



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS (UFT)
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO (PPGE)**

ADÍLIO JORGE SABINO

**ARTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA: A BUSCA POR UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

PALMAS (TO)

2020

ADÍLIO JORGE SABINO

**ARTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA: A BUSCA POR UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Tocantins (UFT) na linha de pesquisa Estado Sociedade e Práticas Educativas.

Orientador: Dr. Idemar Vizolli

PALMAS (TO)

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S116a Sabino, Adílio Jorge.

Arte nos livros didáticos de matemática: a busca por uma aprendizagem significativa. / Adílio Jorge Sabino. – Palmas, TO, 2020.

109 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Educação, 2020.

Orientador: Idemar Vizolli

1. Arte. 2. Matemática. 3. Livros Didáticos. 4. Aprendizagem Significativa.
I. Título

CDD 370

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ADÍLIO JORGE SABINO

**ARTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA: A BUSCA POR UMA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Tocantins (UFT) na linha de pesquisa: Estado, Sociedade e Práticas Educativas.

Data de Aprovação 18/12/ 2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. Idemar Vizolli (PPGE/UFT) – Orientador

Prof. Dr. Kaled Sulaiman Khidir (PROFMAT/UFT)

Profa Dra. Neila Barbosa Osório (PPGE/UFT)

RESUMO

A Matemática e a Arte estão diretamente ligadas à vivência humana. O presente trabalho tem como objetivo verificar as possíveis confluências entre Arte e Matemática presentes em livros didáticos do Ensino Fundamental do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD - 2020). O estudo foi organizado em quatro etapas: na introdução é apresentado o percurso formativo do autor e as motivações para a realização dessa pesquisa; em “confluências entre Arte e Matemática” são apresentadas relações/rupturas ao longo do percurso da humanidade; na etapa três “Aprendizagem Significativa: a teoria ausubeliana” discorre sobre a teoria de aprendizagem fruto dos estudos de David Ausubel. Na última etapa “Arte nos Livros Didáticos de Matemática” elencam as citações da arte nos livros de Matemática do EF apontando o modo com que são exploradas as obras de arte e os conceitos matemáticos. A metodologia utilizada consistiu em estudo bibliográfico, de abordagem qualitativa sobre os aspectos da Arte e da Matemática. Os resultados indicam um distanciamento da relação entre essas duas áreas de conhecimento, ainda que, em diversos momentos da história, elas se inter-relacionem. São raras e elementares as abordagens entre a Arte e a Matemática apresentadas nos livros didáticos analisados e poucos exploram as possibilidades de aprendizagens de conceitos na e entre as áreas de conhecimento.

Palavras-chave: Arte. Matemática. Livros didáticos.

ABSTRACT

Mathematics and Art are directly linked to human experience. The present work aims to verify the possible confluences between Art and Mathematics present in textbooks of the Elementary School of the National Textbook Program (PNLD - 2020). The study was organized in four stages: in the introduction, the author's training path and the motivations for carrying out this research are presented; in "confluences between Art and Mathematics" relations / ruptures are presented along the path of humanity; in step three "Significant Learning: Ausubelian Theory" discusses the theory of learning resulting from the studies of David Ausubel. In the last stage "Art in Mathematics Textbooks", they list the citations of art in the EF Mathematics books, pointing out the way in which works of art and mathematical concepts are explored. The methodology used consisted of a bibliographic study, with a qualitative approach on the aspects of Art and Mathematics. The results indicate a detachment of the relationship between these two areas of knowledge, even though, at different moments in history, they are interrelated. The approaches between Art and Mathematics presented in the analyzed textbooks are rare and elementary and few explore the possibilities of learning concepts in and between areas of knowledge.

Keywords: Art. Matematics. Textbooks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação Egípcia do número 12 345.....	28
Figura 2 - Mapa Conceitual da Estrutura Cognitiva proposta por Ausubel.....	48
Figura 3 - Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica.....	51
Figura 4 - Um mapa conceitual para aprendizagem significativa e aprendizagem significante.....	63
Figura 5 - Hieróglifos encontrados no templo de Karnak, no Egito, cuja construção foi iniciada por volta de 1200 a. C.....	74
Figura 6 - Victor Vasarely – Hynam-Prism, 1980. Acrílico sobre tela, 212 cm x 192 cm. Coleção particular.....	75
Figura 7 - Matemático e filósofo francês René Descartes (1596 – 1650)	76
Figura 8 - Preservando Patrimônios Culturais e Naturais.....	76
Figura 9 -Torre de Pisa, na cidade de Pisa, Itália, em 2016.....	77
Figura 10 - Capela de Suurhusen, na cidade de Suurhusen, Alemanha, em 2016.....	78
Figura 11 - Luiz Sacilotto. Concreção 6048, 1960. Óleo sobre tela, 59,7 cm x 120,4 cm. Acervo da Pinacoteca do Estado de São Paulo.....	78
Figura 12 - Estátua do busto de René Descartes (1596-1650), em Versalhes, na França.....	79
Figura 13 – Busto de Pitágoras de Samos.....	81
Figura 14 – Gravura de Herão.....	82
Figura 15 – Bonecas russas chamadas Matrioskas.....	83
Figura 16 – Beatriz Milhazes. Sinfonia nordestina, 2008. Acrílica sobre tela, 246 cm x 368 cm. Coleção particular.....	84
Figura 17 – Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.)	86
Figura 18 – A criatividade no artesanato (tapete patchwork, artesanato tupi-guarani e arte marajoara)	87
Figura 19 – Esher – Serpentes e Limite Circular I.....	89
Figura 20 – Gravura de Pitágoras.....	89
Figura 21 – Mosaico sobre um tampo de mesa sendo confeccionado por uma artesã... 89	
Figura 22 – A arte marajoara, com destaque para sua cerâmica, é considerada a mais antiga do Brasil e uma das mais antigas das Américas.....	90
Figura 23 – Dois Peixes (número 59). Maurits Cornelis Escher. Aquarela. Coleção particular, 1942.....	91

Figura 24 – Borboleta (número 70). Maurits Cornelis Escher. Aquarela. Coleção particular, 1948.....	91
Figura 25 – Gravura em xilogravura de Pitágoras de Samos (c. 572 a. C.)	93
Figura 26 – Jacopo de' Barbari. Retrato de Luca Pacioli,1495. Óleo sobre madeira, 99 cm x 122 cm. Museu e Galeria Nacional de Capodimonte, Nápoles.....	94
Figura 27 – Estátua de Mohamed ibu-Musa al-Khowarizmi, em Itchan Kala, no Uzbesquistão, em 2017.....	95
Figura 28 – Gravura de Leonardo de Pisa (c. 1175 – 1250)	96
Figura 29 – Tales de Mileto (c. 546 a. C.)	96
Figura 30 – Gravura de Gottfried Wihelm Leibniz (1646 – 1716)	97
Figura 31 – Gravura de Boaventura Cavalieri (1629 – 1647)	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Quantitativo de produções indicadas.....	67
Quadro 2 – Arte em convergências Matemática.....	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Rastros de Humanidade.....	12
1.2	Memórias Educativas	14
1.3	O lugar de onde falo.....	19
1.4	Contextualizando o Problema, a Questão e os Objetivos da Pesquisa	22
2	CONFLUÊNCIAS ENTRE ARTE E MATEMÁTICA.....	24
2.1	Relações e vicissitudes entre a Arte e a Matemática.....	24
2.1.1	Egito – Arte e Matemática cultuando o filho do sol.	26
2.1.2	Grécia – Berço da Arte e da Matemática.....	29
2.1.3	Roma: engenharia, proporção e poder	35
2.1.4	Idade Média: distanciamento entre a Arte e a Matemática	37
2.1.5	Renascimento: reencontro entre arte e ciência	39
3	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A TEORIA AUSUBELIANA	45
3.1	Conhecendo David Paul Ausubel e sua história educativa	45
3.2	Ausubel e a Teoria Cognitiva	46
3.2.1	Aprendizagem Mecânica e/ou Aprendizagem Significativa	49
3.2.2	Aprendizagem Significativa: por recepção e/ou por descoberta.....	52
3.3	Teoria da Aprendizagem Significativa.....	53
3.3.1	Circunstâncias propícias para acontecer uma Aprendizagem Significativa	53
3.3.2	Início de uma aprendizagem Significativa	55
3.4	Mapas conceituais e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)	58
3.4.1	Organização de conceitos e relações de significados	58
3.4.2	Usos dos mapas conceituais no contexto educacional.....	60
3.4.3	Relações entre mapas conceituais e a Teoria da Aprendizagem Significativa.....	61

3.4.4	Mapas conceituais e Aprendizagem Significativa: construindo redes de significados estáveis, articuladas e duradouras	64
4	PERCURSOS METODOLÓGICOS.....	65
4.1	Caracterização da pesquisa.....	65
4.2	O deslindar metodológico.....	67
4.3	Itinerário metodológico	68
4.4	O papel do pesquisador e os limites da pesquisa	69
5	ARTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA.....	71
5.1	Arte em convergências Matemática – 6º ano	72
5.2	Arte em convergências Matemática – 7º ano	80
5.3	Arte em convergências Matemática – 8º ano	88
5.4	Arte em convergências Matemática – 9º ano	92
5.5	Sistematizando Convergências.....	99
6	TECENDO CONSIDERAÇÕES	103
	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

Iniciamos esta seção apresentando um pouco de história, não aquela história permeada pelo trabalho dos historiadores, e que estão presentes nos livros, mas a memória individual e cotidiana que define a “condição de existência” de cada ser. Nesta perspectiva, entendemos que as memórias educativas colaboram com o desenho do percurso social e na trajetória de vida de cada indivíduo. O desenvolvimento do conhecimento (re)tratado e registrado por meio da Matemática e da Arte, direcionou ao cerne deste trabalho que trata da relação entre Arte e Matemática presentes nos livros Didáticos de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental (E.F.) do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Começamos tratando da memória educativa do autor, das experiências no Programa de Pós-graduação em Educação que levaram a trilhar os caminhos dessa investigação.

1.1 Rastros de Humanidade

Desde o nascimento, os bebês recorrem a sinais para demonstrar necessidades que exigem dos pais/responsáveis capacidade de interpretação para responder a elas de forma assertiva. A relação da criança, no decorrer de seus primeiros meses de existência constitui uma forma de comunicação com o mundo ainda desconhecido, estabelecendo relações entre sinais emitidos por ela e atitudes correspondentes de seus responsáveis. Esses sinais atestam a necessidade de comunicação implícita aos seres humanos. “A linguagem, como forma de comunicação, manifesta-se por meio do olhar; de expressões faciais; de gestos; de desenhos; de sons; da música; de notações; da fala; de símbolos; de signos; da escrita; entre outras” (VIZOLLI, 2006, p. 34).

A necessidade de comunicação inerente à sua existência, pode ser constatada desde as primeiras manifestações da criança. Por receber seu primeiro fôlego de vida, ao nascer o bebê realiza o ato espontâneo de chorar, esse choro ocorre por ocasião da abertura dos pulmões e expulsão do líquido amniótico que estava dentro deles para receber o oxigênio. Chorar no nascimento testifica a capacidade de respirar e de viver da criança, passando a mensagem de que no parto ocorreu tudo bem. Essas comunicações evoluem e estabelecem relação entre a criança e o mundo, o choro, o riso e o olhar constituem códigos e significados que são compreendidos por quem cuida dessa criança.

De modo geral, é possível afirmar que toda linguagem é antes de qualquer outra coisa uma forma de comunicação e de interação com o outro. Quando a criança nasce, a

linguagem verbal, primordialmente, e também outras formas de linguagem possibilitam as suas primeiras interações com a mãe e as pessoas que a cercam. Todos os sistemas simbólicos (entre os quais as várias linguagens artísticas), na verdade, são socialmente constituídos e apropriados em processos interativos nas práticas sociais (SCHROEDER, 2011, P. 79).

Desde os primórdios, a humanidade estabeleceu formas de comunicação rudimentares enfatizando essa necessidade de expressão, essas formas antecederam a elaboração de signos e códigos que permeiam a comunicação humana. É nessa direção que encaminhamos também os primeiros rastros dessa pesquisa, na busca por estabelecer relações entre duas linguagens que aparentemente se mostram díspares, a Matemática e a Arte, mas que fundamentalmente remetem a essência humana, tanto em sua necessidade quanto em sua forma.

A Matemática engloba mais que apenas números. A abstração dos números e a formação das operações elementares (adição, subtração, multiplicação e divisão) assinalam o nascimento da matemática. Entre nossos ancestrais do período paleolítico (cerca de 30 mil anos atrás), já havia indícios de contagem rudimentar e até agrupamento numérico, ou seja, de uso rudimentar de bases (ATALAY, 2009, p. 51).

Em relação a necessidade, a Matemática organiza e constrói seus saberes ao longo da história em detrimento às demandas da humanidade, a Arte por sua vez, nasce da necessidade humana de expressão de seus sonhos, desejos e crenças. Tanto o conhecimento matemático e as manifestações artísticas assumem a forma de linguagens com códigos e signos específicos, mas que remontam a essência da comunicação humana.

A linguagem matemática possui um refinamento e está imbuída de raciocínio lógico inerentes aos textos matemáticos, o texto matemático possui uma linguagem precisa, por esse motivo, o entendimento dessa linguagem se torna uma tarefa difícil, pois é oriundo do aprimoramento do raciocínio lógico e do aprendizado de uma linguagem que não a do cotidiano. Por essa razão o desenvolvimento do entendimento é gradativo e depende da experiência de cada leitor/leitora.

A linguagem artística é desenvolvida pela estética, podemos caracterizá-la como uma linguagem irregular à gramática e se assemelha muito à linguagem natural, as principais modalidades dessa linguagem são: artes visuais, teatro, dança e música. A mensagem é transmitida de forma subjetiva, retratando emoções e fantasias por meio de canais de comunicação. A linguagem artística tem como característica primordial a liberdade, por essa razão comumente é usada como ferramenta política, de questionamento e também de entretenimento.

A arte existe de muitas formas, com diferentes conceitos. Cada civilização produz arte e a define dependendo dos seus costumes, valores e história, mesmo com tantas

diferenças, é possível caracterizá-la quanto aos tipos de manifestações, e formas de produção e comunicação mais tradicionais que chamamos de linguagens artísticas. Assim como a linguagem verbal possui suas características próprias, as linguagens artísticas também possuem diferentes elementos que as identificam, mas algumas manifestações podem misturar mais de uma linguagem artística, gerando muitas outras[...] (BACARO; GARCIA, 2013, p. [3]).

Nesse ínterim, nos provocamos¹ a conceber um estudo que essencialmente busca estabelecer relações entre essas duas áreas do conhecimento nos Livros Didáticos (LD) de Matemática selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático - 2020 (PNLD-2020) no ano 2019, de modo a construir um panorama dessas relações nos LD.

O interesse por essa temática de pesquisa nasce primordialmente, em virtude da formação do autor da pesquisa, de sua relação afetiva com ambas as áreas de conhecimento, e das possibilidades de atuação que o repertório que a Arte e a Matemática fornecem para o desenvolvimento do trabalho docente, evidenciados pelas abordagens dessas áreas de conhecimento pelos autores dos LD. O percurso formativo do autor foi delineado posteriormente na subseção “Memórias Educativas” e indicam as inspirações que fizeram chegar até a elaboração dessa dissertação de mestrado.

A temática dessa pesquisa permitiu-me (re)visitar memórias em relação ao processo de escolarização e trouxe gratas lembranças acerca do caminho percorrido e do importante desempenho de professores que possibilitaram trilhar os caminhos percorridos até aqui, conclusão de um programa de pós-graduação *stricto sensu* em educação. Para além das perspectivas profissionais este trabalho vem imbuído da vontade de disseminar esperança em um mundo melhor por meio do conhecimento, como outrora fui resgatado inúmeras vezes por meus professores. Nas próximas páginas temos uma tentativa de honrar alguns desses personagens que mudaram minhas perspectivas de vida e de profissão por meio de minhas “Memórias Educativas”.

