



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
IFGW – INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN
PECIM – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTIUNIDADES EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ISACK ROCHA SOARES

A ELABORAÇÃO DE ANALOGIAS QUANTITATIVAS SOBRE O NOSSO SISTEMA
SOLAR POR ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL II

THE ELABORATION OF QUANTITATIVE ANALOGIES ABOUT OUR SOLAR
SYSTEM BY STUDENTS OF THE 6TH GRADE FROM SECONDARY EDUCATION

CAMPINAS

2020

ISACK ROCHA SOARES

A ELABORAÇÃO DE ANALOGIAS QUANTITATIVAS SOBRE O NOSSO SISTEMA
SOLAR POR ALUNOS DO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL II

THE ELABORATION OF QUANTITATIVE ANALOGIES ABOUT OUR SOLAR
SYSTEM BY STUDENTS OF THE 6TH GRADE FROM SECONDARY EDUCATION

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática – PECIM, da Universidade Estadual de Campinas como parte requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na Área de Ensino de Ciências e Matemática.

Dissertation presented to the Multi-unit Postgraduate Program in Science and Mathematics Teaching – PECIM, at State University of Campinas as part of the requisites required to obtain a Master's Degree in Science and Mathematics Teaching, in the Area of Science and Mathematics Teaching.

Orientador: João Vilhete Viegas d'Abreu.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ISACK
ROCHA SOARES E ORIENTADO PELO PROESSOR
DR. JOÃO VILHETE VIEGAS D'ABREU

CAMPINAS

2020

Agência de fomento e nº de processo: CAPES, 1769407.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

So11e Soares, Isack Rocha, 1991-
A elaboração de analogias quantitativas sobre o nosso sistema solar por alunos do 6º ano do ensino fundamental II / Isack Rocha Soares. – Campinas, SP : [s.n.], 2020.

Orientador: João Vilhete Viegas d'Abreu.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Analogias quantitativas. 2. Sistema solar. 3. Ensino de ciências. I. D'Abreu, João Vilhete Viegas, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: The elaboration of quantitative analogies about our solar system by students of the 6th grade from secondary education

Palavras-chave em inglês:

Quantitative analogies

Solar system

Science teaching

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Mestre em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

João Vilhete Viegas d'Abreu [Orientador]

Alessandra Aparecida Viveiro

Luciana Nobre de Abreu Ferreira

Data de defesa: 26-10-2020

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-2101-4298>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/2419506465772899>

Prof. Dr. João Vilhete Viegas d'Abreu

Prof^a. Dr^a. Alessandra Aparecida Viveiro

Prof^a. Dr^a. Luciana Nobre de Abreu Ferreira

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para superar os momentos difíceis que passei em Campinas-SP, por ter colocado pessoas dispostas a me ajudar nessa caminhada acadêmica.

Agradeço a CAPES por financiar esta pesquisa. Ao PECIM e ao Fabrício por todo apoio.

Aos meus pais Ademar Soares e Lina Rosa, por todo sacrifício que possibilitou que eu me graduasse e fizesse minha pós-graduação. Ao meu irmão Ismael Rocha, por todo incentivo e apoio. Amo vocês.

Aos meus tios Haroirton e Helena, que abriram as portas da sua casa para que eu pudesse estudar, por serem meu porto seguro estando tão longe de casa. Agradeço também às minhas tias Celina e Ivoneide, por todos os momentos alegres, conselhos e apoio.

Aos meus primos Haroirton Filho, Larissa, Diego, Dayane e Pedro, por sempre acreditarem em mim e por toda motivação.

À escola que este estudo foi desenvolvido, por me ceder espaço para que eu realizasse essa pesquisa. Ao professor Ivan, que me disponibilizou algumas de suas aulas para que eu realizasse minha intervenção.

Ao meu orientador, professor João Vilhete, por todo apoio, paciência e dedicação ao meu estudo e à docência, meu muito obrigado.

Ao Grupo FORMAR, que me recebeu tão bem e que, desde o início, contribui na melhora da pesquisa. Obrigado aos professores Alessandra Viveiro, Flávia Linhalis, Boniek Venceslau, Jorge Megid, Luciana Nobre, pelas contribuições para melhora do meu estudo e por terem composto minha banca examinadora.

Agradeço ao amigo Wanderson Moraes, pelas conversas, apoio e tradução do meu resumo. À amiga Paula Cristina, por ter me ajudado nas referências do Ensino de Astronomia e por todo apoio.

RESUMO

Muitos fenômenos científicos apresentam escalas difíceis de conceber e isso pode influenciar negativamente o processo de ensino e aprendizagem das Ciências. Portanto, é fundamental a utilização de estratégias que possibilitem a percepção das grandezas contidas nas informações de cunho científico. Nesse sentido, destacamos que a analogia quantitativa é estratégia didática voltada especificamente para ajudar na compreensão das magnitudes científicas em diferentes escalas. Entretanto, ainda são poucos os dados disponíveis na literatura sobre essa ferramenta e, como consequência disso, professores e alunos a utilizam de forma não planejada, espontânea e por meio da reutilização de analogias quantitativas disponíveis nos meios de Divulgação Científica ou em Livros Didáticos. Com base nessa problemática, este estudo tem como objetivo utilizar didaticamente as analogias quantitativas junto aos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II na disciplina de Ciências. Desse modo, procuramos responder à seguinte questão: Como ocorre o processo de elaboração de analogias quantitativas sobre os tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar por parte dos alunos dentro de um processo guiado? Esta pesquisa é do tipo experimental de grupo único e foi desenvolvida em uma escola pública de tempo integral localizada na cidade de Campinas-SP. A intervenção ocorreu em 14 aulas ministradas ao longo do ano de 2018 e contou com a participação de 24 estudantes. Como parte da metodologia, os alunos elaboraram analogias quantitativas sobre os tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar juntamente com o pesquisador ao longo de cinco etapas planejadas. Os dados da pesquisa foram registrados por meio de um diário de campo, fotografias e gravação em áudio para posterior discussão e análise através da teoria da Análise do Conteúdo (LAVILLE; DIONNE, 1999; BARDIN, 2011). Por meio da análise dos dados coletados, concluímos que os alunos demonstraram dificuldades na compreensão de aspectos matemáticos como escalas e proporções que são necessários para a elaboração e compreensão de analogias quantitativas. Os análogos escolhidos pelos estudantes para composição das analogias eram amplamente conhecidos por eles e caracterizados por serem objetos análogos grandes ou compridos. Por fim, diagnosticamos que as analogias criadas pelos alunos tanto para os tamanhos quanto para as distâncias foram mais precisas e mais bem compreendidas quando as escalas adotadas por eles foram maiores. Isso indica que os estudantes estão mais familiarizados com objetos análogos mais facilmente perceptíveis.

Palavras-chave: Analogias Quantitativas, Sistema Solar, Ensino de Ciências.

ABSTRACT

Many scientific phenomena have measures that are difficult to conceive, and this can negatively influence the process of teaching and learning science. Therefore, it is essential to use strategies that enable the perception of the magnitudes contained in scientific information. In this sense, we emphasize that the quantitative analogy is a didactic strategy aimed specifically at helping to understand the scientific magnitudes at different scales. However, there is still little data available in the literature on this tool and, as a result, teachers and students use it in an unplanned, spontaneous way and through the reuse of quantitative analogies available in scientific divulgations or in textbooks. Based on this problem, this study aims to use the quantitative analogies with the students of the 6th grade of secondary education in the discipline of Sciences. Thus, we seek to answer the following question: How does the process of elaborating quantitative analogies about the sizes and distances of the stars in our Solar System by students occurs within a guided process? This research is classified as experimental of single group and it was developed in a public full-time school located in the city of Campinas-SP. The intervention took place in 14 taught classes throughout 2018 and 24 students attended. As part of the methodology, students developed quantitative analogies about the sizes and distances of the stars in our Solar System along the researcher within five planned stages. The research data was recorded using a field diary, photographs and audio recording for later discussion and analysis through the Content Analysis theory (LAVILLE; DIONNE, 1999; BARDIN, 2011). Through the analysis of the collected data, we concluded that students demonstrated difficulties in understanding mathematical aspects such as scales and proportions that are necessary for the elaboration and understanding of quantitative analogies. The analogues chosen by students for composing the analogies were widely known to them and characterized by being large or long analogous objects. Finally, we diagnosed that the analogies created by students for both sizes and distances were more accurate and better understood when the scales adopted by them were larger. This indicates that students are more familiar with easily perceived analogous objects.

Keywords: Quantitative Analogies, Solar System, Science Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Exemplo de analogia quantitativa do tipo proporcional	31
Figura 2. Exemplo de analogia de grandeza para dimensionar a pressão do centro da Terra	33
Figura 3. Laboratório de Informática da escola de realização deste estudo	46
Figura 4. Exemplo de um infográfico	53
Figura 5 Imagem representativa da categoria "Representações iguais ao que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências"	55
Figura 6. Imagem representativa da categoria "Representações diferentes do que geralmente aparecem nos Livros Didáticos de Ciências"	56
Figura 7. Categorias criadas para verificar a precisão dos alunos durante a escolha dos objetos análogos.....	57
Figura 8. Representação dos planetas desenhados menores que o Sol e em ordem crescente de tamanho	60
Figura 9. Planetas do Sistema Solar representados com tamanhos iguais	61
Figura 10. Planetas do Sistema Solar dispostos com tamanhos iguais ao do Sol	62
Figura 11. Representação com as distâncias dos planetas dispostas de forma alinhada	63
Figura 12. Representações das alunas que demonstraram dificuldade em expressar as distâncias entre os planetas	64
Figura 13. Representação com os planetas dispostos na mesma órbita	65
Figura 14. Representação das distâncias dos planetas desalinhados e sem órbitas ...	66
Figura 15. Quantidade de análogos estimados por categoria criada para analisar a precisão dos tamanhos	76
Figura 16. Médias dos tamanhos análogos estimados por planeta	77
Figura 17. Quantidade de análogos estimados por categoria criada para analisar a precisão das distâncias.....	79
Figura 18. Médias do comprimento das distâncias análogas estimadas por planeta ...	80
Figura 19. Alunos do 6º ano A pesquisando os objetos análogos no laboratório de informática da escola.....	81

Figura 20. Quantidade de análogos pesquisados por categoria criada para analisar a precisão dos tamanhos	87
Figura 21 Médias dos tamanhos análogos pesquisados no laboratório de informática por planeta	88
Figura 22. Quantidade de análogos pesquisados por categoria criada para analisar a precisão das distâncias	94
Figura 23. Médias das distâncias análogas pesquisadas no laboratório de informática por planeta	95
Figura 24. Infográfico produzido para representar os tamanhos e as distâncias dos astros do nosso Sistema Solar	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das analogias qualitativas	21
Tabela 2. Total de pesquisas encontradas nas bases de dados por palavra de entrada.....	24
Tabela 3. Etapas da pesquisa desenvolvida junto aos alunos do 6º ano A	47
Tabela 4. Diâmetros relativos aos tamanhos dos astros do nosso Sistema Solar	50
Tabela 5. Distâncias dos astros do nosso Sistema Solar.....	51
Tabela 6. Tabela com os resultados dos cálculos dos tamanhos proporcionais realizados pelos estudantes	71
Tabela 7. Resultados transcritos dos cálculos relativos aos tamanhos proporcionais dos astros realizados pelos grupos.....	71
Tabela 8. Tabela com o resultado dos cálculos das distâncias proporcionais realizados pelos estudantes	72
Tabela 9. Resultados transcritos dos cálculos relativos às distâncias proporcionais dos astros	73
Tabela 10. Objetos análogos escolhidos durante as estimativas para representar os tamanhos dos planetas	74
Tabela 11. Objetos análogos escolhidos no laboratório de informática para representar os tamanhos dos planetas	85
Tabela 12. Períodos de translação dos planetas do nosso Sistema Solar	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFPI	Universidade Federal do Piauí
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
PECIM	Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CEDOC	Centro de Documentação em Ensino de Ciências
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO PESSOAL SOBRE O TEMA.....	13
.CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AO TEMA	15
1.1. Apresentação da problemática e Justificativa da pesquisa	15
1.2. Objetivo e problema de pesquisa	17
CAPÍTULO 2 - CENÁRIO DA UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	19
2.1. Aspectos gerais sobre a utilização de analogias qualitativas no Ensino de Ciências.....	20
2.2. Contexto das pesquisas sobre analogias quantitativas	23
CAPÍTULO 3 - ANALOGIAS QUANTITATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	30
3.1. Classificação das analogias quantitativas	30
3.2. Analogias quantitativas no processo de ensino e aprendizagem	33
3.3. Orientações para elaboração de analogias quantitativas	37
3.4. Estratégias para a compreensão das dimensões do nosso Sistema Solar e as analogias quantitativas	40
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE PESQUISA	44
4.1. Tipo de pesquisa desenvolvida neste estudo	44
4.2. Caracterização da escola e do contexto de realização deste estudo	45
4.3. Planejamento adotado para execução da pesquisa	46
4.4. Procedimentos para coleta e análise dos dados	55
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS DADOS	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS.....	108
ANEXO	112
ANEXO A - Tabelas referentes aos tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar que foram preenchidas pelos grupos que participaram desta pesquisa	112

APRESENTAÇÃO PESSOAL SOBRE O TEMA

O meu contato inicial com as analogias quantitativas, tema que será discutido a partir do capítulo 1, ocorreu durante a graduação no curso de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Piauí (UFPI). Durante o curso, percebi que alguns conceitos científicos que eu havia estudado apresentavam proporções diferentes das representações que usualmente estava acostumado a ver. Tal percepção teve origem nas observações de células animal e vegetal no laboratório de Biologia da UFPI. Naquela ocasião realizei a primeira observação de células em um microscópio e esperava encontrar as mesmas células que costumava ver representadas com frequência nos Livros Didáticos de Ciências, entretanto, isso não aconteceu. Desde então, passei a procurar estratégias que objetivavam trabalhar mais cuidadosamente as escalas utilizadas para representar fenômenos e conceitos científicos.

No decorrer da minha graduação, algumas experiências me aproximaram do tema analogias quantitativas. A primeira foi a participação em um minicurso oferecido na UFPI em 2013 chamado: “Noções de Astronomia: Compreendendo a Organização dos Planetas”. O objetivo desse minicurso, dentre outras coisas, foi trabalhar os tamanhos dos planetas do Sistema Solar utilizando-se de comparações entre objetos facilmente perceptíveis como bola de basquete, bola de ping pong, grão de areia, sementes etc. A segunda situação ocorreu durante o planejamento de uma atividade de Ciências sobre camadas geológicas da Terra para alunos do 6º ano de uma escola pública de Teresina-PI contemplada pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), do qual eu fazia parte. Nessa oportunidade deparei-me com o infográfico produzido pela *Discovery Channel* (2013), intitulado: “Viagem ao Centro da Terra”, que também apresentava algumas medidas como temperatura, pressão e distância entre as camadas da Terra através de comparações quantitativas com objetos comuns e conhecidos pela maioria das pessoas.

A fim de conhecer melhor essa estratégia, desenvolvi meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) que teve como título: “Para Além da Medida: Um Estado da Arte sobre Analogias Quantitativas nos Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências no Brasil”. Através desse TCC, constatamos que o tema era recente nas

pesquisas no Ensino de Ciências, pois não encontramos nenhum estudo desenvolvido nos Programas de Pós-Graduação até 2015. Diante disso, percebemos a necessidade de pesquisas sobre o tema e foi então que em 2017 ingressei na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) através do Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM) para desenvolver este estudo.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO AO TEMA

1.1. Apresentação da problemática e Justificativa da pesquisa

Ao longo dos anos, o avanço tecnológico possibilitou que a Ciência estabelecesse novas fronteiras e consequentemente ampliasse nossa percepção de mundo. Para que isso ocorresse, acontecimentos ocorridos no século XVII como o desenvolvimento do telescópio e a evolução do microscópio foram fundamentais, pois, enquanto o primeiro nos fez conhecer um mundo macroscópico por meio da teoria heliocêntrica, o segundo nos colocou na direção oposta da escala ao nos apresentar o mundo microscópico (BACHELARD, 1996).

Recentemente, o desenvolvimento da nanotecnologia e da exploração espacial expandiram de tal forma os extremos das escalas que nos deparamos com números que são muito difíceis de conceber por não serem percebidos diretamente por nossos sentidos imediatos (RESNICK, 2013). De acordo com Bachelard (1996), para que possamos compreender os fenômenos científicos que ocorrem nessas dimensões, extremamente grandes ou pequenas, precisamos ir além da medida comum, usual e concreta. Entretanto, ainda segundo o autor, esse não é um processo fácil, pois resistimos em abandonar nosso próprio tamanho e apresentamos a tendência de passar do pequeno para o grande e vice-versa por meio da simples proporcionalidade matemática.

Diante desse problema, a Educação Científica tem um grande desafio, pois, para Tretter et al. (2006), compreender informações científicas em diferentes escalas permite que a sociedade participe em questões e soluções que impactam diretamente no âmbito econômico, social, ambiental e cultural. Nesse sentido, os autores argumentam que é fundamental o desenvolvimento de estratégias didáticas que possam desenvolver nos alunos estruturas cognitivas capazes de possibilitar a percepção das grandezas contidas nessas informações.

A procura por ferramentas que de alguma forma nos permitam entrar em mundos muitas vezes concebidos no campo das ideias e dos modelos é essencial não apenas no Ensino de Ciências como também para a própria Ciência. Para Jones e Taylor (2008), muitos cientistas que lidam em seus trabalhos com magnitudes

inimagináveis frequentemente recorrem a visualizações mentais, bidimensionais (2D), tridimensionais (3D) e ao uso de analogias para ajudar na percepção de escala dos fenômenos estudados por eles.

Neste estudo, abordaremos especificamente a utilização de analogias que, de acordo com Duarte (2005), desempenham um papel fundamental tanto na Ciência quanto no contexto educacional devido ao seu poder comunicativo e exploratório que possibilita uma nova visão do não observável. Nesse sentido, recentemente no Ensino de Ciências alguns estudos foram desenvolvidos com o objetivo de investigar sobre a utilização de analogias quantitativas como estratégia para tornar mais compreensíveis as magnitudes que caracterizam muitos fenômenos científicos (MAGANA; BROPHY; NEWBY, 2008; RESNICK, 2013; RIGOLON, 2013; 2016).

Do ponto de vista conceitual, Rigolon (2013) define analogias quantitativas como comparações de atributos numéricos entre um objeto desconhecido que é alvo de compreensão com outro objeto análogo conhecido. Apesar de qualquer conceito ou fenômeno que apresente uma determinada magnitude poder ser representado através desse instrumento didático, percebemos que no contexto educacional sua utilização é mais recorrente no ensino das dimensões do nosso Sistema Solar, como mostram as pesquisas de Rizzo, Bertolli e Rebeque (2014), Duque et al. (2016), Rigolon (2016) e Resnick (2013). Porém, na maioria desses estudos, a exploração dessa ferramenta ainda é feita de forma não planejada, espontânea e por meio da reprodução de analogias quantitativas disponíveis em artigos, revistas ou livros.

Segundo Rigolon (2016), ainda será necessário um número maior de pesquisas empíricas sobre analogias quantitativas para que elas possam se consolidar cada vez mais como estratégia que possibilite a percepção das magnitudes científicas que são ensinadas nas escolas. A necessidade de mais estudos sobre estratégias que nos ajudem a compreender as grandezas que aparecem nos fenômenos e conceitos científicos foi percebida por nós ainda durante o contato inicial com o tema. Nesse momento percebemos que algumas representações dos tamanhos das células e dos astros do nosso Sistema Solar apresentavam proporções equivocadas.

1.2. Objetivo e problema de pesquisa

A presente pesquisa tem o objetivo de utilizar didaticamente as analogias quantitativas junto a alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II na disciplina de Ciências. Nesse sentido, procuramos responder à seguinte pergunta: Como ocorre o processo de elaboração de analogias quantitativas sobre os tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar por parte dos alunos? A intervenção fundamentada, planejada e executada será demonstrada nesta dissertação em seis capítulos, sendo o primeiro deles a introdução anteriormente apresentada.

No segundo capítulo nós fizemos a revisão da bibliografia disponível sobre o tema tanto no cenário nacional quanto internacional. Nesse sentido, destacamos o contexto geral da exploração de analogias qualitativas no Ensino de Ciências ao longo dos anos e posteriormente apresentamos os estudos que utilizaram analogias quantitativas como estratégia para compreender magnitudes em conceitos e fenômenos científicos.

No terceiro capítulo tratamos mais especificamente sobre a utilização de analogias quantitativas como estratégia didática no Ensino de Ciências. Dessa forma, abordamos as analogias quantitativas do ponto de vista conceitual, dos objetivos, dos tipos existentes, de suas potencialidades e limitações e também apresentamos as principais orientações para elaboração e utilização das mesmas no meio educacional.

Já no quarto capítulo descrevemos os procedimentos metodológicos adotados no decorrer das quatorze aulas desenvolvidas em cinco etapas. Nesse sentido, mostramos as principais referências utilizadas para fundamentar uma pesquisa experimental de grupo único, descrevemos cada etapa das atividades desenvolvidas no estudo e mostramos os procedimentos adotados na análise dos dados de acordo com a teoria de Análise do Conteúdo (LAVILLE; DIONNE, 1999; BARDIN, 2011).

No quinto capítulo deste estudo apresentamos os dados obtidos em cada uma das cinco etapas planejadas e desenvolvidas e que foram analisados de acordo com as categorias analíticas estabelecidas.

No sexto e último capítulo colocamos as considerações finais onde retomamos algumas discussões relacionadas à literatura utilizada, aos dados analisados na pesquisa e expomos as expectativas em relação à continuidade das pesquisas sobre o tema.

CAPÍTULO 2

CENÁRIO DA UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As analogias têm sido um recurso utilizado para compreensão de assuntos complexos desde Aristóteles até os dias atuais no qual muitos cientistas às empregam na divulgação e elaboração de suas pesquisas (NAGEM et al., 2003). Para Duarte (2005), a linguagem analógica passou a ser ainda mais fundamental para construção do conhecimento científico a partir do momento em que a Ciência foi considerada como algo muito mais interpretativo e de construção teórica indissociável da comunicação e argumentação, pois ela ofereceu ao discurso científico capacidade exploratória, comunicativa e discursiva.

Mesmo reconhecendo o valor das analogias para o desenvolvimento científico, destacamos que elas também podem ser úteis no processo de ensino e aprendizagem das Ciências, principalmente se forem aplicadas da mesma forma que os cientistas às utilizam, ou seja, na resolução de problemas, na criação de modelos mentais, na explicação e comunicação de conceitos abstratos (MOZZER; JUSTI, 2015).

A fim de conhecer melhor como as analogias vêm sendo exploradas no Ensino de Ciências, apresentaremos um panorama geral das pesquisas desenvolvidas nessa área de estudo e, para isso, dividimos este capítulo em dois segmentos principais. Na primeira parte fizemos a revisão bibliográfica das analogias qualitativas expondo aspectos como: conceito; alguns termos amplamente usados; as principais linhas de investigação temática; a classificação e; as potencialidades e limitações das mesmas. Na segunda mostramos brevemente, por meio de resumos, as principais pesquisas encontradas por nós sobre as analogias quantitativas para posteriormente falarmos mais especificamente sobre elas no capítulo 3.

Apesar das analogias qualitativas não serem nosso objeto de estudo, consideramos que abordá-las brevemente contribuirá para entendermos melhor o contexto do qual as analogias quantitativas surgiram. Portanto, nosso objetivo nessa revisão da literatura é mostrar o que já foi produzido sobre o tema para que

possamos fundamentar as questões colocadas neste estudo e auxiliar na análise dos dados obtidos.

2.1. Aspectos gerais sobre a utilização de analogias qualitativas no Ensino de Ciências

Um ponto que gostaríamos de destacar inicialmente diz respeito aos conceitos de analogia discutido por alguns pesquisadores da área. Para Duit (1991), por exemplo, analogias são comparações feitas com base nas semelhanças entre as estruturas de dois domínios. De acordo com Oliva (2008), analogias são comparações entre noções ou fenômenos que apresentam alguma semelhança entre si. Por outro lado, Duarte (2005) considera que analogias são comparações ou relações estabelecidas com o objetivo de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido por meio do que se conhece. Portanto, podemos concluir que analogias consistem no estabelecimento de comparações entre objetos, conceitos, fenômenos ou situações que apresentam atributos semelhantes com a finalidade de compreender melhor uma determinada característica do que é desconhecido por meio do que é habitual.

Diferentes definições de analogias dão origem a diversos termos e conhecê-los pode nos ajudar a entender melhor a organização básica das relações analógicas. Dessa forma, Duarte (2005) destaca que: (1) as palavras alvo, meta, tópico ou tema referem-se aos objetos, conceitos ou fenômenos desconhecidos que desejamos estudar por meio das analogias; (2) os vocábulos análogos, fonte, base, veículo ou foro são atribuídos aos objetos, conceitos ou fenômenos conhecidos que servem de ponte para a compreensão do alvo, ou seja, é por meio dos análogos que conhecemos a forma, estrutura, função ou qualidade do que pretendemos conhecer ou estudar; (3) e por último o termo domínio que é utilizado para denominar a rede conceitual abrangente pertencente à estruturação geral de uma analogia.

Para exemplificar os termos descritos anteriormente, utilizamos a seguinte analogia: "o modelo atômico de Thompson apresenta uma estrutura semelhante a um pudim de passas". Nesse exemplo, o "Modelo atômico de Thompson" é o alvo ou tema que pretendemos estudar e o "pudim de passas" é o análogo ou veículo familiar utilizado para que possamos conhecer a "estrutura" do modelo que desejamos compreender. Por outro lado, o termo domínio corresponde

ao conjunto geral composto pelo alvo, análogo e o atributo "estrutura". Em outras palavras, esta analogia foi utilizada para dar uma ideia de como o modelo atômico de Thompson foi concebido estruturalmente, ou seja, trata-se de um átomo composto por uma esfera maciça positiva (representado pela massa do pudim) com os elétrons (representados pelas passas) distribuídos por essa esfera.

Além do que já foi descrito anteriormente, as pesquisas também apresentam diferentes perspectivas de estudos. Duarte (2005) identificou por meio de sua revisão bibliográfica que, desde a intensificação das pesquisas sobre analogias no Ensino de Ciências na década de 80, essa linha de investigação tem sido marcada basicamente por quatro enfoques principais, a saber:

1. Analogias exploradas didaticamente com foco no levantamento de concepções dos alunos sobre conceitos em estudo, bem como pela utilização de modelos de ensino com analogias;
2. Analogias em Livros Didáticos em que ocorre a identificação da quantidade, qualidade, tipos e exploração por autores e professores;
3. Analogias na prática dos professores de ciências na qual é observado o processo de seleção, elaboração e exploração de analogias e;
4. Concepções dos professores sobre o papel das analogias no processo de ensino e aprendizagem.

Para Rigolon (2013), analogias qualitativas comparam propriedades que qualificam os objetos utilizados na relação analógica e, portanto, não podem ser mensuradas quantitativamente. Para melhor conhecer esse tipo de analogia, com base em Rigolon (2013), desenvolvemos a Tabela 1 para mostrar como elas podem ser classificadas.

Tabela 1. Classificação das analogias qualitativas.

Divisões	Subdivisões
Analogias qualitativas de estrutura "Comparam características próprias dos objetos de sua constituição, estado ou condição."	Analogias de qualificação "Comparam atributos que qualificam o objeto ou ação." Exemplo: "A girafa é tão alta como uma árvore."
	Analogias de fórmula "As analogias formulares podem abranger expressões matemáticas, equações químicas ou formulas físicas, nas quais as estruturas formulares iguais." Exemplo: Ex.: " $(\omega = \omega_0 + \alpha t)$ é análogo a $(v = v_0 + at)$ ".

	Analogias de sentido "Os atributos são propriedades que atuam sobre os sentidos humanos em aspectos qualitativos (cheiro, cor, sabor, textura, som)." Exemplo: "A secreção possuía um cheiro parecido com ovo podre".
	Analogias de forma "Privilegiam as configurações geométricas ou espaciais externas ou a organização dos objetos de um sistema." Exemplo: "Os rins parecem feijões"
Analogias qualitativas de ação "Comparam ações, funções, atributos, atitudes, processos, fenômenos, movimentos, transformações, etc. efetuadas ou sofridas pelos objetos." Exemplo: "O coração é como uma bomba hidráulica".	Sem subdivisões

Fonte: Rigolon (2013, p. 5-6).

O processo de elaboração de analogias qualitativas muitas vezes pode ocorrer de maneira espontânea devido à natureza dos atributos comparados (RIGOLON, 2013). Podemos verificar esse fato quando observamos os análogos citados nos exemplos expostos na Tabela 1 como ovo podre, feijão e árvore nos quais percebemos, sem maiores dificuldades, alguns atributos qualitativos dos mesmos como cheiro, forma, estrutura, material e função que podem ser atribuídos ao alvo de compreensão no processo comparativo.

Com base na revisão bibliográfica realizada por autores como Duarte (2005), Duit (1991), Mozzer e Justi (2015), Oliva (2003) e Nagem et al. (2003), é possível elencarmos algumas vantagens e desvantagens da utilização de analogias qualitativas para o processo de ensino e aprendizagem das Ciências. Dentre os principais benefícios apontados na literatura estão:

- a) Facilitam a compreensão, pois apontam para semelhanças no mundo real em termos simples e conhecidos dos alunos;
- b) Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a visualização de conceitos abstratos;
- c) Promovem o desenvolvimento de capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões;

- d) Podem ser usadas para avaliar o conhecimento ou a compreensão dos alunos sobre um determinado conceito ou fenômeno;
- e) Provocam o interesse dos alunos e, portanto, podem motivá-los no processo de ensino e aprendizagem;
- f) Estimulam a elaboração de hipóteses, solução de problemas e mudança conceitual.

As potencialidades indicadas podem ser facilmente utilizadas como argumentos a favor da utilização desse recurso no Ensino de Ciências. Todavia, é preciso também conhecer os empecilhos que a exploração de analogias podem provocar, como:

- a) Conceitos equivocados do objeto análogo podem ser fixados no objeto alvo por não haver discernimento das relações de diferenças entre estes objetos, pois uma analogia nunca é baseada em um encaixe exato entre análogo e o alvo;
- b) A analogia pode ser interpretada como o próprio conceito em estudo, ou seja, no exemplo do modelo atômico de Thompson, os alunos poderiam chamá-lo de "modelo atômico pudim de passas", como se fosse o modelo a ser estudado;
- c) Pode não acontecer o raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia;
- d) Não sendo o próprio aluno quem gera a analogia, a aceitabilidade da mesma pode ser questionada.

As informações expostas até aqui neste capítulo foram obtidas no decorrer de quatro décadas de pesquisas sobre a exploração das analogias qualitativas e que certamente nos ajudam a fazer o uso planejado delas no contexto educacional. Entretanto, destacamos que recentemente essa área de estudo foi marcada pelo surgimento das analogias quantitativas que deram início a um novo tipo de relação analógica entre os atributos comparados. A seguir, apresentamos uma breve discussão sobre este tópico.

2.2. Contexto das pesquisas sobre analogias quantitativas

Ao contrário das analogias qualitativas, as analogias quantitativas, que são nosso objeto de estudo, comparam os atributos que podem ser mensurados ou

quantificados (RIGOLON, 2013). Considerando a escassez de material bibliográfico disponível sobre analogias quantitativas, fizemos um levantamento das principais pesquisas desenvolvidas tanto no cenário nacional quanto internacional sobre a utilização das mesmas.

