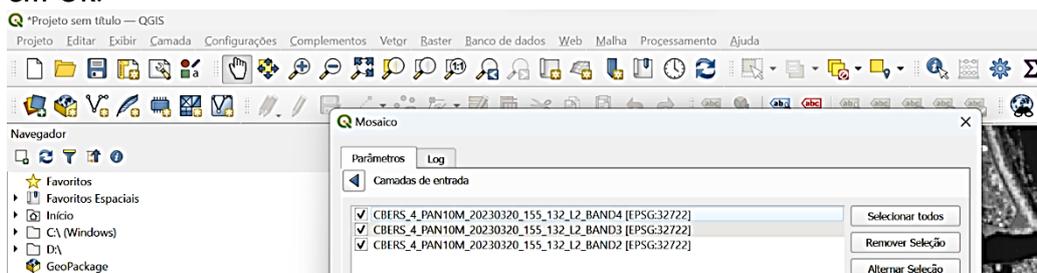
1. Para fazer a composição RGB, clique em Raster - Miscelânea - Mosaico



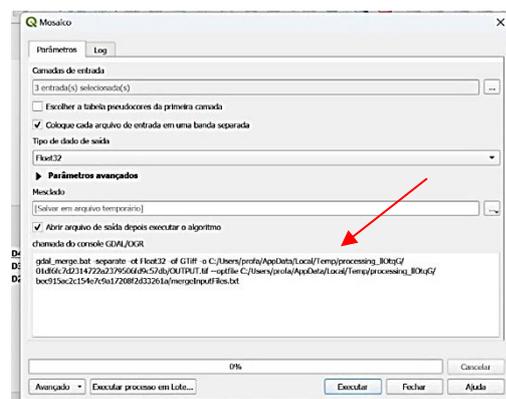
2. Selecione a opção “Coloque cada arquivo de entrada em uma banda separada”. Clique em ... “camada de entrada” para selecionar as imagens.



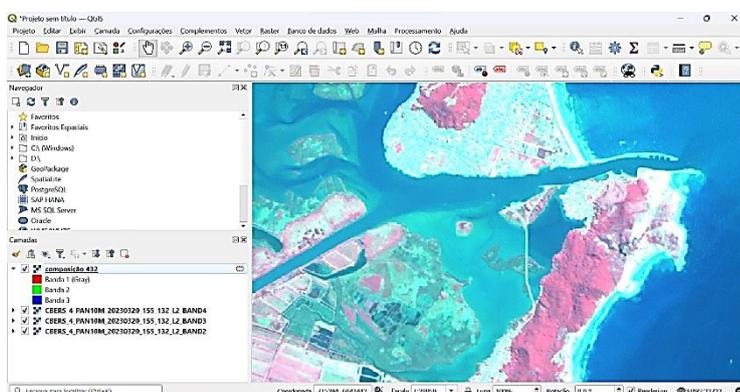
3. Selecione as bandas que você irá usar na composição. Elas devem estar disponíveis em “Camadas” à esquerda na interface. Note que de cima para baixo elas estarão na ordem RGB, então, neste exemplo, R será a banda 4, G será a banda 3, B será a banda 2. Clique em Ok.



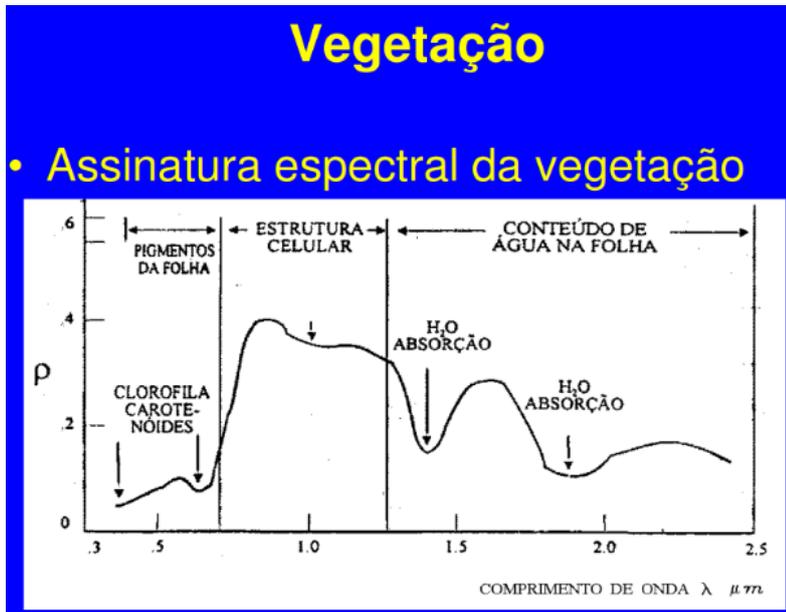
4. Clique em executar e aparecerá uma mensagem que a operação foi completa, 100% na barra de andamento.