1.2 Memórias Educativas

Ao traçar o percurso educacional, não poderia deixar de lado os maiores mestres, meus pais, Maria José Sabino (*In memoriam*) e Tiago Sabino (*In memoriam*), que mesmo em meio a uma realidade muito simples e de dificuldades, sempre foram grandes exemplos de dignidade. Pais de sete filhos, tiveram que batalhar muito para não deixar faltar nada de essencial para a família. Com pouco estudo, apenas até a antiga 4ª série do ensino fundamental, incentivavam

¹ Os relatos apresentados na Introdução têm apontamentos em primeira pessoa por tratar-se da motivação inicial da pesquisa, baseada em trajetória pessoal.

nossa vida escolar. É no contexto de pai retireiro² e de mãe dona de casa, residentes na região de campesinato de Bom Despacho – MG, que nasci prematuramente em agosto de 1983.

Em meio a essa realidade e da dificuldade de acesso à cidade e início tardiamente da vida escolar com 7 (sete) anos de idade, deparando com colegas de classe familiarizados com o ambiente escolar e com o conhecimento, enfrentei grandes dificuldades em acompanhá-los no processo de alfabetização. Nas lembranças do primeiro dia de aula, permeiam colegas escrevendo seus nomes e sequer conhecia o alfabeto.

Nessa conjuntura surge a primeira inspiração docente, Dona³ Rosa. Seu trabalho na orientação educacional da Escola Municipal João Dornas Filho, onde cursei a primeira fase do ensino fundamental, foi um divisor de águas. Preocupada com minha situação, propôs que além das aulas no período matutino, estaria sob sua supervisão no período vespertino, na tentativa de nivelar o conhecimento com os demais colegas. Durante alguns anos cumpri essa rotina, pela manhã estudava com meus colegas e a tarde reforçava junto com Dona Rosa usando muitas atividades lúdicas e brincadeiras.

No decorrer do ensino fundamental, duas professoras marcaram o processo de escolarização, Aparecida Vargas e Imaculada. Em virtude da dificuldade em acompanhar o desenvolvimento escolar dos colegas foi cogitada a hipótese de ser remanejado para outra turma, em conversa com a professora Aparecida Vargas - 1ª série do ensino fundamental - argumentei que gostaria de continuar estudando com meus colegas, que prontamente concordou e passou a dedicar atenção especial as dificuldades, sendo de fundamental importância para superar as limitações de aprendizagem.

Dona Imaculada foi professora de Matemática na 4ª série, também na Escola Municipal João Dornas Filho, possuía um jeito peculiar de ensinar a Matemática, incentivando os menos interessados e motivando os estudantes que apresentavam dificuldades na compreensão dos conceitos, seu modo particular de ensinar era capaz de levar os discentes a manifestar um desejo pelo aprendizado. Jogos, gincanas, visitas a ambientes externos a escola, situações de aprendizagem no pátio e em cada cantinho da escola e também os desafios, que eram os mais interessantes, principalmente quando conseguia desvendá-los e ganhar um mimo da professora.

D'Amore (2007, p. 03) salienta que um dos objetivos da Didática da Matemática seria “[...] a arte de conceber e conduzir condições que podem determinar a aprendizagem de um conhecimento matemático por parte de um sujeito”. Ao escrever esse texto pude (re)visitar a

² Encarregado de um retiro, parceiro pecuário.

³ Modo carinhoso que os estudantes chamam seus professores na região onde morava.

disponibilidade, paciência, competência e humanidade de Dona Imaculada, que me subsidiaram a aquisição do gosto pela disciplina de Matemática.

Para além de métodos, entendo que a identificação com a disciplina foi mediada pela figura da professora e se deu por sua capacidade de entender limitações e se colocar disponível para propiciar momentos de aprendizagem dentro e fora da escola, uma vez que havia um grupo seletivo que regularmente era convidado a uma tarde de matemática na casa da docente. Entenda como seletivo, o grupo que de alguma forma apresentava dificuldades de aprendizagem. A paixão e entrega com a Matemática iniciou pelo exemplo de Dona Imaculada e foi se aprimorando com a atuação de todos os professores de Matemática que tive ao longo da educação básica. “É difícil dizer se o que exerceu mais influência sobre nós e teve importância maior foi a nossa preocupação pelas ciências que nos eram ensinadas, ou pela personalidade de nossos mestres” (FREUD, 1996, p. 248).

Na segunda fase do ensino fundamental, também fui agraciado com excelentes profissionais no ensino de Matemática, destaco a professora Regina e o professor Tchesco. Mas esse período ficou caracterizado por motivar outra paixão; foi nas aulas de Língua portuguesa da Professora Margarida, disciplina que nunca tive muito interesse – detesto gramática -, que se deu o encontro com a Arte, mais especificamente com o teatro, uma das metodologias utilizada pela docente como incentivo para a leitura, a interpretação de textos e consequentemente o nosso aprendizado na disciplina.

O desejo de fomentar arte na cidade cresceu no ensino médio (EM) com as aulas de Literatura da professora Claudete e com a participação no grupo de teatro amador Oficina D’Arte, na oportunidade desempenhei a função de ator, preparador de elenco e diretor em alguns espetáculos que o grupo produziu em Bom Despacho, destaque para “Será que é tarde pra dizer eu te amo?” e “Foi sem querer!”, que possibilitou ao grupo mostrar o trabalho na região centro-oeste do estado de Minas Gerais.

Concluído o ensino médio deparei com algumas questões cruciais para o futuro, comecei a trabalhar muito cedo e sempre tive que conciliá-lo ao estudo, tendo a oportunidade de atuar como monitor de estacionamento rotativo, atendente em franquias dos correios, Agente Comunitário de Saúde e como bordador em fábrica de calçado. Cursar o ensino superior nunca foi uma realidade na família, o trabalho sempre foi prioridade em detrimento à educação. Ainda sem perspectivas, inscrevi em dois vestibulares, Artes Cênicas pela UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) e matemática pela FASF (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Alto São Francisco), ficando como excedente em Artes Cênicas e classificando em 8º (oitavo) lugar em Matemática.

Mesmo contra a vontade do pai, decidi matricular na Faculdade e lutei para conciliar o trabalho na fábrica de tênis e a graduação em matemática. Arcar com as despesas de mensalidade e deslocamento para a cidade de Luz-MG eram as principais dificuldades, consegui superá-las por meio da conquista de uma bolsa de estudos ofertada pela faculdade, também tornei o responsável junto à empresa de ônibus pela contratação e pagamento referente ao traslado entre Bom Despacho e Luz, desse modo sanando as dificuldades financeiras.

No ano de 2005, concomitante a graduação em Matemática tive a oportunidade de deixar o trabalho na fábrica para substituir em caráter temporário uma professora de Física na Escola Estadual Dr. Miguel Gontijo, onde cursei o ensino médio, entre os meses de outubro e dezembro. Considero essa experiência válida para ser relatada por ser o primeiro contato com a docência, antecedendo inclusive aos estágios supervisionados.

No ano seguinte fui convidado, pela professora de Literatura no EM, a integrar o corpo docente do Colégio Millenium, escola particular com sede em Belo Horizonte e filial na cidade. Em virtude da participação nos grupos de teatro da cidade, fui convidado a lecionar a disciplina teatro para estudantes da primeira fase do ensino fundamental. Trabalhei na instituição durante dois anos, tempo necessário para concluir a formação em Matemática.

Neste período despertou ainda mais o interesse pelas possibilidades e enigmas da Matemática, tão temida por inúmeros estudantes. Sensibilizei-me com as dificuldades de aprendizagem, em detrimento de minhas experiências escolares e por essa razão dediquei-me a trabalhar na busca de métodos que colaborassem com o processo de ensino e de aprendizagem. Uma das experiências mais proveitosas foi o desenvolvimento de uma feira de prática de ensino como trabalho final da disciplina “Prática de Ensino de Matemática”, onde trabalhamos conceitos de “Geometria Espacial” e “Geometria Analítica” em forma de situações de aprendizagens envolvendo materiais alternativos. Perceber o quanto esse tipo de atividade despertava nos estudantes curiosidade e interesse, direcionou pesquisas e experiências posteriores.

Durante a conclusão da licenciatura desenvolvi a pesquisa “Matemática e Teatro: Um grande espetáculo dentro e fora da sala de aula”, que teve como objetivo demonstrar que o estudante ao vivenciar uma determinada situação-problema tem a possibilidade de resolvê-la com maior facilidade por meio da dramatização. Essa estratégia facilita a interpretação, a dramatização torna-se uma alternativa às resoluções de questões apenas apresentadas por extenso e utilizando, muitas vezes, de confusos enunciados que dificultam a solução. Concluí que ao utilizar o teatro para reproduzir situações matemáticas a possibilidade de o discente compreender e resolver a questão de forma correta aumenta significativamente.

Concluo a graduação em matemática no final do ano de 2007, tendo a oportunidade de nesses quatro anos de formação acadêmica participar do III Encontro de Educação Matemática na cidade de Ouro Preto – MG, realizado pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM). No início do ano de 2008, recebo proposta de trabalho da Secretaria de Educação e Cultura (SEDUC) do Tocantins e deixo Minas Gerais para buscar novas perspectivas profissionais e especialmente dedicar ao ensino de Matemática.

No Tocantins tive o privilégio de trabalhar como Professor da Educação Básica no Instituto Presbiteriano Vale do Tocantins (IPVT), localizado no município de Paraíso do Tocantins, onde tive a oportunidade de lecionar Matemática, Física e Ciências, permanecendo na instituição ao longo do ano de 2008 e encerrando meu exercício na unidade no início do ano de 2009 para assumir o cargo de professor na prefeitura de Gurupi – TO, em caráter efetivo. Esse período foi de extrema relevância, tendo em vista que foi a primeira vez que tive de fato a sensação de ministrar exclusivamente aulas de matemática após ter concluído a graduação.

No ano seguinte após nomeação pela prefeitura de Gurupi fui lotado na Escola Municipal Professora Ilsa Borges Vieira, onde exerci a função de professor de matemática nos anos finais do ensino fundamental, durante um período de aproximadamente 8 (oito) anos.

Sem dúvida, a passagem por essa unidade de ensino me possibilitou vivências únicas e grande crescimento pessoal/profissional, se tratando de uma escola na periferia tive a oportunidade de perceber a carência, tanto afetiva quanto social da comunidade e comecei a perceber a dimensão do quanto a educação é capaz de transformar trajetórias de vida, permitindo entender que a responsabilidade e dedicação com a profissão de “professor” perpassa a função de ensinar, mas está imbuída de um grande encargo social.

No fim das contas, o conhecimento só serve e só adquire sentido para a humanidade à medida que contribui para melhorar sua capacidade de fluir a vida e para diminuir o sofrimento humano, fugindo de necessidades desagradáveis ao que o mundo obriga. Podemos, então, ver o conhecimento como fator de liberdade, como elemento para a felicidade (MAGALHÃES, 2005, p. 17)

No ano de 2010, integro o quadro de professores do Centro de Ensino Médio de Gurupi, instituição de EM que na época possuía maior quantitativo de estudantes na região sul do estado. Diferente da escola municipal, o Centro de Ensino Médio se localiza na região central da cidade, possuindo demandas e características totalmente diferentes em relação ao público atendido, me possibilitando novas vivências pedagógicas.

Lecionei no CEM de Gurupi por aproximadamente 7 (sete) anos, ministrando a disciplina matemática, nesse período fui premiado pela SEDUC⁴ por desenvolver atividades

⁴ Secretária de Estado de Educação e Cultura.

com “Boas práticas educacionais”, em virtude do desenvolvimento de um projeto relacionando a matemática e o teatro.

No segundo semestre do ano de 2010, início a graduação em Artes Cênicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) – Campus de Gurupi, sendo aprovado no vestibular na 1ª (primeira) colocação. Ter a possibilidade de graduar-me em Artes Cênicas foi uma oportunidade única.

Cursar Artes Cênicas, além de possibilitar a retomada das memórias da atuação no teatro amador em Minas Gerais, endossou ainda mais o respaldo em abordar questões relativas às relações entre o teatro e a matemática. Estudar em uma instituição pública federal aprimorou perspectivas com relação à iniciação científica e permitiu-me participar de eventos científicos no Tocantins, em Santa Catarina e em Pernambuco.

O trabalho de conclusão de curso (TCC) desenvolvido teve como tema “Técnicas Teatrais Aplicadas na Educação Matemática” sob a orientação do Prof. Dr. Helber Veras, quando no ensejo, tive a oportunidade de fazer montagens de peças teatrais de algumas das histórias narradas pelo professor Júlio César de Mello e Souza, conhecido pelo pseudônimo Malba Tahan, em seu livro “O Homem que Calculava”, oportunizando o conhecimento do teatro e de situações matemáticas de forma simultânea.

Meu encontro com a docência possibilitou vivências e experiências singulares na relação com colegas de profissão e com os estudantes, a opção por licenciar em duas áreas, para muitos antagônicas, descortinou outros olhares em relação a educação. E o desejo de especializar na profissão docente levou a buscar cursos Lato Sensu em “Educação Matemática” e em “Arte na Educação”, ampliando a visão do trabalho docente nessas áreas do conhecimento e na função social desempenhada pelo profissional junto aos estudantes.

1.3 O lugar de onde falo

Tendo relatado a história de vida e a memória educativa, chego ao lugar de onde falo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Educação (PPGE) da Universidade Federal Do Tocantins (UFT). Para elucidar a trajetória no programa e narrar o interesse pelo objeto de estudo fez-se necessário percorrer as memórias educativas que me trouxeram até aqui e as gratas surpresas proporcionadas pelo PPGE-UFT.

A primeira delas foi o contato com o orientador, professor Dr. Idemar Vizolli, durante a disciplina “Educação, Diversidade e Interculturalidade” na condição de “aluno especial”, tive a oportunidade de conviver com um matemático ministrando aulas em um contexto de

discussão atípico de sua área de conhecimento, possibilitando-me uma nova visão de mundo e descortinando novas possibilidades de atuação docente.

A necessidade de compreensão das diferenças que integram o processo de formação social e cultural, na perspectiva de entender que ao longo do processo histórico, as diferenças foram cultivadas com o principal intuito de promover critérios sociais de classificação, seleção, inclusão e exclusão. Essas inquietações levaram a buscar métodos para trabalhar, debater e combater toda forma de intolerância e desrespeito as diferenças, sejam elas sociais e/ou culturais despertando o desejo de inscrever-me como “aluno especial” na disciplina.

Disciplinas que tem como premissa romper paradigmas e destrinchar preconceitos ainda arraigados em nosso interior, deveriam estar presentes em todo âmbito educacional, mas tais discussões de forma aberta e sem censura restringem-se a academia e apenas em determinados cursos de graduação e pós-graduação. De forma velada, muitos profissionais da educação ainda tentam trilhar esse caminho em unidades educacionais, porém muitas vezes, são intimidados pela sociedade, lideranças religiosas e até mesmo pela própria escola.

Nesse aspecto, creio que as temáticas propostas na ementa da disciplina, bem como, o formato de seminário com a participação de um especialista convidado, proposto pelo professor atendeu ao anseio pelo conhecimento mais aprofundado das temáticas relacionadas à cultura afro-brasileira e indígena, educação do/no campo, misoginia, gênero e sexualidade. E as trocas de conhecimento por meio dos debates ao longo das aulas foram importantes para direcionar posicionamentos e conduta em trabalhos futuros.

Relatei um pouco dos aprendizados ao longo da disciplina “Educação, Diversidade e Interculturalidade” limitando a externar aspectos que impactaram a prática docente sem preocupar em trazer as influências exercidas pelo Professor Idemar frente processo de construção para além da minha formação profissional, mas sobretudo, suas influências sempre me guiaram pelo ímpeto de cada dia me tornar um ser humano melhor, tornando referência de vida e de sabedoria.