2.2.1. O processo de seleção da bibliografia

Nossas buscas ocorreram inicialmente no contexto acadêmico brasileiro. Dessa forma, realizamos as consultas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e no *Google Scholar*. Inserimos nessas bases de dados (BD) as palavras de entrada (PE): analogias no ensino; analogias quantitativas; analogias e escalas e analogias e proporções. A Tabela 2 mostra a quantidade de estudos obtidos em cada mecanismo de busca até o ano de 2018 após a inserção das respectivas palavras de entrada. As bibliográficas selecionadas por nós sobre o tema teve como o foco a investigação a exploração de analogias quantitativas como ferramenta para proporcionar a percepção e compreensão de magnitudes científicas, seja no contexto educacional, da Divulgação Científica ou da Comunicação. Ainda durante nosso processo de seleção bibliográfica, deixamos de lado muitos artigos que eram derivados de teses ou dissertações e, portanto, foram escolhidos apenas os trabalhos primários para evitar redundância.

Tabela 2. Total de pesquisas encontradas nas bases de dados por palavra de entrada.

BD \ PE	“analogias no ensino”	“analogias quantitativas”	“analogias e escalas”	“analogias e proporções”
CAPES	14	1	0	0
BDTD	8	1	18	0
<i>Google Scholar</i>	564	10	1	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Colocamos as PE entre parênteses com o propósito de encontrar especificamente esses trechos no corpo dos estudos procurados. Lemos os títulos e alguns resumos das publicações localizadas e, posteriormente, selecionamos três pesquisas que abordam o tema aqui investigado, a saber: Rigolon (2013; 2016) e Soares e Furtado (2016).

Procuramos também por estudos desenvolvidos no cenário internacional por meio do indexador *Google Scholar*. Nessa base de dados, exploramos o recurso de pesquisa avançada e inserimos no campo “com todas as palavras” o termo

analogies que ficou fixo nas buscas. No espaço “com a frase exata” colocamos alternadamente as expressões: **size and scale; quantitative analogies; unfamiliar scales e unfamiliar measurements** e obtivemos, respectivamente, por expressão utilizada neste campo, o total de 1800, 157, 45 e 3 publicações. Novamente, fizemos a leitura dos títulos e dos resumos de algumas pesquisas e posteriormente selecionamos os seguintes estudos: Magana, Brophy e Newby (2008); Resnick (2013); Brodsky (2014); Chevalier, Vuillemot e Gali (2013); Magana (2014); Speers (2014); Kim, Hullman e Agrawala (2016); Riederer, Hofiman e Goldstein (2018); Hullman et al. (2018).

Dessa forma, destacaremos a partir de agora aspectos desses estudos como: objetivo, metodologia e principais resultados alcançados por eles alcançados.

2.2.2. Apresentação dos estudos sobre analogias quantitativas

Expomos inicialmente no cenário brasileiro a pesquisa teórica de Rigolon (2013) que foi desenvolvida com o intuito de propor uma nova classificação para as analogias. O autor percebeu que as analogias quantitativas, ou seja, aquelas que comparam propriedades numéricas entre objetos, não eram contempladas em nenhum sistema classificatório existente na literatura. Portanto, a inserção desse tipo de analogia na sistematização feita pelo autor possibilitou caracterizá-las quanto aos objetivos, processos de elaboração e principais diferenças entre os demais tipos de analogias até então existentes.

Rigolon (2016) desenvolveu sua tese com o objetivo de verificar a elaboração e o uso de analogias quantitativas por graduandos em Biologia e Física no ensino de conceitos científicos. Para isso, o autor acompanhou oficinas de Cosmologia, Astronomia, Grandiosidade da Terra e Microcosmo desenvolvidas pelos licenciandos junto a quatro turmas de Ensino Médio e, além disso, realizou intervenções em uma turma de formandos em Biologia com o objetivo de estimular a reflexão sobre o uso de analogias quantitativas. Os resultados da pesquisa mostraram que as analogias elaboradas pelos licenciandos tiveram pouco aproveitamento didático, pois os objetos análogos escolhidos foram imprecisos e desconhecidos dos alunos. Assim, os licenciandos reproduziram com frequência analogias quantitativas encontradas nos meios de comunicação, em Livros Didáticos

e em artigos científicos provenientes de suas áreas de estudo devido à insegurança dos mesmos em elaborar suas próprias analogias.

Em outro estudo teórico, Soares e Furtado (2016) fizeram uma reflexão sobre como as analogias quantitativas representadas visualmente em infográficos poderiam facilitar a compreensão de magnitudes científicas. Os autores concluíram o estudo especulando sobre o potencial que essas estratégias poderiam apresentar para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos e fenômenos científicos e apontaram para a necessidade de mais pesquisas sobre o tema.

Como observado, as produções acadêmicas brasileiras sobre analogias quantitativas tiveram início em 2013 e ainda são poucos os trabalhos disponíveis por ser uma área de estudo no estágio inicial de desenvolvimento. Portanto, no Brasil a maioria das pesquisas sobre o tema são teóricas, sendo apenas uma investigação empírica produzida por Rigolon (2016) com alunos de graduação. Tal cenário nos estimulou a procurar mais bibliografias no meio internacional a fim de ampliar nossas discussões sobre o nosso objeto de estudo.

No contexto educacional internacional destacamos a pesquisa experimental de Magana, Brophy e Newby (2008) desenvolvida com alunos do sétimo ano de Ciências de uma escola do Meio-Oeste americano. O objetivo desse estudo foi saber se as analogias serviriam como meio para sustentar concepções proporcionais de tamanho e de escala. A metodologia consistiu na realização de duas atividades: na primeira, os alunos precisavam identificar as diferenças lógicas nas proporções entre o ser humano e uma formiga e entre uma bactéria e o duplo filamento de DNA; já na segunda, eles deveriam reconhecer que a diferença nos tamanhos entre esses pares de objetos era de aproximadamente 1000 vezes maior ou menor em relação ao outro. Os resultados apontaram que as analogias facilitam os aspectos lógicos e proporcionais do raciocínio em escalas e, portanto, servem como suporte para aprendizagem de conceitos que ocorrem nas escalas micro, nano e atômica.

Resnick (2013) propôs em sua tese examinar se a atividade de alinhamento hierárquico era eficaz para a compreensão da escala do tempo geológico e das distâncias astronômicas. O estudo foi feito com 80 estudantes de um curso de verão sobre experimentos em psicologia. Os alunos produziram dez

escalas para o tempo geológico e dez escalas para as distâncias astronômicas e posteriormente identificaram onde cada escala construída cabia dentro da outra, ou seja, realizaram o alinhamento das escalas confeccionadas. Os resultados mostraram que os alunos foram mais precisos ao alinhar as distâncias astronômicas do que o tempo geológico. Segundo a autora, isso pode ter ocorrido devido ao fato de os alunos estarem mais familiarizados com o estudo do Sistema Solar e também por causa da atividade complementar realizada. Nessa atividade extra, as distâncias astronômicas foram representadas em um mapa que partia da universidade onde o estudo ocorreu e isso pode ter contribuído para trazer a escala vertical para mais próximo da experiência pessoal dos alunos.

O estudo de Magana (2014) investigou quais estratégias de aprendizagem poderiam ser integradas com ferramentas multimídia para melhorar o entendimento de escalas. Participaram da intervenção 244 estudantes de graduação de um curso introdutório em computação educacional. Em dezesseis sessões no laboratório de informática, a autora explorou e avaliou três ferramentas multimídia interativas que apresentavam escalas e analogias sobre o tamanho do Universo e conceitos em escala nanométrica. Os resultados sugeriram que as ferramentas utilizadas aumentavam as habilidades de comparar, ordenar e classificar objetos com diferentes dimensões. Esses resultados foram mais associados à exploração do recurso de *zoom* que partia de objetos bem pequenos, como átomos e células, para maiores, como dinossauros e planetas. Apesar de pouco utilizarem analogias, os autores sugeriram que essa estratégia pode transmitir ideias de tamanho principalmente se complementá-la com o uso de ferramentas multimídias.

De acordo com a pesquisa que realizamos, a quantidade de estudos desenvolvidos internacionalmente sobre o uso de analogias quantitativas no ensino e aprendizagem das Ciências não difere muito da realidade brasileira. A diferença mais evidente que percebemos entre esses dois contextos foi a maior quantidade de estudos práticos encontrados no meio internacional. Portanto, é possível concluir que lá fora esse tema também vem lentamente ganhado espaço no meio educacional e com a exploração mais evidente no nível de Ensino Superior.

Continuamos a revisão bibliográfica internacional entrando nas áreas da Divulgação Científica e Comunicação com o objetivo de ampliar ainda mais nosso

referencial teórico. Apesar desses estudos não terem como foco o contexto educacional, argumentamos que eles podem contribuir para as discussões aqui colocadas, pois como revelou Rigolon (2016), os licenciandos de Física e Biologia que participaram de sua pesquisa utilizaram com frequência as analogias quantitativas divulgadas nesses campos.

Nesse sentido, salientamos que de acordo com Brodsky (2014), a Divulgação Científica está diante do desafio de comunicar os conhecimentos científicos para o público não especializado, pois as informações científicas apresentam uma grande variedade de escalas desconhecidas e imperceptíveis para os seres humanos. Com base nessa problemática, a autora examinou como os elementos visuais de gráficos do *The New York Times* e *National Geographic*, que empregam comparações com objetos da vida real, são usados para a comunicação de escalas em conteúdos de Ciência e Tecnologia. A autora concluiu que as visualizações empregadas nos materiais analisados podem incentivar os não especialistas a participarem mais ativamente dos diálogos sobre o progresso científico e tecnológico.

Chevalier, Vuillemot e Gali (2013) propuseram em seu estudo criar um guia prático com orientações para representar visualmente números difíceis de perceber que aparecem em muitas notícias divulgadas nos meios de comunicação. Para isso, os autores analisaram 300 composições gráficas obtidas em jornais *online* como o *The New York Times* e *The Guardian* e oriundas de várias áreas como: Física, Ciências da Terra e do Espaço, Biologia, Nutrição, Sustentabilidade, dentre outras. Os resultados apontaram que 80% dos gráficos analisados apresentavam escalas como estratégia mais comum adotada para representar magnitudes enquanto que o uso de analogias apareceu em 20% do material analisado. Desse modo, o guia resultante dessa análise apresentava orientações sobre como utilizar essas estratégias de forma planejada em representações visuais de magnitudes de difícil percepção.

A pesquisa de Kim, Hulmam e Agrawala (2016) teve como objetivo criar uma ferramenta para a *Web* que automaticamente gerasse analogias espaciais personalizadas em mapas a fim de possibilitar a compreensão de algumas distâncias e áreas publicadas em notícias jornalísticas. Como parte da metodologia

de avaliação da ferramenta criada, os 40 participantes do estudo tiveram acesso a notícias com magnitudes expressas com analogias representadas imagetivamente. Os usuários consideraram que as notícias que apresentavam o auxílio de analogias foram mais úteis na compreensão das magnitudes do que apenas a exposição dos textos sem analogias. Pesquisas similares como Spears (2014), Riederer, Hofman e Goldstein (2018) e Hullman et al. (2018) também demonstraram que analogias geradas automaticamente por ferramentas computacionais ajudam os editores, educadores e jornalistas a melhorarem o entendimento de seus públicos sobre magnitudes como área, distância, tamanho, peso e volume.

Dentre os estudos desenvolvidos nas áreas da Comunicação e Divulgação Científica, é possível perceber que as analogias quantitativas frequentemente são expostas imagetivamente, ou seja, raramente são divulgadas para o público apenas em forma de texto. O uso de recursos visuais para apresentar analogias quantitativas também foi valorizado nas pesquisas da área educacional que apresentamos, porém, ainda são pouco explorados nesse contexto.

Com base na análise bibliográfica que realizamos, é possível concluir que as áreas da Comunicação e Divulgação Científica estão em um estágio um pouco mais avançado no estudo das analogias quantitativas em relação ao Ensino de Ciências, seja pelo número de pesquisas desenvolvidas, maior diálogo entre os autores ou pela maior exploração desse tema. De modo geral, os resultados dos estudos evidenciam que a utilização de analogias quantitativas no Ensino de Ciências, na Divulgação Científica e na Comunicação tem servido ao propósito de tornar mais perceptíveis e compreensíveis as magnitudes contidas em conceitos ou fenômenos científicos que aparecem em diferentes escalas. Entretanto, ainda é preciso avançar nas discussões em torno do tema em todos esses contextos, pois se trata de uma área de pesquisa que intensificou as discussões somente há dez anos.

CAPÍTULO 3

ANALOGIAS QUANTITATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Para Rigolon (2013), analogias quantitativas são comparações que ocorrem considerando os atributos quantitativos dos objetos que são relacionados numérica e proporcionalmente. Por via de regra, a utilização das analogias quantitativas tem por objetivo tornar mais familiares e perceptíveis as magnitudes e grandezas que estão além da nossa compreensão (CHEVALIER; VUILLEMOT; GALI, 2013; RIGOLON, 2016).

Como visto no capítulo anterior, as informações sobre esse tema no Ensino de Ciências ainda são escassas devido ao número reduzido de pesquisas, principalmente no Brasil. Entretanto, com base na literatura disponível, discutiremos nesta parte do trabalho como as analogias quantitativas estão divididas, suas potencialidades, limitações, orientações gerais para a elaboração e utilização dessa ferramenta de forma planejada e como elas estão sendo exploradas no ensino das dimensões do Sistema Solar.

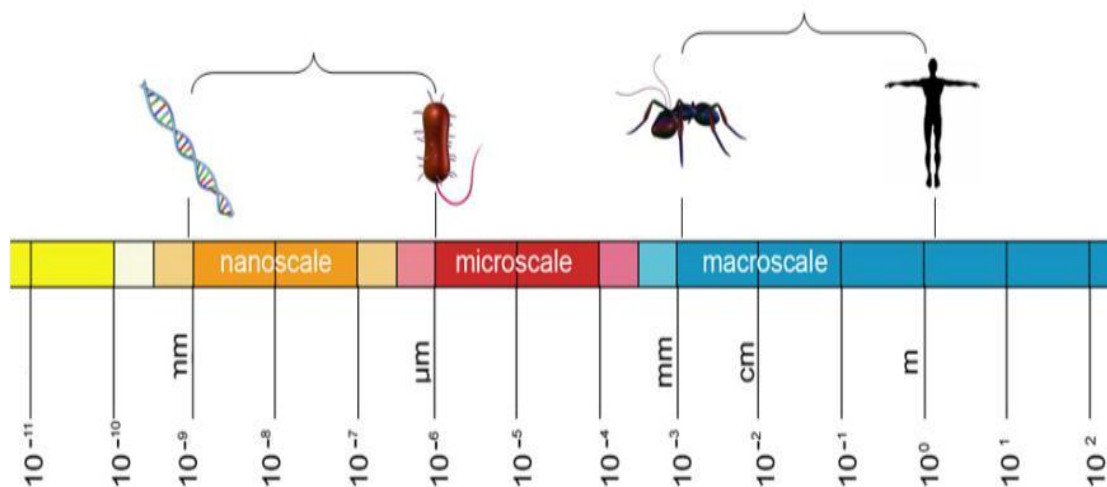
3.1. Classificação das analogias quantitativas

Conhecer os tipos de analogias quantitativas e suas características é fundamental para que se possa escolher as mais apropriadas delas para se abordar diferentes magnitudes. Nesse sentido, apresentaremos a classificação das analogias quantitativas proposta por Rigolon (2013) que, basicamente, as dividiu em analogias de proporção e de número. A seguir, conheceremos o conceito de cada tipo categorizada pelo autor, suas subdivisões e os respectivos exemplos.

3.1.1. Analogias quantitativas de proporção

De acordo com Rigolon (2013), as analogias quantitativas de proporção comparam as relações proporcionais de dois objetos com pelo menos outros dois objetos análogos por meio de razões matemáticas. Por outro lado, Magana, Brophy e Newby (2008) consideram que analogias proporcionais são comparações estabelecidas por meio da diferença entre as magnitudes de um par de objetos alvos desconhecidos com outro par de objetos análogos mais familiares. Como visto, trata-se de uma comparação proporcional entre as medidas de pelos menos dois pares de objetos como mostra o exemplo na Figura 1.

Figura 1. Exemplo de analogia quantitativa do tipo proporcional.



Fonte: Magana; Brophy e Newby (2008).

A analogia exposta na Figura 1 mostra que a diferença nos tamanhos entre uma bactéria e uma fita dupla de DNA e entre uma formiga e o ser humano é a mesma, ou seja, cerca de 1000 vezes maior ou menor. Uma segunda analogia que gostaríamos de citar foi encontrada em Speers (2014) quando colocou que se a Terra fosse do tamanho de uma bola de tênis, então a lua teria o tamanho de uma bola de gude. Portanto, considerando que o produto do meio é igual ao produto dos extremos, é possível concluir que as analogias quantitativas de proporção podem apresentar duas estruturas básicas, a saber: 1) O alvo A (DNA) está para o alvo B (bactéria) assim como o análogo C (formiga) está para o análogo D (corpo humano); 2) O alvo A (Terra) está para o análogo C (bola de tênis) assim como o alvo B (lua) está para o análogo D (bola de gude).

De acordo com Rigolon (2016), as analogias quantitativas de proporção podem ser mais difíceis de elaborar por envolverem muitos elementos na comparação, ou seja, os objetos análogos devem ser pensados uns em relação aos outros. Essa dificuldade pode justificar o fato de Chevalier, Vuillemot e Gali (2013) terem identificado nos gráficos analisados por eles poucas analogias de proporção se comparado com a quantidade de analogias quantitativas de número encontradas.

3.1.2. Analogias quantitativas de número

Segundo Rigolon (2013), analogias quantitativas de número são aquelas nas quais ocorre a transferência de atributos numéricos entre os objetos utilizados na comparação. Em outras palavras, Hullman et al. (2018) colocam que elas são

comparações em que as escalas de um objeto familiar se transforma em uma nova "unidade" que passa a representar as escalas de um objeto desconhecido. Nesse sentido, trata-se de uma relação direta em que uma determinada característica numérica do análogo A é transferida como um elemento representativo dos atributos do alvo B.

As analogias quantitativas de número foram subdivididas por Rigolon (2013) em analogias de unidade e analogias de grandeza. As **analogias de unidade** são aquelas em que a comparação ocorre levando-se em consideração as propriedades dos objetos do domínio análogo expressas em números reais e as **analogias de grandeza** são comparações que ocorrem entre grandezas físicas ou químicas que caracterizam os objetos como, por exemplo, área, volume, tempo, velocidade, força, trabalho, tempo, energia, dentre outros (RIGOLON, 2013). A distinção entre elas ficará mais evidente por meio de alguns exemplos e, nesse sentido, citaremos a princípio três analogias de unidade, a saber:

"Nos preparativos para o plano nacional de combate à miséria, o governo detectou pelo menos 16,2 milhões de pessoas vivendo hoje em condições extremas de pobreza, o equivalente à população do Estado do Rio de Janeiro, o terceiro mais populoso do Brasil" (SAVARESE, 2011).

"Com quase 35 milhões de brasileiros sem acesso à rede de água potável (equivalente à população do Canadá), 95 milhões de pessoas sem coleta de esgotos (equivalente a 2 vezes a população da Espanha) e apenas 46% dos esgotos gerados tratados..." (CARLOS, 2019).

"População morta por coronavírus no Brasil equivale a 18 'onzes de setembro'. (WANDERLEY, 2020).

Nos exemplos de analogias de unidade citados, percebemos que ocorreu a comparação entre atributos que podem ser contados como a população do Rio de Janeiro, do Canadá, da Espanha e as vítimas do "onze de setembro". Esses objetos análogos serviram para representar, respectivamente, o número de pessoas em intensa pobreza no Brasil, sem acesso a água potável, sem esgoto tratado e vítimas do coronavírus no Brasil até o dia 25 de junho de 2020. Por outro lado, nas analogias de grandeza ocorre a comparação somente entre características que podem ser medidas, como mostra o exemplo da Figura 2.

Figura 2. Exemplo de analogia de grandeza para dimensionar a pressão do centro da Terra.



Fonte: Discovery Channel (2013)

A analogia de grandeza exposta na Figura 2 compara a pressão exercida por 5000 bombas atômicas se pudessem explodir ao mesmo tempo como sendo análoga a pressão existente no centro da terra, portanto, a grandeza que se pretende trabalhar nessa analogia é a pressão.

A estruturação das analogias de número pode ocorrer por meio da igualdade, divisão ou multiplicação dos objetos do domínio análogo. Por exemplo, em uma analogia que explora a grandeza “área” poderíamos igualar os objetos colocando que a área do alvo A é igual a área do análogo B; dividir dizendo que a área do alvo A é a metade da área do análogo B ou ainda mostrando que a área do alvo A é duas vezes maior ou menor que a área do análogo B. Portanto, devido a processos matemáticos mais simples e por existir apenas uma relação entre dois objetos no domínio análogo, pode ser mais fácil elaborar e compreender as analogias de número no processo de ensino e aprendizagem das Ciências.

3.2. Analogias quantitativas no processo de ensino e aprendizagem

Diversos autores como Rigolon (2013; 2016); Magana, Brophy e Newby (2008); Resnick (2013); Chevalier, Vuillemot e Gali (2013); Speers (2014); Kim, Hullman e Agrawala (2016); Riederer, Hofiman e Goldstein (2018) e Hullman et al. (2018) mostraram em seus estudos algumas vantagens e desvantagens que as analogias quantitativas podem apresentar. Nesse sentido, dedicamos esta parte do capítulo para mostrar o que consta nessas pesquisas sobre os possíveis efeitos dessa estratégia no contexto comunicativo ou de ensino e aprendizagem.

3.2.1 Potencialidades das analogias quantitativas

Conhecer as potencialidades de uma ferramenta didática é um fator relevante para saber o que minimamente podemos esperar em relação à mesma quando utilizada de forma apropriada. Assim, como argumentos frequentes na literatura a favor da exploração de analogias quantitativas, destacamos:

- a) Facilitam a compreensão, visualização e percepção das magnitudes que ocorrem nas escalas macro, micro, nano e atômica, pois utilizam na comparação objetos que são familiares e perceptíveis;
- b) Ajudam as pessoas a reterem informações sobre grandes magnitudes não apenas a curto prazo como também a longo prazo, principalmente quando associadas ao uso de recursos visuais;
- c) Servem como suporte para a aprendizagem de escalas e proporções que são noções fundamentais para a compreensão de conceitos científicos;
- d) Chamam a atenção por seu potencial comunicativo.

Em relação ao que foi listado, alguns aspectos precisam ser comentados a fim de esclarecer um pouco melhor sobre quais circunstâncias algumas dessas potencialidades foram mencionadas nos estudos analisados. Nesse sentido, destacamos que o item (a) foi de longe o mais recorrente, principalmente por meio do destaque da utilização de análogos familiares como ponte para conhecermos melhor os conceitos ou fenômenos alvos de tamanhos variados. Entretanto, apesar de colocarem que as analogias quantitativas podem agir positivamente em diferentes escalas, a escala mais estudada foi a macro como: os tamanhos e distâncias dos planetas; o tempo geológico; dentre outros. Desse modo, ainda são poucos os dados sobre a utilização das analogias quantitativas em alvos menores.

O tópico (b) referente à retenção a longo prazo das informações contidas nas analogias quantitativas apareceu majoritariamente nos meios de Divulgação Científica e Comunicação que, de modo geral, fazem uso constante de representações imagéticas. Porém, mesmo que nos estudos desenvolvidos no meio educacional tenha ocorrido o apelo pela utilização de recursos visuais como forma de potencializar a visualização das analogias quantitativas, ainda é uma prática pouco explorada.

Em relação ao item (c), percebemos nas pesquisas desenvolvidas no contexto educacional internacional que as analogias quantitativas são mais utilizadas como suporte para o estudo das noções de escalas e proporções dos alunos. Portanto, o foco principal dos pesquisadores internacionais está voltado para a compreensão da noção de escalas matemáticas e não para a utilidade das analogias quantitativas como ponto central no processo percepção, ensino e aprendizagem das magnitudes científicas.

Por último, o potencial comunicativo das analogias quantitativas destacado no tópico (e) já é conhecido e explorado até mesmo por muitos cientistas para divulgar as informações obtidas em suas pesquisas de forma mais compreensível (JONES; TAYLOR, 2008). Porém, se elaboradas de maneira não planejada, além de não comunicar satisfatoriamente os conceitos e fenômenos estudados, ainda podem provocar uma série de problemas.

3.2.2. Limitações das analogias quantitativas

Apesar dos benefícios, é importante também conhecer as limitações das analogias quantitativas que podem influenciar negativamente o processo de ensino e aprendizagem ou até mesmo minimizar as potencialidades que essa ferramenta pode apresentar. Nesse sentido, as dificuldades mais evidenciadas na literatura e que podem ser utilizadas como razões contrárias à utilização dessa estratégia são:

- a) Levam a erros de interpretação se os tamanhos relativos dos objetos do domínio análogo não refletirem a realidade, ou seja, demonstrarem uma medida muito diferente do que eles realmente apresentam;
- b) Dificultam a aprendizagem do conteúdo científico estudado se os objetos análogos utilizados forem desconhecidos;
- c) Podem introduzir nos espectadores concepções errôneas em relação aos conceitos estudados, ou seja, algum atributo do objeto análogo pode ser transferido para o objeto alvo;
- d) As dificuldades ligadas a aspectos matemáticos como escalas e proporções podem dificultar a compreensão dos conceitos estudados além de desestimular a elaboração e utilização dessa ferramenta.

No que diz respeito à dificuldade relativa ao tamanho dos objetos análogos como exposto no item (a), destacamos que quanto menor a diferença proporcional entre os objetos, mais precisos eles devem ser, pois essa pequena diferença se negligenciada pode levar os alunos a interpretar os tamanhos equivocadamente. Por outro lado, quanto maior a diferença nos tamanhos proporcionais, mais flexíveis podemos ser em relação à precisão, pois nesse caso o excesso de preciosismo em relação às medidas exatas pode nos levar a escolher objetos análogos com pouco aproveitamento didático (Verificar parte 3.4 deste capítulo).

O desconhecimento dos objetos análogos, como colocado no tópico (b), deve ser levado em consideração ao explorar as analogias quantitativas, pois, destacamos que um princípio básico para a elaboração de uma boa analogia é que o análogo deve ser indispensavelmente familiar para que ele possa servir de base para a percepção das magnitudes dos conceitos ou fenômenos alvos (DUARTE, 2005; HULLMAN et al., 2018).

A limitação colocada no item (c), que trata sobre a possibilidade de algumas concepções errôneas serem transferidas para os conceitos alvos estudados, pode ocorrer levando-se em consideração alguns atributos que não necessariamente sejam quantificáveis. Por exemplo, dentro de uma determinada proporção, ao escolher uma moeda como análogo para o planeta Terra, os alunos poderiam imaginar que a Terra é achatada ao invés de esférica. Portanto, isso demonstra que pode existir interferência de características qualitativas quando utilizamos as analogias quantitativas e, dessa forma, devemos ficar atentos aos atributos que os alunos estão comparando.

As dificuldades matemáticas dos alunos, como relatadas no item (d), podem dificultar o entendimento e o processo de criação das analogias quantitativas que dependem diretamente de aspectos relacionados às escalas e à proporção. Pensando em um exemplo prático dessa dificuldade, vamos imaginar a seguinte fala de um aluno: "Nossa professor, então seria necessário apenas um pedacinho do sol do tamanho de uma ervilha para destruir toda Terra?". Considerando uma determinada proporção em que a Terra seria representada por uma ervilha, o aluno não conseguiu raciocinar de forma proporcional, ou seja, ele não percebeu do ponto

de vista lógico que a ervilha era apenas uma representação da Terra dentro de uma escala muito menor do que a real.

Certamente não existe a estratégia ideal ou isenta de falhas dentro do processo de ensino e aprendizagem. Devemos refletir sempre para cada vez mais melhorar esses processos. Nesse sentido, a exploração das analogias quantitativas, como qualquer outra estratégia, deve ocorrer de forma planejada para que se possa evidenciar as potencialidades das mesmas e minimizar as suas limitações.

3.3. Orientações para a elaboração de analogias quantitativas

Ao explorar as analogias quantitativas, precisamos seguir alguns direcionamentos a fim de que elas possam refletir positivamente no ensino e na aprendizagem das Ciências. Nesse sentido, apresentaremos algumas orientações que podem nos ajudar no uso planejado dessa ferramenta quando utilizada no contexto educacional.

3.3.1. Determinar a relevância de se utilizar analogias quantitativas

Acreditamos que a relevância de se utilizar analogias quantitativas está associada ao grau de dificuldade em perceber uma determinada magnitude ou por ser fundamental compreendê-la para que se possa conhecer melhor um determinado fenômeno. Nesse sentido, Rigolon (2016, p. 119) destaca que em alguns casos "pode ser que para um conceito a ser ensinado, o valor do tamanho ou do peso não seja importante, pelo estágio de desenvolvimento cognitivo em que os alunos estão, pela ocasião ou outros motivos". Portanto, outras estratégias como a utilização de escalas ou a observação dos fenômenos podem ser mais eficientes dependendo do nível escolar ou do conteúdo abordado.

3.3.2. Dominar alguns conceitos matemáticos

De acordo com Rigolon (2013), uma das principais características das analogias quantitativas é a necessidade de utilizar o raciocínio matemático e, nesse sentido, o domínio de conceitos como escalas, proporção e regra de três são necessários. Para nós, esses conceitos matemáticos são fundamentais não apenas para elaborar as analogias quantitativas como também para compreendê-las. Nesse

processo, deve-se considerar o nível de ensino dos alunos e, se for o caso, trabalhar esses conceitos matemáticos dando maior destaque para a divisão e multiplicação (RIGOLON, 2016).

3.3.3. Os objetos análogos devem ser criteriosamente selecionados

Autores como Hullman et al. (2018), Rigolon (2016) e Chavelier, Vuillemot e Gali (2013) apresentam uma série de recomendações que nos ajudam na escolha dos objetos análogos, a saber:

- a) Além de serem familiares, é desejável que os objetos análogos já tenham sido experimentados diretamente para quem as analogias se destinam;
- b) Precisam levar em consideração os estímulos, reações ou concepções que cada um deles possam despertar. Por exemplo, ao escolher laranjas como análogos para representar a quantidade de açúcar de um refrigerante, poderíamos estar passando para o público a ideia de que os refrigerantes são saudáveis e, por outro lado, ao optarmos por cubos de açúcar como análogo poderíamos chamar a atenção dos consumidores para os riscos à saúde provocados pelos refrigerantes;
- c) Devem ser conceitualmente semelhantes ao alvo, ou seja, apresentarem a mesma forma arredondada, esférica, quadrada, retangular, elíptica etc.;
- d) Em uma relação proporcional, recomenda-se que os análogos sejam parecidos, isto é, ambos serem bolas esportivas, ou frutas, ou brinquedos, dentre outros;
- e) Precisam ser rígidos, resistir à flexão e dobramentos para que suas medidas possam ser usadas de forma confiável;
- f) Necessitam possuir propriedades mensuráveis e claras.

As orientações para a escolha dos objetos análogos devem ser seguidas na medida do possível, pois quanto maior o número de critérios, mais difícil será encontrar um análogo compatível com essas especificações. De qualquer forma, é preciso ficar atento a esses direcionamentos para evitar a elaboração de analogias quantitativas pouco efetivas no processo de ensino e aprendizagem e que,

consequentemente, levem a um eventual problema de interpretação dos conceitos ou fenômenos estudados.