5. A composição aparecerá em Camada e você poderá renomear para a composição que você fez.

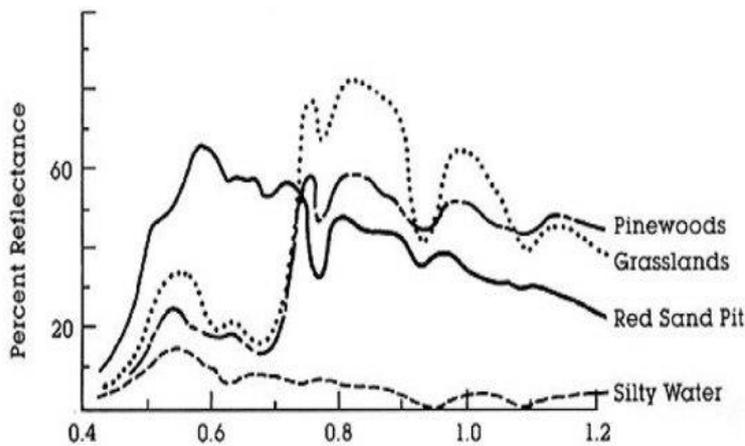


APÊNDICE C6 – Referências bibliográficas de assinaturas espectrais e de bandas espectrais

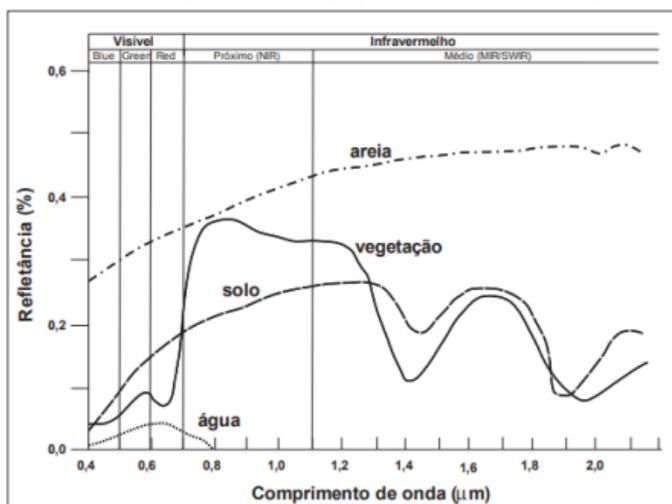


Fonte: Escola Politécnica da USP.

Fonte: Escola Politécnica da USP.



Conell, 2007. [The Use of Image Fusion in the Classification of the Vegetation of Glengarriff Nature Reserve.](#)



Fonte: Novo, 2010.

Fonte: Novo (2010).