Ao longo curso de mestrado no PPGE-UFT, as intenções de pesquisa foram afloradas nas disciplinas, no primeiro semestre optei por matricular em “Seminários de dissertação” ministrada pelo Professor Dr. Idemar Vizolli e em “Concepções e Práticas da Formação de Professores” ministrada pela Professora Dra. Carmen Artioli. Dedicamos ao longo da disciplina a entender o conceito de professor reflexivo, bem como, as dificuldades enfrentadas pelos professores frente as suas atribuições rotineiras e as escassas pesquisas que desenvolvem sobre o processo educacional que protagonizam. No decorrer da disciplina ministrada pela professora Carmen (re)visitei memórias e práticas docentes, entendendo o quanto o olhar sensível para o

processo educativo exercido por meus professores tiveram impacto ao longo em minha formação, entendendo a importância, enquanto docente, do alcance do processo educativo na vida dos estudantes.

O ambiente criado durante a disciplina pela professora Carmen nos levou a ponderar o quanto é importante a figura do professor como condutor de uma atmosfera propícia para o ensino e para aprendizagem. O comportamento amável, ético e competente despertou carinho e apreço que só me incentivaram a dedicar em todas as propostas da disciplina. A conduta da docente também fez refletir nos momentos em que minha intransigência superou a humanidade em sala de aula. Se no passado tive professores que foram inspirações para tornar-me professor, tenho na professora Carmen inspiração para o tipo de professor que desejo ser sempre.

Para Gadotti (2003, p.44), o professor deve instigar o gosto do discente pelo aprendizado. Segundo ele,

para o professor ter êxito nessa sociedade aprendente, precisa ter clareza sobre o que é conhecer, como se conhece, por que conhecer, mas um dos segredos do chamado „bom professor é trabalhar com prazer, gostando do que faz. A gente faz sempre bem o que gosta de fazer. Só é bem-sucedido aquele ou aquela que faz o que gosta.

Outro exemplo que também irá permear o tipo de professor que pretendo ser vem da professora Dra. Neila Osório, que tive a oportunidade de estreitar laços durante a disciplina “Tópicos Especiais em Educação Intergeracional”, responsável pela Universidade da Maturidade (UMA). O enfoque das aulas sempre foi o desenvolvimento humano e das relações estabelecidas entre as gerações, suas aulas eram pautadas nas práticas vivenciadas pelos velhos na Universidade da Maturidade, demonstraram o poder de transformação de vidas por meio da educação em qualquer fase da vida. A conquista de autonomia, autoconfiança, independência e novas perspectivas de vida remontam a um dos grandes desafios da educação, o de formar de cidadãos ativos na sociedade capazes de transformar sua realidade.

Imbuído pelas vivências educacionais que me trouxeram até aqui e pela formação acadêmica construída no decorrer desse processo essa pesquisa visa deslindar as confluências entre a arte e a matemática nos livros didáticos de matemática do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD – 2020).

1.4 Contextualizando o Problema, a Questão e os Objetivos da Pesquisa

O discurso educacional hegemônico e a prática pedagógica predominante no meio escolar, em geral, inspiram-se no pensamento cartesiano⁵ e positivista⁶. Nesta perspectiva, a conduta pedagógica do docente evidencia o uso de métodos apropriados na busca da previsão de resultados e dominar o processo de ensino e de aprendizagem.

A partir das pesquisas na área da educação compreendemos que este caráter cartesiano não dá conta da complexidade do ato de educar. Entendemos que a relação entre teoria e práticas pedagógicas está repleta de elementos que fogem da tentativa de controle e previsão dos acontecimentos em sala de aula, ou seja, do processo de ensino e de aprendizagem. A prática educacional está permeada de processos (in)conscientes, que são muito difíceis de mensurar e racionalizar. Perceber as influências da relação entre as mais diversas disciplinas e promover essa interação na prática pedagógica torna-se fundamental para que possamos compreender a complexidade do processo de ensino e de aprendizagem.

Edgar Morin (2001, p.311) certifica a importância de valorizar os elementos subjetivos em prol do reconhecimento humano quando diz:

não condeno, ao contrário, adiro plenamente à rejeição científica necessária do subjetivismo, isto é, da idiosincrasia afetiva, do egocentrismo, do etnocentrismo, da opinião arbitrária. Mas, importa distinguir a realidade da subjetividade e a ilusão do subjetivismo. É porque esta distinção não foi operada que a luta elucidativa contra o subjetivismo tornou a ciência cega para o sujeito. Aqui, quero mostrar que o desenvolvimento da luta contra o subjetivismo exige o reconhecimento do sujeito e a integração crítica da subjetividade na busca da objetividade.

A possibilidade de entender a subjetividade do processo de construção de conhecimentos inerentes as disciplinas nesse processo impõem uma nova dinâmica ao saber e as práticas pedagógicas tradicionais que entregam na mão do docente o controle dos recursos e métodos que permitem prever os resultados do processo de ensino e de aprendizagem.

Essa motivação em estabelecer as relações entre as áreas da Arte e da Matemática no processo de ensino e de aprendizagem permeou minha carreira profissional, desde muito cedo

⁵Descartes propõe-se a encontrar uma certeza básica, imune às dúvidas céticas, que possa servir de base e fundamento para a construção da nova teoria científica. É preciso, assim, encontrar um ponto de apoio, o chamado ‘ponto arquimediano’, que possa servir de ponto de partida seguro para o processo de conhecimento (MARCONDES, 2000, p. 163).

⁶[...] positivismo como filosofia surge ligado às transformações da sociedade europeia ocidental, na implantação de sua industrialização. Segundo essa forma de pensamento, cabe à história um levantamento “científico dos fatos, sem procurar interpreta-los, deixando à sociologia sua interpretação”. Para os historiadores positivistas, os fatos levantados se encadeiam como que mecânica e necessariamente, numa relação determinada de causas e consequências (ou seja, efeitos). A história por eles escrita é uma sucessão de acontecimentos isolados relatando, sobretudo os efeitos políticos de grande s heróis, os problemas dinásticos, as batalhas, os tratados diplomáticos etc (BORGES, 2003, p. 34).

estavam presente na atuação docente, essa relação permitiu um olhar diferenciado frente ao processo educacional, direcionado nas inquietações e dificuldades dos estudantes. Essa premissa acompanhou-me durante as graduações em Matemática e em Artes Cênicas, persistiram nas especializações e ainda acompanham durante o mestrado em educação.

Com o ingresso no PPGE da UFT tive contato com debates mais aprofundados a respeito de várias temáticas relacionadas a educação e a prática pedagógica, possibilitando-me ampliar meu conhecimento e aprimorar a visão sobre as variáveis que influenciam direta ou indiretamente o processo educativo. Durante esses anos pude entender melhor elementos que permeiam o processo de ensinagem⁷ fomentando discussões e estudos a respeito das confluências entre a Arte e a Matemática e a possibilidade de promoção de aprendizagem significativa.

A presente pesquisa propõe situar algumas relações entre Arte e Matemática em diversos momentos da consolidação histórico-cultural da humanidade, e indicar como essas relações são retratadas nos livros didáticos do Ensino Fundamental selecionados no PNLD-2020. Neste contexto, questiona-se: De que modo Livros Didáticos de Matemática do Ensino Fundamental do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD- 2020) estabelecem relação com a Arte?

Na busca de respostas para a problemática proposta na pesquisa definimos como objetivo geral:

- Construir um panorama das imbricações entre Arte e Matemática presentes em Livros Didáticos de Matemática do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD – 2020).

Com a finalidade de alcançar de maneira efetiva nosso objetivo geral propomos alguns objetivos específicos que direcionaram de modo mais peculiar no desenvolvimento desse estudo. Sendo eles:

- Identificar linguagens da Arte presentes nos LD de matemática e suas respectivas imbricações com a Matemática.
- Conhecer as áreas da Matemática com as quais autores dos livros didáticos estabelecem relação com a Arte.

⁷Trata-se de uma ação de ensino da qual resulta a aprendizagem do estudante, superando o simples dizer do conteúdo por parte do professor, pois é sabido que na aula tradicional, que se encerra numa simples exposição de tópicos, somente há garantia da citada exposição, e nada se pode afirmar acerca da apreensão do conteúdo pelo aluno. Nessa superação da exposição tradicional, como única forma de explicitar os conteúdos, é que se inserem as estratégias de ensinagem (ANATASIOU, 2015, p.20).

2 CONFLUÊNCIAS ENTRE ARTE E MATEMÁTICA

“A matemática é o alfabeto com o qual Deus criou o universo”. Galileu Galilei

Essa seção apresenta confluências entre Arte e Matemática na construção das relações humanas, em distintas ocasiões. Destacaremos alguns períodos de desenvolvimento da humanidade em que conhecimentos matemáticos e fazeres artísticos foram primordiais para o deslindar da humanidade. A relação de aproximação/distanciamento entre Arte e a Matemática é a base para outro item apresentado nessa seção, que expõe as conexões entre a Arte, em suas distintas linguagens – artes visuais, dança, teatro e música -, com a Matemática, seja como forma de expressão ou evidenciada pelo conhecimento matemático presentes em obras de arte, de forma intuitiva ou dedutiva.

Ao longo de sua história a humanidade construiu um legado de aprendizado, conhecimento e desenvolvimento, culminando no que denominamos de cultura. Por estarem intimamente ligadas à essência da humanidade, a Arte e a Matemática destacam-se na produção desse legado de conhecimentos que acompanha a evolução da humanidade e ainda se faz muito presente na atualidade (SABINO; VIZOLLI, 2018, p. 6).

Com o intuito de deslindar as relações e vicissitudes entre Arte e Matemática buscamos elucidar essas relações por meio de trabalhos que denotam essas conexões, inicialmente trataremos dessas confluências entre Arte e Matemática na perspectiva de pesquisadores da temática, recorreremos, dentre outras fontes, a bibliografias produzidas por Atalay (2009) em seu “A Matemática e Mona Lisa”, por Zaleski Filho (2013) em “Matemática e Arte”, por Contador (2013) em “A Matemática na arte e na vida” e por Fainguelernt e Nunes (2006) em “Fazendo arte com a matemática”.

2.1 Relações e vicissitudes entre a Arte e a Matemática

Os registros cronológicos da história nem sempre retratam com eficácia a ordem em que os acontecimentos ocorreram, são utilizados principalmente para organização despretensiosa e de forma conveniente, embora muito úteis não devemos considerar as divisões do tempo como fossos intransponíveis (BOYER, 1974).

Considerado por Ferrari *et al* (2013), como o início do desenvolvimento das manifestações artísticas, os registros pré-históricos deixados nas cavernas por grupos de primatas atestam a capacidade do homem no período paleolítico de retratar cenários e animais do seu habitat, desse modo inicia a organização do seu ambiente recorrendo a Arte e a

Matemática. O termo Arte rupestre é utilizado para descrever as manifestações artísticas realizadas pelo homem no interior das cavernas (arte parietal) e ao ar livre, essa arte se tornou uma ferramenta eficaz para descrever o pensamento e as atividades habituais dos homens primitivos.

Geralmente, as pinturas rupestres são caracterizadas pela representação de grandes animais selvagens como bisões e cavalos, nessas pinturas raramente eram expressas figuras humanas. Atividades humanas como a caça, a luta, a dança, os ritos religiosos, as relações sexuais, dentre outras foram retratadas nessas pinturas. Elementos geométricos, como circunferências e espirais, comumente estavam presentes nas pinturas rupestres, desse modo fica evidente que o homem, mesmo de forma intuitiva, já apresentava elementos da geometria muito antes da civilização egípcia.

Para além da Geometria e de suas formas, Atalay (2009, p. 51) sinaliza para indícios de contagens rudimentar e de agrupamentos numéricos, ou seja, o uso precário de bases:

Esses homens paleolíticos estavam contando no sistema quinário, isto é, aquele que tem por base o número cinco. No decorrer da história fizeram-se experiências com diferentes bases, mas algumas parecem ter sido mais naturais e por conseguinte, mais duradouras.

Assim como a arte rupestre remonta a ritos religiosos, Boyer (1974, p. 04) também relaciona o ato de contar dos homens pré-históricos com rituais religiosos, embora seja apenas em caráter sugestivo, apresenta a contagem como parte importante para a organização de ritos e pressupõe que a ideia de número cardinal anteceda a de número ordinal:

Os milhares de anos foram necessários para que os homens fizessem a distinção entre os conceitos abstratos e repetidas situações concretas mostram as dificuldades que devem ter sido experimentadas para se estabelecer uma base ainda que muito primitiva para a matemática. Além disso, há um grande número de perguntas não respondidas com relação à origem da matemática. Supõe-se usualmente que surgiu em resposta a necessidades práticas, mas estudos antropológicos sugerem a possibilidade de uma outra origem. Foi sugerido que a arte de contar surgiu em conexão com rituais religiosos primitivos e que o aspecto cardinal precedeu o conceito quantitativo. Em ritos cerimoniais representando mitos da criação era necessário chamar os participantes à cena segundo uma ordem específica, e talvez a contagem tenha sido inventada para resolver esse problema. Se são corretas as teorias que dão origem ritual à contagem, o conceito de número ordinal pode ter precedido o de número cardinal. Além disso, uma tal origem indicaria a possibilidade de que o contar tenha uma origem única, espalhando-se subsequentemente a outras partes da terra. Esse ponto de vista, embora esteja longe de ser provado, estaria em harmonia com a divisão ritual dos inteiros em ímpares e pares, os primeiros considerados masculinos e os últimos considerados femininos. Tais distinções eram conhecidas em civilizações em todos os cantos da terra, e mitos relativos a números masculinos e femininos se mostraram notavelmente persistentes.

Outro aspecto importante a ser destacado desse período histórico é que todas essas formas de manifestações de humanidade ocorrem num período anterior à escrita, ficando evidente a necessidade humana de estabelecer comunicação, ou seja, de se expressar. As pinturas rupestres demonstram essas formas de retratar e registrar as atividades comuns a esse período histórico, estabelecendo confluências, ainda que rudimentares entre a Arte e a Matemática. A noção de quantidade fica implícita nas representações feitas pelo homem paleolítico nas cavernas, seja ao desenhar um animal selvagens em tamanho grande, ou no número de vezes que essa figura é representada. A geometria também aparece nessa relação por meio das curvas e finalmente a ideia de contagem pode ser percebida nas representações referentes aos ritos religiosos, principal influência na criação de linguagens artísticas como a dança, o teatro e a música.

2.1.1 Egito – Arte e Matemática cultuando o filho do sol.

Considerada como uma das mais antigas civilizações da história da humanidade, o Egito possuía um sistema político antigo onde as figuras do faraó e do sacerdote eram extremamente importantes, eram as grandes autoridades do Egito antigo.

Os sacerdotes adquiriam conhecimento científico e este conhecimento, normalmente estava intimamente ligado ao calendário e ao ano agrícola, em outras palavras, eram estudiosos de Astronomia; assim, era importante manter em segredo a posse de tais informações pois, com elas os sacerdotes tinham poder sobre o povo e adquiriam certo status social. É interessante esclarecer que o sacerdócio primitivo não tinha atividades exclusivamente religiosas, portanto difere em muito do atual significado da palavra, eles eram encarregados principalmente da marcação do tempo, ou desenvolvimento do calendário. Apesar desse tipo de atividade estar ligado a hipóteses científicas do que a fé religiosa, foi inevitável aos sacerdotes mesclarem Astronomia e calendário como crenças falsas e fantasias (CONTADOR, 2013, p. 105).

Contador (2013), relata que faraó era o termo comumente utilizado para os antigos reis do Egito desde 950 a.C., que possuíam enorme poder como líder militar, civil e religioso, podendo ser considerado como um deus. A arte e a arquitetura egípcia eram ligadas aos rituais religiosos, visto que a maior parte das obras arquitetônicas, pinturas, monumentos e estátuas era uma forma de prestar culto aos mortos. A maior das pirâmides do Egito foi construída pelo faraó Quéops, em sua própria homenagem, recebendo seu próprio nome. A magnitude da construção tinha por objetivo demonstrar aos homens comuns sua insignificância.

A parte interna dos templos eram artisticamente elaboradas com câmaras mortuárias e peças sempre ligadas à religiosidade, a crença egípcia na imortalidade da alma fazia com que tivessem receio que de alguma forma a alma fosse profanada, acarretando algum tipo de

sofrimento eterno. Dessa crença decorre a cultura de mumificação egípcia e a construção de monumentos para abrigar esses corpos a fim de protegê-los pela eternidade (PROENÇA, 2010).