3.3.4. Deve-se ter acesso a fontes de informação para encontrar e conhecer os objetos análogos

Devido à natureza dos atributos comparados, elaborar analogias quantitativas sem acesso a algum tipo de fonte de informação pode ser dificultoso, pois as características numéricas comparadas não são evidentes mesmo que se conheça muito bem os objetos utilizados na comparação (RIGOLON, 2016). Por exemplo, quando interagimos com um análogo como bola de futebol, ou enxergamos um prédio ou andamos em um bairro, não é fácil saber imediatamente o valor dos seus atributos quantitativos como diâmetro, raio, peso, densidade, altura ou área sem que haja uma pesquisa mais aprofundada ou o uso de ferramentas de medição apropriadas.

De acordo com Rigolon (2016, p. 121), "caso haja tempo e seja do interesse do professor, os alunos podem pesquisar e calcular os objetos do domínio conhecido para serem comparados aos que estão sendo abordados". Devido à facilidade de acesso à informação, a internet acaba sendo um dos meios usados para o propósito de encontrar as características quantitativas dos objetos.

3.3.5. As analogias quantitativas elaboradas devem ser perceptíveis

Algumas estratégias podem ajudar a tornar as analogias quantitativas mais compreensíveis. Por exemplo, para Riederer, Hofman e Goldstein (2018), as pessoas têm melhor desempenho na percepção de magnitudes quando utilizam valores arredondados ao invés de valores precisos, pois os valores exatos podem apresentar casas decimais.

Além do arredondamento, autores como Chavelier, Vuillemot e Gali (2013) aconselham o uso de multiplicadores entre 1 e 10 para melhor comunicar as analogias elaboradas. Portanto, deve-se evitar analogias quantitativas como:

"Com a quantidade de resíduos que tiveram destino inadequado no País seria possível encher 56 piscinas olímpicas em cada dia do ano. Outras 6,4 milhões de toneladas sequer foram coletadas, o que equivale a 45 estádios do Maracanã repletos de lixo" (SILVA FILHO, 2012).

Analogias como as citadas no exemplo anterior não contribuem no processo de ensino e aprendizagem, pois apresentam quantidades análogas como 56 piscinas e 45 maracanãs difíceis de perceber mentalmente. De acordo com Rigolon (2016), acabam incrementando mais dificuldades ao problema que se deseja resolver utilizando analogias quantitativas.

Portanto, as cinco orientações aqui apresentadas para a elaboração de analogias quantitativas podem servir como um guia para que os professores de Ciências que desejarem utilizar este recurso no ensino possam explorá-las de forma planejada para que, conseqüentemente, a aprendizagem e a percepção das grandezas científicas ocorram de forma mais eficiente.

3.4. Estratégias para a compreensão das dimensões do nosso Sistema Solar e as analogias quantitativas

O Ensino de Astronomia oferece um leque de possibilidades a serem trabalhadas com os alunos e uma delas é conhecer as dimensões do nosso Sistema Solar. Para Cole et al. (2018), ao abordar sobre os tamanhos e distâncias dos astros, estamos constantemente interagindo com grandezas espaciais que estão além da nossa capacidade perceptiva e, mesmo que os alunos apresentem um bom conhecimento sobre um determinado fenômeno astronômico, ainda assim são necessárias habilidades de pensamento espacial para que eles possam ter informações mais precisas desses eventos.

De acordo com Langui e Nardi (2005), compreender as distâncias e os tamanhos dos corpos celestes nos ajudam a entender melhor vários fenômenos como as estações do ano, eclipses, dentre outros. Portanto, a utilização de estratégias que possibilitem o desenvolvimento da capacidade de percepção espacial dos alunos sobre as dimensões do Sistema Solar é fundamental. Nesse sentido, o currículo de Ciências das escolas do Estado de São Paulo (2012) sugere, dentre outras coisas, que o estudo de astronomia dentro do eixo temático Terra e Universo seja pautado na exploração de recursos didáticos que possibilitem aos alunos: comparar os tamanhos e distâncias relativas entre os astros; construir modelo em escala dos tamanhos e distâncias e; possibilitar aos alunos a expressão de suas ideias e percepções das dimensões do Sistema Solar.

Apesar das inúmeras alternativas didáticas possíveis de serem aproveitadas, Ferreira e Meghioratti (2008) destacam que o Ensino de Astronomia nas escolas está marcado predominantemente pela utilização do Livro Didático. Entretanto, esse recurso pode apresentar alguns equívocos relacionados aos tamanhos e distâncias dos astros que podem gerar várias concepções equivocadas sobre o nosso Sistema Solar. Dentre os principais erros encontrados em alguns Livros de Ciências, destacamos:

- a) Em muitas figuras os planetas maiores são representados por bolinhas grandes e os planetas menores por bolinhas pequenas e, portanto, sem nenhuma preocupação com a escala, o que pode induzir os alunos a acharem que o Sol e os planetas são proporcionais a essas bolinhas (CANALLE; OLIVEIRA, 1994);
- b) É comum também os planetas serem colocados sobre linhas desenhadas com o intuito de representar as suas órbitas e isso pode levar os alunos a pensarem que os planetas se movem sobre trilhos (LANGUI; NARDI, 2005);
- c) Alguns livros didáticos apresentam a órbita da Terra muito excêntrica e isso pode levar os alunos a acharem que existe uma ligação entre a proximidade ou afastamento do planeta ao Sol como sendo responsáveis pelas estações do ano (AMARAL; OLIVEIRA, 2011);
- d) É habitual a presença de estrelas no meio do Sistema Solar ou do Sistema Terra, Sol e Lua o que pode gerar a concepção de que elas estão próximas dos demais astros (LEITE; HOSOUME, 2005);
- e) As ilustrações colocam o Sistema Solar com os planetas alinhados e isso leva os alunos a pensarem que os planetas orbitam o Sol com velocidades angulares iguais e, portanto, sempre estariam alinhados (AMARAL; OLIVEIRA, 2011).

Com o objetivo de sanar alguns desses erros, muitos autores exploram alternativas ao Livro Didático para abordar as dimensões do Sistema Solar. Por exemplo, Canalle e Oliveira (1994) propuseram como estratégia a utilização de escalas proporcionais dos planetas em forma de círculos desenhados para dar ideia dos tamanhos do Sol e dos planetas. Por outro lado, Leite e Hosoume (2008) usaram bolas de isopor dentro da escala de tamanhos e as colocaram em distâncias

proporcionais a fim de melhorar a noção de espacialidade dos professores de Ciências que participaram da pesquisa. Rizzo, Bertolli e Rebeque (2014) construíram para alunos com e sem deficiência visual um modelo multissensorial do Sistema Solar em escala utilizando um balão de borracha para representar o Sol, bem como argila e massa de modelar para os planetas. Além da utilização de escalas como estratégia para abordar as dimensões do Sistema Solar no Ensino de Astronomia, é possível perceber na literatura que as analogias quantitativas também são exploradas.

No estudo de Rizzo, Bertolli e Rebeque (2014, p. 199), os autores perceberam que, ao interagir com uma maquete desenvolvida do Sistema Solar, os alunos apresentaram analogias como: “Júpiter o maior dele tem um tamanho de bola de handebol mais ou menos [...] e Saturno é do tamanho de uma bola de bilhar. (A4)”; “Na tua maquete, precisaria de muito espaço [...] precisaria de um estádio de futebol apenas para os quatro primeiros planetas. (A6)”. De acordo com os autores, essas comparações possibilitaram que os alunos tivessem uma melhor noção dos tamanhos e das distâncias do Sistema Solar. Porém, vale ressaltar que foram analogias criadas espontaneamente pelos alunos e não ficaram claros no artigo os critérios adotados por eles para elaborá-las.

As analogias quantitativas também foram utilizadas por Duque et al. (2016) no qual os autores fizeram uma projeção das distâncias do Sistema Solar posicionando os planetas em um mapa de Jaciara no Mato Grosso (MT), que era a cidade em que os alunos moravam e, do mesmo modo, Resnick (2013) também utilizou um mapa da universidade onde seu estudo se desenvolveu no intuito de criar analogias para as distâncias dos planetas. Já Basílio (2001) explorou exaustivamente analogias quantitativas em sua dissertação de mestrado em Ensino de Astronomia com o objetivo de familiarizar os leitores sobre várias grandezas do nosso Sistema Solar. E para finalizar, Rigolon (2016) usou as dimensões do Sistema Solar para saber como os licenciandos elaborariam analogias quantitativas.

Como visto, diferentes estratégias como as analogias quantitativas e escalas podem ser empregados para melhorar a compreensão dos tamanhos e distâncias dos astros que constituem nosso Sistema Solar. Entretanto, essas ferramentas ainda são pouco exploradas se comparadas à utilização massiva do

Livro Didático que, de modo geral, traz representações que pouco ajudam na percepção dessas magnitudes e que podem acarretar várias concepções errôneas sobre as mesmas. De acordo com Langui e Nardi (2005), a falta de recursos didáticos na área e a preparação deficiente em relação aos conteúdos de Astronomia durante a formação inicial acabam sendo fatores determinantes na dependência dos professores aos Livros Didáticos.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE PESQUISA

4.1. Tipo de pesquisa desenvolvida neste estudo

O estudo que desenvolvemos caracterizou-se por ser do tipo experimental e de grupo único. Para ser considerada experimental, a pesquisa deve demonstrar a existência de uma relação de causa e efeito no qual o pesquisador atua sobre a causa por meio da intervenção desenvolvida com base no problema observado e nos objetivos estabelecidos para, em seguida, medir os efeitos que são dependentes de como a prática planejada foi desenvolvida (LAVILLE; DIONNE, 1999).

Segundo Teixeira e Megid Neto (2017), as pesquisas experimentais se aproximam dos métodos positivistas e pós-positivistas historicamente empregados nas Ciências Naturais, ou seja, comumente ocorre a adoção dos grupos controle e experimental, realização de pré e pós-testes, tratamento estatístico dos dados, distanciamento entre sujeito e objeto de estudo além da generalização dos resultados obtidos na pesquisa. Entretanto, de acordo com Megid Neto (2011), diferentes compreensões quanto ao fenômeno social investigado foram gradativamente pondo em cheque as práticas positivistas até então adotadas em pesquisas experimentais, a saber:

- a) A aplicação de testes antes e depois da intervenção não garantem por si só que um procedimento foi bem sucedido ou não, pois diversos fatores internos e externos a esse processo poderiam ter contribuído para o resultado encontrado;
- b) A homogeneidade entre os grupos experimental e controle que passou a ser considerado um procedimento difícil de ser alcançado devido à bagagem cultural, as histórias de vida, as relações interpessoais e familiares que tendem a ser bem diferentes para cada pessoa.

Como consequência desse novo olhar, a pesquisa experimental de grupo único no meio educacional passou a adotar alguns métodos diferentes do que antes eram comuns neste tipo de pesquisa. Nesse sentido, para Laville e Dionne (1999), o procedimento inicial deve ser o levantamento da bibliografia disponível sobre o tema, pois dessa forma pode-se revelar uma eventual justificativa para o eventual ganho de produtividade observado na intervenção executada. Um segundo procedimento

diz respeito à aplicação dos testes diagnósticos que, em conformidade com Megid Neto (2011), podem ocorrer por meio de sondagens coletivas ou individuais, pelo diário de campo do pesquisador e por registros audiovisuais como: fotografias, filmagens e as produções dos sujeitos investigados como painéis, maquetes, registros escritos ou orais, dentre outros. O último processo de coleta de dados em uma pesquisa experimental de grupo único que destacaremos é o monitoramento contínuo dos sujeitos durante todos os estágios de desenvolvimento da intervenção como forma de substituir o grupo controle (TEIXEIRA; MEGID NETO, 2017).

Os novos métodos adotados em pesquisas de grupo único para diagnosticar as condições em que o estudo se desenvolve, de acordo com Laville e Dionne (1999, p.147), "permitem compensar um pouco pelas preocupações impossíveis de tomar e conduzam a conclusões válidas, mesmo que a certeza nunca seja absoluta. De qualquer maneira, não há nenhuma estratégia, por mais refinada que pareça, que possa conduzir a uma conclusão perfeitamente segura nessas matérias de causalidade". Portanto, essa nova forma de conceber a pesquisa experimental não mudou simplesmente os métodos de constatar hipóteses ou de levantamento de dados, mas passou a considerar a complexidade envolvida ao se trabalhar com fenômenos e sujeitos sociais.

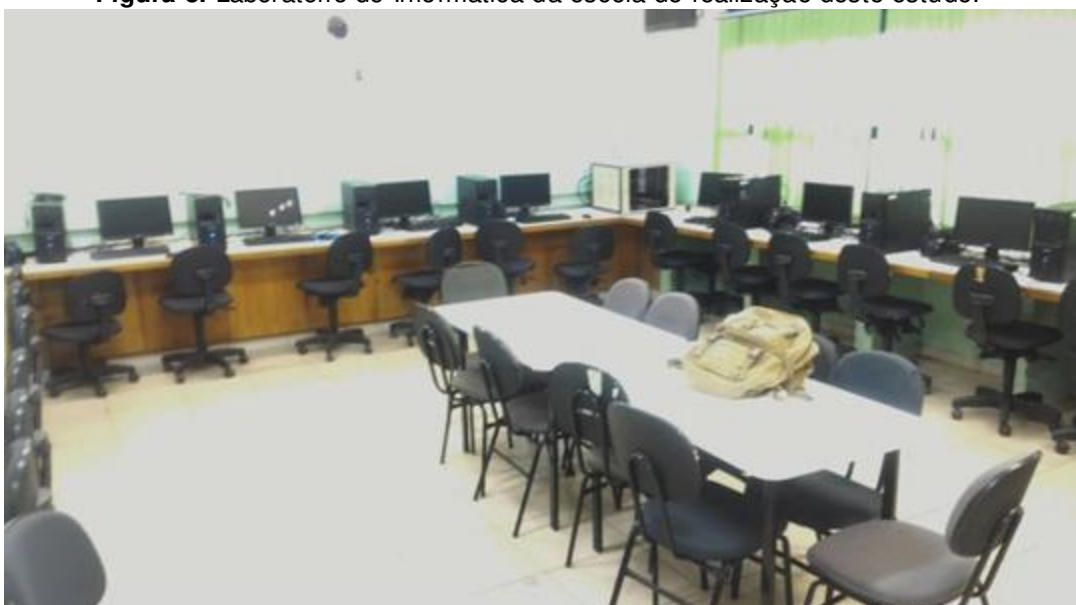
4.2. Caracterização da escola e do contexto de realização deste estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida na Escola Municipal de Ensino Fundamental localizada em Campinas-SP. Trata-se de uma escola de Tempo Integral que em 2018 contava com 302 estudantes matriculados nos anos iniciais (1º ao 5º ano), 230 nos anos finais (6º ao 9º ano) e 108 alunos inscritos no período noturno na Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Para a realização de suas atividades normais e acomodação de todos os alunos do ensino fundamental e EJA, a escola tinha em 2018 o total de 78 funcionários que desempenhavam suas funções em diversos ambientes como: 19 salas de aulas, quadra poliesportiva coberta, cozinha, refeitório, biblioteca, laboratório de informática, recepção, diretoria e secretaria. Em média, eram 30 alunos por sala de aula e tal estrutura possibilitava que os mesmos ficassem durante todo o dia na escola em atividades acadêmicas, de lazer e alimentação.

A nossa intervenção foi desenvolvida em 14 aulas realizadas no período de 06 de agosto a 30 de novembro de 2018 na qual abordamos as dimensões do nosso Sistema Solar por meio da exploração de analogias quantitativas com 28 alunos com idades entre 11 e 13 anos do 6º ano A. Nessa escola os estudantes tinham 06 aulas de Ciências na semana. Durante o desenvolvimento do nosso estudo, utilizamos frequentemente com os estudantes o laboratório de informática da escola, exposto na Figura 3, que mostra uma infraestrutura composta por 18 computadores funcionando com o sistema operacional *Linux* e com acesso à *internet*.

Figura 3. Laboratório de Informática da escola de realização deste estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O laboratório tinha um técnico que ficava à disposição dos usuários da sala para eventuais problemas nas máquinas e fazia também os agendamentos para utilização do laboratório ao longo do mês. Portanto, a escola apresentava uma infraestrutura e organização que consideramos necessária para realizar de forma satisfatória os procedimentos planejados para a execução deste estudo e, além disso, ela ficava próxima da residência do pesquisador, o que possibilitou um acompanhamento mais próximo das atividades da escola.

4.3. Planejamento adotado para execução da pesquisa

Inicialmente submetemos o projeto de pesquisa que desenvolvemos ao Comitê de Ética da Unicamp que foi aprovado com o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) de nº 81084117.3.0000.8142. Após a aprovação do

projeto, procuramos o colégio ainda no segundo semestre de 2017 para apresentar ao coordenador pedagógico e ao professor de Ciências o projeto de pesquisa. Assim, quando o professor de Ciências aceitou colaborar com o estudo, o pesquisador passou a frequentar constantemente a escola para obter informações sobre os alunos e a organização escolar para melhorar o planejamento da pesquisa.

Para a realização desta intervenção, estabelecemos cinco etapas de pesquisa, como mostra resumidamente a Tabela 3. Destacamos que essas etapas ocorreram de forma intercalada ao planejamento do professor de Ciências e, desse modo, foi possível ao pesquisador participar como ouvinte em algumas aulas com o objetivo de compreender a dinâmica da sala de aula.

Tabela 3. Etapas da pesquisa desenvolvida junto aos alunos do 6º ano A.

Etapas	Descrição das atividades	Quantidade de aulas
1- Diagnosticando o conhecimento dos alunos sobre nosso Sistema Solar	Apresentar o pesquisador para os alunos e conhecer o que eles sabem sobre os tamanhos e distâncias dos astros do Sistema Solar.	2 aulas (100 minutos)
2- Revisando e utilizando alguns conceitos matemáticos	Revisar os conceitos de escala e proporção e utilizá-los em atividades de cálculos proporcionais.	2 aulas (100 minutos)
3- Estimando objetos análogos para as proporções calculadas	Escolher objetos análogos para os tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar com base nas proporções calculadas pelos alunos.	4 aulas (200 minutos)
4- Acessando fontes de informações dos objetos análogos no laboratório de Informática	Pesquisar informações sobre os objetos análogos juntamente com os <i>feedbacks</i> do pesquisador sobre o processo de elaboração de analogias quantitativas.	4 aulas (200 minutos)
5- Abordando as dimensões do Sistema Solar por meio de analogias quantitativas	Apresentar aos alunos algumas analogias quantitativas desenvolvidas com eles e fazer as discussões finais em relação ao tema.	2 aulas (100 minutos)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os momentos da pesquisa descritos na Tabela 3 foram planejados com base em alguns procedimentos necessários para quem quer elaborar e utilizar as analogias quantitativas, como foi exposto ao longo da revisão bibliográfica feita por nós e que retomaremos novamente nesta parte do trabalho. A partir de agora, descreveremos mais especificamente o que fizemos em cada etapa programada para a realização deste estudo.

4.3.1. Primeira Etapa - Diagnosticando o conhecimento dos alunos sobre nosso Sistema Solar

Nessa etapa, o pesquisador estabeleceu o primeiro contato com os alunos e expôs para eles os objetivos, justificativa, métodos; garantias, potenciais riscos e benefícios da pesquisa por meio dos termos de Assentimento e Consentimento Livre e Esclarecido (BRASIL, 2016). O pesquisador se dispôs a esclarecer qualquer dúvida sobre os termos antes de entregar as versões que deveriam ser assinadas pelos responsáveis legais dos estudantes.

Em seguida, disponibilizamos para os alunos uma folha A4 com apenas uma orientação: Desenhar o modelo do Sistema Solar considerando a proporção das distâncias e dos tamanhos entre os astros. Para que os estudantes pudessem executar essa tarefa, deixamos claro que eles tinham a liberdade de desenhar e também de escrever suas respostas, ou seja, poderiam escolher a melhor forma para se expressar.

Durante a sondagem inicial do conhecimento prévio dos alunos sobre as demissões do nosso Sistema Solar, o pesquisador ficou disponível para esclarecer as eventuais dúvidas sobre o que foi pedido e em alguns momentos questionou os alunos oralmente sobre suas respostas para entender melhor o que eles estavam escrevendo ou desenhando.

4.3.2. Segunda Etapa - Revisando e utilizando alguns conceitos matemáticos

Nessa etapa, o objetivo foi revisar alguns conteúdos ligados à matemática como, por exemplo, diâmetro, divisão e multiplicação por meio da regra de três, escala e proporção, pois, como coloca Rigolon (2016), esses conceitos são fundamentais para a elaboração de analogias quantitativas. No nosso estudo, essa revisão ganha ainda mais importância principalmente se considerarmos que os alunos não tinham estudado os conceitos de escala e proporção, pois são conteúdos previstos apenas no currículo do 7º ano.

Nesse sentido, começamos explicando o conceito de diâmetro de uma circunferência por meio de um desenho de uma esfera no quadro e explicando que o diâmetro era dado pelo seguimento de uma reta que tocava dois pontos da circunferência e passava pelo seu centro. Aproveitamos também para explicar que o raio de uma circunferência poderia ser dado pela metade do diâmetro. Esses dois

conceitos eram necessários para que os alunos pudessem pesquisar posteriormente no laboratório de informática os diâmetros proporcionais dos objetos análogos escolhidos por eles para representar os tamanhos dos planetas.

Posteriormente trabalhamos o conceito básico de escala citando os mapas cartográficos como exemplo comum da utilização da mesma. Para abordar sobre as proporções nós seguimos as orientações da professora de matemática dos alunos e utilizamos uma “receita de bolo” escrita no quadro para explicar que proporção se tratava de uma relação de dependência entre grandezas.

Fizemos alguns exercícios para que os alunos se familiarizassem e entendessem como eles deveriam realizar os cálculos proporcionais. Assim, desenhamos círculos no quadro com diâmetros diferentes para representar os tamanhos de alguns objetos e suas representações dentro de uma relação de dependência proporcional com outros objetos.

4.3.3. Terceira Etapa - Estimando objetos análogos para as proporções calculadas

O objetivo nessa etapa foi conhecer a noção que os estudantes tinham de escala, pois segundo Tretter et al. (2006), as concepções de escala das pessoas baseiam-se na experiência pessoal, estão organizadas em categorias e possuem protótipos para representar as escalas. Dessa forma, por meio do processo de estimativas, é possível conhecer as escalas mais comuns que os alunos conhecem bem como as características dos objetos análogos que eles utilizam como modelos para as escalas proporcionais dos tamanhos e distâncias dos planetas.

Inicialmente solicitamos que os alunos formassem grupos com média de quatro alunos que deveriam permanecer juntos até o fim da pesquisa. Assim, constituíram sete equipes que a turma já havia pré-definido e vinha utilizando desde o início do ano a partir da afinidade entre os alunos.

Em seguida, os grupos formados receberam a Tabela 4 referente ao tamanho dos planetas com as colunas 1, 2 e 3 preenchidas pelo pesquisador. A primeira coluna desta tabela continha o nome dos astros do nosso Sistema Solar. A segunda coluna apresentava os respectivos diâmetros em quilômetros (km) dos astros. Na terceira coluna, o pesquisador colocou o número de vezes que cada

planeta era menor do que o Sol e, para isso, foi necessário dividir o diâmetro do Sol pelo diâmetro de cada astro.

Tabela 4. Diâmetros relativos aos tamanhos dos astros do nosso Sistema Solar.

Astros	Diâmetro dos astros (km)	Quantas vezes menor que o Sol
Sol	1.400.000	----
Mercúrio	4.900	286
Vênus	12.100	116
Terra	12.8800	109
Marte	6.800	206
Júpiter	140.000	10
Saturno	116.500	12
Urano	50.800	27
Netuno	49.200	28
Plutão	2.320	603

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após receberem a Tabela 4, os alunos foram orientados a escolherem inicialmente um objeto análogo para representar o Sol que é o maior astro do nosso Sistema Solar. Vale destacar que o pesquisador procurou previamente na *internet* o diâmetro de alguns objetos que os alunos poderiam escolher como análogo para representar o Sol, como orienta Rigolon (2016). Posteriormente, os alunos calcularam a proporção dos planetas dividindo o diâmetro do objeto análogo escolhido para representar o Sol pelo número de vezes que os planetas eram menores do que o Sol.

Depois que os alunos fizeram os cálculos proporcionais para o tamanho dos planetas, eles foram orientados a estimarem objetos análogos que mais poderiam se aproximar das medidas calculadas. Portanto, os estudantes fizeram as estimativas de objetos análogos conhecidos por eles para representar os tamanhos dos planetas somente com base nas medidas proporcionais calculadas. Assim, o nome de cada objeto escolhido pelos estudantes foi registrado.

Na sequência, os alunos também receberam impressa em uma folha de papel A4 a Tabela 5 relativa às distâncias dos planetas. As colunas 1, 2 e 3 desta tabela foram preenchidas pelo pesquisador. Na primeira coluna da Tabela 5 constava o nome dos planetas do nosso Sistema Solar. A segunda coluna apresentava as distâncias médias dos planetas em relação ao Sol. Os dados apresentados na terceira coluna referente ao número de vezes que cada planeta está mais próximo ao Sol em relação a Plutão foram obtidos pelo pesquisador dividindo a distância do Sol até Plutão pelas distâncias relativas de cada planeta.

Tabela 5. Distâncias dos astros do nosso Sistema Solar.

Plantas	Distância média para o Sol (km)	Vezes mas próximo ao Sol do que Plutão
Mercúrio	588.000.000	102
Vênus	108.000.000	54,5
Terra	150.000.000	39
Marte	228.000.000	26
Júpiter	778.000.000	7,5
Saturno	1.427.000.000	4,1
Urano	2.871.000.000	2
Netuno	4.500.300.000	1,4
Plutão	5.900.000.000	----

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os alunos escolheram inicialmente de uma distância análoga para representar o maior comprimento que é do Sol até Plutão e foram orientados a considerarem que o Sol no modelo adotado sempre deveria estar posicionado sobre a escola onde eles estudavam. Novamente, os possíveis comprimentos das distâncias análogas que os alunos poderiam escolher foram investigadas previamente pelo pesquisador, conforme as instruções encontradas em Rigolon (2016).

Posteriormente, os alunos pegaram a medida da distância análoga escolhida e dividiram pelo número de vezes que cada planeta está mais próximo ao Sol em relação a Plutão. Depois de calculadas as distâncias proporcionais, os estudantes foram orientados a estimar distâncias análogas conhecidas por eles que mais poderiam se aproximar das medidas calculadas, ou seja, qual ponto de referência partindo da escola os alunos considerariam apropriado para representar as distâncias proporcionais. No Anexo A estão listadas as tabelas preenchidas por todos os grupos ao realizarem esta atividade.

4.3.4. Quarta Etapa - Acessando fontes de informações dos objetos análogos no laboratório de Informática

O objetivo nessa etapa foi possibilitar que os estudantes se familiarizassem com os objetos análogos escolhidos por eles na etapa das estimativas realizada no preenchimento das tabelas 4 e 5. Assim, foi possível que os estudantes escolhessem novos análogos que fossem mais adequados para as proporções calculadas, pois as características quantitativas dos objetos escolhidos não são facilmente conhecidas sem que haja meios para obter tais informações (RIGOLON, 2016).

Nesse sentido, os alunos pesquisaram na *internet* os diâmetros dos objetos estimados anteriormente e escolheram os mais apropriados com base nas proporções calculadas por eles e nos *feedbacks* (Verificar tópico 3.4) oferecidos pelo pesquisador ao longo desse processo. Quando os alunos escolhiam os análogos com os diâmetros mais próximos das proporções calculadas, eles anotavam novamente os nomes dos novos objetos para representar os tamanhos dos astros.

Para facilitar o processo de busca dos novos objetos análogos que os alunos estavam pesquisando no laboratório de informática, os grupos fizeram a conversão das proporções calculadas por eles que estavam em centímetros (cm) para milímetros (mm), pois muitos objetos encontrados pelos estudantes na *internet* apresentavam essa unidade de medida.

Em relação à pesquisa das distâncias análogas, adotamos um processo semelhante ao que Kim, Hullman e Agrawala (2016) e Resnick (2013) fizeram ao utilizar mapas para representar as distâncias proporcionais do nosso Sistema Solar. Nesse sentido, orientamos os alunos a utilizarem o campo “Rotas” do *Google Maps* e pedimos que eles sempre posicionassem o Sol sobre a escola como ponto de origem e em seguida pesquisassem outro ponto que fosse compatível ou próximo das distâncias análogas proporcionais calculadas anteriormente. Ao encontrar uma distância análoga que fosse conhecida por todos do grupo, que apresentasse a medida adequada e estivesse de acordo com os *feedbacks* do pesquisador, os alunos deveriam anotar os nomes das referências análogas.

Durante o preenchimento da Tabela 5 no laboratório de informática, alguns grupos fizeram seus cálculos proporcionais em quilômetros (km) e, nesses casos, os estudantes fizeram a transformação para metros (m) a fim de facilitar principalmente a escolha das distâncias análogas dos planetas rochosos Mercúrio, Vênus, Terra e Marte que ficavam com medidas difíceis de compreender como 0,3 km, dentre outros valores semelhantes.

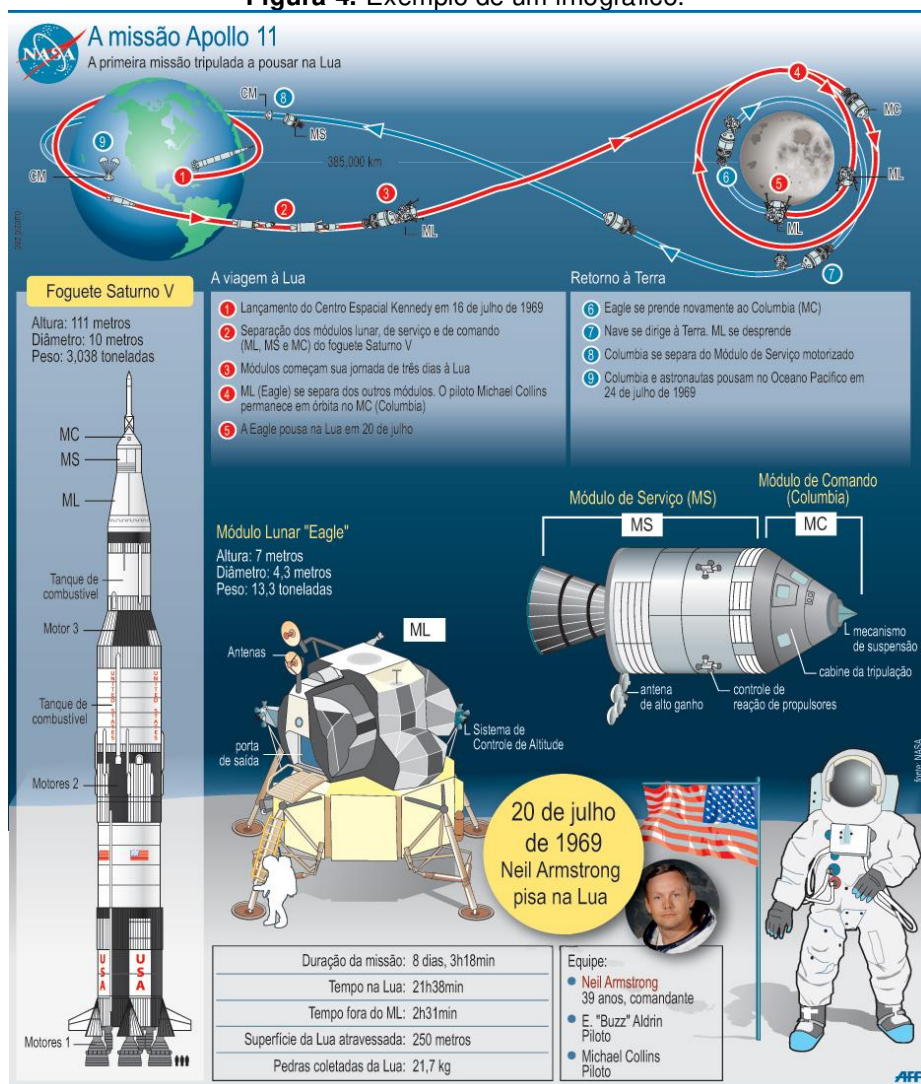
4.3.5. Quinta Etapa - Abordando as dimensões do Sistema Solar por meio de analogias quantitativas

Nessa etapa, o objetivo foi apresentar os tamanhos e as distâncias dos planetas por meio da utilização de analogias quantitativas. Para isso, o pesquisador

construiu um infográfico no *PowerPoint* colocando as analogias quantitativas referentes aos tamanhos e distâncias proporcionais em escalas diferentes.