<b>CBERS 4 (07 de dezembro de 2014)</b>		<b>CBERS 4A (20 de dezembro de 2019)</b>	
<i>Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN)</i>		<i>Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM)</i>	
Característica	Dado	Característica	Dado
Bandas Espectrais	B01: 0,51 - 0,85 $\mu\text{m}$ (Pan) B02: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ (Green) B03: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (Red) B04: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (NIR)	Bandas Espectrais	P: 0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ (Pancromática) B1: 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ (Blue) B2: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ (Green) B3: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (Red) B4: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (NIR)
Largura da Faixa Imageada	60 km	Largura da Faixa Imageada	92 km
Resolução Espacial	5 m (pancromática) 10 m (multiespectral)	Resolução Espacial	2 m (pancromática) 8 m (multiespectral)
Visada Lateral de Espelho	$\pm 32^\circ$	Visada Lateral de Espelho	Não

Fonte: Geosaber.com.br

**Tabela 1** – Parâmetros de imageamento do CBERS-2 CCD, IR-MSS e WFI e Landsat ETM+ (pan = pancromático; IV = infravermelho).

Parâmetro	CBERS-2 <sup>a</sup>			Landsat ETM+ <sup>b</sup>	
	CCD	IR-MSS	WFI		
Bandas ( $\mu\text{m}$ )	1	0,45-0,52	0,50-1,10 (pan)	0,63-0,69	0,45-0,52
	2	0,52-0,59	1,55-1,75	0,76-0,90	0,53-0,61
	3	0,63-0,69	2,08-2,35		0,63-0,69
	4	0,77-0,89	10,40-12,50		0,78-0,90
	5	0,51-0,73 (pan)			1,56-1,75
	6				10,4-12,5 (termal)
	7				2,09-2,35
	8				0,52-0,90 (pan)
Resolução espacial	20 metros	80 metros (pan e IV)  160 metros (termal)	260 metros	30 metros 15 metros (pan) 120 metros (termal)	
Resolução temporal	26 dias	26 dias	3-5 dias	16 dias	
Faixa de imageamento	113 km	120 km	890 km	185 km	

<sup>a</sup> INPE (2006). <sup>b</sup> Goward et al. (2001) e Campbell (2002).

## APÊNDICE D – Glossário

**abordagem centrada na pessoa (de Carl Rogers)** – teoria da psicologia que considera a pessoa no centro da sua própria história e na busca autônoma pela verdade.

**abordagem centrada no aluno (baseado em Carl Rogers)** – abordagem que coloca o aluno no centro de seu processo de aprendizagem considerando suas potencialidades e autonomia baseada na tríade rogeriana (empatia, congruência e aceitação positiva incondicional).

**abordagem Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA)** – abordagem de ensino que considera a ciência imersa em sua aplicabilidade na sociedade, considerando o desenvolvimento da tecnologia e condições do meio ambiente.

**abordagem Histórico-filosófica-científica-social (HFCS)** – abordagem de ensino que considera fatos históricos contextualizados na sociedade e a evolução científica no contexto da época em uma contagem diacrônica e em questionamentos filosóficos.

**alvo** – objeto a ser interpretado na imagem de satélite

**aprendizagem baseada em projetos** – forma de ensino que parte de questões reais e problemas trabalhando de forma colaborativa a fim de oferecer uma solução, proposta ou produto.

**aprendizagem baseada em investigação (tradução de IBL)** – forma de ensino que parte de uma investigação estruturada a partir de uma questão ou problema real a fim de oferecer uma solução, proposta, produto ou análise.

**assinatura espectral** – radiação refletida por um determinado objeto na superfície terrestre resultante da interação da radiação incidente com a matéria deste objeto gerando uma curva de refletância em função do comprimento de onda das bandas espectrais.

**banda espectral** – intervalo de comprimento de onda captada por um sensor que se refere a uma região do espectro; exemplo: banda do infravermelho próximo, banda visível do azul.

**Base Nacional Comum Curricular (BNCC)** – determina os conhecimentos, habilidades e competências essenciais que todos os alunos devem desenvolver em cada etapa da educação básica.

**camada (no Google Earth e no QGIS)** – plano de informação (imagem, raster, vetor, ....) ou caracterização do espaço.

**campo elétrico** – é o campo de força provocado pela ação de cargas elétricas.

**campo magnético** – é uma região do espaço onde as cargas elétricas em movimento são sujeitas à ação de uma força magnética, capaz de alterar as suas trajetórias.