“Existe uma lenda descrita por Heródoto, em que as grandes pirâmides do Egito foram construídas de modo que a área de uma das faces inclinadas é igual ao quadrado de sua altura” (CONTADOR, 2013, p. 106). Esses preceitos remetem a proporção áurea, muito embora com o decorrer do tempo as pirâmides egípcias apresentem certo desgaste em sua estrutura, outros registros, como desenhos primitivos ou rupestres atestam, mesmo que de forma intuitiva o conhecimento da proporção áurea.

[...] é interessante uma comparação com o fato histórico, a grande pirâmide de Quéops de Giza foi construída por volta de 4750 a. C. com uma altura superior a 148 metros, seu ângulo de inclinação é $51^{\circ}52'$, a primeira pirâmide construída próximo a Medumi possui exatamente o mesmo ângulo e as outras duas grandes pirâmides de Giza, construídas por volta de 4600 a.C., possuem ângulos de inclinação de $53^{\circ}10'$ e $51^{\circ}10'$, esses números podem ser meras coincidências, mas se não o forem, podemos afirmar que os egípcios, por volta de 5000 a.C. já conheciam a relação áurea (CONTADOR, 2013, p. 107).

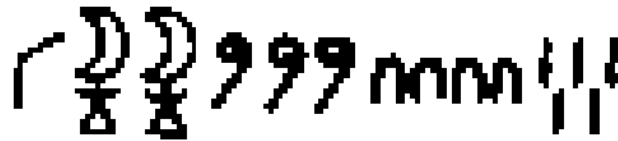
Os registros cronológicos dos povos que viveram ao longo do rio Nilo e no crescente fértil dos rios Tigre e Eufrates denotam uma certa razoabilidade na segurança das informações. Nessa região, por volta de 4000 anos a.C. já existia uma forma de escrita rudimentar estabelecida, lá registros pictográficos simples evoluíram de forma convencional para uma ordem de símbolos simples. Naturalmente uma pequena parte desses símbolos se dedicavam à Matemática (BOYER, 1974).

Os escritos egípcios foram decifrados de maneira mais prática que de outras civilizações, as inscrições sagradas egípcias foram decifradas, embora não apresentassem informações precisas e suficiente acerca dos registros matemáticos. A numeração hieroglífica foi facilmente decifrada, datado da mesma época da construção das pirâmides, esse sistema era organizado numa escala de dez.

Um traço vertical representava uma unidade, um osso de calcânhar invertido indicava 10, um laço como uma letra C maiúscula valia 100, uma flor de lotus 1000, um dedo dobrado 10000, um peixe era usado para indicar 100000 e uma figura ajoelhada (talvez Deus do Sem-fim) 1000000 (BOYER, 1974, p. 8).

Na figura 1, temos a representação do 12 345, onde fica aparente o uso de 5 (cinco) traços verticais indicando as unidades, de 4 (quatro) ossos de calcânhar indicando as dezenas, de 3 (laços) indicando as centenas, de 2 (duas) flor de lotus representando as unidades de milhar e de 1 (um) dobrado para a representação do algarismo referente à dezena de milhar.

Figura 1 – Representação Egípcia do número 12 345



Fonte: BOYER, 1974, p. 8.

O interesse egípcio pela astronomia começou muito cedo, em virtude da observação da inundação anual do Nilo, essa inundação era localizada próxima a Siriús, denominada de estrela cão (CONTADOR, 2013). Observando o céu, conseguiam perceber a proximidades das inundações, chegando a conclusão esses períodos de inundação eram separados por aproximadamente 365 dias, em virtude dessa habilidade, os egípcios conseguiram estabelecer um calendário solar constituído de 12 (doze) meses com 30 (trinta) dias cada mês, para além desses dias ainda reservavam mais 5 (cinco) dias de festa no final do ano (BOYER, 1974).

As informações contidas nos calendários e pedras tumulares forneciam contribuições para a matemática, porém, ainda de forma imprecisa. Podemos destacar o papiro de Rhind, mercador responsável pela aquisição do papiro em 1858, também conhecido como papiro de Ahmes, escriba que o copiou por volta de 1650 a.C., nesse papiro se encontram texto matemático constituído de aproximadamente 85 (oitenta e cinco) problemas transcritos com a escrita hierática. O papiro Rhind descreve métodos utilizados para a multiplicação e divisão, o uso das frações unitárias, a solução de determinadas áreas de círculos, o emprego da regra da falsa posição e muitas aplicações práticas da matemática (BOYER, 1974).

Toda a arte produzida no Egito estava ligada a religiosidade, transmitindo a ideia de vida após a morte. As tumbas destinadas aos grandes faraós, geralmente localizadas no interior das pirâmides eram ornamentadas com esculturas, pinturas e desenhos, utilizando a técnica do alto e baixo relevo. Acreditava-se que a alma sobrevivia após a existência e em virtude disso dedicavam a criar espaços requintados para abrigar os corpos, em geral de faraós e sacerdotes. As imagens retratadas nos túmulos egípcios demonstravam a ideia de proporcionar à alma orientação e encaminhamento para outra vida. Para além das influências pós morte, o acervo também contextualizava o cotidiano do antigo Egito (CONTADOR, 2013).

A civilização egípcia se preocupava-se em apresentar o maior número de detalhes possível, na arte essa característica estava presente em detrimento da beleza, retratavam a integralidade das cenas sem se preocupar com fatores estéticos. Suas obras não se atinham a reprodução da natureza conforme suas características, criaram forma de desenho muito singular, de modo a relatar uma cena de forma clara e objetiva (PROENÇA, 2010).

Em virtude dessa característica e da pouca preocupação com a representação fidedigna dos aspectos da natureza, uma das principais características das obras egípcias era a lei da frontalidade, essa regra determinava que o tronco das pessoas deveriam ser representado de frente, outros membros como a cabeça, os braços, as pernas e os pés eram expressos em perfil, já os olhos eram mais facilmente expostos de frente, assim como o tronco. Acreditavam que esse tipo de representação possibilitava um melhor ângulo para representação, essas características podem ser observadas (PROENÇA, 2010).

Os egípcios possuíam um estilo geometrizado de desenho e suas obras, em geral, eram acompanhadas de escritas em hieróglifos, portanto, não se preocupavam com a perspectiva. Essas pinturas eram feitas com tintas extraídas de elementos da natureza. Já as esculturas egípcias remetem a sensação de rigidez, revelando informações completas e precisas sobre a pessoa retratada, geralmente faraó ou deuses. Nas esculturas também está presente a lei da frontalidade, sendo representadas as figuras humanas e simbióticas⁸ com frequência de forma frontal, quando sentadas, as mãos eram representadas sobre as coxas e as expressões faciais não eram muito marcantes. As dimensões das esculturas eram muito variadas, podendo ser encontradas miniaturas e esculturas de grandes proporções. Tanto as esculturas, quanto as máscaras mortuárias – proteção para o rosto da múmia - eram comumente confeccionadas em ouro com o intuito de ornamentar as câmaras mortuárias. A arte egípcia permaneceu intacta em seu estilo, ou seja, em pouco mais de 3 (três) mil anos de existência não apresentou modificações significativas na forma de representação do homem e da natureza, demonstrando um conjunto de regras bem rígidas e disseminadas com efetividade entre os artistas da época (PROENÇA, 2008).

2.1.2 Grécia – Berço da Arte e da Matemática.

O pensamento matemático e as linguagens artísticas começaram a se desenvolver desde a antiguidade. Antes de se estruturarem de forma sistemática, a matemática e a arte apresentaram significativos avanços, porém seus usos se limitavam as necessidades e práticas cotidianas. Foi na Grécia antiga que a Matemática deixa de ser utilizada apenas para medir e avança nos preceitos abstratos e filosóficos, nesse período foi desenvolvido inúmeros sistemas numéricos, dentre eles destaca o alfabético, nesse sistema números eram representadas por letras do alfabeto grego, essas representações ainda são usadas em expressões matemáticas

⁸ Que faz referência a simbiose, associação de dois ou mais seres que embora pertencem à espécie diferentes, são definidos como um só organismo.

atualmente. A arte grega por sua vez abrange todas as manifestações artísticas, revelando aspectos estéticos, filosóficos e históricos dessa civilização (ZALESKI FILHO, 2013).

A palavra matemática possui origem grega, sendo Tales de Mileto um dos primeiros gregos a desenvolver conhecimentos matemáticos, tendo sido muito influenciado pela Matemática dos egípcios, acredita-se que um de seus feitos foi o cálculo da medida da altura de uma das pirâmides do Egito, utilizando o conceito de semelhança, relacionando a altura da pirâmide com a medida de sua sombra, e comparando sua própria altura em relação a sua sombra (BOYER, 1974).

Por mais que não existam muitos registros acerca da influência egípcia no desenvolvimento da Matemática grega, tanto Tales quanto Pitágoras, são conhecidos como os principais nomes do desenvolvimento matemático na Grécia, a narrativa tradicional enfatiza a transição de uma Matemática baseada em cálculos e algoritmos para uma Matemática essencialmente abstrata, baseada em teorias e fundamentada nas demonstrações (ZALESKI FILHO, 2013).

Outro aspecto importante a ser destacado é a organização populacional na Grécia, em virtude do crescimento populacional e da dispersão dessa população ao longo da bacia mediterrânea, foi também necessário estruturação política, cultural, social, militar e religiosa, culminando na organização dessa população em cidades-estados denominadas pólis. A organização da população nessas cidades-estados retrata também o tipo de pensamento matemático desenvolvido na época.

Paralelamente a constituição da polis, o cidadão adquiriu o direito de reger a cidade, para a garantia desse direito foram necessários estabelecer parâmetros, que desencadearam no gosto pela discussão. A controvérsia movimentava as cidades-estados, e capacidade de argumentação e convencimento se tornou extremamente valorizada. A vida pública tornou-se bastante importante nesse período, destacando o envolvimento político da população, seja na ágora⁹, nas transações comerciais, no processo de desvinculação da religião – laicização -, na expansão de debates sobre a religiosidade para além dos templos, na organização coerente e geométrica dos territórios. Em oposição a esse movimento, esse incentivo ao ceticismo deu origem à busca pela demonstração que verdade e verossimilhança são coisas distintas. O pensamento racional foi se desenvolvendo e ganhou força com esse tipo de organização. Platão e Aristóteles estabeleceram maneiras para selecionar tipos de afirmações que alguém poderia

⁹ praça principal das antigas cidades gregas, local em que se instalava o mercado e que muitas vezes servia para a realização das assembleias do povo; formando um recinto decorado com coberturas apoiada por pilares -pórticos ou abóbadas -, estátuas, dentre outros monumentos, era também um centro religioso.

fazer, desse modo puderam assinalar raciocínios corretos de errôneos, estabelecendo critérios de verdade.

[...]Esses mitos foram concebidos com características semelhantes ao mundo, como as maneiras de viver e as relações do cotidiano daquela época. Daí esse primeiro período grego ser considerado primitivo, rural, tribal e mitológico.

A Filosofia aparece, então, com uma reação ao pensamento mitológico. Um ciclo de prosperidade faz surgir uma classe intermediária com poder e que tem a intenção de romper com as estruturas mitológicas que colocavam a aristocracia rural em situação de destaque.

Valendo-se da razão humana, no século VI a.C. a Filosofia grega se preocupava em estudar os elementos que constituíam as coisas [...] (ZALESKI FILHO, 2013, p. 20).

Nesse contexto, onde as concepções se alastravam, era necessário estabelecer critérios para a definição de quem possuía mais racionalidade, Platão evidenciava a indignação que este novo tipo de pensamento fosse inteligível. Essa concepção está presente nos trabalhos de Sócrates denominado dialética¹⁰, onde as ideias precisavam exceder as opiniões. Todo processo incide diretamente na educação do cidadão livre, que diferencia retórica e dialética. Um pouco depois, Aristóteles desenvolve uma relação de racionalidade pautada na lógica, onde rigorosos critérios estão vinculados a coerência e a demonstração. Em suma, tudo o que era dito não poderia ter contradição no raciocínio. Platão e Aristóteles utilizaram muito do pensamento matemático para estabelecer esse novo ideal de pensamento.

O conhecimento na atualidade sobre a Matemática grega antiga deriva predominantemente de fontes secundárias e indiretas, como os escritos de Platão, Aristóteles e Euclides. Fragmentos adicionais, atribuídos a Eudemo de Rodes (século IV a.C.), pupilo de Aristóteles, complementam essas referências; presume-se que o "catálogo dos geômetras", origine-se desses textos, os quais atribuem proposições e construções geométricas a Tales de Mileto. No final do século VII a.C., avanços no campo da Matemática, incluindo termos geométricos na arquitetura, impulsionaram o desenvolvimento matemático. Escritos técnicos do século VI a.C., sobre astronomia e calendário, incorporavam conceitos como círculos e ângulos; pelo menos um desses permaneceu em circulação até a era de Eudemo, associando seus enunciados geométricos a Tales (CONTADOR, 2013).

Na Grécia antiga, a Matemática transcendeu o mero cálculo mensurativo, incorporando preceitos abstratos e filosóficos. Nesse período, foram desenvolvidos sistemas numéricos notáveis, como o alfabético, no qual números eram representados por letras do alfabeto grego,

¹⁰ no *platonismo*, processo de diálogo, debate entre interlocutores comprometidos com a busca da verdade, através do qual a alma se eleva, gradativamente, das aparências sensíveis às realidades inteligíveis ou ideias.

sistema ainda utilizado em expressões matemáticas contemporâneas, conforme exemplificado na numeração ática e jônica (BOYER, 1974).

A Arte grega, abrangendo todas as manifestações artísticas, revela aspectos estéticos, filosóficos e históricos dessa civilização. Proença (2010) descreve esse período, enfatizando sua influência na tradição ocidental. Pensar a Grécia como “berço da Arte e da Matemática” implica ir além da visão comum e compreender como esses dois campos se constituem dimensões de um mesmo projeto civilizatório. No âmbito artístico, Proença (2008) salienta que a produção grega foi decisiva na formação dos padrões estéticos do Ocidente, sobretudo pela valorização da harmonia, da medida e do equilíbrio como critérios de beleza. No conhecimento matemático, Boyer (1974) indica que é na Grécia que se consolida uma nova atitude racional diante do real: a matematização da natureza, marcada pela passagem de regras empíricas para sistemas dedutivos, como a geometria de Euclides.

Fica evidente que a Arte grega não apenas conviveu com a Matemática, mas foi moldada por estruturas conceituais que a matemática grega ajudou a elaborar: proporção, simetria, forma ideal, medida e ordem. Reciprocamente, a matemática grega é inseparável de um horizonte filosófico e cultural no qual a Arte é entendida como busca da forma perfeita e da expressão sensível de uma ordem racional do cosmos. Assim, Arte e Matemática, na Grécia, não são esferas isoladas, mas linguagens complementares de um mesmo imaginário.

Proença (2010) caracteriza a arte grega como síntese entre observação da natureza e idealização da forma, sublinha que, ao contrário da rigidez frontal das figuras egípcias, a escultura grega, especialmente a partir do período clássico, busca representar o corpo humano em movimento, com naturalidade e equilíbrio. Essa busca, contudo, não é puramente empírica: ela é conduzida por um ideal normativo de beleza, que se traduz em esquemas proporcionais.

A noção de medida é central nesse processo. Proença (2010) observa que a cultura grega tende a valorizar a moderação, como se vê tanto na ética quanto na estética. Na Arte, isso se traduz em composições equilibradas, em que nenhum elemento domina indevidamente o conjunto. Na escultura, o corpo é organizado segundo relações proporcionais que evitam tanto a deformação quanto o naturalismo excessivo; na arquitetura, a disposição de colunas, frontões e entablamentos responde à mesma exigência de harmonia.

O que interessa, aqui, é notar que essa concepção de beleza como medida prepara o terreno para uma articulação profunda com a matemática. A ideia de que o belo é aquilo que se apresenta como ordenado, mensurável e harmonioso abre espaço para que relações numéricas e geométricas deixem de ser apenas instrumentos práticos e se tornem princípios estéticos. A

arte grega torna visível, no campo sensível, um conjunto de valores que, no discurso matemático, se expressarão como rigor, ordem e dedução.