Para Davidson (2014), infográficos são representações caracterizadas por integrar o texto com outros recursos multimídia como fotografias, mapas, desenhos, vídeos e gráficos. De acordo com Lamb et al. (2014), os infográficos são amplamente utilizados para divulgar informações científicas complexas, pois comunicam de maneira mais rápida, atraente, clara e objetiva como mostra a Figura 4 sobre a missão Apollo 11.

Figura 4. Exemplo de um infográfico.



Fonte: Terra.

Tomando como referência estes autores, o pesquisador desenvolveu um modelo de Sistema Solar representado em um infográfico. Em relação aos tamanhos, os objetos análogos foram escolhidos com base nos mais citados pelos estudantes e que mais se aproximaram de uma das proporções calculadas. Quanto

às distâncias proporcionais, o pesquisador escolheu o modelo análogo que apresentou as distâncias mais conhecidas por todos os grupos e com pontos de referência bem definidos no mapa.

A partir do infográfico produzido, o pesquisador discutiu juntamente com os alunos alguns fenômenos como: as estações do ano, a temperatura de alguns planetas, o efeito estufa, tamanho aparente do Sol e da Lua, os períodos de rotação e translação. Portanto, o infográfico elaborado foi utilizado como recurso didático para discutirmos as relações existentes entre os tamanhos e as distâncias do nosso Sistema Solar com esses fenômenos.

Assim, aulas referentes a este tema ocorreram de forma dialogada na qual os alunos foram estimulados a expressarem seus conhecimentos, aprendizados ou dúvidas sobre a estratégia utilizada e sobre o assunto abordado a fim de gerar uma discussão final.

4.4. Procedimentos para coleta e análise dos dados

A coleta dos dados da intervenção ocorreu por meio do diagnóstico inicial do conhecimento em astronomia dos alunos, gravação de áudio, registro fotográfico, utilização do diário de campo e de registros escritos como as atividades de preenchimento das Tabelas 4 e 5. De acordo com Megid Neto (2011), estes são procedimentos comuns na pesquisa experimental de grupo único. Posteriormente esses dados foram transcritos para serem analisados usando como base a Análise do Conteúdo.

De acordo com Laville e Dionne (1999), a Análise do Conteúdo consiste em demonstrar a estrutura e os elementos de um conteúdo para esclarecer suas características e extrair o seu significado. Nesse sentido, os autores destacam que essa técnica de análise pode ser aplicada em vários materiais permitindo abordá-los quanto às atitudes, valores, representações, ideologias, dentre outros aspectos.

Após transcrever os áudios gravados durante as aulas e organizar os dados das Tabelas 4 e 5, com as colunas preenchidas pelos alunos, realizamos a análise do conteúdo com base nos procedimentos de Laville e Dionne (1999) e Bardin (2011). Nesse sentido, primeiramente fizemos a leitura inicial do material coletado a fim de nos envolver com as primeiras impressões, emoções e

sentimentos sobre os mesmos. Em segundo lugar, selecionamos gradativamente as partes do material que consideramos mais relevantes à reflexão sobre o objetivo e pergunta de pesquisa desta dissertação que consistem em: Como ocorre o processo de elaboração de analogias quantitativas sobre os tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar por parte dos alunos dentro de um processo guiado? Por último, o material selecionado foi agrupado de acordo com a semelhança do conteúdo.

Após organizar o material na pré-análise, estabelecemos algumas categorias que foram definidas no decorrer da análise. Desse modo, com base na literatura encontrada (CANALLE; OLIVEIRA, 1994; LANGUI; NARDI, 2005; AMARAL; OLIVEIRA, 2011; LEITE; HOSOUME, 2005), desenvolvemos duas categorias para avaliar as concepções dos estudantes sobre os tamanhos e as distâncias dos astros com base nas representações do Sistema Solar feitas por eles durante a primeira etapa desta pesquisa, a saber:

1) "Representações iguais às que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências". Nesta categoria, os alunos colocaram os tamanhos dos planetas menores do que o Sol, em ordem crescente sem nenhuma preocupação com as escalas. Em relação às distâncias, eles colocaram os planetas alinhados simetricamente e também sem considerar as escalas corretas. A Figura 5 mostra um exemplo de representação que se encaixa na descrição desta categoria.

Figura 5. Imagem representativa da categoria "Representações iguais ao que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências".

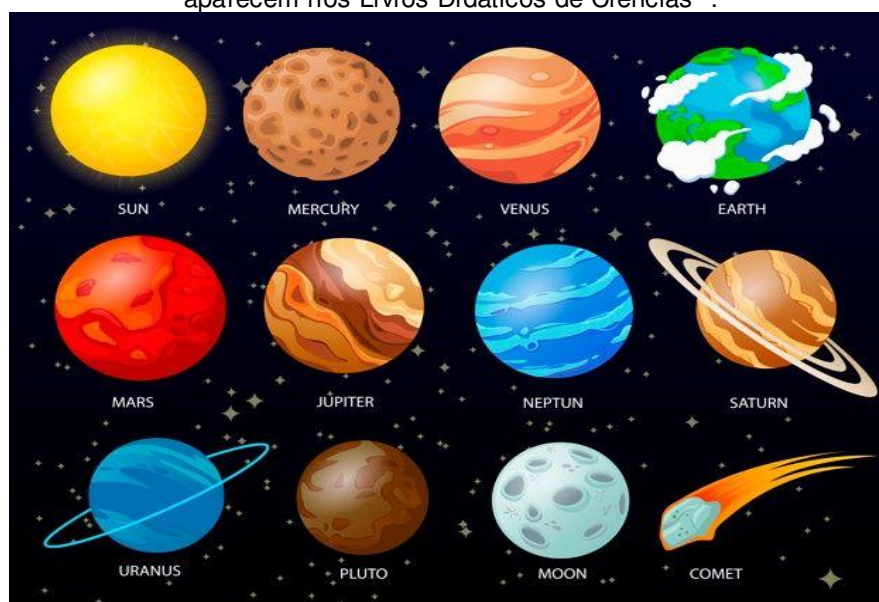


Fonte: Freepik.

Algumas variações nas representações colocadas nesta primeira categoria serão mostradas no decorrer da análise dos dados. Entretanto, de modo geral, as ilustrações que os alunos desenharam lembram muito as que frequentemente aparecem nos Livros Didáticos.

2) "Representações diferentes das que geralmente aparecem nos Livros Didáticos de Ciências". Nesta categoria os planetas foram dispostos com tamanhos semelhantes entre si e ao do Sol. Em relação às distâncias, colocaram os planetas na mesma órbita ou às vezes sem nenhuma organização das distâncias. A Figura 6 apresenta uma representação que está de acordo com a caracterização desta categoria.

Figura 6. Imagem representativa da categoria "Representações diferentes do que geralmente aparecem nos Livros Didáticos de Ciências".



Fonte: Freepik.

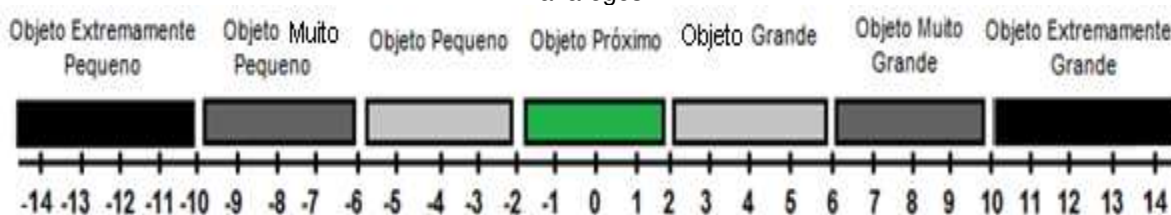
As representações que colocamos nesta segunda categoria não são frequentes nos Livros Didáticos nem nos meios de Divulgação Científica e, além disso, ainda são pouco documentadas na literatura encontrada por nós. Nesta categoria, destacamos que é possível que os alunos tenham colocado os planetas espalhados aleatoriamente devido aos diferentes períodos de translação de cada um. Se fosse esse o caso, os alunos estariam corretos, porém, não encontramos evidências que eles poderiam ter pensado dessa forma ao desenharem suas representações.

A fim de classificar a natureza dos objetos análogos escolhidos pelos alunos tanto na etapa das estimativas quanto na pesquisa no laboratório de informática, nós estabelecemos quatro categorias de análogos, a saber:

- 1) Análogos relacionados ao lazer (ARLA) nos quais dispomos qualquer objeto relacionado ao lazer dos estudantes, como bolas esportivas ou de exercícios físicos, dentre outros;
- 2) Análogos relacionados a alimentos (ARAL), portanto, qualquer coisa que sirva de alimentação como vegetais, legumes, frutas, grãos, sementes e cereais;
- 3) Análogos relacionados a animais (ARAN) referentes à citação de qualquer espécie de animal;
- 4) Análogos relacionados a objetos variados (AROV), onde colocamos qualquer objeto que não se encaixe nas categorias anteriores como mesa, porta, cadeira, moeda etc.

Com o objetivo de compreender a noção de escalas dos alunos e analisar o quão precisos foram os objetos análogos colocados nas categorias 1, 2, 3 e 4 descritas anteriormente, definimos sete categorias como mostra a Figura 7. Para a delimitação dessas categorias, dividimos o diâmetro dos objetos análogos pelo valor dos cálculos proporcionais feitos pelos estudantes. Por exemplo, se a medida proporcional calculada pelos alunos para o tamanho da Terra foi de 3 cm e o objeto análogo escolhido para essa medida foi de 9 cm, então ao dividir 9 cm por 3 cm é possível saber que eles escolheram um objeto três vezes maior do que o esperado. O objetivo desse cálculo realizado pelo pesquisador foi saber quantas vezes os análogos foram maiores ou menores do que as proporções calculadas pelos estudantes. Destacamos que o pesquisador procurou na *internet* o diâmetro aproximado de cada objeto análogo escolhido na etapa das estimativas.

Figura 7. Categorias criadas para verificar a precisão dos alunos durante a escolha dos objetos análogos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A primeira categoria que gostaríamos de destacar é a de "Objetos Próximos" (OPR), na qual os análogos foram os mais precisos e, portanto, a divisão ficou próxima de 1. De acordo com o que mostra a Figura 6, as categorias que ficaram à direita da OPR são aquelas em que os análogos estimados apresentaram diâmetros maiores do que os cálculos proporcionais realizados pelos estudantes. Nesse sentido, a segunda categoria é a de "Objetos Grandes" (OGR), que recebeu os análogos que ficaram entre duas e seis vezes maiores. Na terceira, "Objetos Muito Grandes" (OMG), foram colocados os análogos que ficaram de seis a dez vezes maiores. Na quarta, chamada de "Objetos Extremamente Grandes" (OEG), colocamos os objetos análogos maiores que dez vezes. Por outro lado, as categorias que aparecem à esquerda da OPR, conforme exposto na Figura 6, são aquelas em que os análogos estimados apresentaram diâmetros menores do que os cálculos proporcionais dos alunos. Assim, na quinta categoria, chamada de "Objetos Pequenos" (OPE), ficaram os análogos de duas a seis vezes menores. A sexta, relativa à "Objetos Muito Pequenos" (OMP), colocamos os análogos que ficaram entre seis e dez vezes menores e, por último, a sétima categoria, chamada de "Objetos Extremamente Pequenos" (OEP), na qual colocamos os objetos análogos menores que dez vezes em relação aos cálculos proporcionais.

Depois da etapa de exploração do material com base na Análise do Conteúdo (BARDIN, 2011), fizemos o tratamento e interpretação dos dados utilizando as abordagens qualitativa e quantitativa de forma complementar. Por meio da análise qualitativa, utilizamos o recurso da descrição do material coletado com o objetivo de abordar as peculiaridades expressas nos dados e, através da análise quantitativa, exploramos operações matemáticas como porcentagem, frequência e quadros de resultados (LAVILLE; DIONNE, 1999). No Capítulo 05 a seguir discutiremos as cinco etapas apresentadas com base nos dados coletados ao longo do período que estivemos na escola.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DOS DADOS

Esta parte da dissertação dedica-se à análise dos dados coletados ao longo deste estudo. A fim de melhor organizar este capítulo, nós utilizamos as mesmas subdivisões adotadas nas cinco etapas planejadas: 1) Diagnosticando o conhecimento dos alunos sobre nosso Sistema Solar; 2) Revisando e utilizando alguns conceitos matemáticos; 3) Estimando objetos análogos para as proporções calculadas; 4) Acessando fontes de informações dos objetos análogos no laboratório de Informática e; 5) Abordando as dimensões do Sistema Solar por meio de analogias quantitativas. Portanto, discutiremos cada etapa desenvolvida de acordo com suas respectivas categorias analíticas criadas.

5.1. Análise da primeira etapa - Diagnosticando o conhecimento dos alunos sobre nosso Sistema Solar

Durante a apresentação do pesquisador sobre as atividades que seriam desenvolvidas, os estudantes apresentaram algumas dúvidas em relação ao tema, aos objetivos e métodos expostos nos Termos de Assentimento e Consentimento Livre e Esclarecido (TALE/TACLE) que foram prontamente esclarecidas pelo pesquisador.

Ao explicar os procedimentos que seriam adotados no estudo, os alunos demonstraram empolgação quando dissemos que utilizaríamos o laboratório de informática da escola. Apesar desse entusiasmo, o professor de Ciências nos contou que os alunos sabiam pouco de informática básica mesmo utilizando frequentemente o laboratório com outros professores.

Quando perguntamos aos alunos se já haviam estudado astronomia, responderam que o professor de Geografia havia trabalhado com eles esse conteúdo no início do semestre. Ao conversamos com o professor de Geografia, este nos disse que abordou aspectos gerais da astronomia como: história; observações dos astros; os modelos geocêntrico e heliocêntrico e suas implicações políticas; proporções dos planetas; as luas dos planetas; astronavegação; origem do Sistema Solar e formação do Universo. Segundo esse professor, o objetivo foi

preparar os alunos para a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). Portanto, os alunos já apresentavam alguns conhecimentos sobre astronomia.

Após a apresentação inicial do pesquisador e a explicação das etapas da pesquisa, solicitamos aos alunos que desenhassem o modelo do nosso Sistema Solar de acordo com a percepção deles sobre os tamanhos e distâncias dos planetas. A partir disto, analisaremos no item 5.1.1 como os alunos representaram os tamanhos dos astros e, posteriormente, no 5.1.2, analisaremos as distâncias.

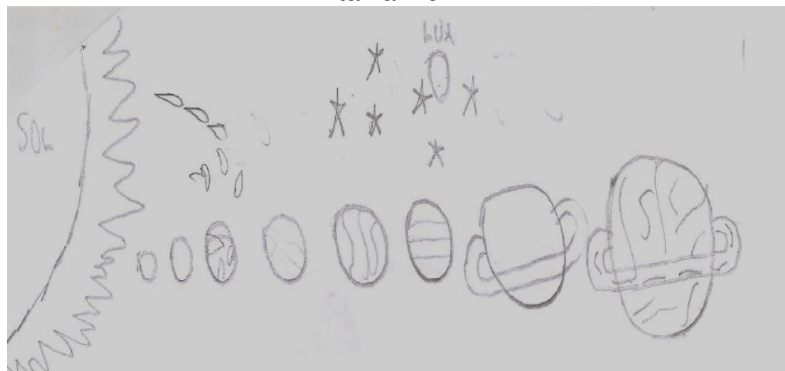
5.1.1. Representações dos tamanhos dos planetas do nosso Sistema Solar feito pelos alunos

Para podermos analisar as concepções dos estudantes sobre as dimensões dos astros do Sistema Solar, eles receberam uma folha de papel A4 com uma instrução: desenhar o modelo do nosso Sistema Solar considerando os tamanhos e as distâncias dos astros. No geral, 21 estudantes fizeram suas reproduções do nosso Sistema Solar que foram analisadas separadamente quanto aos tamanhos e às distâncias em duas categorias criadas.

I. "Representações iguais ao que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências"

Destacamos que 15 representações foram colocadas nesta primeira categoria e, portanto, os estudantes desenharam os planetas em tamanhos menores do que o Sol, às vezes em ordem crescente e fora de escala. A ilustração mostrada na Figura 8 representa o que a maioria dos estudantes colocou em suas representações do nosso Sistema Solar.

Figura 8. Representação dos planetas desenhados menores que o Sol e em ordem crescente de tamanho.



Fonte: Elaborada por um aluno.

Similar a Figura 5, nos chamou atenção na Figura 8 o fato de os alunos representarem os tamanhos dos planetas em ordem crescente. Isso indica que esses alunos apresentam uma noção acertada de que os planetas gasosos são os maiores e os rochosos menores. Entretanto, quando o aluno que fez essa representação foi questionado sobre o motivo de ter desenhado dessa forma, ele explicou que uma professora apresentou no ano letivo de 2017 uma imagem do Sistema Solar na qual os planetas estavam dispostos em ordem crescente de tamanho, como citado no diálogo a seguir.

Pesquisador: Quando você colocou os planetas assim você pensou em quê?

Aluno: Eu lembrei do ano passado professor que a gente fez bastante trabalho sobre isso.

Pesquisador: Entendi. Então a professora mostrou a imagem para vocês? Que os planetas próximos ao Sol eram pequenos, é isso? E os distantes maiores?

Aluno: Sim. Mas está certo professor?

No diálogo não fica clara a fonte da representação mostrada pela professora ao aluno, porém, esta forma é parecida com a que geralmente é mostrado em muitos Livros Didáticos, ou seja, planetas em ordem crescente e sem preocupação com as escalas de tamanhos (CANALLE; OLIVEIRA, 1994). Dessa forma, percebemos que Júpiter foi representado ligeiramente maior que os demais planetas em 29,4% das representações feitas pelos alunos.

Destacamos que em cinco representações colocadas nesta primeira categoria, os alunos desenharam os planetas como sendo menores do que o Sol, porém, com tamanhos simétricos como exposto na Figura 9.

Figura 9. Planetas do Sistema Solar representados com tamanhos iguais.



Fonte: Elaborada por um aluno.

Um dos alunos que colocou os planetas com tamanhos exatamente iguais chegou a pedir ao pesquisador um compasso para que os planetas desenhados por eles fossem exatamente do mesmo tamanho. Dessa forma, é possível chegar à conclusão que esses estudantes achavam, de forma equivocada, que os planetas têm tamanhos exatamente iguais entre si.

II. "Representações diferentes ao que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências"

Diferente do que foi exposto na primeira categoria, aqui dispomos as ilustrações nas quais a maioria dos planetas foram desenhados como tendo o mesmo diâmetro do Sol como mostrado anteriormente na Figura 6. Desse modo, foram seis representações colocadas nesta segunda categoria que são semelhantes à ilustração presente na Figura 10.

Figura 10. Planetas do Sistema Solar dispostos com tamanhos iguais ao do Sol.



Fonte: Elaborada por um aluno.

Portanto, as evidências apontam que os alunos que tiveram suas representações colocadas nesta segunda categoria pensam que alguns planetas apresentam tamanhos parecidos ao do Sol. Destacamos que na maioria das vezes os planetas gasosos como Saturno e Júpiter apresentaram o diâmetro mais próximo ou igual ao do Sol.

Tanto a primeira quanto a segunda categoria nos evidenciou que mesmo considerando o fato de os alunos já terem estudado muitos aspectos do nosso Sistema Solar no início do ano letivo, aproximadamente 71% das representações feitas por eles ainda apresentaram características similares às que geralmente são exibidas em muitos Livros Didáticos em relação aos tamanhos, ou seja, os planetas

menores do que o Sol, em ordem crescente de tamanho e sem nenhuma preocupação com as escalas (CANALLE; OLIVEIRA, 1994; LANGUI; NARDI, 2005; AMARAL; OLIVEIRA, 2011).

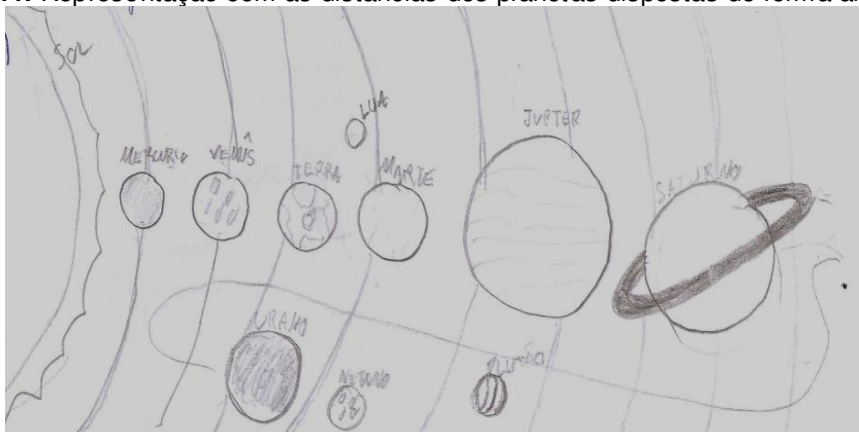
5.1.2. Representações das distâncias dos planetas do nosso Sistema Solar feitas pelos alunos

As 21 representações feitas pelos estudantes foram novamente utilizadas para que pudéssemos analisar as concepções das distâncias que os alunos apresentavam em relação aos astros do nosso Sistema Solar. Para isso, utilizamos as mesmas categorias, porém, na perspectiva analítica das distâncias e não mais dos tamanhos como feito anteriormente no item 5.1.1.

I. "Representações iguais ao que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências"

Para fazer parte desta categoria, as representações feitas pelos estudantes deveriam apresentar os planetas com as distâncias alinhadas simetricamente e, portanto, sem preocupação com as escalas. Desse modo, foram 17 ilustrações semelhantes à representação exposta na Figura 11 que foram agrupadas nesta primeira categoria.

Figura 11. Representação com as distâncias dos planetas dispostas de forma alinhada.



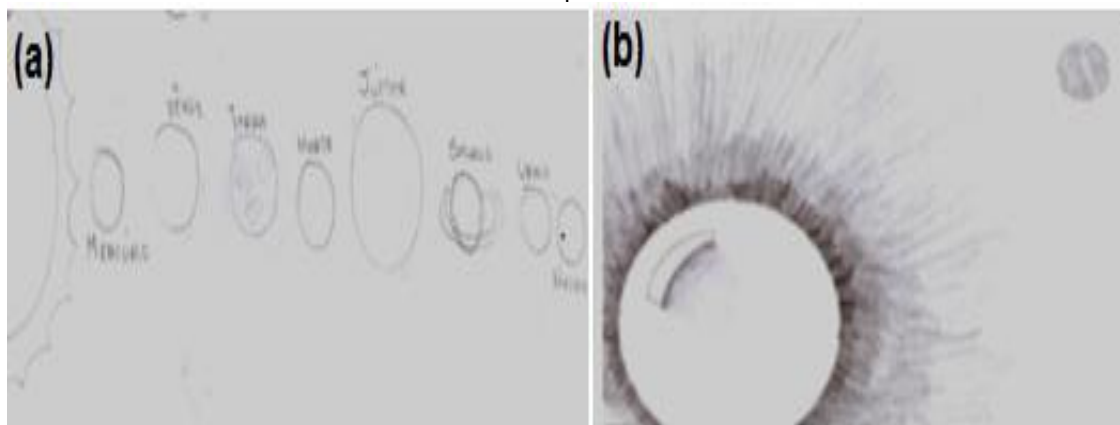
Fonte: Elaborada por um aluno.

O aluno que representou o modelo do Sistema Solar da Figura 11 desenhou linhas circulares em torno do Sol e afirmou: *“essas linhas aqui é o movimento de translação em volta do Sol. Eu não sei se eu fiz certo a movimentação deles, mas para mim parece ser certo”*. Apesar desse aluno saber que as linhas

representam o movimento que os planetas fazem em torno do Sol, ele não se sentiu seguro na sua resposta. Entretanto, teve o caso de outro aluno que também desenhou essas linhas, mas segundo ele, foram usadas para marcar as distâncias entre os planetas. Portanto, isso denotava que o aluno não entendeu que as linhas circulares são colocadas em representações dos Livros Didáticos para representar a órbita dos planetas em torno do Sol e não as distâncias (CANALLE; OLIVEIRA, 1994).

Pode haver uma série de razões para a maioria dos alunos terem representado o nosso Sistema Solar dessa forma como, por exemplo, a falta de espaço no papel que impossibilitava as corretas proporções das distâncias como destaca Langui e Nardi (2005) ou até mesmo o desconhecimento das mesmas. Porém, vale ressaltar que não estávamos esperando proporções exatas, mas sim diagnosticar a noção das dimensões dos astros que os alunos tinham. Essas noções poderiam ser expressas de forma escrita como fizeram duas alunas com suas representações expostas na Figura 12.

Figura 12. Representações das alunas que demonstraram dificuldade em expressar as distâncias entre os planetas.



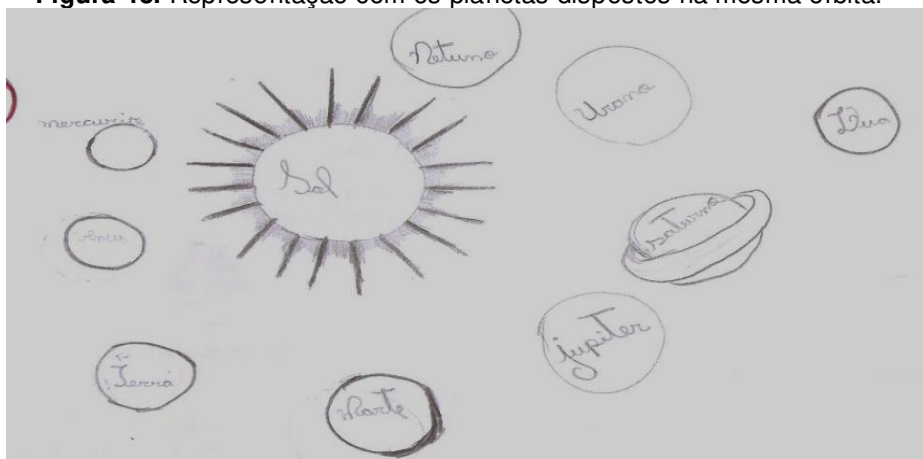
Fonte: Elaborada respectivamente por duas alunas.

A Figura 12 (a) foi de uma aluna que escreveu em seu modelo o seguinte texto: *"Eu acho que a distância dos planetas variam um entre o outro, e o tamanho também (não é tudo igual)"*. Já a aluna da Figura 12 (b) falou ao entregar seu modelo para o pesquisador: *"Professor, coloquei esse planeta aqui só para comparar o tamanho porque ele é tão distante que não cabe na folha"*. No desenvolvimento desta atividade, vale destacar que apenas 03 alunos demonstraram dificuldades em representar as distâncias do nosso Sistemas Solar.

II. "Representações diferentes do que geralmente aparece nos Livros Didáticos de Ciências"

Com relação às concepções referentes às distâncias dos planetas, nós identificamos quatro representações nesta segunda categoria nas quais as distâncias entre os planetas foram colocadas na mesma órbita ou ainda dispostos de forma aleatória. Nesse sentido, gostaríamos de destacar inicialmente a ilustração de um aluno que representou os planetas na mesma órbita, como mostrado na Figura 13.

Figura 13. Representação com os planetas dispostos na mesma órbita.



Fonte: Elaborada por um aluno.

Essa representação é problemática do ponto de vista dos períodos de translação dos planetas, pois isto sugere que os dois estudantes que assim representaram consideraram que esse movimento ocorre de maneira igual entre todos os planetas e em uma mesma órbita. Tal fato é muito raro, pois não encontramos na bibliografia o motivo deles terem representado dessa maneira. Uma possível explicação pode ser que, ao observar o céu a olho nu, eles percebem os planetas dispostos em um mesmo plano devido a falta de noção da profundidade ou distanciamento entre eles. Ainda nessa categoria, destacamos outra ilustração em que o estudante representou os planetas desalinhados e sem órbitas como mostra na Figura 14.

Figura 14. Representação das distâncias dos planetas desalinhados e sem órbitas.



Fonte: Elaborada por um aluno.

Como visto na Figura 14, os dois alunos que assim representaram apenas elencaram aleatoriamente os planetas conhecidos por eles sem maiores preocupações com as órbitas, distâncias ou escalas. Portanto, os estudantes estavam mais preocupados em mostrar os planetas com eles estavam familiarizados, conforme mostra o seguinte diálogo realizado entre o pesquisador e um dos alunos:

Pesquisador: O que você pensou quando desenhou?

Aluno: Eu só coloquei o nome dos planeta.

Pesquisador: O que é isso aqui?

Aluno: É um Sol. Isso é uma Terra. Isso é uma Marte.

Pesquisador: Porque você pensou essa ordem aqui? É a ordem que você acha?

Aluno: Por causa que eu não sei a ordem.

Esse aluno não sabia a ordem dos planetas e por esse motivo colocou apenas os planetas que ele conhecia. Nesse sentido, em 61% das representações feitas pelos estudantes foram colocados os nomes de alguns planetas que eles conheciam e em 76% das ilustrações analisadas também era comum o destaque de características dos planetas como: bolinhas para indicar os vulcões de Vênus, os anéis de Saturno, os continentes da Terra e as faixas de Júpiter. Isso mostra que os alunos já conheciam as características básicas de muitos planetas, mas não sabiam ordená-los.

Apesar de os alunos já terem estudado sobre o nosso Sistema Solar com o professor de Geografia, constatamos que 80% das representações dos estudantes ainda apresentaram características similares ao que geralmente são exibidas em muitos Livros Didáticos em relação às distâncias como, por exemplo, os planetas

alinhados, com distâncias simétricas, sobre linhas desenhadas para representar a translação e sem nenhum cuidado com as escalas (CANALLE; OLIVEIRA, 1994; LANGUI; NARDI, 2005; AMARAL; OLIVEIRA, 2011).

5.2. Análise da Segunda Etapa - Revisando e utilizando alguns conceitos matemáticos

Com base em (Rigolon, 2016), é fundamental que os alunos compreendam alguns conceitos matemáticos como escalas e proporções para a elaboração de analogias quantitativas. Portanto, precisavam ser trabalhados naquele momento de intervenção. Nesse sentido, começamos explorando com os alunos o conceito de escalas, como mostra o diálogo abaixo.