**comprimento de onda** – é a distância entre duas cristas ou dois vales.

**coordenadas geográficas** – ponto de localização no globo terrestre composto pelas coordenadas de latitude e longitude.

**espectro eletromagnético** – faixa que compreende todas as ondas eletromagnéticas, desde grandes comprimentos de onda, em torno de  $10^6\text{m}$  (ondas de rádio) aos menores que  $0,1\text{Å}$  (raios gama).

**espectro visível** – parte do espectro eletromagnético restrito ao intervalo de ondas eletromagnéticas perceptíveis pelo olho humano.

**frequência** – número de oscilações de uma onda por segundo. Medida em hertz (Hz).

**imagem de satélite** – imagem obtida por sensoriamento remoto a partir de um satélite artificial.

**LANDSAT** – nomenclatura de um programa de satélites de observação da Terra de origem Norte americana, chamada inicialmente *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS). Em 1972 o programa lançou o primeiro satélite para estudos de recursos naturais. Fornece imagens de satélite pelos registros de bandas espectrais.

**LED** – diodo emissor de luz.

**luz** – faixa de ondas eletromagnéticas perceptíveis ao olho humano.

**metodologia ativa** – metodologia de ensino que considera a autonomia e a participação ativa dos alunos por meio de problemas reais.

**monitoramento ambiental** – coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais para análise dos recursos naturais.

**Níveis de cinza** – Refere-se às variações da radiância espectral recebida pelo sensor. Os valores da refletância estão associados a uma escala de tons que variam de branco (alta refletância) ao preto (baixa refletância).

**onda eletromagnética** – são ondas não materiais, portanto, podem se propagar no vácuo. Transportam energia, são formadas por um campo elétrico e um campo magnético que se propagam na velocidade da luz. Variam de frequência e comprimento de onda caracterizando tipos de ondas como ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama. Passam por processos de absorção, reflexão, refração, interferência.

**Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)** – diretrizes que orientam a educação no Brasil indicando os conteúdos essenciais a serem abordados em cada disciplina e ano escolar. Os parâmetros são elaborados pelo Governo Federal sendo a referência curricular.

**pixel** – é o menor elemento de uma imagem o qual se pode atribuir uma cor.

**QGIS** – é um software livre, gratuito do tipo *open source* para Sistema de Informações Geográficas (SIG) e georreferenciamento.

**Radiação** – conjunto de ondas eletromagnéticas.

**raster** – é um formato de imagem que contém a descrição de cada pixel de forma sequencial, portanto cada pixel tem uma informação de nível de refletância em níveis de cinza.

**red-green-blue (RGB)** – cores primárias da luz vermelho – verde – azul. Abreviatura do sistema de cores aditivas formado a partir das cores vermelho, verde e azul.

**refletância** – é a razão entre a radiação eletromagnética incidente numa superfície e a radiação refletida depois de interagir com a matéria.

**resolução espacial** – trata-se do nível de detalhamento que observamos um objeto, quanto maior a resolução espacial, menor o tamanho do pixel e mais detalhes conseguimos observar.

**resolução espectral** – trata-se do intervalo de comprimentos de ondas eletromagnéticas de uma banda espectral, considerando que o sistema do sensor separa a captação de ondas em bandas.

**resolução temporal** – trata-se do período de revisitação do satélite em um mesmo ponto na superfície, ou seja o intervalo de tempo de aquisição da imagem.

**satélite (artificial)** – objeto feito pelo ser humano e colocado em órbita ao redor da Terra, podendo também ser ao redor de outro corpo celeste.

**Sensoriamento Remoto** – o conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos (objetos) na superfície terrestre sem contato físico pelo registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície.

**Sistema de Informações Geográficas (SIG)** – é um sistema computacional para produzir, armazenar, processar, analisar e representar informações geográficas (espaciais) com o objetivo de integrar dados de camadas de informações, facilitar a análise espacial e também gerar produtos como cartas e mapas temáticos, modelagens.

**Software livre** – é um software que permite ao usuário acessar, executar e modificar o acesso ao código-fonte além da contribuição colaborativa e integrada da comunidade de usuários.