Boyer (1974) demonstra que a matemática grega possui herança egípcia e mesopotâmica. No entanto, o que se desenvolve na Grécia é qualitativamente distinto: uma matemática teórica, sistematizada, preocupada não apenas na prática, mas em entender a origem e o desenvolvimento. Boyer (1974) versa sobre a Jônia e os pitagóricos, destacando o papel de Tales de Mileto e de Pitágoras na transição da Matemática empírica para um corpo de conhecimentos deduzidos logicamente.

Tales é frequentemente associado à introdução de argumentos demonstrativos em geometria, enquanto Pitágoras inaugura uma concepção quase metafísica do número. Para os pitagóricos, tudo pode ser expresso por números: a estrutura do cosmos, a harmonia musical, as relações entre figuras, tudo pode ser expresso em proporções numéricas (BOYER, 1974). É significativo que a primeira grande escola matemática grega atribua à proporção um estatuto ontológico¹¹: o número não é apenas instrumento de contagem, mas princípio de ordem e de beleza.

A sistematização euclidiana em *Os Elementos*, a geometria alcança uma forma clássica, em que definições, postulados e teoremas se sucedem de modo dedutivo (BOYER, 1974). A geometria euclidiana, ao organizar o espaço em figuras ideais, espelha o mesmo impulso que, na arte, busca o corpo ideal e o templo ideal. Ambas as esferas partilham, portanto, um horizonte comum: a crença de que há formas perfeitas que podem ser abstraídas do mundo sensível e articuladas racionalmente.

A escola pitagórica constitui o primeiro grande ponto de contato explícito entre matemática e estética. Como já mencionado, Boyer (1974) apresenta Pitágoras como figura-chave não apenas na aritmética, mas também na cosmologia e na teoria das proporções. Os pitagóricos observam que os intervalos musicais consonantes podem ser descritos por razões simples entre comprimentos de cordas vibrantes: 2:1 (oitava), 3:2 (quinta), 4:3 (quarta). A harmonia sonora, portanto, corresponde a harmonia numérica.

Essa descoberta tem desdobramentos profundos. Se a beleza sonora é expressa por proporções, é plausível estender essa lógica à beleza visual. Mesmo que Proença (2008) não se detenha tecnicamente na matemática subjacente às obras gregas, ela assinala que escultores elaboram cânones de proporções para o corpo humano, estabelecendo relações entre cabeça, tronco, membros e estatura total.

¹¹ Ramo da Filosofia que estuda o ser.

Nas obras do período arcaico nota-se a influência do Egito não só como fonte inspiradora, mas também na técnica. O escultor grego desse período, como o escultor egípcio, apreciava a simetria natural do corpo humano. Para deixar clara essa simetria, o artista esculpia figuras masculinas nuas, eretas, em rigorosa posição frontal e com o peso do corpo igualmente distribuído sobre as duas pernas. Esse tipo de estátua é chamado *Kouros* que significa “homem jovem” (PROENÇA, 2008, p. 25).

Boyer (1974), aborda também a questão das proporções prolongadas e da célebre seção áurea, que aparece associada à tradição pitagórica. A seção áurea, definida pela relação em que o todo está para a parte maior assim como a parte maior está para a menor, configura o que os gregos chamavam de “proporção extrema e média”. Tal relação, que mais tarde será chamada de “proporção áurea”, desempenha papel importante tanto na teoria matemática quanto na estética, por sua recorrência em figuras geométricas, como o pentagrama pitagórico, e por sua aplicação em composições arquitetônicas e escultóricas. Assim, a concepção pitagórica de que a ordem do cosmos é uma ordem numérica, e que a beleza é expressão dessa ordem, oferece uma base filosófica para que a arte grega se pautasse por proporções. A unidade entre arte e matemática, aqui, não é acidental: ela decorre de uma mesma metafísica do número e da harmonia.

A arquitetura grega apresentada por Proença (2010), é um dos espaços privilegiados para observar concretamente a interpenetração entre concepções matemáticas e escolhas estéticas. O templo grego, sobretudo no período clássico, é mais do que um edifício funcional; é a materialização de uma ordem, em que cada elemento: colunas, capitéis, entablamentos e frontões devem obedecer a um sistema proporcional. Proença (2010) enfatiza que a arquitetura grega se desenvolve a partir de ordens bem definidas e que cada uma delas possui regras precisas relativas à altura e ao diâmetro das colunas, ao espaçamento entre elas, à relação entre o comprimento e a largura do edifício. Essas regras, à luz da história da matemática são apresentadas por Boyer (1974), como expressão de um pensamento geométrico consolidado.

Se, como mostra Boyer (1974), a geometria euclidiana organiza o espaço segundo postulações e teoremas, a arquitetura grega organiza o espaço construído segundo relações de proporção e simetria que têm afinidade com esse mesmo espírito geométrico. O Partenon, por exemplo, frequentemente citado como paradigma do templo clássico, revela em suas plantas e alçados um cuidado rigoroso com a modularidade e com a repetição de unidades mensuráveis, de modo que o conjunto preserve um sentido de ordem e equilíbrio.

O elo filosófico que articula, em profundidade, arte e matemática na Grécia encontra sua expressão mais sistemática em Platão e Aristóteles. Para Platão, o mundo sensível é apenas cópia imperfeita de um mundo inteligível de Formas ou Ideias, entre as quais se incluem as

formas geométricas perfeitas. A geometria, ao lidar com círculos e triângulos ideais, aproxima-se mais do ser verdadeiro do que as aparências mutáveis.

Boyer (1974) esclarece que, no contexto platônico, a aritmética e a geometria integram o conjunto das artes liberais, consideradas saberes indispensáveis para a formação do filósofo. A matemática fornece paradigmas de certeza e universalidade; em contrapartida, a arte, na medida em que se afasta da imitação puramente empírica e busca conformar-se a proporções ideais, aproxima-se do universo das Formas. Proença (2008) sublinha que, no classicismo grego, a arte, ao idealizar o corpo humano e o espaço arquitetônico, encarna de maneira sensível esse “ideal de forma” que a filosofia tematiza.

Aristóteles, embora crítico de certos aspectos da doutrina das Ideias, também reconhece na ordenação das partes segundo um princípio racional um critério de excelência. Em sua teoria da tragédia, por exemplo, a boa obra é aquela em que os elementos se articulam em uma unidade orgânica, com princípio, meio e fim. Essa concepção de estrutura racional da obra ecoa, em outro plano, a estrutura dedutiva da matemática euclidiana e o rigor construtivo da arte clássica. Assim, pode-se sustentar que a filosofia grega fornece a linguagem conceitual que torna inteligível a afinidade profunda entre arte e matemática. Ambas participam, cada uma a seu modo, da tentativa de apreender e expressar uma ordem racional subjacente ao mundo (CONTADOR, 2013).

2.1.3 Roma: engenharia, proporção e poder

A civilização romana, herdeira do legado grego, reinterpretou a relação entre arte e matemática sob uma ótica singular: a fusão entre utilitarismo e grandiosidade estética. Enquanto os gregos idealizavam formas abstratas, os romanos aplicaram princípios matemáticos para solucionar problemas concretos, como atestam seus aquedutos, anfiteatros e sistemas urbanos. Proença (2010) destaca que a arte romana não se limitou à mimese helênica, mas incorporou técnicas inovadoras, como o uso do concreto, que demandaram cálculos estruturais precisos. Boyer (1974), por sua vez, ressalta que a matemática romana, embora menos teórica que a grega, foi decisiva para a engenharia e a organização territorial, consolidando um modelo de racionalidade aplicada.

A matemática romana - especialmente a geometria prática, a agrimensura e a estática - moldou expressões artísticas e arquitetônicas, transformando-as em instrumentos de poder político e social. O conceito central é que a arte romana, longe de ser mera imitação, utilizou a matemática como alicerce para projetos que simbolizavam a grandiosidade imperial, harmonizando funcionalidade e monumentalidade (BOYER, 1974; PROENÇA, 2010).

A expansão territorial romana exigiu sistemas precisos de divisão de terras, como atestam os agrimensores (topógrafos), que utilizavam a groma - instrumento para traçar ângulos retos - e métodos geométricos para planejar cidades. Boyer (1974) observa que esses procedimentos, embora empíricos, refletiam um conhecimento avançado de geometria aplicada. Proença (2008) complementa ao destacar que as cidades seguiam layouts matemáticos, com ruas perpendiculares organizadas em torno de eixos cardiais, simbolizando a ordem imposta pelo Pax Romana¹².

A construção de aquedutos, revela domínio de princípios hidráulicos e da estática. Para manter a inclinação, os engenheiros romanos utilizaram níveis de água e cálculos de gradiente, combinando geometria e empirismo. Proença (2010) associa essa precisão à estética da funcionalidade: a repetição rítmica dos arcos não apenas distribuía pesos, mas criava uma linguagem visual de poder e permanência.

O Panteão de Roma, com sua cúpula de 43 metros de diâmetro, sintetiza matemática e espiritualidade. A relação entre a altura do edifício e o diâmetro da cúpula (ambos iguais) cria uma esfera perfeita inscrita no espaço, simbolizando a perfeição cósmica. Boyer (1974) ressalta que a construção exigiu cálculos para distribuição de cargas, usando materiais mais leves (tufo e pedra-pomes) no topo da cúpula. Proença (2010) enfatiza que o óculo central, além de iluminar o interior, atua como ponto focal geométrico, alinhando céu e terra em uma hierarquia divina.

As ordens clássicas (dórica, jônica, coríntia), herdadas da Grécia, foram adaptadas aos cânones romanos, estabelecendo proporções matemáticas para colunas, como a altura da coluna equivalente a 8 diâmetros na ordem dórica. Proença (2010) interpreta essas regras como uma codificação estética que refletia a hierarquia social: edifícios públicos seguiam proporções majestosas, enquanto residências privilegiavam funcionalidade.

Estátuas imperiais, combinavam realismo anatômico com proporções idealizadas. A postura frontal e o uso da contraposto (herdado dos gregos) criavam equilíbrio geométrico, enquanto detalhes simbólicos (como a couraça decorada) seguiam composições simétricas, reforçando a imagem de ordem divina. Proença (2008) sugere que essa estética matemática visava transmitir estabilidade política. Os mosaicos romanos, utilizavam recobrimentos de superfícies bidimensionais com formas geométricas (hexágonos, losangos) para criar padrões repetitivos que simbolizavam controle sobre o caos da natureza. Boyer (1974) observa que a matemática das simetrias (translação, rotação) era aplicada intuitivamente.

¹² A Pax Romana é entendida como um período de relativa paz e prosperidade no qual o Império Romano consolidou seu domínio sobre os territórios conquistados por meio de benesses.

A matemática romana, embora menos teorizada que a grega, deixou um legado prático que permeou a arte e a arquitetura medievais e renascentistas. Técnicas de construção com arcos e cúpulas foram retomadas. Proença (2010) e Boyer (1974) concordam que a síntese romana entre utilidade e beleza estabeleceu um paradigma duradouro, onde a arte não é apenas expressão, mas instrumento de transformação do mundo.

2.1.4 Idade Média: distanciamento entre a Arte e a Matemática

A Idade Média representa um período de transformação profunda na história do conhecimento ocidental, marcado por uma fragmentação epistemológica que afastou duas disciplinas que, anteriormente, mantinham relações mais próximas. Enquanto a antiguidade greco-romana havia cultivado uma integração entre o pensamento matemático e a criação artística - evidenciada nas proporções áureas, na geometria euclidiana aplicada à arquitetura e nas reflexões pitagóricas sobre harmonia - a Idade Média presenciou um processo gradual de separação entre esses campos do saber (PROENÇA, 2010). Sinalizado pelo distanciamento, evidenciado pelas causas estruturais, contextuais e filosóficas que conduziram ao tal rompimento, bem como suas manifestações nas práticas artísticas e no pensamento matemático medieval (BOYER, 1974).

O movimento de transição da Antiguidade para a Idade Média não ocorreu de forma abrupta, mas representou uma reconfiguração das estruturas de conhecimento. Com a queda do Império Romano, no século V, perdeu-se grande parte do acesso direto aos textos clássicos que fundamentavam o pensamento matemático avançado. Boyer (1974), demonstra que a matemática grega, particularmente os trabalhos de Euclides, Arquimedes e Apolônio, permaneceu largamente inacessível ao mundo ocidental durante séculos, sendo preservada principalmente através da tradição islâmica.

A Igreja Católica, instituição dominante durante a Idade Média, estabeleceu uma hierarquia de conhecimentos que priorizava a teologia e a filosofia escolástica em detrimento das ciências exatas. Essa reconfiguração intelectual criou um ambiente onde a matemática era considerada um instrumento utilitário, necessária para cálculos de terras, cronologia eclesiástica e agrimensura, mas não uma disciplina central para a compreensão do universo divino. A arte, por sua vez, adquiriu uma função eminentemente religiosa, servindo como veículo de doutrinação e expressão da fé cristã (ZALESKI FILHO, 2013).

Conforme elucidado por Proença (2008), a produção artística medieval, particularmente durante o período romântico e gótico, desenvolveu-se sob princípios fundamentalmente distintos daqueles que orientavam a matemática. A arte cristã primitiva e a arte bizantina,

embora mantivessem certos elementos geométricos, progressivamente abandonaram a preocupação com proporções matemáticas rigorosas em favor de uma expressividade espiritual. Os artistas medievais, frequentemente anônimos e organizados em corporações de ofício, operavam dentro de tradições transmitidas oralmente, baseadas em regras práticas acumuladas ao longo do tempo, não em princípios matemáticos explícitos.

A arquitetura românica e, posteriormente, a gótica exemplificam essa transformação. Embora a arquitetura gótica demonstre sofisticação estrutural impressionante, com arcos ogivais, abóbadas de cruzaria e contrafortes, seus construtores frequentemente operavam através de conhecimento empírico e geométrico prático, não através de formulações matemáticas abstratas. A transmissão do conhecimento ocorria através de desenhos em escala, modelos e instruções verbais, não através de tratados matemáticos sistemáticos (BOYER, 1974; PROENÇA, 2008).

A matemática medieval no Ocidente cristão encontrava-se em estado de relativo estagnação comparada aos desenvolvimentos islâmicos contemporâneos. Boyer (1974) evidencia que durante a Alta Idade Média, o conhecimento matemático limitava-se essencialmente à aritmética prática, à geometria elementar e aos cálculos necessários para fins administrativos e religiosos. Os grandes avanços matemáticos ocorriam no mundo islâmico, permanecendo largamente desconhecidos no Ocidente.

Essa separação geográfica e cultural intensificou o distanciamento entre arte e matemática. Enquanto os artistas medievais desenvolviam suas técnicas através da prática e da transmissão oral, os poucos matemáticos que existiam no Ocidente cristão dedicavam-se a problemas práticos e a interpretação crítica dos textos antigos fragmentários. Não havia espaço institucional ou intelectual para uma síntese entre essas disciplinas (BOYER, 1974; PROENÇA, 2008).

A filosofia escolástica, dominante durante a Idade Média, estabelecia uma distinção clara entre o conhecimento sensível e o conhecimento racional. Contador (2013) denota que a arte, frequentemente associada ao trabalho manual e à percepção sensível, era hierarquicamente inferior à teologia e à filosofia especulativa. Boyer (1974) enfatiza que a matemática, embora reconhecida como disciplina nobre pela herança platônica, era instrumentalizada para fins práticos ou para a compreensão da ordem divina através de vias místicas, não através da aplicação direta à criação artística.

É neste período que São Tomás de Aquino escreveu a *Suma Teológica*. Nesse e em todos os seus livros, concilia a Fé e a Razão. À razão, Tomás de Aquino dá a capacidade de iluminar até onde possa os pressupostos da Fé. A Escolástica é a representação da sociedade hierárquica e dogmática medieval. A razão de São Tomás

de Aquino, de modo doutrinário, segue o pensamento do filósofo Aristóteles (384-322 a.C.) e é a responsável pelo enfraquecimento do pensamento platônico (ZALESKI FILHO, 2013, p. 29-30)

Além disso, a concepção medieval de beleza diferenciava-se fundamentalmente da antiguidade. Se os gregos buscavam a beleza através de proporções matemáticas, refletidas na seção áurea e nas relações harmônicas pitagóricas, a Idade Média concebia a beleza como manifestação do divino, transcendente à quantificação. A ornamentação exuberante da arte gótica, com seus padrões complexos e repetitivos, buscava evocar o infinito divino mais do que expressar relações matemáticas precisas (CONTADOR, 2013).