Pesquisador: Alguém já ouviu falar em escala?

Aluno 1: Eu já.

Pesquisador: Escala é uma relação de medidas entre o objeto representado e o seu tamanho real. Quem já viu um mapa cartográfico? Vamos imaginar que aqui é o Brasil tá. Eu desenhei aqui a cidade de onde eu vim que é Teresina, no nordeste, e a cidade que eu estou, que é Campinas. Digamos que a distância entre essas duas cidades no mapa é 3 cm e em cima do mapa tem a escala de 1:1000. O que isso significa? Significa que a cada um cm do mapa, ou seja, a cada um cm da representação, corresponde a 1000 km no tamanho real.

Aluno: A gente viu isso daí na atividade de quê? Acho que foi de Geografia.

Pesquisador: Então vocês já viram escalas? Se no mapa está colocando que a distância de Teresina para cá é de 3 cm, então, qual é a distância em quilômetros?

Aluno 1: 3000 m

Aluno 2: 3000 km

Pesquisador: 3000 km na verdade tá.

Percebemos nesta citação que os alunos não apresentaram dificuldades em entender o conceito básico de escalas e isso pode ter ocorrido devido ao fato de já terem estudado esse conteúdo anteriormente, como mencionado por um estudante. Considerando que eles entenderam o que era uma escala, iniciamos a revisão da regra de três simples, como apresentado no seguinte diálogo.

Pesquisador: Eu tenho aqui uma representação de Mercúrio e ele tem um diâmetro de 4900 km que nem vocês estão vendo aí na tabela. Eu quero encontrar um objeto para representar isso, tá? Eu adotei uma escala, poderia ser qualquer uma, 1cm para mim, na minha representação corresponde a 2000 km, então quantos centímetros vai ser, por exemplo, o tamanho de Mercúrio? Então fica 1cm vezes 4900 é igual a X vezes 2000.

Eu pego X vezes 2000 igualo a 4900. Eu isolo o X aqui, fica 4900 dividido por 2000. Quanto dá essa conta aí no celular?

Aluno: 2,45 cm

Pesquisador: Exatamente. Dentro dessa escala, mercúrio vai ter 2,45 cm. Vamos praticar! Eu vou de grupo em grupo, tá bom?

Vale ressaltar que a compreensão da regra de três era necessária para calcular as proporções dos planetas. Entretanto, ao exercitar com os alunos a regra de três simples, percebemos que eles estavam apresentando dificuldade em entender e alguns chegaram até a dizer que estava muito complicado.

Considerando a dificuldade demonstrada, nós seguimos outro caminho para que os estudantes compreendessem as proporções por meio da utilização de uma “receita de bolo” e através de desenhos de esferas com variados tamanhos para encontrar as respectivas proporções como exposto no seguinte diálogo.

Pesquisador: Boa tarde pessoal! Na aula passada nós iniciamos preenchimento da tabelinha, certo? Eu tentei explicar algumas coisas em relação às escalas e percebi que nem todos entenderam.

Aluno: É verdade.

Pesquisador: Então hoje nós vamos fazer aquela mesma atividade, porém eu resolvi facilitar um pouco mais para vocês para ficar melhor para entender. Lembra que nós começamos a trabalhar proporção e eu trouxe a questão da receita do bolo. Se eu aumento a quantidade da massa em uma receita, eu aumento a quantidade dos ovos, se eu diminuo a quantidade da massa, eu diminuo a quantidade dos ovos. Isso é proporção, há uma relação entre essas medidas. Eu tenho aqui duas esferas, uma esfera A e uma esfera B, o diâmetro da A é 100 metros e o diâmetro da B, 50 metros. Pessoal, quantas vezes a esfera A é maior que a esfera B? Nós pegamos 100 dividido por 50.

Aluno 2: 2.

Pesquisador: O que isso significa?

Aluno 1: Que esfera A é duas vezes maior do que a B.

Pesquisador: Certo. Eu pego então outra esfera para representar minha esfera A, só que eu quero agora que ela tenha 30 cm. Qual deve ser então a medida para representar a esfera B?

Aluno 1: 15

Pesquisador: Olha, vocês pegaram rápido! 15 cm. Por quê? Porque a esfera A é duas vezes maior que B, logo se 30 é a maior, a outra representação vai ficar a metade. Foi isso que eu fiz para vocês lá nas tabelas. Eu coloquei quantas vezes cada planeta é menor do que o Sol.

Essa forma de apresentar as proporções por meio do desenho de esferas com diferentes tamanhos no quadro fundamentou-se no trabalho de Magana, Brophy e Newby (2008), no qual os autores trabalharam com o número de vezes que os objetos análogos utilizados por eles eram maiores ou menores em relação

aos demais objetos do domínio análogo. Como visto, os alunos entenderam mais facilmente as relações proporcionais matemáticas por meio dessa abordagem se comparado com a regra de três. Alguns estudantes até relataram que dessa forma ficou mais fácil compreender as escalas e proporções.

As dificuldades dos alunos com os aspectos matemáticos não foram surpresa, pois elas são comuns até mesmo com estudantes do Ensino Superior. Por exemplo, Resnick (2013) classificou os conhecimentos matemáticos dos alunos que participaram do seu estudo, em uma turma com 60 estudantes, em três categorias: 1) "pobres em matemática", na qual 11 alunos apresentaram dificuldades em dividir um número qualquer por 100; 2) "fortes em matemática", em que 12 alunos eram capazes de dividir mentalmente grandes números rapidamente e; 3) "médios em matemática", em que 37 alunos foram capazes de completar tarefas matemáticas básicas sem maiores problemas. Portanto, mesmo para estudantes de Ensino Superior, a compreensão desses conceitos matemáticos básicos ficava no nível mediano.

Após a revisão dos aspectos matemáticos, o passo seguinte consistiu na realização dos cálculos proporcionais relativos ao tamanho dos astros. Para isso, os estudantes deveriam escolher um objeto análogo grande o suficiente para servir como representante do Sol e que fosse conhecido entre os membros dos grupos, como mostra o diálogo a seguir com a interlocução do pesquisador com os alunos durante esse processo inicial.

Aluno 1: Uma bola de basquete.

Pesquisador: Por quê?

Aluno: Porque ela é a maior bola de esporte que tem.

Pesquisador: Todos do grupo conhecem uma bola de basquete?

Aluno 1: Sim.

Aluno 2: Não, mentira, que a maior bola é a de plástico.

Pesquisador: Todos já jogaram basquete aqui?

Alunos: Já.

Pesquisador: Vocês não conseguem pensar em uma bola maior?

Aluno 2: Eu sei. Aquelas bolas de plástico. Aquelas bolas toda colorida.

Pesquisador: De que tamanho?

Aluno 1: Tipo assim olha.

Aluno 2: daquelas que vendem no ching ling.

Pesquisador: Tipo a bola do Kiko?

Aluno 1: É aquela lá mesma, professor!

Pesquisador: Todos conhecem ela?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Vocês querem usar essa bola?

Aluno 1: Pode ser.

Aluno 2: Mas eu não sei o nome.

Pesquisador: O nome dela é bola de vinil. Essa bola mede 38 cm de diâmetro e esse é o tamanho do Sol de vocês.

De imediato um aluno citou uma bola de basquete alegando ser a maior bola que ele conhecia. Apesar de todos os alunos do grupo já terem visto uma bola de basquete, eles foram estimulados a pensarem em uma bola maior, já prevendo o resultado dos cálculos proporcionais dos demais planetas. Percebemos que os alunos conheciam uma bola maior a ponto de descrever suas características, porém, não sabiam como ela se chamava. Entretanto, o pesquisador havia encontrado previamente o diâmetro de vários tipos de bolas que poderiam ser escolhidas pelos grupos. Esse procedimento foi usado por Rigolon (2016) e mostrou-se ser fundamental para o desenvolvimento do estudo, pois apesar de todos os grupos já terem visto os objetos escolhidos por eles, eles não sabiam o diâmetro dos mesmos.

Seguindo as instruções e *feedbacks* do pesquisador, os alunos escolheram seus objetos análogos para representar o Sol. Dos sete grupos formados, quatro escolheram a Bola do Kiko (GBK 1; GBK 2; GBK 3; GBK 4) com 38 cm de diâmetro. Um grupo escolheu a Bola de Basquete Masculina (GBB) com 25 cm de diâmetro. Outro optou pela Bola de Praia (GBP) que apresenta 61 cm de diâmetro. Por último, um grupo escolheu a Bola Suíça (GBS) com 65 cm de diâmetro. Portanto, o objeto análogo mais escolhido para representar o Sol foi a Bola do Kiko que denotou-se ser bem popular entre os alunos.

Após a escolha de objetos análogos para representar o Sol, os alunos realizaram o seguinte cálculo: dividiram o diâmetro do análogo escolhido para representar o Sol pelo número de vezes que os astros eram menores do que o Sol e anotaram nas tabelas que receberam do pesquisador. Por exemplo, os grupos que escolheram a bola do Kiko com 38 cm dividiram esse valor por 286 para encontrar que Mercúrio apresenta um diâmetro proporcional de 0,13 cm, novamente dividiram 38 cm por 116 para acharem que Vênus tem o diâmetro de 0,32 cm e, nesse mesmo raciocínio matemático, com os demais planetas conforme exposto na quarta coluna da Tabela 6.

Tabela 6. Tabela com os resultados dos cálculos dos tamanhos proporcionais realizados pelos estudantes.

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	—	38,cm	balão de exercício
Mercúrio	4.900	286	0,13,cm	balão de futebol
Vênus	12.100	116	0,32,cm	melancia
Terra	12.800	109	0,34,cm	melão
Marte	6.800	206	0,18,cm	balão de basquete
Júpiter	140.000	10	3,8,cm	balão de basquete
Saturno	116.500	12	3,16,cm	laranja
Urano	50.800	27	1,40,cm	proporção de
Netuno	49.200	28	1,35,cm	limão
Plutão	2.320	603	0,06,cm	balão de pingue

Fonte: Elaborada por um grupo.

A fim de verificar como ficaram as proporções calculadas pelos estudantes, nós agrupamos nas colunas 3, 4, 5 e 6 da Tabela 7 os resultados dos cálculos referentes aos tamanhos dos planetas que foram feitos por cada um dos sete grupos formados. No anexo A estão os cálculos originais feitos pelos alunos.

Tabela 7. Resultados transcritos dos cálculos relativos aos tamanhos proporcionais dos astros realizados pelos grupos.

Astros	Quantas vezes menor que o Sol	Grupos GBKs	Grupo GBB	Grupo GBP	Grupo GBS
Sol	----	38 cm	25 cm	61 cm	65 cm
Mercúrio	286	0,13 cm	0,08 cm	0,21 cm	0,22 cm
Vênus	116	0,32 cm	0,21 cm	0,52 cm	0,56 cm
Terra	109	0,34 cm	0,22 cm	0,55 cm	0,59 cm
Marte	206	0,18 cm	0,12 cm	0,29 cm	0,31 cm
Júpiter	10	3,80 cm	2,50 cm	6,10 cm	6,50 cm
Saturno	12	3,16 cm	2,08 cm	5,08 cm	5,41 cm
Urano	27	1,40 cm	0,92 cm	2,25 cm	2,40 cm
Netuno	28	1,35 cm	0,89 cm	2,17 cm	2,32 cm
Plutão	603	0,06 cm	0,04 cm	0,10 cm	0,10 cm

Fonte: Elaborada pelo autor.

De modo semelhante, os alunos também fizeram os cálculos proporcionais relativos às distâncias dos astros do nosso Sistema Solar. O diálogo abaixo descreve como o pesquisador instruiu os alunos de um grupo para escolherem inicialmente a maior distância, que era até Plutão.

Pesquisador: Vocês vão escolher uma determinada medida. Pode ser em metros, pode ser em quilômetros. Quando escolherem, coloquem aqui! Vocês começam a pegar esse valor e dividir por cada um desses e vai achar a distância proporcional. Por exemplo, Mercúrio, ele é duas vezes

mais próximo ao sol do que plutão. Que medida vocês escolhem aqui? 20, 300, 400 metros?

Aluno 2: 1 km.

Pesquisador: 1 km. Você acha que um quilometro é da escola até onde?

Aluno 2: Lá no refeitório.

Pesquisador: 1 km daqui ao refeitório?

Aluno: Lá na casa dela.

Pesquisador: Qual medida vocês escolhem aqui?

Aluno 3: 1 metro.

Pesquisador: Lembrando que essa distância que vocês vão escolher é a maior, que é entre o Sol e Plutão. Depois tem os outros.

Aluno 3: 10 metros.

Pesquisador: Todos concordam com 10 metros?

Aluno 2: Todo mundo concordou.

Pesquisador: Olha! 10 metros dá mais ou menos uns 12 passos apenas. Por exemplo, para vocês terem ideia, aquela parte lá de fora da rua da escola dá uns 200 metros. Aquela rua lateral da escola. Só lembrar que vocês vão escolher a maior distância que é entre o Sol e Plutão, depois achar as outras distâncias. Vão pensando aí!

Os alunos de todos os grupos foram estimulados a pensarem em distâncias maiores para que os cálculos proporcionais não ficassem com medidas muito pequenas. Novamente, o pesquisador procurou previamente na *internet* as distâncias dos espaços físicos nas redondezas da escola, de alguns pontos de referência no bairro e na cidade mais prováveis de os alunos conhecerem. Após escolher o análogo para a distância do Sol até Plutão, bastaria dividir o seu comprimento pelo número de vezes que cada planeta era mais próximo ao Sol do que Plutão, para encontrar as distâncias proporcionais entre os planetas, conforme exposto na quarta coluna da Tabela 8.

Tabela 8. Tabela com o resultado dos cálculos das distâncias proporcionais realizados pelos estudantes.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	19 cm	escala até a porta
Vênus	108.000.000	54,5	36 cm	escala até porta (Chica Liana)
Terra	150.000.000	39	51 cm	escala até playground
Marte	228.000.000	26	76 cm	escala até campo
Júpiter	778.000.000	7,5	266 cm	escala até mangueira
Saturno	1.427.000.000	4,1	487 cm	escala até porta
Urano	2.871.000.000	2	1.002 cm	escala até campo
Netuno	4.500.300.000	1,4	1.423 cm	escala até portão
Plutão	5.900.000.000	—	2.000 cm	escala até Estrelândia

Fonte: Elaborada pelos alunos que participaram da pesquisa.

A título de exemplo de como os cálculos foram realizados, se um grupo escolhe 2000 m para representar a distância do Sol até Plutão, então bastaria dividir 2000 m por 102 para encontrar a distância que Mercúrio estaria a 19 m do Sol no modelo do Sistema Solar, e assim foi feito com os demais planetas. Na Tabela 9 colocamos os resultados dos cálculos proporcionais referentes às distâncias realizadas pelos sete grupos. No anexo A estão os cálculos originais feitos pelos alunos.

Tabela 9. Resultados transcritos dos cálculos relativos às distâncias proporcionais dos astros.

Planetas	Número de vezes mais próximo ao Sol do que Plutão	Grupo GBK1	Grupo GBK2	Grupo GBK3	Grupo GBK4	Grupo GBB	Grupo GBP	Grupo GBS
Mercúrio	102	0,5 m	107 m	19 m	5 m	19 m	29 m	2 m
Vênus	54,5	1 m	201 m	36 m	9 m	36 m	55 m	3,5 m
Terra	39	1,5 m	282 m	51 m	12 m	51 m	77 m	5 m
Marte	26	2,2 m	423 m	76 m	19 m	76 m	115 m	7,5 m
Júpiter	7,5	7,8 m	1466 m	266 m	66 m	266 m	400 m	26 m
Saturno	4,1	14 m	2682 m	487 m	121 m	487 m	731 m	48 m
Urano	2	29,5 m	5500 m	1000 m	250 m	1000 m	1500 m	100 m
Netuno	1,4	42 m	7857 m	1428 m	357 m	1428 m	2142 m	143 m
Plutão	----	60 m	11000 m	2000 m	500 m	2000 m	3000 m	200 m

Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior distância definida para representar o comprimento do Sol até Plutão foi de 11 km ou 11000 m, que foi escolhida pelo grupo GBK2. Os grupos GBK3 e GBB escolheram 2000 m, enquanto que os demais grupos escolheram diferentes distâncias, sendo que a menor foi a de 60 m. Da mesma forma dos cálculos dos tamanhos, os alunos também calcularam rapidamente as distâncias proporcionais e sem maiores problemas.

Com base no que foi apresentado, fica evidente a necessidade de considerar o nível do conhecimento matemático dos alunos no processo inicial de elaboração das analogias, como apontado por Rigolon (2016) e, dessa forma, encontrar alternativas que possam suprir as dificuldades quando evidenciadas. Outro aspecto sugerido por Rigolon (2016) que se mostrou indispensável foi a pesquisa prévia dos diâmetros e comprimentos dos possíveis objetos análogos que os grupos poderiam escolher, pois apesar do provável conhecimento e envolvimento dos estudantes com esses objetos, eles poderiam não conhecer as características quantitativas dos mesmos como, por exemplo, os seus respectivos diâmetros ou comprimentos.

5.3. Análise da Terceira Etapa - Estimando objetos análogos para as proporções calculadas

Os dados que serão analisados a partir de agora foram obtidos após os alunos preencherem as tabelas que eles receberam com os objetos análogos dos tamanhos e das distâncias, como mostra as Tabelas 6 e 8. Portanto, nosso objetivo nesta parte do estudo era conhecer a natureza dos objetos análogos escolhidos, bem como suas características escalares. Para isso, analisamos individualmente os tamanhos e as distâncias análogas estimadas pelos grupos, conforme mostram os tópicos 5.3.1 e 5.3.2 a seguir.

5.3.1. Conhecendo os objetos análogos para os tamanhos que foram estimados pelos alunos

Os alunos escolheram 44 diferentes objetos análogos que foram distribuídos em 63 citações e, portanto, alguns objetos foram citados mais de uma vez pelos grupos. Os objetos escolhidos pelos alunos foram distribuídos em quatro categorias, a saber: 1) Análogos relacionados ao lazer (ARLA); 2) Análogos relacionados a alimentos (ARAL); 3) Análogos relacionados a objetos variados (AROV); 4) Análogos relacionados a animais (ARAN). Este processo está representado na Tabela 10.

Tabela 10. Objetos análogos escolhidos durante as estimativas para representar os tamanhos dos planetas.

Categorias Grupos	ARLA	ARAL	AROV	ARAN
GBK 1	Bola de Tênis	-----	Circulo da tesoura; Diário de classe; Entrada da fechadura; Porta; Mesa da sala; Carteira; Cortina; Mini lápis.	-----
GBK 2	Bola de Betz; Bola de Futebol; Bola de Ping Pong;	-----	Chapéu de festa; Borcão; Borracha redonda; Tampinha de pet; Furo da tampa da caneta; Giz.	-----
GBK 3	Bola de Futsal; Bola de cachorro; Bola	-----	Bola de lã	-----

	de Tênis; Bola de Basquete; Bola de Queimada; Bola de Futebol.			
GBK 4	Bola de Ping Pong	Milho	Mini borracha; Grão de borracha; Ponta do lápis; Borracha; Burquinha; Metade da lapiseira.	-----
GBB	Bola de Sinuca; Bola de Ping Pong; Bola de Golfe; Bola de Betz; Bola de Tênis; Bola de Baisibol; Bola de Gude.	-----	Pedra; Pérola	-----
GBP	Bola de Tênis; Bola de Futebol; Bola pequena.	Maçã; Goiaba	Borracha; Apontador; Broche; Abajur.	-----
GBS	Bola de Futebol; Bola de Basquete; Bola de Ping Pong	Melancia; Melão; Ervilha; Laranja; Limão	Isopor Redondo	-----

Fonte: Elaborada pelo autor.

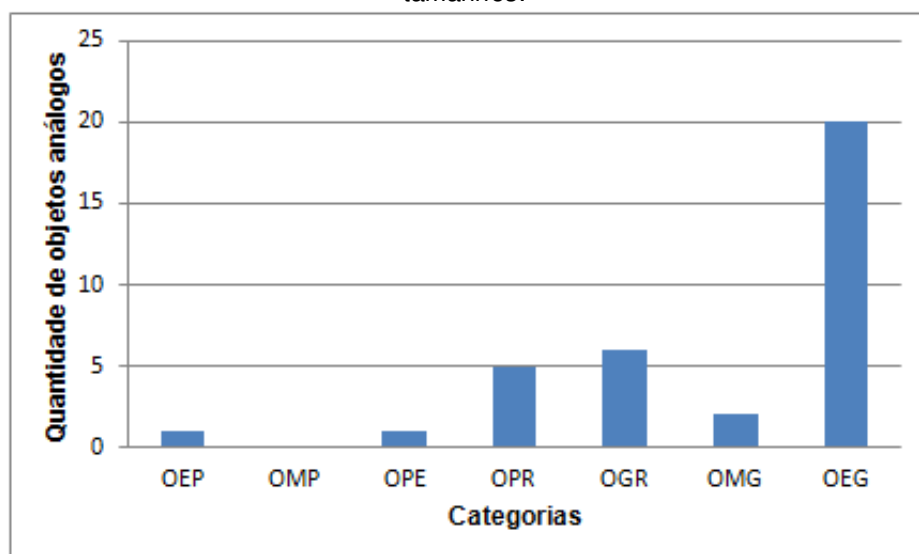
No geral, 37,6% das citações foram de objetos análogos repetidos, sendo que a bola de ping pong teve uma frequência de 7,9% das citações, a bola de tênis e de futebol de 6,3%, bola de futsal e tampa de garrafa pet com frequência de 3,1%. Assim, os objetos mais citados pelos alunos foram as bolas relacionadas ao futebol e em seguida a bola de ping pong, que certamente são os esportes mais familiares aos alunos. Grande parte dos objetos colocados na categoria AROV não nos possibilitam ter uma noção do tamanho aproximado dos mesmos, pois não são objetos específicos como, por exemplo, isopor redondo, grão de borracha, ponta do lápis, pedra, giz, dentre outros.

No que tange à natureza dos análogos escolhidos, 52,2 % foram de objetos variados, 29,5% relacionados ao lazer, 18,1 % relacionados à alimentação e nenhum análogo relacionado a animais. Portanto, a grande maioria dos objetos escolhidos eram relacionados ao contexto de sala de aula e à rotina dos alunos na escola como, por exemplo, a prática de esportes e alimentação, que eram recorrentes por se tratar de uma escola de Tempo Integral.

Quanto às características dos objetos análogos, percebemos que 52,2% deles não lembraram o formato arredondado ou esférico dos planetas. Entretanto, quando analisamos especificamente as primeiras escolhas dos objetos que foram as relacionadas aos planetas rochosos (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte), percebemos que os alunos inicialmente pensavam em análogos esféricos ou arredondados e, esgotados os objetos com essas características, eles repetiam os objetos anteriormente escolhidos ou recorriam a outros com diferentes formas e que faziam parte do contexto imediato deles, nesse caso, a sala de aula ou a escola. De modo geral, os alunos não estimaram análogos no formato esférico parecido ao alvo como recomenda Chavelier, Vuillemot e Gali (2013).

Nesse sentido, a fim de categorizar os objetos estimados pelos alunos com base na precisão que eles tiveram em relação aos cálculos proporcionais, nós criamos sete categorias, a saber: 1) Objetos Extremamente Pequenos (OEP); 2) Objetos Muito Pequenos (OMP); 3) Objetos Pequenos (OPE); 4) Objetos Próximos (OPR); 5) Objetos Grandes (OGR); 6) Objetos Muito Grandes (OMG); 7) Objetos Extremamente Grandes (OEG). Para definir as categorias em que os análogos estimados ficariam, dividimos os diâmetros dos mesmos pelas proporções calculadas. Vale destacar que o pesquisador encontrou, por meio de buscas na internet, os diâmetros de 22 objetos escolhidos na etapa das estimativas, que resultaram em 35 citações. Assim, foi construída a Figura 15 que trata da quantidade de objetos análogos que foram distribuídos nas sete categorias criadas.

Figura 15. Quantidade de análogos estimados por categoria criada para analisar a precisão dos tamanhos.

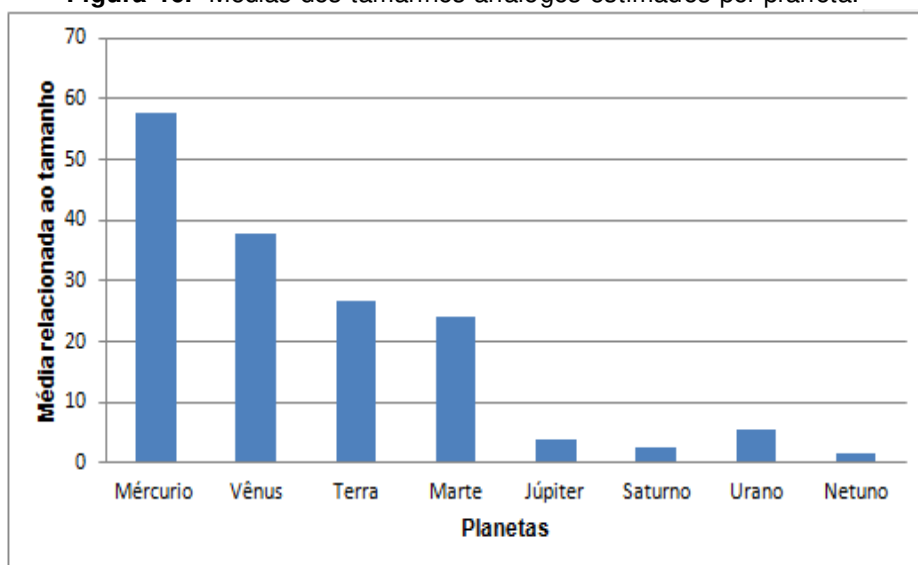


Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Como visto na Figura 15, dentre os objetos que o pesquisador conseguiu encontrar os diâmetros, vinte análogos ficaram na categoria OEG, ou seja, estes foram no mínimo dez vezes maior do que a proporção; seis análogos foram colocados na categoria OGR e, portanto, ficaram entre duas e seis vezes maiores e cinco objetos análogos foram estimados de forma mais precisa e ficaram na categoria OPR. Desse modo, a grande maioria dos objetos estimados para os tamanhos dos planetas ficaram maiores que dez vezes em relação aos diâmetros proporcionais adotados pelos alunos em seus modelos do Sistema Solar.

A fim de saber em quais planetas os alunos apresentaram uma maior precisão na estimativa, desenvolvemos a Figura 16, no qual fizemos uma média do número de vezes que os análogos escolhidos foram maiores ou menores do que os cálculos realizados pelos estudantes.

Figura 16. Médias dos tamanhos análogos estimados por planeta.



Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Conforme mostra a Figura 16, em média, os objetos análogos estimados para Mercúrio foram aproximadamente sessenta vezes maiores; para Vênus foram trinta e sete vezes maiores; em relação à Terra foram vinte e seis vezes maiores e para Marte foram vinte e sete vezes maiores. Portanto, os planetas rochosos, que são os menores do nosso Sistema Solar, apresentaram os maiores objetos estimados de acordo com as proporções calculadas pelos grupos. Por outro lado, os estudantes estimaram de forma mais precisa os tamanhos dos planetas gasosos Júpiter, Saturno, Urano e Netuno que ficaram com objetos análogos, em média, seis vezes maiores.

Nossos dados estão de acordo com o encontrado por Magana, Brophy e Newby (2008) em sua pesquisa, a qual evidencia que existe uma clara dificuldade para os alunos estabelecerem uma relação entre as concepções lógica matemática e lógica proporcional. Isso significa que os alunos não conseguem perceber, do ponto de vista lógico, que os objetos escolhidos para representar os tamanhos de cada astro do Sistema Solar foram, na sua grande maioria, maiores do que os cálculos matemáticos realizados anteriormente. Dessa forma, percebemos que os alunos que participaram do nosso estudo praticamente desprezaram os cálculos proporcionais realizados por eles na hora de escolher objetos análogos.

Uma possível explicação para isso pode ser encontrada na pesquisa de Tretter et al. (2006). Em seu estudo, os autores constataram que a falta de experiência ou contato dos alunos do Ensino Fundamental com objetos menores ocasionou algumas discrepâncias na classificação de fichas com objetos de tamanhos variados. Por exemplo, os alunos classificaram objetos visíveis como o cabelo humano, formiga e grão de arroz como sendo menores do que os objetos microscópicos; consideraram um livro, um dedo e um selo como sendo muito pequenos e um objeto de tamanho médio, como um elefante, foi classificado como grande demais. Com base nisso, os autores concluíram que os estudantes do ensino fundamental estabelecem o menor número de categorias para os tamanhos e todas essas categorias criadas por eles são compostas por objetos grandes e perceptíveis.

Portanto, as dificuldades relacionadas às estimativas de escalas menores demonstradas pelos alunos justificam-se, em parte, pela falta de experiência ou contato dos mesmos com objetos menores, pois percebemos que as estimativas de tamanhos dos planetas maiores foram mais precisas do que as estimativas de planetas menores, ou seja, os diâmetros proporcionais dos planetas rochosos foram superestimados pelos alunos.

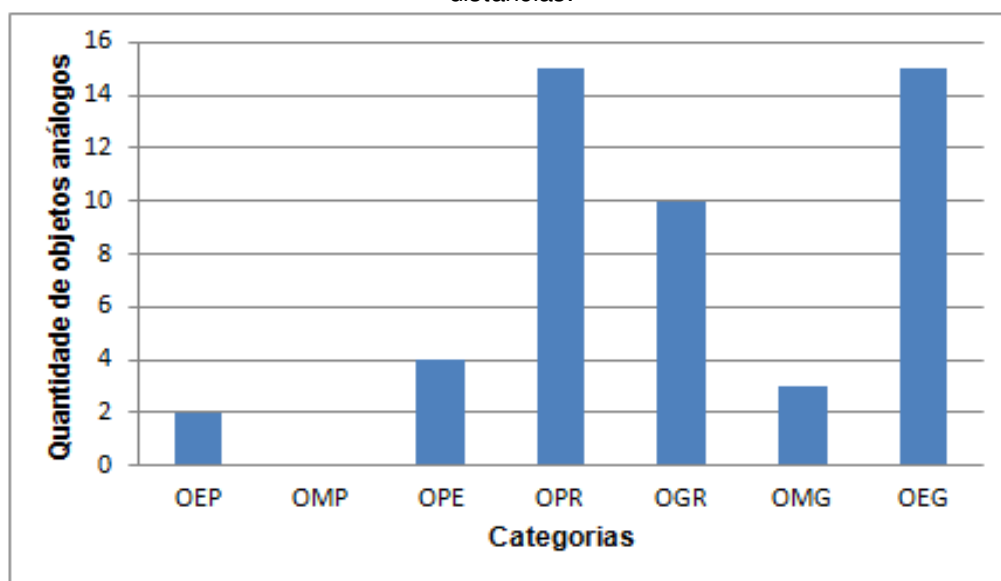
5.3.2. Conhecendo os objetos análogos para as distâncias que foram estimados pelos alunos

Em relação às distâncias, foram mencionados 48 pontos de referências análogas diferentes distribuídos em 62 citações e, portanto, 38,6% das citações

foram de distâncias análogas repetidas. A distância mais mencionada com uma frequência de 6,45% foi até o refeitório da escola, depois até o Terminal Central da cidade de Campinas-SP, com uma frequência de 4,83%. Notamos que 64% das distâncias escolhidas ficaram dentro do raio de 1 km partindo da escola onde eles estudavam, sendo a maior distância citada a de 100 km, que ia da escola até a cidade de São Paulo. Portanto, as distâncias análogas escolhidas eram conhecidas pelos alunos, requisito básico no processo de elaboração das analogias quantitativas (RIGOLON, 2016; CHAVELIER; VUILLEMOT; GALI, 2013).