As consequências desse distanciamento manifestavam-se concretamente nas práticas artísticas. Os artistas medievais, embora frequentemente demonstrassem sofisticação geométrica em suas composições, operavam sem referência explícita a princípios matemáticos. A perspectiva linear, que seria fundamental na arte renascentista e que se baseia em princípios matemáticos rigorosos, permanecia desconhecida ou negligenciada durante a Idade Média.

A escultura medieval, particularmente nas fachadas das catedrais, apresentava proporções que desafiavam a lógica matemática clássica. As figuras humanas eram frequentemente alongadas ou distorcidas em função de imperativos expressivos e simbólicos, não de correspondência com a realidade mensurável. Esse afastamento da mimese matemática refletia uma mudança fundamental na concepção do propósito da arte.

2.1.5 Renascimento: reencontro entre arte e ciência

No Renascimento, a relação entre arte e matemática adquire um estatuto inédito: mais do que simples ferramenta auxiliar, a matemática passa a ser compreendida como linguagem privilegiada para decifrar e representar racionalmente o mundo visível. Nesse sentido, o período constitui um verdadeiro reencontro entre arte e ciência, em continuidade, mas também em contraste, com a tradição clássica greco-romana. De um lado, como observa Proença (2008), os artistas renascentistas retomam os ideais de harmonia, proporção e medida herdados da Antiguidade, reinterpretando-os à luz do humanismo. De outro, os avanços no campo da matemática, especialmente na geometria e na ótica, criam condições para uma nova concepção de espaço e de corpo, que alimenta e é alimentada pelas práticas artísticas (BOYER, 1974).

A passagem da Idade Média ao Renascimento é marcada por uma mudança profunda na forma de conceber o conhecimento e o próprio lugar do homem no universo. Proença (2010) destaca que, a partir do século XV, sobretudo na Itália, consolida-se uma visão antropocêntrica do mundo: o ser humano passa a ser visto como medida de todas as coisas, capaz de conhecer

racionalmente a realidade e de transformá-la por meio da técnica e da arte. Essa nova confiança na razão encontra na matemática um instrumento privilegiado. Boyer (1974) mostra que, nesse contexto, conceitos geométricos herdados de Euclides e da tradição grega são retomados e sistematizados de modo a permitir aplicações inéditas, em particular na representação do espaço em pintura e na concepção de soluções arquitetônicas complexas. Arte e matemática se aproximam, então, sob o signo comum da racionalização do real.

Um dos campos em que esse reencontro se torna mais evidente é o da perspectiva linear. Segundo Proença (2010), a pintura medieval, marcada por uma representação hierárquica e simbólica do espaço, não se preocupava com a coerência geométrica das relações de distância e tamanho entre as figuras. O Renascimento inverte essa lógica: o artista passa a buscar a ilusão de profundidade e a verossimilhança do espaço, o que exige um olhar “científico” sobre a visão. Boyer (1974), ao apresentar a evolução da geometria e da ótica, ajuda a entender o alcance conceitual dessa inovação: em termos matemáticos, é transformar o problema da representação em um problema de projeção geométrica. O espaço tridimensional é traduzido em um plano bidimensional por meio de um conjunto de regras que obedecem a princípios definidos – retas paralelas no espaço são representadas por retas que convergem em um ponto de fuga, as dimensões dos objetos diminuem segundo relações proporcionais à sua distância do observador, e assim por diante.

Proença (2010) cita ao tratar do Renascimento italiano, a pintura como a intersecção de uma “pirâmide visual”, cujo vértice está no olho do observador e cuja base se situa no plano da tela. Essa formulação é, essencialmente, geométrica: o artista é convidado a imaginar o espaço como uma rede de linhas que se projetam, segundo leis regulares, sobre uma superfície. Como nota Boyer (1974), ao discutir o desenvolvimento da geometria na passagem da Idade Média à modernidade, a perspectiva renascentista antecipa questões que, mais tarde, serão formalizadas na geometria projetiva. O que importa, no contexto renascentista, é que o artista passa a pensar e a operar como um geômetra: a construção da imagem exige cálculo, previsão, utilização de malhas quadriculadas, divisão do espaço em módulos proporcionais.

Esse mesmo espírito geométrico está presente na arquitetura renascentista, que Proença (2008) descreve como um retorno aos modelos clássicos aliados à pesquisa de novas soluções estruturais. A forma hemisférica, por sua vez, não é apenas eficaz do ponto de vista estrutural, mas também carregada de simbolismo: remete, como recorda Proença (2008), à esfera como figura perfeita, de forte ressonância platônica. Aqui, a matemática fornece tanto a solução técnica quanto a forma simbólica.

Outro núcleo significativo do reencontro entre arte e matemática no Renascimento é a reflexão sobre as proporções do corpo humano. A tradição é retomada e reinterpretada, desempenha papel central. Proença (2010), ao descrever a figura do artista renascentista, destaca que ele é, ao mesmo tempo, observador da natureza e leitor de tratados antigos. Leonardo da Vinci encarna de modo exemplar essa tensão entre empirismo e teoria. Seu famoso desenho do Homem vitruviano ilustra a tentativa de demonstrar, graficamente, que o corpo humano pode ser inscrito simultaneamente em um quadrado e em um círculo, duas figuras geométricas associadas, respectivamente, ao mundo terreno e ao mundo divino. Da Vinci associa, assim, medidas anatômicas concretas a um esquema geométrico abstrato. A matemática deixa de ser uma disciplina alheia ao corpo para se tornar chave para sua compreensão: a altura de um indivíduo, o comprimento dos membros, a posição do umbigo em relação à totalidade são pensados em termos de razões – múltiplos, submúltiplos, frações simples.

No século II d.C., o arquiteto e artista romano Vitrúvio formulou uma teoria arquitetônica inspirada pelas proporções do corpo humano, e Le Corbusier fez ecoar a mesma mensagem no século XX. Para Leonardo da Vinci, era sempre tentador inspirar-se na natureza. Por conseguinte, em 1511, quando se considerou publicar uma nova edição de Vitrúvio, quem melhor do que o próprio Leonardo para ilustrar o cânone grego-romano das proporções humanas perfeitas? O florentino criou então um dos desenhos mais conhecidos da arte ocidental, o Homem Vitruviano. Nele, a distância entre as extremidades das mãos (com os braços na perpendicular) é igual à altura do indivíduo. Quando este eleva os braços e abre as pernas, inscreve-se num círculo, cujo centro se localiza no umbigo. Aqui, mais uma vez, a razão entre a altura do indivíduo e a do umbigo é a áurea: $\phi = 1,618...$ (ATALAY, 2009).

Embora Boyer (1974) não analise especificamente o trabalho de Da Vinci, sua discussão sobre a evolução da noção de proporção, desde os pitagóricos até as formulações renascentistas, permite reconhecer o pano de fundo teórico desse esforço. A ideia de que há relações numéricas harmônicas, como as que regem os intervalos musicais ou a chamada seção áurea, é integrada, no Renascimento, a uma visão de mundo em que o corpo humano é considerado microcosmo, isto é, pequena imagem do cosmos. As proporções do corpo seriam, portanto, manifestações locais de leis universais. O artista, ao estudá-las e aplicá-las, realiza um trabalho que é, ao mesmo tempo, estético e cognitivo: ele imagina matematicamente o corpo enquanto o representa.

Artistas do norte da Europa, levam esse programa ainda mais longe, sistematizando o estudo das proporções em tratados que conjugam texto, diagramas e figuras geométricas. Proença (2010), ao abordar o Renascimento alemão, observa o não contentamento em pintar, mas em escrever sobre as proporções do corpo e sobre a construção de figuras utilizando grelhas e módulos. Essa atitude é característica de um momento em que a arte se aproxima do discurso

científico, incorporando o vocabulário e os procedimentos da matemática, decompondo o corpo em uma espécie de coordenadas; diferentes tipos de figura humana (mais alongada, mais robusta) correspondem a variações paramétricas no mesmo esquema. Boyer (1974) compara com a representação de relações algébricas por segmentos de reta e figuras, verificando afinidades entre a prática do artista e a prática do matemático. Em ambos os casos, trata-se de traduzir relações mensuráveis em construções visuais.

A própria concepção de espaço urbano e arquitetônico no Renascimento é profundamente marcada por essa matematização. Proença (2010) destaca a importância de arquitetos na constituição de uma linguagem arquitetônica que valoriza a simetria, a repetição modular e o uso de plantas centradas. As plantas das vilas, por exemplo, muitas vezes se organizam segundo esquemas geométricos simples – quadrados, retângulos em proporções específicas, círculos – combinados de maneira a criar conjuntos harmônicos. Embora Boyer (1974) se concentre mais na história interna da matemática do que em suas aplicações arquitetônicas, seu exame das proporções e da seção áurea ajuda a compreender a lógica subjacente a essas composições. Não se trata apenas de “decorar” com formas regulares, mas de sustentar a construção em relações numéricas que são consideradas, elas mesmas, belas.

Na pintura, a geometria não se limita à perspectiva linear. Leonardo da Vinci, por exemplo, aprofunda a relação entre arte e ciência ao estudar a propagação da luz, as gradações de sombra e a deformação atmosférica das cores. Atalay (2009) menciona a preocupação de Leonardo em representar não apenas volumes sólidos, mas também a atmosfera, os efeitos da distância sobre a nitidez dos contornos e a intensidade cromática. Esses estudos, que hoje reconheceríamos como pertencentes à óptica física, são orientados por uma visão matematizada da natureza: a variação de luminosidade e de cor em função da distância pode ser pensada em termos de funções, ainda que Leonardo não disponha do aparato formal do cálculo. Quando insere essas descobertas em suas pinturas, ele está, de fato, articulando uma ciência da visão e uma poética da imagem.

Outro campo em que a relação entre arte e matemática se manifesta é o das experiências com anamorfose e projeções distorcidas, que ganham força na transição do Renascimento para o Maneirismo. Proença (2010), ao tratar das tendências mais experimentais do período, menciona a busca por soluções visuais que colocam à prova a percepção do espectador. Por mais que Boyer (1974) situe o desenvolvimento sistemático da geometria projetiva em um momento posterior, seus apontamentos sobre as transformações da geometria mostram que, já no Renascimento, a ideia de que formas podem mudar radicalmente de aparência dependendo do ponto de vista está em circulação. A arte explora, assim, as consequências visuais de

princípios geométricos: retas que se curvam sob determinadas projeções, figuras que só se “corrigem” quando vistas de ângulos específicos, superfícies planas que sugerem volumes impossíveis.

Se considerarmos o conjunto desses fenômenos, é possível perceber que o reencontro entre arte e matemática no Renascimento se dá em pelo menos três níveis interligados. Em primeiro lugar, há um nível técnico: a matemática fornece aos artistas instrumentos concretos: regras de perspectiva, esquemas proporcionais, cálculos de estrutura, que ampliam enormemente suas possibilidades de representação e construção. Em segundo lugar, há um nível epistemológico: artística e matematicamente, trata-se de conhecer o mundo por meio de modelos. Seja ao desenhar um corpo segundo proporções fixas, seja ao projetar um edifício com base em módulos, o artista renascentista participa do esforço geral de formular leis universais que expliquem a ordem do real. Em terceiro lugar, há um nível simbólico: formas geométricas e proporções numéricas são carregadas de significados metafísicos e teológicos, o círculo remete ao infinito e ao divino, o quadrado à estabilidade e ao terreno, o triângulo à perfeição e, muitas vezes, à Trindade. A matemática é, simultaneamente, ciência da medida e linguagem do sagrado (BOYER, 1974; PROENÇA, 2010).

Proença (2008) caracteriza o artista renascentista, em muitos casos, como um intelectual, alguém que transita entre oficinas e bibliotecas, que lê tratados de arquitetura, filosofia e matemática, que escreve seus próprios textos. Leonardo da Vinci, Michelangelo, cada um a seu modo, encarnam esse novo tipo de criador, para o qual desenhar é também investigar, medir, calcular, experimentar. Boyer (1974), ao narrar a história da matemática, mostra como, reciprocamente, matemáticos e astrônomos desse período se aproximam da sensibilidade visual própria da arte, que se interroga sobre a beleza das órbitas planetárias e dos sólidos, mostram que a matemática também se deixa afetar por padrões estéticos.

Em síntese, o Renascimento configura um momento de confluência entre arte e ciência em que a matemática ocupa lugar central na redefinição tanto do fazer artístico quanto da compreensão filosófica da beleza. Ao introduzir a perspectiva como método rigoroso de construção do espaço, ao submeter o corpo humano a estudos de proporção e módulo, ao conceber edifícios segundo esquemas geométricos e numéricos, o período reata e aprofunda uma relação entre forma e número que remonta à Grécia, mas que agora assume caráter explícito e sistemático. Como resultante dessa síntese, a arte renascentista não é apenas realista, ela é também mais reflexiva, na medida em que torna visível uma concepção matematizada do mundo. A matemática, por sua vez, ao dialogar com problemas de representação visual e de construção arquitetônica, enriquece-se e prepara o terreno para as grandes transformações da

ciência moderna. O reencontro entre arte e matemática, no Renascimento, é, assim, um dos momentos decisivos na constituição da racionalidade ocidental.

3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A TEORIA AUSUBELIANA

“A escola é um cárcere para meninos.
O crime de todos é a pouca idade
e por isso os carcereiros
lhes dão castigos”.

Esta seção tem a finalidade de apresentar aspectos centrais da Teoria da Aprendizagem e expor as contribuições deste modelo teórico para o ensino e a aprendizagem. A expressão “aprendizagem significativa” é utilizada rotineiramente no contexto educacional sem as devidas considerações a teoria de aprendizagem proposta por Ausubel. Na tentativa de caracterizar a teoria ausubeliana de aprendizagem e relacioná-la com as relações entre a Arte e a Matemática construímos esta seção narrando momentos da história educativa do teórico na tentativa de desnudar o conceito e apresentar contribuições ao processo de ensino e de aprendizagem.

3.1 Conhecendo David Paul Ausubel e sua história educativa

David Ausubel (1918-2008), norte-americano nascido no Brooklin em Nova Iorque, USA. Descendente de imigrantes judeus da Europa Central nasceu em um momento histórico onde a população judia sofria uma série de perseguições, denominados Pogroms¹³. Teve sua história de vida atrelada aos horrores sofridos pelos judeus. Uma marca característica de Ausubel é sua insatisfação com a educação, narra ter sofrido inúmeros castigos e humilhações no ambiente escolar, concebendo a visão da educação como violenta (FERNANDES, 2011).

Gold (1944) citado por Distler (2015, p. 193) retrata um pouco dessa educação ofertada aos judeus da época, caso de David Ausubel.

“A escola era cárcere de meninos. O crime de todos é a pouca idade e por isso os carcereiros lhe dão castigos (...). Escandalizou-se com um palavrão que eu, patife de seis anos, empreguei certo dia. Com sabão de lixívia lavou-me a boca. Submeti-me. Fiquei em pé num canto o dia inteiro, para servir de escarmento a uma classe de cinquenta meninos assustados. (...) Comer sabão é desagradável. Mas meus pais protestaram porque o sabão era feito de sebo cristão e não de kosher. Eu fora também obrigado a comer carne de porco: isso é crime contra lei mosaica”.

¹³ *Pogrom* é uma palavra russa que significa "causar estragos, destruir violentamente". Historicamente, o termo refere-se aos violentos ataques físicos da população em geral contra os judeus, tanto no império russo como em outros países. Acredita-se que o primeiro incidente deste tipo a ser rotulado pogrom foi um tumulto anti-semita ocorrido na cidade de Odessa em 1821. Como termo descritivo, a palavra "pogrom" tornou-se de uso comum durante as grandes revoltas anti-semitas que aconteceram na Ucrânia e no sul da Rússia, entre 1881 e 1884, após o assassinato do Czar Alexandre II. Durante o período do nazismo na Alemanha e no leste europeu, assim como havia acontecido na Rússia Czarista, os pretextos para os pogroms eram ressentimentos econômicos, sociais, e políticos contra os judeus, reforçando o já tradicional anti-semitismo religioso. Fonte: HolocaustEncyclopedia. Disponível em: <https://encyclopedia.ushmm.org/content/pt-br/article/pogroms> acesso em: 25/11/2018.

Esses processos traumáticos vivenciados por Ausubel o direcionam a educação, inicialmente, se forma em Psicologia (1939) e mais tarde em Medicina (1943), pratica medicina como cirurgião assistente e psiquiatra na saúde pública dos Estados Unidos por algum tempo, e depois da segunda guerra mundial (1945) foi designado pela ONU Organização das Nações Unidas (ONU) a prestar auxílio médico na cidade de Estugarda (Stuttgart) na Alemanha as pessoas denominadas deslocadas¹⁴, mais tarde Obtém o doutorado em Psicologia do desenvolvimento na Universidade de Colômbia.

Em 1950 inicia suas pesquisas no campo da psicologia cognitiva, publicando extensivamente nessa área junto a Universidade de Ilinois, foi professor visitante em diversas universidades européias, dentre elas, em Berna na Suíça, na universidade Salesiana em Roma e na Universidade de Munique, exerceu com muita atividade a docência. Foi diretor do Departamento de Psicologia Educacional pela Universidade de Nova York (DISTLER, 2015).

3.2 Ausubel e a Teoria Cognitiva

Para compreendermos a teoria proposta por David Ausubel precisaremos entender os tipos gerais de aprendizagem, sendo elas, a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. Para Mahoney e Almeida (2005) o processo de ensino e de aprendizagem é o recurso essencial do docente, esse entendimento, e o papel da afetividade ao longo desse processo, promovem importantes benefícios a educação e deve constar em programas de formação de professores.

A integração entre o domínio cognitivo, afetivo e psicomotor é de fundamental importância para o desenvolvimento do potencial de cada indivíduo, estando diretamente ligado ao meio em que está inserido.

O meio é um complemento indispensável ao ser vivo. Ele deverá corresponder a suas necessidades e as suas aptidões sensório-motoras e, depois, psicomotoras(...) Não é menos verdadeiro que a sociedade coloca o homem em presença de novos meios, novas necessidades e novos recursos que aumentam possibilidades de evolução e diferenciação individual. A constituição biológica da criança, ao nascer, não será a única lei de seu destino posterior. Seus efeitos podem ser amplamente transformados pelas circunstâncias de sua existência, da qual não se exclui a possibilidade de escolha pessoal(...). Os meios em que vive a criança e aqueles com que ela sonha constituem a “forma” que amolda a pessoa. Não se trata de uma marca aceita passivamente (Wallon, 1975, p. 164,165,167)

Os domínios funcionais são responsáveis para explicar as questões psíquicas, didaticamente define o que é inseparável: a própria pessoa. O domínio afetivo proporciona as funções referentes à paixão, aos sentimentos e as emoções. O domínio psicomotor é

¹⁴ Refugiados da Europa oriental e prisioneiros dos campos de concentração.

caracterizado pela possibilidade de movimentação do corpo no tempo e no espaço, as posturas que garantem o equilíbrio corporal, bem como, os estímulos para as emoções e sentimentos se expressarem. Já o domínio cognitivo desempenha funções que promovem a aquisição do conhecimento por meio de imagens, ideias, representações e informações, permitindo analisar e (re)ver o passado, definir e meditar sobre o presente e planejar o futuro (MAHONEY; ALMEIDA, 2005).

Moreira e Masini (2001) afirmam que as decisões possuem uma dualidade entre o querer e o dever. O dever está intimamente ligado ao que julgamos como certo e é imposto por um hábito estabelecido, ou seja, aquilo que a maioria pensa, e consideramos que se a maioria costuma fazer, está correto. Esse comportamento demonstra o ímpeto do ser humano em abdicar de sua visão particular do mundo em prol de um pensamento constituído, essa atitude se deve ao que chamamos de consciência. A Psicologia, nessa perspectiva, dedica ao estudo do dinamismo da consciência, de como a humanidade estabelece sua relação com o mundo, estuda suas ações e a tomada de consciência em virtude delas. O ato da consciência estabelece a identidade do indivíduo. O cognitivismo de Ausubel visa entender a formação dos significados em nível da consciência.

A teoria de ensino proposta por Ausubel é a união de saberes que o estudante adquire ao longo da vida. A esta união de saberes, Ausubel nomeia como estrutura cognitiva e, o entende como elemento mais importante que o professor deve considerar durante o processo de ensino e aprendizagem. O professor deve dar atenção ao conteúdo, bem como, para a organização desse conteúdo buscando estabelecer uma estrutura cognitiva. O conteúdo assimilado por meio dessa estrutura cognitiva em virtude de uma ordem hierárquica, onde os conceitos mais abrangentes se sobrepõem aos conceitos com menor expansão (ARAGÃO, 1973).

Teorias propostas por Ausubel são baseadas nos aspectos cognitivos da aprendizagem e dos conteúdos acadêmicos, por não dar a devida atenção a outros domínios da aprendizagem (afetivo e psicomotor), muitos pesquisadores questionaram seu trabalho. Novak, amigo de Ausubel, foi responsável por sistematizar, aperfeiçoar e dar publicidade aos fundamentos dessa teoria, incluindo os aspectos afetivos e possibilitando um caráter mais humanista à teoria de ausubeliana. Novak desvelou a teoria de Ausubel, considerando que a teoria da aprendizagem significativa aborda de forma construtiva o pensamento, o sentimento e a ação que direciona o engrandecimento humano (MOREIRA, 2006).

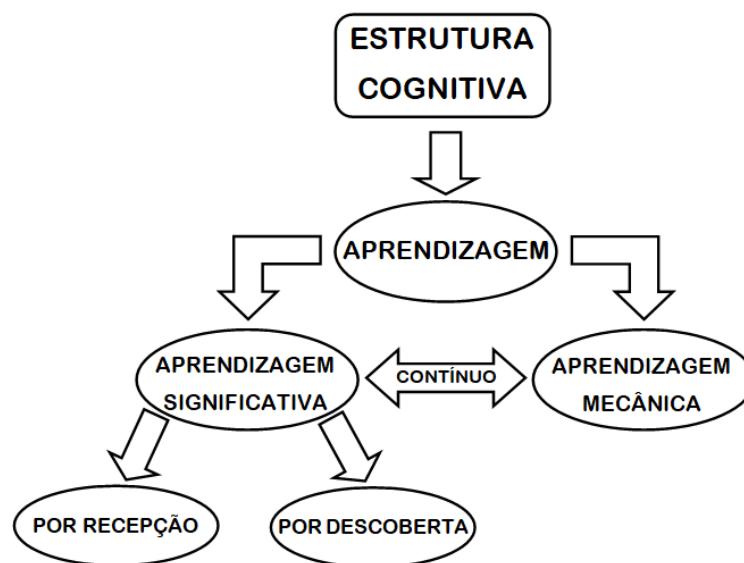
Ausubel foi discípulo do suíço Jean Piaget, suas teorias trouxeram como direcionamento referências de Piaget em relação ao conhecimento em genética. Confrontando os estudos, percebemos que Ausubel foca seus estudos na perspectiva de uma aprendizagem sistematizada,

acredita no ato de aprender por meio de descobertas, como Piaget, valorizado mais a exposição, dentro da prática de ensino. Ausubel é visto, assim como Piaget e Novak, um dos grandes nomes da linha cognitivista. Defende que o indivíduo elabora definições em relação ao seu meio; dedica ao processo de entendimento, adaptação e retém os conhecimentos envolvidos nas situações de aprendizagem, procurando sistematizar esse processo (DISTLER, 2015).

Moreira (1999) considera que Ausubel caracteriza a aprendizagem como a ampliação da estrutura cognitiva em virtude da aquisição de novos conhecimentos, essa aprendizagem oscila entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, de acordo com o tipo de relação estabelecida entre os saberes dentro da estrutura cognitiva de cada indivíduo.

Ausubel enfatiza primordialmente a aprendizagem cognitiva, trataremos a seguir de como ocorre esse tipo de aprendizagem e também de sua compreensão a respeito, inicialmente apresentaremos o conceito geral de aprendizagem utilizando a estrutura cognitiva proposta por Ausubel (mapa conceitual 1).

Figura 2 – Mapa Conceitual da Estrutura Cognitiva proposta por Ausubel



Fonte: Pivatto e Schuhmacher (2013, p.198), adaptado pelo autor.

De acordo com Ausubel a estrutura cognitiva é o conteúdo total e organizado do indivíduo, constituído por tudo aquilo que foi aprendido, é o conjunto de informações, ideias e conceitos. Toda essa gama de conteúdo é organizada, e segue em geral uma hierarquia de conceitos, que vão dos conceitos mais gerais para os mais específicos, a esse conjunto de informações denominamos estrutura cognitiva.

[...]Por exemplo, ao falar em “aquilo que o aprendiz já sabe” Ausubel está se referindo à “estrutura cognitiva”, ou seja, ao conteúdo total e organização das idéias do indivíduo, ou no contexto da aprendizagem de determinado assunto, o conteúdo e a

organização de suas idéias nessa área particular de conhecimentos. Além disso, para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem subsequente é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa, isto é, de maneira não arbitrária e não literal. Outro aspecto que deve, desde já, ser esclarecido é que a idéia de que “aquilo que o aprendiz já sabe” não é simplesmente a idéia de pré-requisito[...] (MOREIRA, 2006, p. 13-14).

Outro ponto importante que devemos destacar, é que na visão de Ausubel a aprendizagem acontece com a aquisição, o armazenamento, e a organização das ideias pelo indivíduo. Dentro de um contexto de aprendizagem, sejam acadêmicos ou não, o primeiro contato com a informação caracteriza a aquisição, no processo de armazenamento envolvem as questões psicológicas da memória, como a atenção e o pensamento, entendendo que a estrutura cognitiva se organiza de modo hierárquico, essa organização prévia e hierarquizada ocorre fazendo com que as ideias se intercalem de acordo com a relação que é estabelecida entre elas, essas são as principais características da estrutura cognitiva.

A estrutura cognitiva é o constructo fundamental da teoria de Ausubel para explicar a aprendizagem e a retenção. Ela é, por hipótese, uma estrutura piramidal, hierarquicamente organizada em termos de *traços* conceptuais altamente inclusivos (sistema conceptual relevante mais inclusivo) sob os quais são *subsumidos* traços de sub-conceitos menos inclusivos, bem como dados de informação específica. O constructo hipotético – traço – é usado para explicar a representação contínua da experiência anterior no sistema nervoso e na estrutura cognitiva atual. Assim, a organização do conteúdo de uma dada disciplina no indivíduo consiste nessa estrutura hierárquica, na qual os conceitos mais inclusivos e menos diferenciados ocupam uma posição *ápice* e subsumem *progressivamente* sub-conceitos menos inclusivos e mais *diferenciados*, e dados factuais (ARAGÃO, 1976, p.13).

Para Moreira e Masini (2001), na estrutura cognitiva se ancoram e se reordenam novos conceitos e ideias que o indivíduo vai progressivamente internalizando, conseqüentemente, aprendendo. Desse modo a estrutura cognitiva está intimamente ligada ao conceito de aprendizagem. A aprendizagem consiste na ampliação da estrutura cognitiva por meio da incorporação de novas ideias, ou seja, na medida em se aprende amplia a estrutura cognitiva, por meio da inserção e incorporação de ideias ou conceitos novos a estrutura já existente, claro que, depende do tipo de relacionamento que se estabelece entre as ideias já existentes nessa estrutura. As novas informações que serão internalizadas na estrutura, em virtude do relacionamento estabelecido, poderão originar um aprendizado que varia do mecânico ao significativo.

3.2.1 Aprendizagem Mecânica e/ou Aprendizagem Significativa

Ausubel (1973, p. 23) entende aprendizagem mecânica como a que localiza pouca ou nenhuma informação na estrutura cognitiva dos estudantes, desse modo não possibilita uma

relação com a cognição, não viabilizando a interação entre o que foi armazenado e os novos conhecimentos. Assim, quando os novos conhecimentos são estudados sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, o estudante decora fórmulas e leis, mas as perde tão logo realiza a avaliação.

Nesse sentido, a aprendizagem mecânica é necessária para os estudantes, no caso da apresentação de conceitos novos, transformando-os, posteriormente, em aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (1973), a aprendizagem torna-se mais significativa à medida que a nova informação é agrupada às estruturas de conhecimento do educando, passando a ganhar sentido mediante a relação com seu conhecimento prévio (SILVA; SCHIRLO, 2014, p.40).

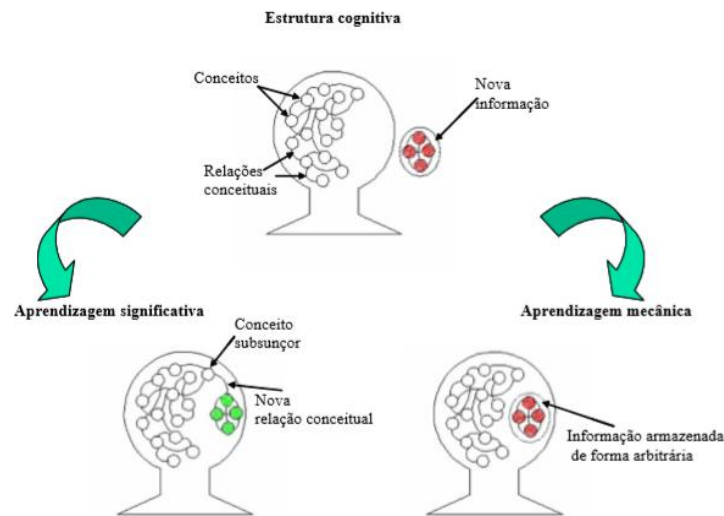
Em contraponto, Moreira (2006, p.15) conceitua Aprendizagem Significativa do seguinte modo:

Pode-se então dizer que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas idéias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos), na medida em que outras idéias, conceitos, proposições, relevantes e inclusivos estejam, adequadamente claros e disponíveis, na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras.

Aprendizagem Significativa é o processo onde uma nova informação se relaciona/interage com um aspecto relevante da Estrutura de conhecimento do indivíduo, no conhecimento desse indivíduo existe um aspecto relevante que liga com essa nova informação, esse aspecto relevante é chamado subsunçor e estabelece uma relação de inclusão, por que permite que essa nova informação seja incluída na estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 2001).

Ocorre quando essas novas ideias se relacionam de uma forma não arbitrária e substantiva com as ideias já existentes. De modo análogo uma ideia “A” que está na estrutura cognitiva de um determinado indivíduo e uma nova informação “b” que pretende se relacionar com a ideia pré-existente: o conceito subsunçor, também conhecido como inclusor. A relação não é feita de forma arbitrária, o que significa, que existe uma relação e ela se dá de maneira explícita entre a nova informação e algum conceito existente na estrutura cognitiva do indivíduo, conforme demonstra a Figura 1. Essa relação não é feita a força e muito menos não de forma mecânica, existe uma relação lógica entre a nova informação e esse conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006).

Figura 3 - Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica



Fonte: TEIXEIRA et al, 2004.

Aragão (1976, p.14) explicita o conceito subsunção (subsunçor):

É a *subsunção* – entendida como processo de inclusão de novo material (potencialmente significativo) na estrutura cognitiva do indivíduo, através do *relacionamento* desse material com algum elemento relevante, mais inclusivo, da estrutura – que explica:

- a) a aquisição de novos significados – o acréscimo de conhecimento;
- b) a extensão do período de retenção de significados;
- c) a estrutura hierárquica do conhecimento;
- d) a ocorrência eventual de esquecimento.