O pesquisador encontrou, por meio do *Google Maps*, os comprimentos de 49 distâncias análogas escolhidas pelos estudantes. Em seguida, dividiu os comprimentos achados pelos respectivos cálculos proporcionais realizados por cada grupo. Desse modo, a Figura 17 mostra a quantidade de objetos que ficaram distribuídos em cada uma das sete categorias criadas para verificar a precisão dos alunos.

Figura 17. Quantidade de análogos estimados por categoria criada para analisar a precisão das distâncias.



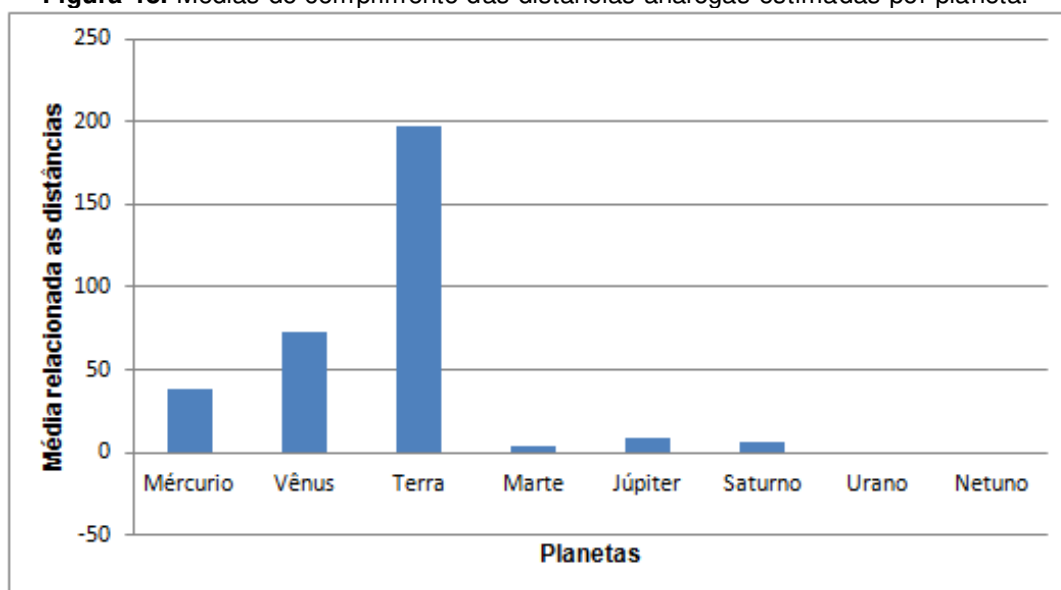
Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

De acordo com a Figura 17, percebemos que 15 das distâncias estimadas ficaram na categoria OPR e, portanto, os alunos foram precisos ao estimarem as distâncias com base nos cálculos proporcionais calculados; outras 15 distâncias análogas ficaram na categoria OEG, ou seja, foram estimados como sendo, no mínimo, dez vezes maiores do que as proporções desejadas e; outras 10 distâncias estimadas foram postas na categoria OGR por ficarem entre duas e dez vezes

maiores do que as proporções desejadas. Com base nesses dados, 28 das distâncias análogas foram maiores do que os cálculos proporcionais. Entretanto, destacamos que houve uma precisão significativa dos estudantes ao estimarem as distâncias análogas se comparado com as estimativas dos tamanhos análogos.

Com o objetivo de analisar em quais planetas os alunos apresentaram uma maior precisão, desenvolvemos a Figura 18, no qual fizemos uma média do número de vezes que os análogos escolhidos foram maiores ou menores do que os cálculos realizados pelos estudantes para as distâncias.

Figura 18. Médias do comprimento das distâncias análogas estimadas por planeta.



Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Com base na Figura 18, a maior diferença foi para a Terra, com distâncias estimadas de aproximadamente duzentas vezes maior do que a escala desejada. Em seguida ficou Vênus com objetos estimados em setenta e três vezes maiores e Mercúrio com análogos quarenta vezes maiores. Novamente, a maioria dos planetas rochosos apresentaram a menor precisão estimada, porém, a exceção foi Marte que apresentou análogos, em média, quatro vezes maiores. Por outro lado, os estudantes estimaram de forma mais precisa as distâncias dos planetas gasosos Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

A precisão dos alunos que participaram desta pesquisa foi maior nas estimativas das distâncias análogas do que nas estimativas referentes aos tamanhos dos planetas. Na pesquisa de Resnick (2013), os alunos também foram mais precisos nas estimativas das distâncias astronômicas do que nas estimativas

do tempo geológico. De acordo com Tretter et al. (2006), isso pode ter ocorrido porque as distâncias são grandezas que os alunos possuem maior experiência ou estão mais acostumados. Nesse sentido, destacamos que a maioria dos estudantes que participaram da nossa intervenção iam para suas casas caminhando. Além disso, relembramos que mais de 60% dos análogos para as distâncias escolhidas ficaram em um raio de 1 km da escola.

5.4. Análise da Quarta Etapa - Acessando fontes de informações dos objetos análogos no laboratório de Informática

Os dados apresentados nesta parte do estudo foram coletados no laboratório de informática da escola onde este estudo se desenvolveu, conforme mostra a Figura 19. Nosso objetivo nas aulas ocorridas no laboratório foi: possibilitar que os alunos se familiarizassem, a partir do uso do computador, com as características quantitativas dos objetos análogos escolhidos na etapa das estimativas e; dar a eles a chance de escolherem outros análogos que fossem mais apropriados com base nas proporções calculadas e nos *feedbacks* do pesquisador.

Figura 19. Alunos do 6º ano A pesquisando os objetos análogos no laboratório de informática da escola.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Desse modo, selecionamos alguns diálogos que denotavam os principais empecilhos encontrados pelos grupos nesse processo de elaboração de analogias quantitativas e os principais *feedbacks* dados pelo pesquisador para que os alunos pudessem superar alguns dos problemas encontrados por eles. A partir de agora, analisaremos os tamanhos e as distâncias análogas separadamente, conforme exposto nos itens 5.4.1 e 5.4.2.

5.4.1. Pesquisa no laboratório de informática referente aos tamanhos dos planetas do nosso Sistema Solar

Os primeiros diálogos são relacionados à escolhas dos objetos análogos para representar os tamanhos dos planetas de acordo com as proporções calculadas. No geral, quatro grupos escolheram a bola de vinil ou também conhecida como bola do Kiko para representar o tamanho do Sol e, portanto, a maioria dos dados colhidos foram os relacionados a esses grupos. Muitas bolas esportivas foram escolhidas pelos alunos na etapa das estimativas e, ao chegarem no laboratório de informática, essas foram as primeiras a terem seus diâmetros pesquisados. A bola de ping pong, por exemplo, serviu perfeitamente como objeto análogo para representar a proporção de Júpiter do Grupo GBK2, como mostra o dialogo abaixo.

Aluna 1: A gente não está conseguindo. Como é que a gente pesquisa para achar?

Pesquisador: Beleza. Vocês vão encontrar objetos que tenham nesse tamanho. Por exemplo, tem alguma coisa que seja desse tamanho que vocês conheçam?

Aluna 1: Ping pong.

Pesquisador: Digamos que é do tamanho de uma bola de ping pong. Como a gente faz para descobrir? Pesquisa diâmetro de uma bola de ping pong. Se o diâmetro for de 2,5 cm ou próximo disso, já vale.

Aluna 2: É 25 mm.

Pesquisador: 25 mm da 2,5 cm.

Aluno 1: É o mais próximo né?

É possível perceber que o grupo GBK2, assim como os demais, apresentou inicialmente dificuldades em saber como poderiam pesquisar as informações na *internet* sobre os objetos análogos. Considerando essa dificuldade inicial, o pesquisador os orientou a colocarem no mecanismo de busca utilizado o trecho "diâmetro de uma bola de gude", assim como para os demais objetos análogos. Desse modo, à medida que os alunos conseguiam encontrar as informações sobre as bolas esportivas estimadas por eles, logo percebiam que esses objetos eram muito grandes e que praticamente nenhum deles servia para representar as proporções calculadas, pois eram grandes demais.

Com o descarte de muitos objetos grandes, os estudantes começaram a pensar um pouco mais em objetos menores que poderiam ser utilizados no modelo proporcional que eles estavam desenvolvendo. Porém, na maioria das vezes, os objetos menores pensados e escolhidos pelos grupos não eram apropriados para serem utilizados nas analogias, pois não possuíam um diâmetro definido ou variava

bastante, como mostra o diálogo a seguir entre o pesquisador e os membros do grupo GBK3.

Pesquisador: Você colocou 1,3 cm.

Aluno 1: Eu pesquisei essa bolinha de Orbeez oh. Eu encontrei de todos os tamanhos. Tem de 40 cm, tem de 4 cm.

Pesquisador: O que é essa bolinha de Orbeez?

Aluna 1: É aquela bolinha de gel que quando você coloca água, ela incha. Só que dependendo do tempo que você deixa na água ela fica grande ou pequena entendeu.

Aluna 2: Por isso que eu falei para ele que não dá para por Orbeez.

Aluno 3: Bolinha de chumbo.

Pesquisador: De qual bolinha de chumbo você está falando? De bicicleta, de carro ou o de caminhão?

Aluno 3: De atirar.

Pesquisador: Chumbinho. Para qual planeta?

Aluno 3: Mercúrio.

Pesquisador: Ele não é tão pequenininho assim, não é? Mas você pode utilizar em outro. Esse é o problema, esse objeto tem muitos tamanhos.

O aluno havia pesquisado uma bolinha de gel (também chamada por ele de bolinha de Orbeez) que ao colocar na água ela incha alterando radicalmente seu diâmetro e, portanto, não era um análogo adequado para utilizar na proporção, como o próprio aluno que a escolheu chegou a essa conclusão. Posteriormente, os alunos desse mesmo grupo escolheram um chumbinho para representar Mercúrio e foram alertados pelo pesquisador que esse objeto apresenta uma variedade de tamanhos e, dessa forma, deveriam procurar outro ou definir melhor o tamanho do chumbinho. Portanto, muitos objetos sugeridos pelos grupos nesta fase não apresentavam formas ou tamanhos definidos apesar de serem esféricos. Isso é um problema, pois de acordo com Chavelier, Vuillemot e Gali (2013), os objetos precisam ter uma medida definida para que possam ser usados na elaboração das analogias quantitativas.

Por outro lado, quando os alunos escolhiam outros objetos análogos que pouco variavam seus diâmetros, eles citavam com bastante frequência sementes e frutas como mostra o diálogo com o grupo GBK1.

Aluno 1: Aqui a semente de jabuticaba é de 3 a 4 cm, pode por aqui em Plutão?

Pesquisador: Com essa medida pode ser Saturno. Já comeu jabuticaba?

Aluno 1: Não, mas já vi.

Pesquisador: Viu onde?

Aluno 1: Comendo na fazenda.

Pesquisador: E a sua parceira já viu semente de jabuticaba?

Aluna 2: Já, é uma semente assim bem estranha e gosmenta.

Aluno 1: É tipo aquele negócio de uva.

Aluna 2: Só que eu engulo a semente.

Pesquisador: Mas ela é tão grande quanto a proporção de Saturno?

Aluno 1: Ah, já comi. Isso é mó ruim professor. Mas a própria jabuticaba pode ser? Né professor!

As escolhas dos objetos análogos por parte dos alunos na grande maioria das vezes estavam relacionadas ao seu contexto pessoal, como é o caso da jabuticaba. Apesar de algumas frutas e suas respectivas sementes apresentarem características esféricas, pesquisar o diâmetro das mesmas foi difícil. Isso aconteceu porque a maioria dos diâmetros das frutas e sementes constarem apenas em artigos científicos, o que dificultava o acesso à informação pretendida, pois, devido à cultura geral e escolar, os alunos não estavam dispostos a ler.

Percebemos também outra tendência nos diálogos analisados dos grupos relacionada à percepção da escala dos objetos análogos. Nesse sentido, vale destacar o diálogo estabelecido com o grupo GBK3, que mostra a dificuldade dos estudantes em perceber que os diâmetros dos objetos análogos que estavam sendo sugeridos apresentavam uma diferença muito grande.

Pesquisador: E esse grupo como é que está?

Aluna 1: Esse é um tamanho diferente do que está na tabela.

Pesquisador: Entendi.

Aluno 1: E a maioria não está aparecendo. Uma hora a gente pensa uma coisa aí a gente olha para cá. (Tabela)

Pesquisador: Não precisa ser exato. Por exemplo, aqui é 3,8 cm, se achar um com 4 cm já dá para usar, está bem próximo.

Aluno 1: Mas professor, olha o tamanho de Vênus... Em Vênus eu pus bola de gude.

Pesquisador: Bola de gude talvez poderia representar Urano ou Netuno. Olha o tamanho aqui. Não é tão pequena a bola de gude.

Aluno 2: Quantos centímetros tem aqui em Mercúrio?

Pesquisador: Mercúrio tem 1,3 mm ou 0,13 cm.

Aluno 1: Se for uma coisa de 34 cm pode ser uma coisa com 22 cm?

Pesquisador: Olha, a diferença é muito grande.

Aluno 1: É muito grande?

Pesquisador: Tem que ser uma diferença não tão grande.

Como visto, os alunos pesquisavam o diâmetro dos objetos que eles queriam e não encontravam um objeto análogo que servisse para Mercúrio, pois eles estavam preocupados com a precisão. Entretanto, quando os estudantes encontraram o diâmetro de uma bola de gude que é 1,8 cm e usaram para representar o tamanho de Vênus, eles não perceberam que o diâmetro proporcional de Vênus (0,32 cm), que era bem menor que o da bola de gude. Além disso, os estudantes não procuraram saber se a bola de gude poderia ser utilizada em outros

planetas que apresentassem o diâmetro mais próximo de 18 mm, como o pesquisador posteriormente os orientou a fazer.

Em outra situação, um aluno também cogitou a possibilidade de fazer o arredondamento de um diâmetro, porém, não percebeu que o arredondamento sugerido era muito discrepante. Nesse sentido, os estudantes foram instruídos a fazer aproximações desde que não ultrapassasse o diâmetro proporcional de outro planeta na mesma escala. Destacamos que as tentativas de fazer aproximações ficaram mais evidentes depois que os alunos passaram a não encontrar objetos análogos menores que pudessem servir para as proporções calculadas dos planetas rochosos. Dessa forma, eles tentavam de qualquer modo fazer com que os diâmetros dos objetos encontrados servissem em proporções que não os comportavam por meio das aproximações. De acordo com Riederer, Hofman e Goldstein (2018), arredondar as medidas torna as analogias mais compreensíveis do que o valor preciso dos objetos análogos, desde que não ocorra uma diferença muito grande.

Para verificar como os *feedbacks* dados pelo pesquisador influenciaram na elaboração das analogias quantitativas, distribuímos os 40 objetos escolhidos pelos alunos nesta etapa nas quatro categorias que caracterizam a natureza dos objetos, como mostra a Tabela 11.

Tabela 11. Objetos análogos escolhidos no laboratório de informática para representar os tamanhos dos planetas.

Categorias Grupos	ARLA	ARAL	AROV	ARAN
GBK 1	-----	Jabuticaba; Uva; Semente de Jabuticaba.	Lede do PC; Entrada da fone de ouvido; Entrada da ventilação do PC; Plug da Tomada; Cabeça do Stikmam; Chumbador.	-----
GBK 2	Bola de Sinuca; Bola de Betz; Bolinha de Piscina.	Semente de Mamão;	Bolinha de Pierce; Ponto de lápis; Bolinha de Árvore de Natal.	Carrapato; Piolho
GBK 3	Bola de Sinuca; Bola de Ping Pong; Bola de Gude.	Semente de Uva; Jabuticaba; Uva; semente de jabuticaba.	Bolinha de pulseira; Enfeite de Árvore de Natal;	-----

GBK 4	Bolinha de Gude;	Grão de Feijão; Semente de Tomate; Cereja; Ervilha	Franqueza; Pingente; Grão de Areia; Relógio.	-----
GBB	Bolinha de Gude;	Feijão; Brigadeiro; Cereja Pimenta preta	Grão de areia; bolinha de chumbo; bolinha de Pierce.	-----
GBP	Bola de Sinuca; Bola de Gude; Bola de Golfe; Bolinha pequena de Doreen; Bolinha de Doreen	-----	Brinco; Pinta da Larissa; Brinco pequeno	-----
GBS	Bola de Sinuca; Bola de Malhação.	Semente de Maracujá; Semente de Uva.	Grão de Areia; Grão de Areia; Bola de Isopor.	-----

Fonte: elaborada pelo Pesquisador.

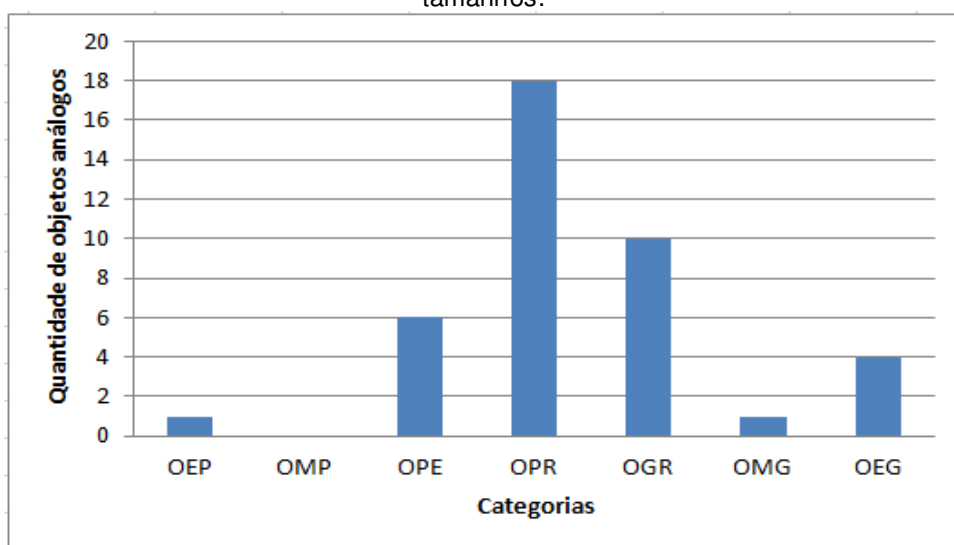
Os 40 objetos escolhidos resultaram em 60 citações. Dessa forma, 53,6% das citações foram de objetos repetidos como, por exemplo, grão de areia, bola de sinuca e bola de gude, que apareceram em 20% das citações. Consideramos que a elevada porcentagem de repetições foi provocada pela pouca disponibilidade dos dados sobre os diâmetros dos objetos ou devido à dificuldade em encontrá-los. Quando comparamos com os objetos escolhidos na etapa das estimativas, percebemos que ocorreu um aumento significativo de repetições de objetos escolhidos que passou de 37,6% para 53,6%, ou seja, as orientações do pesquisador em relação às características adequadas dos objetos análogos reduziu o número de objetos que poderiam ser utilizados.

Quanto às características dos objetos análogos escolhidos no laboratório de informática da escola, destacamos com base na Tabela 11, que 22,5% deles foram relacionados a bolas de lazer, 30% relacionados a alimentos, 42,5% de objetos análogos variados e 5% foram de análogos relacionados animais. A grande maioria dos objetos são amplamente conhecidos da grande maioria dos alunos e a maior parte deles lembram a forma arredondada ou esférica dos planetas. Com base nesses dados, destacamos que o conhecimento dos objetos análogos e de suas características é fundamental para que a analogia quantitativa criada possa contribuir na percepção das magnitudes estudadas (CHEVALIER, VUILLEMOT; GALI, 2013; RIGOLON, 2016).

Em relação à etapa de estimativas dos objetos, houve uma redução nas citações de análogos relacionados ao lazer, pois apresentavam escalas muito grandes para serem utilizadas de acordo com as proporções calculadas. Também ocorreu aumento em 12% nas citações de análogos relacionados a alimentos na etapa de pesquisas no laboratório de informática.

Com o objetivo de analisar a precisão dos estudantes, distribuímos os 40 objetos análogos escolhidos em sete categorias como mostra a Figura 20.

Figura 20. Quantidade de análogos pesquisados por categoria criada para analisar a precisão dos tamanhos.

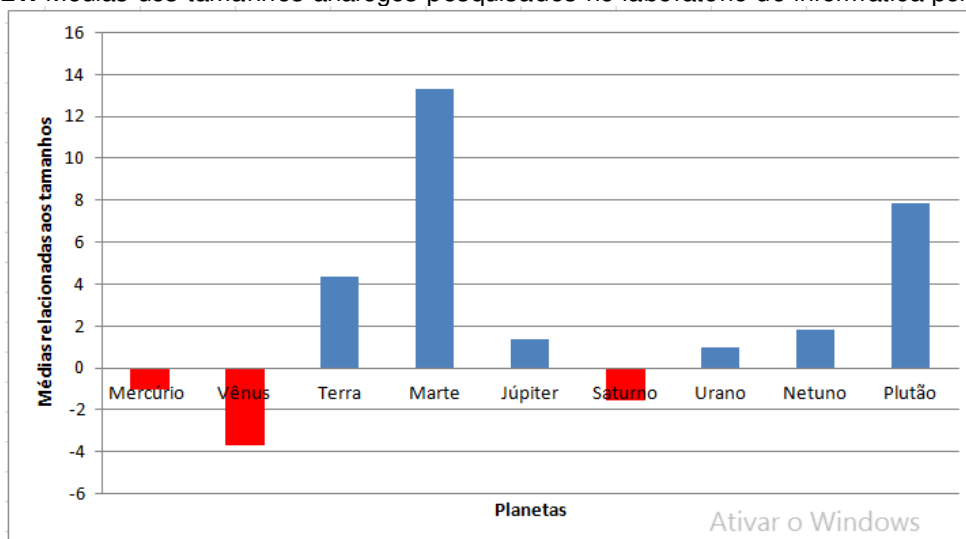


Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Através da Figura 20, percebemos que os alunos conseguiram aumentar a precisão ao pesquisarem no laboratório de informática os objetos que representaram os tamanhos, pois 18 análogos ficaram na categoria OPR e antes foram cinco na fase das estimativas. No total, 10 análogos que ficaram entre duas e seis vezes maiores do que as proporções adotadas pelos grupos foram colocados na categoria OGR. Quando comparamos com a etapa das estimativas, notamos que ocorreu uma redução considerável no número de análogos maiores que dez vezes, ou seja, antes eram 20 objetos análogos e agora ficaram apenas quatro na categoria OEG. Ocorreu também o aumento na quantidade de análogos que foram de duas a seis vezes menores do que os cálculos proporcionais, ou seja, na etapa das estimativas foi apenas um e após a etapa do laboratório de informática ficaram seis na categoria OPE. Portanto, houve um aumento significativo na quantidade de objetos análogos que ficaram mais próximos das proporções calculadas para os tamanhos.

Os diâmetros dos análogos escolhidos foram comparados aos diâmetros proporcionais calculados com o propósito de analisar em quais planetas os alunos obtiveram maior precisão. Nesse sentido, desenvolvemos a Figura 21 que apresenta uma média do número de vezes que os tamanhos análogos escolhidos foram maiores ou menores do que as proporções calculadas pelos estudantes.

Figura 21. Médias dos tamanhos análogos pesquisados no laboratório de informática por planeta.



Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Com base na Figura 21, a maior diferença de tamanho ficou com planetas menores, como Vênus, Terra, Marte e Plutão. Os objetos análogos escolhidos pelos alunos para Vênus ficaram em média quatro vezes menores do que os cálculos proporcionais; os análogos para a Terra foram quatro vezes maiores; os análogos para Marte ficaram quatorze vezes maiores e; Plutão apresentou objetos análogos oito vezes maiores do que o pretendido. Os análogos escolhidos para os tamanhos dos planetas menores na etapa do laboratório de informática não foram adequados, pois apresentaram um diâmetro médio muito grande. Por outro lado, os planetas gasosos como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno apresentaram análogos bem mais precisos ficando, em média, duas vezes maiores em relação aos cálculos proporcionais.

Notamos que as pesquisas no laboratório de informática possibilitou uma maior precisão dos análogos escolhidos para representar os tamanhos dos planetas do nosso Sistema Solar. Isso mostra a importância da utilização de fontes de informações como a *internet* e as orientações do pesquisador para que os alunos possam elaborar analogias quantitativas (RIGOLON, 2016). Entretanto, não

consideramos que a precisão alcançada foi satisfatória para a elaboração de boas analogias quantitativas, pois análogos com média de duas vezes maiores ou menores do que a escala utilizada ainda são muito grandes.

Alguns fatores permitem justificar o ocorrido, como: a falta de informações sobre os análogos na *internet* ou a dificuldade em encontrar as mesmas; as proporções calculadas pelos estudantes apresentaram diferenças muito pequenas ocasionando objetos análogos com tamanhos muito parecidos, principalmente os relacionados aos planetas rochosos. Como consequência dessas dificuldades, nenhum dos sete grupos conseguiram completar integralmente os modelos do Sistema Solar com análogos relacionados aos tamanhos.

5.4.2. Pesquisa no laboratório de informática referente às distâncias entre os planetas do nosso Sistema Solar

Após concluírem as pesquisas dos tamanhos análogos, os grupos buscaram os comprimentos das distâncias análogas escolhidas por meio do campo "rotas" do *Google Maps*, sempre colocando a escola onde o estudo ocorreu como ponto de partida, ou seja, o Sol estaria posicionado sobre a escola. Nesse sentido, o diálogo abaixo mostra como um grupo começou sua pesquisa para encontrar uma distância que representasse o comprimento do Sol até Plutão que, no modelo adotado pelo grupo, correspondia a 2 Km.

Aluna 1: Da escola até o Parque Santa Bárbara.

Pesquisador: Do outro lado ali onde eu moro. Você acha que dá 2 km? Então coloca aí Parque Santa Bárbara lá embaixo, para ver se vai. Parque Santa Bárbara é bem grande não é? Tem algum ponto de referência que vocês conheçam lá?

Aluna 1: Eu conheço o posto de saúde de lá.

Pesquisador: Olha!! Era para ter uma rota aqui. Era para ter um negócio vermelho. Era para estar mostrando para vocês a linha. Vamos começar de novo. Eu quero que vocês vejam que tem uma linha. O Google dá uma linha. A internet hoje não está legal.

Aluno 1: Meu primo mora lá próximo da Panieri.

Pesquisador: Eu moro lá também. Quase em frente à Panieri. Será se dá 2 km até a Panieri? Mas, a distância todos do grupo tem que conhecer tá? Não adianta só um conhecer. Olha aí! Vocês podem ver pelo mapa tá? Só um exemplo, até a horta é 1km, até o trevo da Bosch é 5km.

No processo de escolha das distâncias análogas, uma estudante mencionou inicialmente o posto de saúde localizado no bairro vizinho e posteriormente mencionou uma padaria que ficava próxima à casa do primo dela para representar a distância de 2 km. Porém, nem todos os alunos sabiam onde

essa padaria estava localizada e, desse modo, foram orientados a buscar por distâncias que todos conheciam. Para ajudar nas buscas, o pesquisador citou alguns pontos de referência que eles poderiam conhecer, pois os análogos devem ser conhecidos de todos para que os alunos tenham a percepção do comprimento pretendido (RIGOLON, 2016).

Em muitos casos, mesmo os alunos conhecendo as distâncias escolhidas, foi necessário selecionar entre dois análogos para representar o mesmo comprimento proporcional. Nesses casos, os alunos juntamente com o pesquisador deveriam escolher o análogo que fosse mais apropriado dentre os dois, como mostram respectivamente os diálogos dos grupos GBK3 e GBP:

Grupo GBK3

Pesquisador: Vamos encontrar uma medida que seja do Sol até Netuno que é de 7,85 km. Bom, se até o Terminal Central são 11 km, 7 km vai dar onde mais ou menos? Até o trevo da Bosch dá 5 km. O nosso é 7 km. Alguma transferência, será? Deixa eu ver, 7 km, bem aqui. Aqui vai dar onde? Deixa carregar. É uma transferência aqui?

Aluna 1: Ah, já sei onde que é! É lá em cima. Lá encimão.

Pesquisador: Olha. Então é da escola até esse mercado aqui, olha. Ou então é perto desse terminal. Não sei que transferência é essa. É a primeira eu acho, né? Eu acho que é a primeira transferência, isso daqui.

Aluna 1: Não é professor. Não é.

Pesquisador: Até esse supermercado.

Grupo GBP

Aluno 1: É a Bosch.

Pesquisador: Não. A Bosch é mais à frente. A Bosch é aqui. Trevo da Bosch, está vendo?

Aluno 1: E aqui é o quê?

Pesquisador: Aqui é um motel que tem na avenida. O Prime, lá olha. Ou você pode colocar até aqui, olha.

Aluno 1: Ah não!! É o bairro Parque Via Marte, onde meu pai mora.

Pesquisador: É lá que ele mora?

Aluno 1: Ele mora por lá.

Pesquisador: Tem uma mineradora aqui, eu acho, olha. Vamos ver um ponto de referência melhor, não é?

Aluno 1: Eu passo aqui direto para ir para casa do meu pai. Eu conheço esse lugar.

Pesquisador: Você quer usar essa distância? Anota aqui então.

Aluno 1: Da escola até o Parque Via Marte.

Pesquisador: Isso.

A escolha feita pelos membros do grupo GBK3 para representar a distância de 7 km foi um terminal de ônibus que era frequentemente utilizado pelos estudantes quando eles iam ao centro da cidade de Campinas-SP e, portanto, consideramos o mais adequado para representar a distância pretendida. Já o supermercado não era visto facilmente, pois não fazia parte do percurso utilizado

pelo mesmo ônibus. Por outro lado, a distância análoga escolhida pelo grupo GBP coincidiu com um motel e, por esse motivo, o aluno foi orientado a escolher uma referência melhor devido à idade deles ou para evitar discussões inapropriadas. Um caso parecido também ocorreu no estudo de Rigolon (2016), no qual os licenciandos elaboraram uma analogia com garrafas de cerveja como análogo e o autor os orientou a não utilizarem essa analogia devido às suas idades.

No decorrer desta atividade, os alunos deveriam gradativamente escolher as distâncias análogas partindo da maior distância para a menor. Entretanto, os estudantes dos grupos GBS e GBK2 não perceberam que eles deveriam ir se aproximando cada vez mais da escola, onde o Sol estava posicionado, ao escolherem as distâncias análogas, conforme mostra o diálogo abaixo.

Grupo GBS

Pesquisador: Nada aí ainda?

Aluna 2: E de Saturno professor, seria até o mercadão?

Pesquisador: Não, olha. Se a sua maior distância é até o Terminal Central, a tendência é ir diminuindo, está vendo, então você vai sempre voltando mais. Essa é a sua maior distância, que é até Plutão. A tendência é ir se aproximando cada vez mais da escola.

Aluna 2: Ah! Então, aqui por exemplo, seria 10?

Pesquisador: Para você ter uma ideia, são 7.850 km. Isso daqui vai dar da escola até a primeira transferência ali, indo para o centro. Tá vendo como está chegando próximo? Urano, da escola até o trevo da Bosch.

Aluna 2: Aí é mais perto ainda.

Pesquisador: Essa é a questão, vocês colocam aqui e dá para caminhar um pouquinho mais para lá, sabe. Assim, não precisa ser tão preciso. Vocês vão chegando cada vez mais próximo do ponto.

Grupo GBK2

Pesquisador: Você quer 1,5 km.

Aluna 1: Até o shopping Dom Pedro II.

Pesquisador: Até o Shopping Dom Pedro dá uns 14 km. Até o trevo da Bosch, você pôs. Não, até porque não tem nem como reverter. Até o trevo da Bosch dá 5 km. Você quer quantos quilômetros? Você quer 1,5 km só.

Aluna 1: Não ela...

Aluna 2: Não pode colocar só 2 km não?

Pesquisador: Não, assim oh... Põe um ponto de referência, estou tentando achar para nós. Aqui é o trilho do trem, é isso? Não, é uma rodovia, né?

Aluna 1: Aqui é a rodovia e aqui em cima é o trilho do trem.

Pesquisador: Que rodovia é essa? Não essa daqui. Essa daqui é a avenida Alberto Pazam. Então botem no cruzamento.

O pesquisador mostrou para os alunos que a distância diminuía conforme íamos nos aproximando ao Sol. Porém, a aluna colocou um análogo que ia da escola até o Supermercado Atacadão, que era uma distância que extrapolava a proporção calculada. Isso mostra uma certa dificuldade dos alunos em pensar nos planetas dentro de uma proporção na qual uma medida está relacionada à outra. Já

o grupo GBK2 escolheu o *Shopping Dom Pedro II* que ficava a 15 km da escola e foram orientados a encontrar uma medida análoga menor que coincidiu com um cruzamento famoso e que é amplamente conhecido dos alunos.

Quanto mais as distâncias análogas se aproximavam da escola, mais os comprimentos ficavam menores. Dessa forma, os alunos começaram a sugerir alguns arredondamentos para poderem utilizar alguns pontos de referências que não necessariamente apresentavam medidas corretas em relação às proporções calculadas, como mostra o diálogo do grupo GBK2.

Aluna 1: 423 m, está longe?

Pesquisador: Está muito longe.

Aluna 1: Professor, aqui 350 m.

Pesquisador: E você quer quantos?

Aluna 1: 423 m

Pesquisador: Vamos aproximar isso daqui.

Aluna 1: Tem que aproximar pelo site. Professor, mas não dá para arredondar? Já que é 423 m?

Pesquisador: É muito grande. Aí são metros, 423 m.

O pesquisador alertou que o arredondamento sugerido pela aluna ainda era muito grande para a medida de 423 m de distância. Como se tratava de uma proporção referente a um ponto próximo ao Sol, a diferença de 33 m que a estudante queria arredondar poderia invadir a proporção do outro planeta. Assim, percebemos que quanto menor a escala para as distâncias, mais difícil foi estabelecer pontos de referências análogas, pois a curta distância faz com que os objetos não apresentem medidas bem definidas. Nessas situações, o pesquisador orientava os alunos a utilizarem o *zoom* do *Google Maps* para visualizar melhor uma determinada posição, como mostra o diálogo do grupo GBK3.

Pesquisador: Aperta aqui e vai dando o zoom até chegar na escola. São 75 m, então é bem próximo da escola.

Aluna 1: Professor, achei 62 m.

Pesquisador: Vai dar até onde? A horta? Vocês querem 76 m. Vocês podem colocar da entrada dos professores até a esquina da escola. Se você quiser saber melhor pega esse boneco amarelo e põe encima dos pontos que vocês quer, por exemplo, vamos lá para entrada da escola. Abre isso daqui aí você pode mexer aqui, está lá na entrada na escola.

Ao utilizar a ferramenta de aproximação nos mapas por meio do zoom, foi possível aumentar um pouco a precisão das pequenas distâncias análogas pesquisadas e estabelecer melhor um ponto de referência. Mesmo assim, foi muito complicado encontrar medidas precisas dos análogos para curtas distâncias durante

o processo de elaboração de analogias quantitativas como mostra o diálogo do grupo GBK1.

Pesquisador: Você quer quanto agora? 42 m? Pega essa bolinha aqui e pressiona ela e arrasta até achar 42 m. Mais ou menos aí. Então vai dar do 6º ano A até essa árvore aqui, mas a gente pode botar até a secretaria. Então 30m vai do 6º ano A... a gente poderia dizer o quê aqui?

Aluno 1: Até a secretaria de novo.

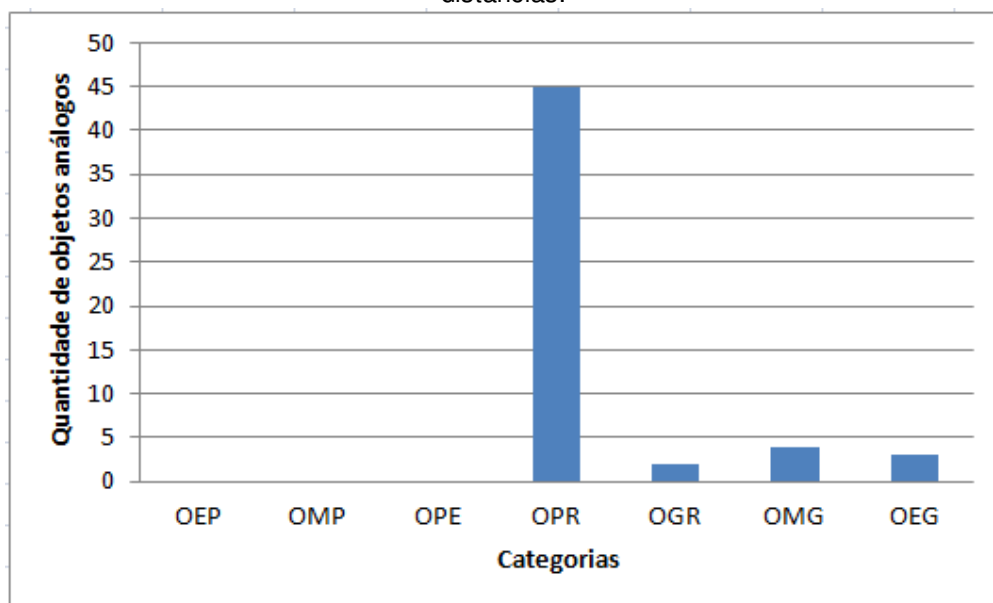
Pesquisador: É, mas onde nós escolhemos foi aqui na frente da secretaria, aqui já está atrás da secretaria. Pronto! Até a janela ali detrás da secretaria.

Como visto neste diálogo, o pesquisador os alertou que a secretaria já havia sido escolhida e, portanto, a solução foi definir melhor a parte específica da secretaria, ou seja, deveria ter como ponto de referência a parte detrás da secretaria. Nesse caso, o mesmo análogo serviu para colocar as distâncias de duas proporções e isso pode ser um problema por não serem bem definidos.

Após finalizado o processo de pesquisa das distâncias análogas no laboratório de informática, constatamos que foi mencionado pelos alunos um total de 44 pontos de referências diferentes distribuídos em 54 citações. Assim, as distâncias mais citadas foram da escola até a esquina do condomínio Vila Regina (menos de 1km da escola) com a frequência de 7,04%, enquanto que a garagem da escola, janela da diretoria e secretaria ficaram, respectivamente, com três citações ou 5,5% de frequência.

Como já foi descrito ao longo deste trabalho, distribuímos as distâncias análogas escolhidas pelos estudantes em sete categorias com o objetivo foi verificar se as distâncias análogas escolhidas se aproximaram dos comprimentos proporcionais calculados. Assim, a Figura 22 mostra como as 54 citações análogas ficaram distribuídas em cada uma das categorias criadas.

Figura 22. Quantidade de análogos pesquisados por categoria criada para analisar a precisão das distâncias.

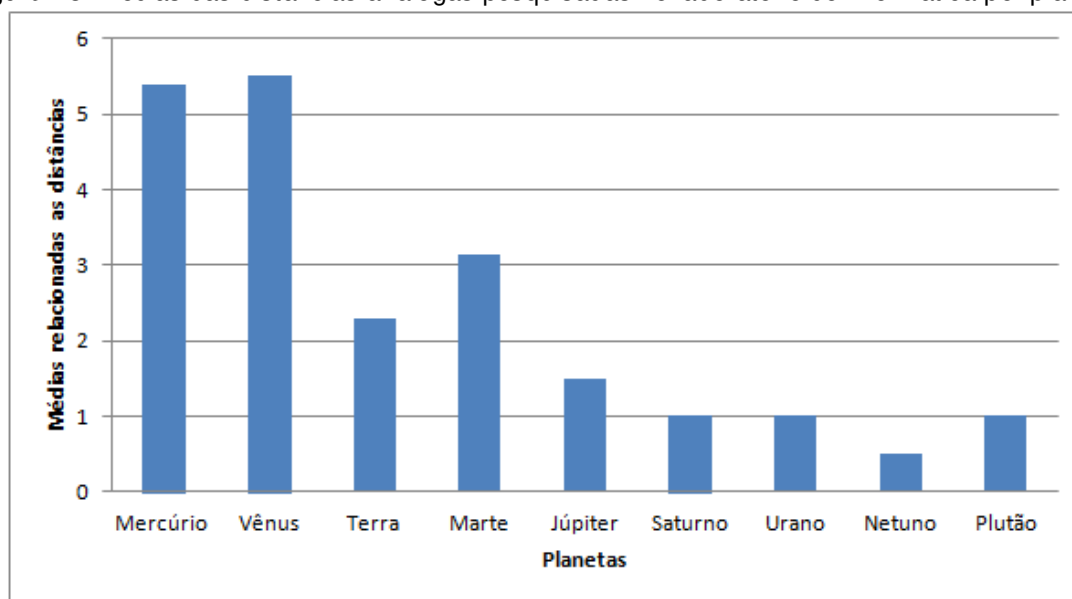


Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Como visto na Figura 22, destacamos que 45 citações análogas ficaram na categoria OPR, o que indica que os estudantes foram precisos nas escolhas das distâncias análogas. Na fase das estimativas, a categoria OPR contava com 15 distâncias análogas e, como podemos perceber, aumentou bastante a quantidade nesta categoria, que ficou com 45 análogos. Nenhum objeto foi colocado nas categorias OEP, OEM e OPE. Na categoria OGR ficaram dois análogos; na OMG foram quatro e na OEG foram colocadas três distâncias análogas.

No intuito de saber quais planetas apresentaram os análogos mais precisos, desenvolvemos a Figura 23 que apresenta uma média do número de vezes que os objetos escolhidos foram maiores ou menores do que as proporções calculadas pelos estudantes para as distâncias dos astros do nosso Sistema Solar.

Figura 23. Médias das distâncias análogas pesquisadas no laboratório de informática por planeta.



Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

Podemos perceber na Figura 23 que planetas pequenos como Mercúrio, Venus, Terra e Marte foram os menos precisos em relação aos cálculos proporcionais realizados, sendo que Mercúrio e Vênus apresentaram objetos análogos cinco vezes maiores do que o desejado, os análogos da Terra foram duas vezes maiores e Marte apresentou distâncias análogas quatro vezes maiores. Quando comparamos com a etapa das estimativas, percebemos que aumentou significativamente a precisão das distâncias relacionadas aos planetas rochosos que antes eram cerca de 50 vezes do que as proporções calculadas. Já os planetas mais distantes do Sol como Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão mantiveram uma boa precisão, ou seja, ficaram na escala natural de 1:1.

Portanto, destacamos que o uso do *Google Maps* que facilitou o acesso às informações dos análogos escolhidos pelos grupos, diminuiu o tempo de pesquisa das distâncias análogas e aumentou a precisão das proporções maiores relativas às distâncias nas quais conseguimos, sem maiores dificuldades, pontos de referências análogos bem definidos e claros.

5.5. Análise da Quinta Etapa - Abordando as dimensões do Sistema Solar por meio de analogias quantitativas

Nas duas últimas aulas, que tratamos neste tópico, o objetivo foi trabalhar com os alunos as dimensões do nosso sistema solar através das analogias

quantitativas. Dessa forma, o pesquisador explicou inicialmente aos alunos que havia elaborado analogias quantitativas para os tamanhos e as distâncias com base nos objetos que eles tinham pesquisado anteriormente, como mostra o seguinte diálogo.

Pesquisador: Pessoal, então, como eu havia combinado ontem, nós vamos conversar um pouco sobre o material que a gente produziu ao longo do semestre. Todo mundo lembra, a gente ia ao laboratório para preencher aquela folha que tinha a distâncias dos planetas no Google Mapas e para os tamanhos vocês pesquisaram alguns objetos para utilizarem nas medidas proporcionais calculadas. Em relação às distâncias, nós utilizamos o *Google Maps* colocando como ponto de partida a escola até um ponto X. Pesquisamos várias e várias distâncias, então o que que eu fiz? Eu escolhi essa distância aqui que é até o Terminal Central. Então eu vou apresentar para vocês o que foi feito. Eu intitulei o infográfico como “O tamanho do Sistema Solar”. Quem ainda lembra o que é escala?

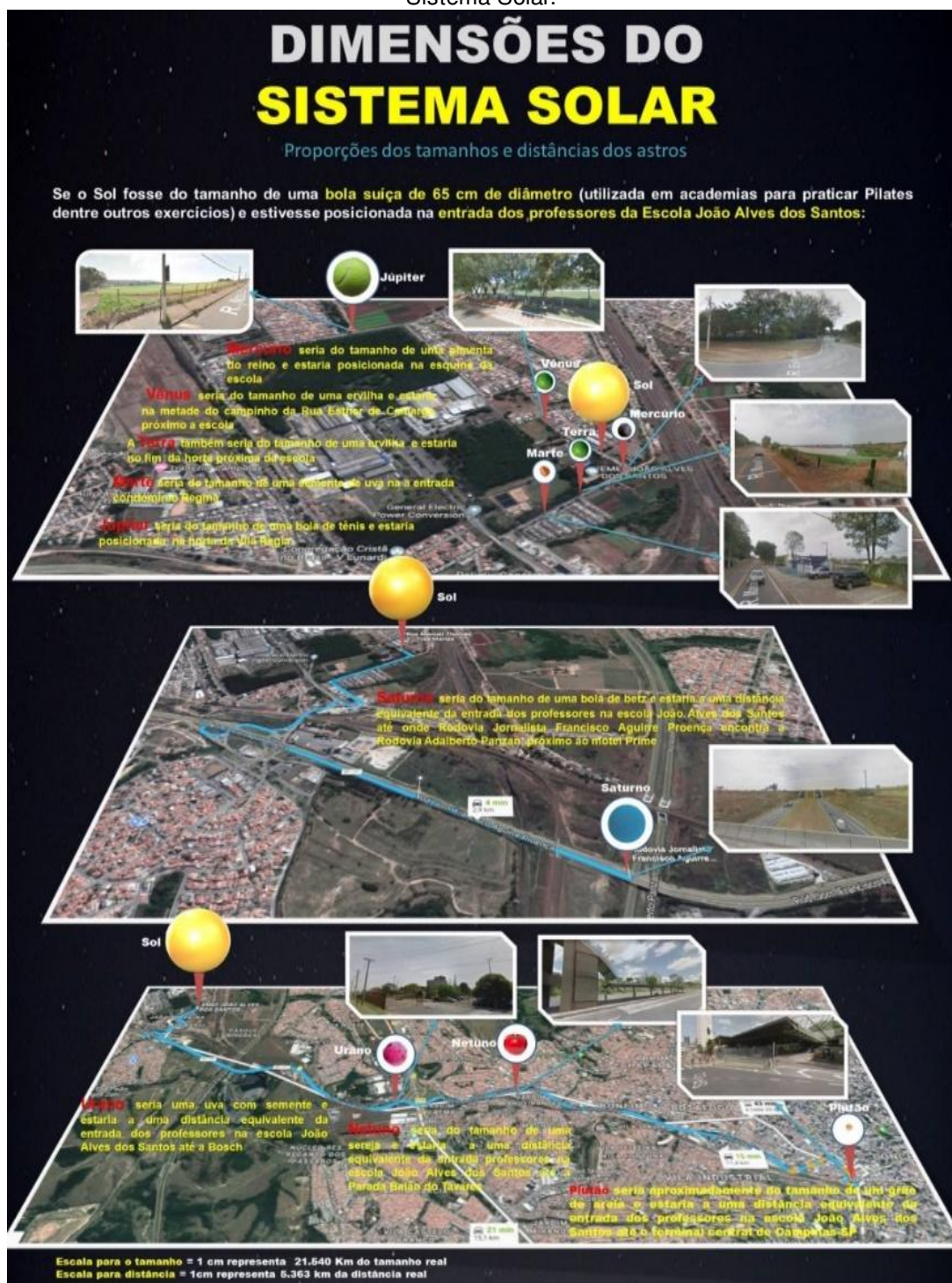
Aluna 1: É o tamanho.

Pesquisador: Quando a gente ver um mapa a escala que mostra o quanto um centímetro na escala representa a medida real. Então aqui eu fiz duas escalas diferentes, uma para o tamanho e outra para a distância. Qual foi a do tamanho? A cada 1 centímetro representado corresponde a 21540 Km. Então da mesma forma eu coloquei outra escala para as distâncias do Sistema Solar, ou seja, a cada 1cm representado corresponde a 5363 km.

O pesquisador utilizou os cálculos proporcionais do grupo que escolheu a bola suíça de 65 cm de diâmetro e, dentre os objetos pesquisados por todos os grupos, os que mais se adequassem a essa escala. Optamos por fazer isso porque nem um dos sete grupos conseguiu preencher as tabelas (ANEXO A) com os objetos análogos dos tamanhos de forma adequada e precisa. Em relação as distâncias, o pesquisador escolheu a maior distância análoga que partia da escola até o Terminal Central da cidade de Campinas-SP, com 11km. Essa distância análoga apresentava os pontos de referências mais conhecidos dos alunos e também os mais precisos. Portanto, foram adotadas duas escalas diferentes, sendo uma para os tamanhos e outra para as distâncias.

Com base nessas escalas, apresentamos aos alunos o infográfico produzido pelo pesquisador no *PowerPoint*. O infográfico integrou imagens e textos de modo que essas mídias se complementassem a ponto de as imagens só serem compreendidas com os textos, como mostra a Figura 24 (DAVIDSON, 2014; LAMB et al. 2014).

Figura 24. Infográfico produzido para representar os tamanhos e as distâncias dos astros do nosso Sistema Solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O infográfico foi construído em três partes porque não era possível colocar os objetos dos tamanhos análogos em uma única imagem do mapa utilizado, pois ficaria muito pequeno e praticamente impossível visualizar. Os objetos foram postos em destaque para facilitar sua visualização e as distâncias análogas tiveram os pontos de referência destacados com o *zoom*, mostrando as fotos das referências

análogas para os alunos perceberem visualmente. O diálogo a seguir foi estabelecido durante a apresentação deste infográfico.

Pesquisador: Então nós chegamos no seguinte, já se localizaram nesse mapa? Da onde é esse mapa?

Aluno 1: De cima da escola.

Pesquisador: A escola está aqui. Eu coloquei um zoom e aqui é a frente da escola por onde os professores entram. E que bola é essa?

Alunos: O sol

Pesquisador: É o Sol que está representado nessa escala por aquela bola que a gente chama de Suíça ou bola de academia.

Aluno 2: Usada no Pilates.

Pesquisador: Então ela é um bola bem grande com 65 cm. Ela seria o Sol localizado na entrada da escola. Onde estaria então Mercúrio nessa escala de distância? Ficaria na esquina da escola e Mercúrio seria do tamanho de uma pimenta do reino. Quem já viu aquela pimentinha preta?

Alunos: Eu.

Pesquisador: Então Mercúrio seria daquele tamanho e, nessa escala, estaria localizada na esquina da escola. Próximo planeta: Vênus. Vênus seria do tamanho de uma ervilha e estaria na metade do campinho da rua Esther, próximo à escola. Sabe aquele campinho que tem ali em cima perto de uma indústria.

Aluna 2: Ali em cima.

Pesquisador: Isso, até a metade daquele campo de futebol. A Terra também seria do tamanho de uma ervilha porque Vênus e Terra têm praticamente o mesmo tamanho. Nós colocamos repetido porque não conseguimos encontrar outro. E onde estaria a Terra? A Terra estaria no final da horta ali no fim da rua da escola, olha só a imagem aqui, quase começando o muro daquele condomínio. Júpiter, se o Sol fosse do tamanho daquela bola de exercício, Júpiter seria do tamanho de uma bola de Tênis. Todos conhecem uma bola de tênis?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Já jogaram e já viram? Agora, na distância proporcional, onde estaria Júpiter? Estaria já final daquela horta da Vila Regina. Vocês já viram? Marte seria do tamanho de uma semente de uva. Quem já comeu uva?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Então Marte seria mais ou menos daquele tamanho se o Sol fosse do tamanho dessa bola, tá? Agora estaria localizada onde? Lá naquela entrada do Condomínio Regina. Esta seria a distância. Só para nos localizar, nós estamos aqui na escola e o Sol está aqui representado. Nessa escala de distância, onde estaria Júpiter? Estaria no cruzamento dessa rua aqui, olha, ou seja, próximo daquela pedreira onde o ônibus passa ali em frente. E Saturno seria mais ou menos do tamanho de uma bola de betz. Vocês conhecem a bola de betz?

Alunos: Sim.

Aluno 3: Já jogamos betz na aula de educação física. A bola de tênis é do mesmo tamanho da bola de betz.

Pesquisador: A bola de betz é um pouquinho menor. Tem gente que joga betz com bola de tênis. Então Saturno estaria nessa posição. O sol continua na entrada da escola representado por essa bola. E onde estaria Urano? Urano seria uma uva com semente porque a sem semente é um pouco menor. Urano estaria na frente da Bosch.

Aluno 1: Eu jogo bola lá no campo da Bosch.

Pesquisador: Vocês entram na empresa para jogar bola?

Aluno 1: Sim, lá fica aberto no fim de semana para jogar bola.

Pesquisador: Netuno seria uma cereja. Todos já viram uma cereja em cima do bola?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Também poderia ser substituído por acerola. Netuno estaria aqui no que vocês chamam de primeira transferência do ônibus, na estação dos Tavares e, por último, Plutão. Se o sol fosse do tamanho de uma bola de exercício com 65 cm de diâmetro, Plutão seria do tamanho de um grão de areia, um grãozinho de areia que Plutão seria e estaria localizado no Terminal Central de Campinas.

Ao descrever as analogias quantitativas presentes no infográfico, os alunos não apresentaram dificuldades em identificar pontos distintos posicionados sobre o mapa, pois o percurso escolhido era frequentemente utilizado quando eles iam para o centro da cidade, de ônibus ou de carro. Gostaríamos de destacar também que não foi possível escolher um objeto separado para Vênus e para Terra, pois não encontramos na lista pesquisada pelos alunos algum análogo que servisse para representar a proporção calculada e, considerando que a Terra e Vênus tem tamanhos aproximados, nós utilizamos o análogo ervilha duas vezes. Quando o infográfico foi mostrado aos estudantes, um deles questionou sobre como era possível medir essas distâncias tão grandes como mostra o diálogo abaixo.

Aluno 4: Professor, se os planetas são tão distantes como é possível medir?

Pesquisador: Medimos através de vários equipamentos que são utilizados, como os telescópios e sondas espaciais, que conseguem uma precisão boa dos tamanhos e distâncias.

Esse diálogo mostra que o aluno conseguiu ter uma percepção das grandes distâncias dos planetas em relação ao Sol por meio de analogias quantitativas a ponto de perguntar como era possível fazer essas medições. Esse caso foi recorrente, pois anteriormente o pesquisador já foi questionado da mesma forma por alunos de graduação em Ciências da Natureza da UFPI quando o mesmo apresentou algumas analogias quantitativas sobre os tamanhos dos astros.

A partir desse infográfico, começamos a discutir sobre alguns conceitos relacionados aos tamanhos e distâncias dos astros. O ponto de partida foi discutir juntamente com os alunos o significado de Sistema Solar, como mostra o seguinte diálogo.

Pesquisador: O que é o Sistema Solar? Quando a gente fala o nome “sistema” o que vem na cabeça de vocês?

Aluno 3: Um sistema é um Sol e em volta vários planetas em torno do Sol.

Pesquisador: Pode ser. Mas o que é um sistema para vocês?

Aluna 2: Sistema de energia.

Aluno 3: Sistema digestor.

Pesquisador: Sistema digestório, sistema nervoso. São vários sistemas. A ideia de sistema tem a ver com uma relação, ou seja, se eu falo Sistema Solar, quer dizer que todos os astros que participam desse sistema mantem

um tipo de relação entre eles. Será que o planeta Terra e os outros planetas dependem do Sol?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Por quê?

Aluno 2: Por que o Sol é mais grandão.

Pesquisador: 99,9 % de toda massa do Sistema Solar pertence ao Sol. Então o que faz todos os planetas ficarem na órbita é o Sol. A maior massa faz com que a força gravitacional que ele possui atraia todos os planetas. Todos dependem do Sol para manter suas órbitas.

Os alunos não conseguiram definir o que era um sistema, mas citaram vários exemplos de sistemas como o de energia e o digestório. Posteriormente o conceito de sistema foi abordado pelo pesquisador como sendo um conjunto no qual seus elementos constituintes mantêm uma relação de dependência entre si. Quando foram perguntados se a Terra e os demais planetas dependiam do Sol, foi interessante perceber que, ao invés de dizerem sobre coisas mais convencionais em relação à função do Sol, como a regulação da temperatura ou a realização da fotossíntese, um aluno fez alusão ao tamanho do Sol indicando que isso é o que causa dependência dos planetas ao Sol. De fato, por se tratar da maior massa, o Sol é o responsável por manter por meio da força gravitacional os planetas em suas órbitas, como foi explicado pelo pesquisador.

Após discutir com os alunos sobre o conceito de Sistema, um aluno ficou interessado em saber se existiam outros sistemas solares. O pesquisador explicou que cada estrela poderia ser um potencial sistema com planetas e, portanto, existem muitos outros sistemas solares além do nosso. Por estarmos falando em estrelas, inesperadamente um aluno fez um comentário muito interessante sobre a luz das mesmas, como exposto no diálogo abaixo.

Aluno 4: Professor, quando olhamos as estrelas estamos vendo uma luz muito antiga.

Pesquisador: Exatamente. Quando a gente olha as estrelas no céu, inclusive o próprio Sol, nós não estamos vendo as estrelas em tempo real. Isso não está acontecendo.

Aluna 2: Não!

Pesquisador: A luz chega até os nossos olhos com atraso. Se o Sol fosse destruído, a gente só saberia uns 8 minutos depois.

Aluna 1: Nossa!

Pesquisador: Então o céu é como se fosse uma máquina do tempo. A gente olha uma estrela lá longe e provavelmente ela já tenha morrido há milhões de anos, pois a distância que a luz dela percorre é tão grande que até chegar aos nossos olhos demora.

Aluna 1: Nossa!

Pesquisador: Então não esqueçam que quando vocês estiverem observando o céu, o que vocês estão vendo é o passado.

Aluna 2: Nossa! Que legal esse assunto.

Nesse episódio, o pesquisador encontrou uma boa oportunidade para discutir sobre as grandes distâncias das estrelas até a Terra ao explicar que o fenômeno mencionado pelo estudante estava relacionado ao longo percurso que a luz faz para chegar até nossos olhos. Como visto, muitos alunos acharam interessante o conteúdo e ficaram surpresos com o fato e aproveitamos essa situação para falar um pouco sobre as estrelas quanto à sua composição gasosa e produção de energia. Após discutir o conceito geral de sistema e de estrela, apresentamos o significado de planeta, como mostra o seguinte diálogo.

Pesquisador: Então, o que é um planeta?

Aluna 1: É um negócio que gira em torno do Sol.

Pesquisador: Os cientistas discutem muito isso, eles não entram muito bem em acordo sobre o que é um planeta, mas concordam que um planeta deve ter uma órbita definida em torno de uma estrela. A Terra orbita uma estrela?

Alunos: Sim.

Pesquisador: Um planeta também deve ser grande o suficiente para gravidade forçá-lo a ter uma forma esférica, a gravidade é tão grande que puxa a Terra para o seu centro, por isso que a Terra é redonda. Foram esses critérios aqui que fizeram Plutão ser rebaixado para planeta anão. Porque então Plutão deixou de ser planeta?

Aluna 2: Por que ele era pequeno demais?

Pesquisador: Ele era pequeno e não tinha força para expulsar objetos de sua órbita, ou seja, ele não é dominante em sua órbita.

O pesquisador apresentou alguns aspectos que são necessários para que um astro seja definido como um planeta e um deles é que um planeta deve possuir tamanho grande o suficiente para ser dominante em sua órbita. Esse aspecto foi o motivo de Plutão ter sido rebaixado para um planeta anão. Aproveitamos também para discutir sobre as temperaturas dos planetas Mercúrio e Vênus tentando relacioná-las às respectivas distâncias dos mesmos ao Sol, como mostra o diálogo abaixo.

Pesquisador: Mercúrio tem 420 graus Celsius, muito quente, certo? O segundo planeta.

Alunos: Vênus.

Pesquisador: Olha a temperatura de Vênus, 458 graus Celsius. Olhem só, Mercúrio 420 e Vênus 458, então o que está acontecendo aí? Vocês disseram quanto mais próximo, mais quente.

Aluna 2: Então ele deve ter luz própria?

Aluno 3: Eu aprendi sobre isso daí, mas eu esqueci.

Pesquisador: Não. Isso ocorre devido a um fenômeno semelhante ao que acontece na Terra. Que fenômeno é esse?

Aluno 3: Efeito global.

Pesquisador: Efeito estufa. O CO₂ aquece a Terra. Em Vênus tem uma atmosfera muito densa em CO₂ que impede que o calor saia. CO₂ é o gás estufa que os automóveis e as indústrias liberam na atmosfera. Em Vênus é obtido da elevada atividade vulcânica.

Ao tentar explicar o motivo de a temperatura de Vênus ser maior do que a de Mercúrio, apesar de Mercúrio ficar mais próximo ao Sol, uma aluna sugeriu que eles teriam luz própria como se fossem uma estrela. Quando o pesquisador disse que a temperatura de Vênus era influenciada por um fenômeno semelhante ao que ocorria na Terra, um aluno citou o efeito global e logo foi esclarecido pelo pesquisador que na verdade se tratava do efeito estufa provocado pela alta concentração de CO₂ na atmosfera de Vênus. Aproveitando a ocasião das temperaturas de Vênus e Mercúrio, o pesquisador falou que estações do ano não ocorrem devido à proximidade da Terra ao Sol, mas sim por causa da inclinação que ela apresenta, que faz com que os raios do Sol incidam em diferentes ângulos nos hemisférios ao longo do ano (LANGUI; NARDI, 2005).

Outro conceito discutido foi o período de translação dos astros que, dentre outros aspectos, está também associado à distância dos planetas ao Sol. Assim, apresentamos a Tabela 12 para os alunos em um *slide* do *PowerPoint*.

Tabela 12. Períodos de translação dos planetas do nosso Sistema Solar.

Planetas	Período de translação
Mercúrio	87,7 dias
Vênus	224 dias
Terra	365 dias
Marte	1,88 anos
Júpiter	11,86 anos
Saturno	29,46 anos
Urano	84 anos
Netuno	164 anos

Fonte: Elaborada pelo autor.

Utilizamos a Tabela 12 para ver se os estudantes conseguiam fazer essa associação entre as distâncias dos planetas com os seus respectivos tempos para completar uma volta completa em torno do Sol. Nesse sentido, apresentamos as discussões geradas no diálogo a seguir.

Pesquisador: Nesse slide eu coloquei o período de translação de cada planeta. Alguém sabe o que é translação?

Aluno 3: É o período que o planeta gira em torno de uma estrela.

Pesquisador: Isso. Olha aqui a Terra, 365 dias. Qual o que demora mais para dar essa volta?

Alunos: Plutão.

Aluno 4: Os últimos.

Pesquisador: Estão vendo? Quanto mais distantes do Sol mais tempo para realizar sua translação. Vocês perceberam essa relação. Qual é o mais rápido?

Aluna 2: Vênus.

Aluno 3: Mercúrio por que ele é o mais próximo do Sol.

Pesquisador: Exatamente, ele é o mais próximo do Sol.

Aluno 3: Professor eu sei porque o percurso é menor.

Pesquisador: No livro de Ciências como é que está o Sistema Solar.

Aluno 4: Estão em ordem.

Pesquisador: Será que estão em ordem os planetas?

Aluno 3: Não. Por que o tempo de translação de cada um é diferente.

Pesquisador: Exatamente.

Os alunos sabiam o que era translação e conseguiram perceber, por meio da Tabela 12, a relação existente entre o tempo que um planeta leva para completar uma volta completa e as respectivas distâncias ao Sol. Os estudantes até conseguiram perceber que os planetas dispostos alinhadamente, como frequentemente representam os Livros Didáticos, não correspondia a realidade, pois os planetas apresentam diferentes períodos de translação o que faz com que as suas posições nas órbitas também sejam diferentes.

Com essa abordagem final, tentamos relacionar o máximo possível os tamanhos com as distâncias para que os alunos compreendessem como essas dimensões em conjunto interferem ou não em alguns fenômenos, pois como destaca Leite e Hosoume (2008), o que comumente aparece na literatura é a falta de ligação entre essas duas medidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas dificuldades podem se apresentar ao realizar uma pesquisa científica devido a uma série de variáveis que o pesquisador precisa equilibrar para realizar esta atividade. Especificamente em nossa pesquisa, logo no início nos deparamos com a barreira da pouca disponibilidade bibliográfica, por se tratar de uma linha de pesquisa sobre a utilização de analogias no Ensino de Ciências que ainda está dando os primeiros passos no Brasil. Já os estudos encontrados no cenário educacional internacional ainda estão voltados para a investigação das noções de escala e não para aspectos específicos das analogias quantitativas como seus benefícios para a aprendizagem de conceitos científicos. Percebemos que a utilização mais frequente dessa ferramenta no contexto internacional é dominada por áreas como a Comunicação e Divulgação Científica.

Tivemos outras dificuldades na escola durante a intervenção. A primeira delas foi conciliar o planejamento do professor da disciplina de Ciências e da escola com o planejamento do pesquisador. Outra foi conseguir marcar as datas para o uso do laboratório de informática da escola para não atrasar a pesquisa e, quando o utilizávamos, muitas vezes caía a *internet* devido à baixa qualidade da mesma. Todos esses fatores fizeram com que o pesquisador acrescentasse mais quatro aulas em relação planejamento inicial.

Mesmo com todas essas dificuldades, foi possível conhecer um pouco mais sobre o funcionamento do processo de elaboração das analogias quantitativas por alunos do Ensino Fundamental II. Consideramos que essa é uma questão base dentro desse tema, pois ainda temos pouquíssimas informações sobre como se desenvolve esse processo. Para isso, identificamos na literatura disponível quais aspectos deveriam ser considerados ao elaborar as analogias quantitativas para que elas possam ser consideradas eficientes no processo de ensino e aprendizagem das dimensões do nosso Sistema Solar.

A busca por estratégias que possibilitem a compreensão das distâncias e dos tamanhos são fundamentais para entender vários fenômenos astronômicos. Apesar de os alunos que participaram desta pesquisa terem estudado antes da nossa intervenção diversos conteúdos de Astronomia, a grande maioria deles apresentou no diagnóstico realizado representações errôneas nas quais os planetas

foram desenhados com os tamanhos e distâncias fora das escalas e dispostos alinhadamente como se tivessem um mesmo período de translação.

Ao analisar o primeiro aspecto fundamental para a elaboração e compreensão de analogias quantitativas, que são os conteúdos matemáticos, percebemos que os alunos apresentaram dificuldades em compreender o conceito de proporção por meio da regra de três, pois eles ainda não haviam estudado esse assunto. A não compreensão de conceitos matemáticos, como escalas e proporções, pode desestimular a exploração das analogias quantitativas junto aos alunos, entretanto, é preciso destacar que existem alternativas que podem viabilizar a compreensão desses conteúdos. Porém, ao colocarmos as proporções com o número de vezes que os planetas eram menores do que o Sol ou mais próximos ao Sol do que Plutão, tivemos mais proveito em relação à compreensão dos alunos, o que facilitou o processo de calcular as proporções entre os planetas dentro das escalas escolhidas. Isso tornou menos abstrata a compreensão desse conceito se comparado com a aplicação da regra de três além de ser a forma mais adequada considerando que os alunos nunca estudaram proporções.

Outro aspecto muito importante é a escolha dos objetos análogos para representar as proporções calculadas. Nesse processo, percebemos que os alunos escolhem majoritariamente objetos que são conhecidos e que fazem parte do contexto vivenciado por eles, como podemos verificar na etapa das estimativas. Os análogos mais frequentemente citados foram os relacionados ao lazer, como bola de futebol e de ping pong. Os dados colhidos nas estimativas também indicam que os estudantes tendem a escolher inicialmente os análogos referentes aos tamanhos de objetos com as mesmas características esféricas ou redondas dos planetas. Entretanto, diagnosticamos que a grande maioria dos objetos análogos estimados foram caracterizados por não lembrarem nem um pouco características arredondadas e inclusive a maioria desses objetos não apresentavam nem mesmo um tamanho bem definido.

Quando associamos os diâmetros de alguns objetos análogos estimados com as proporções calculadas, notamos que os alunos escolheram análogos que são bem maiores do que as escalas utilizadas no modelo do Sistema Solar desenvolvidas por eles, principalmente ao representar planetas como Mercúrio,

Vênus, Terra e Marte. Porém, percebemos por meio da nossa análise que os objetos análogos para os planetas maiores como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno foram mais precisos. Isso indica que os estudantes têm mais experiências marcantes com objetos grandes ao invés de pequenos e que as noções de probabilidade dos alunos estão mais associadas a objetos mais perceptíveis e, portanto, maiores. Com base nisso, indicamos aos interessados em usar analogias quantitativas que eles devem escolher escalas e objetos grandes.

Por outro lado, percebemos que, de modo geral, as distâncias análogas estimadas foram muito mais precisas do que os objetos estimados para os tamanhos. Entretanto, para distâncias pequenas como 59 m os estudantes demonstraram ter uma menor precisão, o que mostra que novamente eles apresentaram dificuldades em encontrar análogos pequenos.

Para diversificar a forma de aprendizado desses conceitos e tentar superar as dificuldades apresentadas, utilizamos o laboratório de informática para que os alunos se familiarizassem com as escalas dos objetos escolhidos. Nesse processo, percebemos que os objetos análogos relacionados aos tamanhos dos astros em sua grande maioria foram caracterizados por serem esféricos e arredondados e isso aconteceu devido às orientações do pesquisador. Os maiores objetos, como as bolas esportivas, foram mais fáceis de encontrar os diâmetros. Entretanto, mesmo utilizando a internet para pesquisar, notamos que quanto menores os objetos, mais difíceis de encontrar informações sobre os mesmos. Os diâmetros de sementes e frutas, por exemplo, eram obtidos na maior parte em artigos científicos e tal fato desestimulava a procura dessas informações, pois eram artigos grandes.

Destacamos que devido à dificuldade de acesso às informações sobre os análogos escolhidos, nenhum grupo conseguiu preencher adequadamente a Tabela 4 que eles receberam com os análogos para os tamanhos dos planetas. Já a pesquisa e o acesso às informações das distâncias análogas foi mais fácil e rápido devido à utilização do *Google Maps*, que contribui para aumentar a precisão em relação às distâncias proporcionais calculadas. Isso denota que a utilização do computador com as ferramentas tecnológicas mais atuais e acesso à internet pode ser uma importante aliada no aprendizado das dimensões do nosso Sistema Solar.

Em relação às distâncias análogas, a maior dificuldade foi encontrar pontos de referência exatos ou claramente definidos para as escalas escolhidas. Portanto, é melhor utilizar escalas maiores não apenas para as distâncias, como também para os tamanhos, pois é possível encontrar os melhores análogos.

Como visto, várias informações fundamentais foram obtidas sobre como os alunos elaboram analogias e como as orientações preconizadas na literatura contribuíram nesse processo. Percebemos alguns indícios nos diálogos dos alunos que apontaram que as analogias quantitativas contribuíram na percepção das dimensões do Sistema Solar, principalmente das distâncias. Entretanto, as pesquisas sobre analogias quantitativas ainda estão no início e ainda são necessários mais estudos para que esse campo de conhecimento seja capaz de contribuir ainda mais no processo de Ensino e Aprendizagem das Ciências. Nesse sentido, sugerimos pesquisas empíricas focadas em: como os alunos elaboram e compreendem analogias relacionadas a temperaturas e ao estudo das células animais e vegetais; na criação de processos e métodos para a utilização didática das analogias quantitativas em sala de aula e; em como elas efetivamente contribuem para a aprendizagem e percepção de magnitudes científicas.

Portanto, acreditamos que os dados coletados, analisados, apresentados e discutidos poderão oferecer subsídios para que professores e alunos possam empregar as analogias quantitativas de forma criteriosa a fim de evitar representações de conceitos ou fenômenos com proporções equivocadas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P; OLIVEIRA, C. E. Q. V de. Astronomia nos Livros Didáticos de Ciências: Uma Análise do PNLD 2008. **Revista Latino-americana de Educação em Astronomia**, [s.l.], n. 12, p.31-55, 1 dez. 2011.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Editora Edições 70, 2011.

BASÍLIO, J. M. H. **O Universo à nossa escala**: algumas analogias para melhor compreender grandezas no Universo. 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino da Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2016. Seção 1. p. 44-46. Disponível em:<<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BRODSKY, J. **From Subatomic to Cosmic**: Visually Communicating Extreme Scale in Science Communication. 2014. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Artes, Artes, Brown University, Providence, 2014.

CANALLE, J. B. G; OLIVEIRA, I. A. G. de. Comparação entre os tamanhos dos Planetas e do Sol. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 2, n. 11, p.141-144, 1994.

CARLOS, E. **Brasil tem um Canadá sem água e 2 vezes a Espanha sem esgoto**. 2019. Disponível em: <<https://projetocolabora.com.br/ods6/brasil-tem-um-canada-sem-agua-e-2-vezes-a-espanha-sem-esgoto/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CHEVALIER, F; VUILLEMOT, R; GALI, G. Using Concrete Scales: A Practical Framework for Effective Visual Depiction of Complex Measures. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, [s.l.], v. 19, n. 12, p.2426-2435, dez. 2013.

COLE, M et al. Spatial thinking in astronomy education research. **Physical Review Physics Education Research**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.1-27, 15 jun. 2018.

DAVIDSON, R. Using Infographics in the Science Classroom: Three Investigations in Which Students Present Their Results in Infographics. **The Science Teacher**, [s. l.], v. 81, n. 3, p.34-39, mar. 2014.

DISCOVERY CHANNEL. **Viagem ao Centro da Terra**. 2013. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=xIOqE5unWgs>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

DUARTE, M. da C. Analogias na Educação em Ciências: contributos e desafios **Investigações em Ensino de Ciências**, Santa Catarina, v. 10, n. 1, p.7-29, set. 2005.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, [s.l.], v. 75, n. 6, p.649-672, nov. 1991.

DUQUE, C. A et al. O Sistema Solar em escala: uma proposta pedagógica crítica para o Ensino de Ciências. In: III CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO- III CONEDU, 3., 2016, Natal. **Anais do III Congresso Nacional de Educação- III CONEDU**. Natal: III CONEDU, 2016. p. 1 - 6.

FERREIRA, D; MEGLHIORATTI, F. A. **Desafios e possibilidades no Ensino de Astronomia**. 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2356-8.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

FREEPIK. **Infográfico de planetas do sistema solar**. 2020. Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/infografico-de-planetes-do-sistema-solar_11403266.htm. Acesso em: 13 dez. 2020.

FREEPIK. **Planetas do sistema solar dos desenhos animados**. 2020. Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/planetas-do-sistema-solar-dos-desenhos-animados_8443730.htm. Acesso em: 13 dez. 2020.

HULLMAN, J et al. Improving Comprehension of Measurements Using Concrete Re-expression Strategies. **Proceedings of the 2018 Chi Conference on Human Factors in Computing Systems - Chi '18**, [s.l.], p.1-12, 2018.

JONES, M. G; TAYLOR, A. R. Developing a sense of scale: Looking backward. **Journal of Research in Science Teaching**, [s.l.], v. 46, n. 4, p.460-475, abr. 2008.

KIM, Y; HULLMAN, J; AGRAWALA, M. Generating Personalized Spatial Analogies for Distances and Areas. **Proceedings of the 2016 Chi Conference on Human Factors in Computing Systems - Chi '16**, [s.l.], p.1-11, 2016.

LAMB, G et al. Science News Infographics: Teaching Students to Gather, Interpret, and Present Information Graphically. **The Science Teacher**, [s. l.], v. 81, n. 3, p.25-30, mar. 2014.

LANGHI, R; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. **Revista Latino-americana de Educação em Astronomia - RELEA**, São Carlos, n. 2, p.75-92, 2005.

LAVILLE, C; DIONNE, J. **A construção do saber: Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Editora UFMG, 1999.

LEITE, C; HOSOUME, Y. As dimensões espaço e tempo do Sistema Solar na formação continuada de professores de Ciências. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA - X EPEF, 11., 2008, Curitiba. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - X EPEF**. Curitiba: XIEPEF, 2008. p. 1 - 12.

LEITE, C; HOSOUME, Y. **Astronomia nos livros didáticos de Ciências: um panorama atual**. 2005. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_astronomianoslivrosdidat.trabalho.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

MAGANA, A. J. Learning strategies and multimedia techniques for scaffolding size and scale cognition. **Computers & Education**, [s.l.], v. 72, p.367-377, mar. 2014.

MAGANA, A. J; BROPHY, S. P; NEWBY, T. J. **Scaffolding Student's Conceptions of Proportional Size and Scale Cognition with Analogies and Metaphors**. 2008. Disponível em: <https://web.ics.purdue.edu/~admagana/publications/proportionalSizeandScale_ASE_E.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MEGID NETO, J. Gêneros de trabalho científico e tipos de pesquisa. In: KLEINKE, M. U; MEGID NETO, J (Org.). **Fundamentos de matemática, ciências e informática para os anos iniciais do ensino fundamental**. Campinas: FE/UNICAMP, 2011. p. 125-132.

MOZZER, N. B; JUSTI, R. "Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p.123-147, jan. 2015.

NAGEM, R. L et al. **Analogias e metáforas no cotidiano dos professores**. 2003. Disponível em: <http://26reuniao.anped.org.br/>. Acesso em: 05 jul. 2019.

OLIVA, J. M. Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. **Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.15-28, 2008.

OLIVA, J. M. Rutinas y quiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, Vigo, v. 2, n. 1, p.31-44, jan. 2003.

PETROF, D. **1/3 dos alimentos do mundo são desperdiçados**. 2015. Disponível em: <<http://www.dm.com.br/geral/2015/07/13-de-alimentos-e-desperdicado.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

RESNICK, I. **Role of linear representation of large magnitudes on understanding and estimation**. 2013. 126 f. Tese (Doutorado) - Curso de Philosophy, Temple University, Filadélfia, 2013.

RIEDERER, C; HOFMAN, J. M; GOLDSTEIN, D. G. **To Put That in Perspective: Generating Analogies That Make Numbers Easier to Understand**. 2018. Disponível em: <http://jakehofman.com/inprint/best_perspective_chi2018.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2018.

RIGOLON, R. G. **Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de professores de Biologia e Física**. 2016. 367 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2016.

RIGOLON, R. G. As analogias quantitativas e a nova classificação pela natureza da relação analógica. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – IX ENPEC, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**. Águas de Lindóia: IX Empec, 2013. p.1- 8.

RIZZO, A. L.; BORTOLINI, S.; REBEQUE, P. V. S. Ensino do Sistema Solar para alunos com e sem deficiência visual: proposta de um ensino inclusivo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p.191-204, jul. 2014.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias**. São Paulo: SE, 2012.

SAVARESE, M. **Brasil tem 16,2 milhões de pessoas em extrema pobreza, o equivalente à população do Rio**. 2011. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/politica/ultimas-noticias/2011/05/03/brasil-tem-162-milhoes-de-pessoas-em-situacao-de-extrema-pobreza.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SILVA FILHO, C. **60% dos municípios brasileiros não dão destino adequado aos resíduos sólidos**. 2012. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/60_dos_municipios_brasileiros_nao_dao_destino_adequado_aos_residuos_solidos/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SOARES, I. R; FURTADO, L. M. V. Para além da medida: dimensionando medidas científicas através de infográficos com analogias quantitativas. In: XIII Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e X Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online- XIII EVIDOSOL e X CILTEC-Online, 13., 2016. Belo Horizonte. **Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online - XIII EVIDOSOL e X CILTEC-Online**. Belo Horizonte: XIII EVIDOSOL e X CILTEC-Online, 2016. p. 1 - 6.

SPEERS, L. **Visualizing Unfamiliar Measurements**. 2014. Disponível em: <<http://vis.berkeley.edu/courses/cs294-10-fa14/wiki/images/d/de/SpeersPaper.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

TEIXEIRA, P. M. M; MEGID NETO, Jorge. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p.1055-1076, dez. 2017.

TERRA. **A missão Apollo 11: a primeira missão tripulada a pousar na lua**. A primeira missão tripulada a pousar na Lua. 2020. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/infograficos/neil-armstrong/info.htm>. Acesso em: 13 dez. 2020.

TRETTER, T. R et al. Conceptual boundaries and distances: Students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, [s.l.], v. 43, n. 3, p.282-319, 2006.

WANDERLEY, E. **População morta por coronavírus no Brasil equivale a 18 'onzes de setembro'**. 2020. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2020/06/25/interna_nacional,1159832/populacao-morta-coronavirus-no-brasil-equivale-18-onzes-de-setembro.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ANEXO

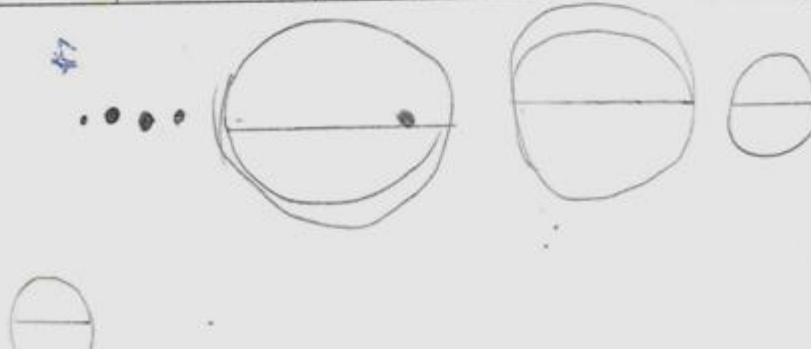
ANEXO A - Tabelas referentes aos tamanhos e distâncias dos astros do nosso Sistema Solar que foram preenchidas pelos grupos que participaram desta pesquisa.

Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	---	38 cm	Bola de Vinil
Mercúrio	4.900	286	0,13 cm	Bola de ping-pong
Vênus	12.100	116	0,32 cm	Bola de caduça
Terra	12.800	109	0,34 cm	Bola de Futebol
Marte	6.800	206	0,38 cm	Bola de tênis
Júpiter	140.000	10	3,8 cm	Bola de Basquete
Saturno	116.500	12	3,16 cm	Bola de quina
Urano	50.800	27	3,40 cm	Bola de Futebol
Netuno	49.200	28	3,39 cm	minibola de Futebol
Plutão	2.320	603	0,06 cm	Bola de lá

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	0,8 m	uma linha de caneta
Vênus	108.000.000	54,5	36 m	na linha de caneta
Terra	150.000.000	39	55 m	na linha de caneta
Marte	228.000.000	26	76 m	na linha de caneta
Júpiter	778.000.000	7,5	260 m	na linha de caneta
Saturno	1.427.000.000	4,1	487 m	na linha de caneta
Urano	2.871.000.000	2	1000 m	na linha de caneta
Netuno	4.500.300.000	1,4	1.425 m	na linha de caneta
Plutão	5.900.000.000	---	2.000 m	na linha de caneta



Fonte: Alunos.

Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	---	38 cm	BOLA DE KICK
Mercúrio	4.900	286	0,13 cm ^{1,2}	ALICATA
Vênus	12.100	116	0,32 cm ^{3,2}	DIÁRIO DE CLASSE
Terra	12.800	109	0,34 cm ^{3,4}	TÊNIS
Marte	6.800	206	0,18 cm ^{1,8}	FECHADURA
Júpiter	140.000	10	3,8 cm	PORTA
Saturno	116.500	12	3,1 cm	MECA
Urano	50.800	27	1,40 cm	CARTEIRA
Netuno	49.200	28	1,35 cm	CORTINA
Plutão	2.320	603	0,06 cm ^{0,6}	MINI LÁPIS

LED 60 PC
 ENTRADA DO VÍDEO
 ENTRADA DE VÍDEO
 243 00 PC
 PLUS DA TOMADA
 CILINDRO
 TUBO
 CHUMBO DE
 JARRO
 TUBO
 UVA
 CEMENTO DE
 JARRO
 TUBO

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	0,57 m	DO TAMBAO DA TAPALIA
Vênus	108.000.000	54,5	0,00 m	ATE A PORTA DA SALA
Terra	150.000.000	39	1,51 m	ATE A PORTA DA SALA DO 6º
Marte	228.000.000	26	2,26 m	DA SALA ATE O FIM DA ESCADA NA SALA 20
Júpiter	778.000.000	7,5	7,86 m	NA SALA ATE O FIM DA ESCADA
Saturno	1.427.000.000	4,1	14,03 m	NA SALA ATE O FIM DA ESCADA
Urano	2.871.000.000	2	29,05 m	NA SALA ATE O FIM DA ESCADA
Netuno	4.500.300.000	1,4	42,14 m	NA SALA ATE O FIM DA ESCADA
Plutão	5.900.000.000	---	53 m	NA SALA ATE O FIM DA ESCADA

NADA



Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	—	38 cm	Bola de nêut
Mercúrio	4.900	286	0,13 cm ^{1,3²}	Bolinha de bô
Vênus	12.100	116	0,32 cm ^{3,2}	Bola de futebol
Terra	12.800	109	0,34 cm ^{3,4}	Bola de ping pong
Marte	6.800	206	0,18 cm ^{1,8}	Chapéu de festa
Júpiter	140.000	10	3,8 cm	Bolacha
Saturno	116.500	12	3,1 cm	Bolacha
Urano	50.800	27	1,4 cm	Xampinha
Netuno	49.200	28	1,3 cm	Xampinha de Corneta
Plutão	2.320	603	0,06 cm ^{0,6}	Giz

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	0,107 km ^{10,7}	DA ESCOLA ATÉ O MERCADO PARISO
Vênus	108.000.000	54,5	0,201 km ^{20,1}	DA ESCOLA ATÉ O PALISTÃO
Terra	150.000.000	39	0,282 km ^{28,2}	DA ESCOLA ATÉ A UNICAMP
Marte	228.000.000	26	0,423 km ^{42,3}	DA ESCOLA ATÉ O SHOPPING PÉREDO
Júpiter	778.000.000	7,5	0,146 km ^{14,6}	DA ESCOLA ATÉ O MERCADO DE LULA
Saturno	1.427.000.000	4,1	0,268 km ^{26,8}	DA ESCOLA ATÉ O MERCADO DE LULA
Urano	2.871.000.000	2	0,550 km ^{55,0}	DA ESCOLA ATÉ O QUALTEL
Netuno	4.500.300.000	1,4	0,1857 km ^{18,57}	DA ESCOLA ATÉ O ZOOLOGICO DE AMERICA NA
Plutão	5.900.000.000	—	1 km	DA ESCOLA ATÉ O TRAMU CENTRAL



Fonte: Alunos.

Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	—	38,cm	balão de aniversário
Mercúrio	4.900	286	0,13,cm	balão de aniversário
Vênus	12.100	116	0,32,cm	melancia
Terra	12.800	109	0,34,cm	melão
Marte	6.800	206	0,18,cm	balão de aniversário
Júpiter	140.000	10	3,8,cm	balão de aniversário
Saturno	116.500	12	3,16,cm	laranja
Urano	50.800	27	1,40,cm	isopor esferizado
Netuno	49.200	28	1,35,cm	limão
Plutão	2.320	603	0,06,cm	balão de aniversário

balão de aniversário
grão de arroz
melancia
melão
balão de aniversário
balão de aniversário
laranja
balão de aniversário
balão de aniversário
balão de aniversário

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	1,56 m	balão
Vênus	108.000.000	54,5	3,6 m	bambina dos pequenos
Terra	150.000.000	39	9,12 m	balão
Marte	228.000.000	26	7,69 m	informática
Júpiter	778.000.000	7,5	26,66 m	diretoria
Saturno	1.427.000.000	4,1	48 m	relatório
Urano	2.871.000.000	2	100 m	relatório
Netuno	4.500.300.000	1,4	142 m	porta
Plutão	5.900.000.000	—	200 m	porta de vidro

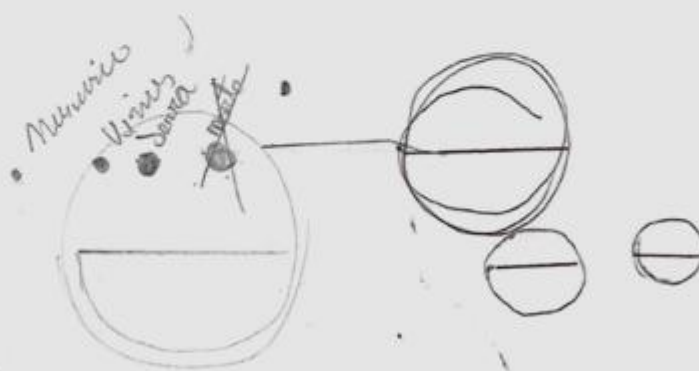


Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	—	25 cm	bolinha de futebol
Mercúrio	4.900	286	0,08 cm	pedra
Vênus	12.100	116	0,21 cm	bolinha de canhão
Terra	12.800	109	0,22 cm	pingo de tinta
Marte	6.800	206	0,12 cm	bolinha de canhão
Júpiter	140.000	10	2,5 cm	bolinha de canhão
Saturno	116.500	12	2,03 cm	bolinha de canhão
Urano	50.800	27	0,9 cm	bolinha de canhão
Netuno	49.200	28	0,8 cm	bolinha de canhão
Plutão	2.320	603	0,04 cm	bolinha de canhão

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	19 cm	escala de 1:100.000.000
Vênus	108.000.000	54,5	36 cm	escala de 1:100.000.000
Terra	150.000.000	39	51 cm	escala de 1:100.000.000
Marte	228.000.000	26	76 cm	escala de 1:100.000.000
Júpiter	778.000.000	7,5	266 cm	escala de 1:100.000.000
Saturno	1.427.000.000	4,1	487 cm	escala de 1:100.000.000
Urano	2.871.000.000	2	1.000 cm	escala de 1:100.000.000
Netuno	4.500.300.000	1,4	1.482 cm	escala de 1:100.000.000
Plutão	5.900.000.000	—	2.000 cm	escala de 1:100.000.000

Nuvem

Vênus Terra

Marte

Júpiter

Saturno

Urano

Netuno

Plutão



Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado	
Sol	1.400.000	—			
Mercúrio	4.900	286	2,5 cm	moquete	Bola de futebol
Vênus	12.100	116	0,23 cm	padaria	gude de arado
Terra	12.800	109	0,22 cm	pinuca	Bola de basquete
Marte	6.800	206	0,22 cm	ping-pong	bolinha de ping-pong
Júpiter	140.000	10	0,12 cm	golfe	bolinha de golfe
Saturno	116.500	12	2,5 cm	leito	bolinha de gude
Urano	50.800	27	2,03 cm	temper	bolinha de tênis
Netuno	49.200	28	0,9 cm	beisbol	bolinha de beisebol
Plutão	2.320	603	0,8 cm	perola	bolinha de perola
			0,04 cm	bolinha de gude	bolinha de perola

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	19 cm	escala de 1:100.000.000
Vênus	108.000.000	54,5	36 cm	escala de 1:100.000.000
Terra	150.000.000	39	51 cm	escala de 1:100.000.000
Marte	228.000.000	26	76 cm	escala de 1:100.000.000
Júpiter	778.000.000	7,5	266 cm	escala de 1:100.000.000
Saturno	1.427.000.000	4,1	487 cm	escala de 1:100.000.000
Urano	2.871.000.000	2	1.000 cm	escala de 1:100.000.000
Netuno	4.500.300.000	1,4	1.423 cm	escala de 1:100.000.000
Plutão	5.900.000.000	—	2.000 cm	escala de 1:100.000.000

Nuvem

Vênus
Terra

Marte

Júpiter

Saturno

Urano

Netuno

Plutão

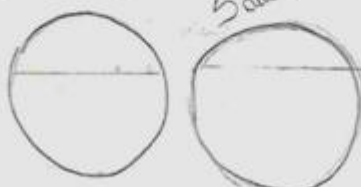


Tabela 2. Tamanho médio dos astros do Sistema Solar

Astros	Diâmetro astros (Km)	Quantas vezes menor que o Sol	Diâmetro dos astros na escala adotada (cm)	Objeto utilizado para representar o tamanho no modelo adotado
Sol	1.400.000	—	61 cm	bola de praia
Mercúrio	4.900	286	0,21 cm	mini lâmpada
Vênus	12.100	116	0,52 cm	grão de lâmpada
Terra	12.800	109	0,55 cm	milho
Marte	6.800	206	0,29 cm	ponta de lápis
Júpiter	140.000	10	6,10 cm	lâmpada
Saturno	116.500	12	5,08 cm	lado de ping-pong
Urano	50.800	27	2,25 cm	temperinho
Netuno	49.200	28	2,17 cm	lâmpada
Plutão	2.320	603	0,10 cm	bolinha de sapo

Tabela 3. Distâncias médias dos astros do Sistema Solar ao Sol.

Planetas	Distância média para o Sol (Km)	Veze mais próximo ao Sol do que Plutão	Distância no modelo construído (km, cm, ou m)	Distância utilizada para representar no modelo
Mercúrio	58.000.000	102	4,90 m	da sala até a sala regis
Vênus	108.000.000	54,5	9,17 m	sala até a sala Rocheta
Terra	150.000.000	39	1,2 m	sala até a biblioteca
Marte	228.000.000	26	1,9 m	sala até a porta da sala Paul
Júpiter	778.000.000	7,5	6,6 m	sala até a chaise Amoral
Saturno	1.427.000.000	4,1	1,21 m	sala até o condomínio
Urano	2.871.000.000	2	2,50 m	sala até a Boa Vista
Netuno	4.500.300.000	1,4	3,57 m	sala até a biblioteca Durand
Plutão	5.900.000.000	—	500 m	sala até a cidade