A Aprendizagem também precisa ser substantiva, ou seja, uma vez aprendido determinado conteúdo, o indivíduo consegue explicá-lo com suas próprias palavras, em virtude do aprendizado significativo de determinada informação ou ideia e utiliza o mesmo conceito, porém, as expressões utilizadas para a explicação apresentam linguagem sinônima e transmitem o mesmo significado, não sendo necessária a reprodução da mesma linguagem. Destacamos a importância de que a linguagem expressa seja sinônima ou tenha o mesmo significado, não precisa ser igual nem decorar a informação (MOREIRA, 2006).

Ausubel sustenta particularidades entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica por serem duas formas de aprendizagem distintas, mas enfatiza que aprendizagem significativa não é oposta a aprendizagem mecânica. Na aprendizagem mecânica as novas ideias ou novas informações não se relacionam de forma lógica nem clara com nenhuma ideia existente na estrutura cognitiva (SILVA; SCHIRLO, 2014).

A aprendizagem mecânica não possui um conceito um ponto de ancoragem (subsunçor), onde a nova informação possa se ancorar, essa ideia ou nova informação pode ser incorporada a estrutura cognitiva de um modo mecânico, decorado, dessa maneira o conceito é armazenado

de forma arbitrária, diferencia da aprendizagem significativa, por não apresentar nem flexibilidade e nem longevidade no uso. A utilização dessa informação possui uma finalidade específica, permanecendo na memória por pouco tempo (MOREIRA, 2006).

3.2.2 Aprendizagem Significativa: por recepção e/ou por descoberta

Pelizzari *et al* (2001, p. 39) tece algumas considerações iniciais a respeito da aprendizagem significativa por recepção e/ou descoberta destacando-as como primeiro eixo de organização da aprendizagem:

O primeiro é o eixo relativo à maneira de organizar o processo de aprendizagem e a estrutura em torno da dimensão aprendizagem por descoberta/aprendizagem receptiva. Essa dimensão refere-se à maneira como o aluno recebe os conteúdos que deve aprender: quanto mais se aproxima do pólo de aprendizagem por descoberta, mais esses conteúdos são recebidos de modo não completamente acabado e o aluno deve defini-los ou “descobri-los” antes de assimilá-los; inversamente, quanto mais se aproxima do pólo da aprendizagem receptiva, mais os conteúdos a serem aprendidos são dados ao aluno em forma final, já acabada.

A aprendizagem pode ser processada de diversas formas, a primeira delas seria a aprendizagem por recepção, tudo que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz na forma final, desse modo, esse processamento da informação pode ocorrer por meio de um livro, de uma aula, de um filme e/ou de um jogo, existem várias maneiras de acontecer a aprendizagem por recepção. A aprendizagem por recepção não significa passividade no processo de aprendizagem, quando o indivíduo assiste a uma aula, um filme e/ou uma palestra não fica passivo em relação a eles, isso ocorre porque na estrutura cognitiva do indivíduo possui subsunçores que interagem com o conteúdo que foi tema da aula, filme e/ou palestra, o indivíduo agrega essa nova informação a estrutura cognitiva, a informação interage sendo aprendida e internalizada (SILVA; SCHIRLO, 2014).

O outro tipo de processamento da aprendizagem é a aprendizagem por descoberta, nela o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo estudante, neste contexto o estudante ao invés de receber, descobre a informação, também na mesma dinâmica, podendo ocorrer por de uma aula e/ou um filme que trabalhe determinado conceito e a partir da aula e/ou filme que assistiu, o estudante estabelece o primeiro contato com esse novo conceito ou nova ideia (SILVA; SCHIRLO, 2014).

A distinção estabelecida, anteriormente, entre aprendizagem significativa e mecânica não deve ser confundida com a distinção entre aprendizagem “por descoberta” e “por recepção” (receptiva). Segundo Ausubel, na aprendizagem receptiva o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto na aprendizagem por descoberta, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto estabelecer ligações a conceitos subsunçores relevantes já

existentes na estrutura cognitiva. Isto é, por recepção ou por descoberta, a aprendizagem só é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se o novo conteúdo se incorpora, de forma não arbitrária e não literal, à estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006, p. 17).

Apresentamos um esquema geral da Aprendizagem com a finalidade de compreender esse processo. Ausubel (1980, p. 137) sintetiza a psicologia educacional do seguinte modo: “se quiséssemos reduzir a psicologia educacional em um único princípio este seria: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos”. Destina aos professores esses dizeres como chave para entender o processo a Aprendizagem, aconselha que antes de ensinar o professor deve conhecer os saberes prévios dos estudantes. Novas ideias e/ou informações serão aprendidas e retidas na medida em que esses conceitos se tornam relevantes e inclusivos. Conceitos disponíveis na estrutura cognitiva funcionam como pontos de ancoragem para novas ideias e conceitos.

3.3 Teoria da Aprendizagem Significativa

Para tratarmos da estrutura cognitiva proposta por David Ausubel adentramos um pouco no conceito de Aprendizagem Significativa, entendemos quando esse tipo de aprendizagem ocorre por recepção e/ou também por descoberta, compreendemos o conceito de subsunção e o denominamos ponto de ancoragem do conhecimento. (Re)tratados esses conceitos básicos para a definição da teoria ausubeliana de Aprendizagem Significativa dedicaremos essa subseção para abordar os conceitos mais específicos da teoria.

3.3.1 Circunstâncias propícias para acontecer uma Aprendizagem Significativa

Uma das principais características da aprendizagem significativa é a existência de pontos de ancoragem, ou seja, os subsunções. Uma das condições para que aconteça a aprendizagem significativa é que a informação ou ideia a ser aprendida tenha relação com a estrutura cognitiva do indivíduo, ocorrendo com um fundamento lógico, mas sem um tratamento muito rigoroso.

Ausubel (1978, p.41) define a essência de sua teoria:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunção) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa.

Para que um determinado conceito, ideia ou informação possua potencial significativo envolve duas características primordiais, sendo elas: a natureza do conceito em detrimento da natureza da estrutura cognitiva, somente a relação entre essas duas naturezas podem determinar uma aprendizagem significativa. Entendido isso, precisamos estabelecer outras duas correlações coadjuvantes nessa condição para existir uma aprendizagem significativa, o significado lógico e o significado psicológico. O significado lógico diz respeito ao modo de organização de determinada informação/conteúdo/ideia para resultar em aprendizagem significativa, portanto esse significado lógico depende da natureza dessa informação, tendo um potencial de aprendizagem para alguns indivíduos e para outros não (MOREIRA, 2006).

O significado psicológico está intimamente ligado a estrutura cognitiva do indivíduo e sua relação com a natureza da informação, isso significa que a natureza dessa informação pode ter significado lógico, porém é a relação que ela estabelece com a estrutura cognitiva que promove a transformação do significado lógico para o psicológico. Deste modo para que se produza um significado psicológico não basta que a informação/conceito esteja bem sistematizada, mas que encontre na estrutura cognitiva de determinado indivíduo um ponto de ancoragem e a disponibilidade, por parte desse indivíduo, de construir novos subsunçores. Embora tenhamos tratado de significados psicológicos, isso não despreza a existência de outros significados, como os sociais que podem ser compartilhados por diferentes pessoas (MOREIRA, 2016).

Variáveis de caráter geral, na estrutura cognitiva, dizem respeito às propriedades organizacionais do conhecimento total do indivíduo numa determinada área, influenciando a sua futura realização acadêmica. Variáveis de caráter específico, por outro lado, são concernentes a propriedades organizacionais de conceitos dados recentemente e relevantes na estrutura cognitiva, que possibilitam a aprendizagem e retenção de unidades de novo conteúdo (ARAGÃO, 1976, p. 17).

Retornando as características de uma aprendizagem significativa, uma delas seria que as informações/conceitos possuam potencial significativo, a outra é que o indivíduo tenha disposição para relacionar esse novo conceito com a estrutura cognitiva. Ausubel (1978, p. 41) exemplifica usando a Física:

Um estudante pode aprender a Lei de Ohm, a qual indica que, num circuito, a corrente é diretamente proporcional à voltagem. Entretanto, essa proposição não será aprendida de maneira significativa a menos que o estudante já tenha adquirido, previamente, os significados dos conceitos de corrente, voltagem, resistência, proporcionalidade direta e inversa (satisfeitas estas condições, a proposição é potencialmente significativa, pois seu significado lógico é evidente), e a menos que tente relacionar estes significados como estão indicados na lei de Ohm.

No exemplo proposto por Ausubel, a Lei de Ohm caracteriza-se pela natureza da informação/conceito, e a maneira com que foi organizado o ensino desse conteúdo pelo

professor atribui a ele um significado lógico, o modo com que esse conteúdo será ensinado estabelece relações com a estrutura cognitiva dos estudantes constituindo assim o significado psicológico, em virtude da estrutura cognitiva com mais pontos de ancoragem e da dedicação de cada estudante, essas características apresentam relações cada vez mais contundentes.

3.3.2 Início de uma aprendizagem Significativa

Partindo da premissa de que a aprendizagem significativa se fundamenta no conceito de subsunção, recorremos a Aragão (1976, p. 13-14) para (re)tomar esse conceito:

[...]Desta forma, quando novo material entra no campo cognitivo do indivíduo, interage com um sistema conceptual relevante e mais inclusivo já estabelecido na estrutura cognitiva, e é devidamente subsumido por ele. É o fato de o material poder ser subsumível – relacionável com os elementos estáveis da estrutura cognitiva – que explica, para Ausubel, sua significação e torna possível o estabelecimento de relações significativas.

Para ocorrer a aprendizagem significativa é necessário que pontos de ancoragem (subsunçores) relevantes existam na estrutura cognitiva, esse é um dos princípios para que o as novas informações ancorem na estrutura cognitiva e desenvolvam uma aprendizagem potencialmente significativa. Mas precisamos entender como inicia esse processo, como são constituídos os primeiros subsunçores na estrutura cognitiva que permitam a aprendizagem significativa e a conquista de novos significados?

A relação do indivíduo com o meio onde está inserido é a principal resposta a esses questionamentos, por meio dessa relação ocorre de maneira gradual a obtenção de significados para signos ou símbolos. Podemos dizer que em especial nas crianças pequenas esse processo de construção de conceitos caracteriza um tipo de aprendizagem por descoberta, de modo peculiar a criança testa hipóteses e faz generalizações. Em idade escolar, grande parte delas já adquiriu subsídios necessários para a promoção da aprendizagem significativa por recepção (MOREIRA, 2016).

Por exemplo, na formação de conceitos, a criança adquire o conceito de "cachorro" por encontros sucessivos com cachorros, gatos, cavalos e outros animais até que possa generalizar os atributos criterios (essenciais) que constituem o conceito cultural de "cachorro" (e.g., o ato de latir). Já na assimilação de conceitos, embora, em crianças mais novas, o apoio empírico-concreto possa auxiliar nesse processo, atributos criterios de novos conceitos, a serem por elas assimilados significativamente, podem ser apresentados aos aprendizes, desde que o sejam em termos do que já existe em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006, p. 22).

Desse modo, percebemos que os pontos de ancoragem iniciais (subsunçores) são obtidos pela formação de conceitos, constituindo assim as relações necessárias para a apropriação de conceitos/informações, constituindo a estrutura cognitiva dessa criança. Para Ausubel (1978), a aquisição desses significados iniciais desencadeia o estabelecimento de signos e símbolos,

por meio da formação de conceitos, as aprendizagens significativas posteriores produzirão significados adicionais e novas relações entre os conceitos/ informações adquiridas anteriormente, compondo a estrutura cognitiva do indivíduo.

Outra questão, refere-se quando o estudante possui condições de aprender por recepção, ou seja, tem maturidade cognitiva para compreender conceitos por recepção, mas não apresenta pontos de ancoragem (subsunçores) necessários ao desenvolvimento da aprendizagem significativa.

Novak (1977a) apud Moreira e Mansini (2001), afirma que quando um indivíduo necessita adquirir novas informações/conceitos de determinada área de conhecimento da qual é totalmente alheio recorre-se a aprendizagem mecânica, de modo que alguns elementos dessa nova área de conhecimento se tornem relevantes as novas informações/conceitos, tornando-se assim subsunçores elementares. A partir do momento que essas informações se tornam significativas para os indivíduos, os pontos de ancoragem tornam-se cada vez mais elaborados servindo de ancoradouro para novas informações.

No entanto, Ausubel indica organizadores prévios como ancoradouro para novas informações/conhecimentos que resultem no desenvolvimento de subsunçores que promovam aprendizagem significativa. Esses organizadores prévios são apresentados antes ao próprio conceito, como um material introdutório, possuindo grau de aprofundamento, abrange de modo geral os conceitos a serem aprendidos, mas não apresentam caráter de introdução ou resumo, organizadores prévios oferecem ao estudante pontos de ancoragem necessários a determinada área de conhecimento.

Os organizadores prévios é um aspecto muito evidenciado pela teoria ausubeliana, trata-se de uma estratégia para preparar a estrutura cognitiva dos indivíduos com a finalidade de proporcionar aprendizagem significativa. Ausubel (1968) entende que a principal função de um organizador prévio é possibilitar a relação entre o que o estudante conhece com o que ele precisa compreender para efetivamente ocorrer à aprendizagem significativa. Os organizadores prévios ajudam na aprendizagem servindo como “ponte cognitiva”.

Podemos definir que a principal função de um organizador prévio é preencher o lapso entre o que o estudante sabe e o que precisa aprender, promovendo que a nova informação/conceito possa ser assimilado de modo significativo.

A principal função dos organizadores prévios é, então, a de preencher a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber, a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido de forma significativa. Fazem isso provendo uma moldura ideacional para a incorporação estável e a retenção do material mais detalhado e diferenciado que vem após, i.e.,

daquilo que deve ser aprendido, bem como aumentando a discriminabilidade, entre esse material e outro similar, ou ostensivamente conflitante, já incorporado à estrutura cognitiva. No caso de material relativamente não familiar, um organizador "expositório" é usado para prover subsunções relevantes aproximados. Estes subsunções sustentam uma relação superordenada com o novo material, fornecendo, em primeiro lugar, ancoradouro ideacional, em termos do que já é familiar ao aprendiz. Por outro lado, em se tratando de material relativamente familiar, um organizador "comparativo" é usado, tanto para integrar as novas idéias a conceitos, basicamente similares, existentes na estrutura cognitiva, como para aumentar a discriminabilidade entre idéias novas e outras já existentes, as quais são, essencialmente, diferentes apesar de parecerem similares a ponto de confundir.

O efeito facilitador dos organizadores prévios sobre a aprendizagem foi durante vários anos o aspecto mais pesquisado (embora não seja o mais importante) da teoria de Ausubel. Barnes e Clawson (1975), por exemplo, publicaram um trabalho no qual analisaram os resultados de 32 estudos sobre organizadores prévios. Os resultados dessas pesquisas, no entanto, não são conclusivos, ora acusando diferenças ora não. Em razão disso, Ausubel foi criticado no sentido de que sua definição de organizador prévio é um tanto vaga e, conseqüentemente, diferentes pesquisadores têm diferentes conceitos do que seja um organizador. Ausubel se defendeu dizendo que, além de definir organizadores em termos gerais e de dar um exemplo, não é possível ser mais específico, pois a construção de um organizador depende, sempre, da natureza do material de aprendizagem, da idade do aprendiz e do grau de familiaridade que este já tem com o assunto a ser aprendido. Não se pode, portanto, dizer, em termos absolutos, se um determinado material é, ou não, um organizador prévio.

Por exemplo, em um estudo conduzido por Ausubel (1960), no qual o material de aprendizagem tratava das propriedades metalúrgicas do aço carbônico, foi usado como organizador expositório um texto introdutório que enfatizava as principais diferenças e similaridades entre metais e ligas metálicas, suas respectivas vantagens e limitações e as razões de fabricação e uso de ligas metálicas. Esta passagem introdutória continha informações relevantes para o material de aprendizagem, porém foi apresentada em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Além disso, foi, cuidadosamente, constituída para não conter informações sobre o próprio material de aprendizagem, pois não é essa finalidade de um organizador.

Em um outro estudo, cujo material de aprendizagem era um texto sobre o budismo, Ausubel e Fitzgerald (1961) utilizaram como organizador comparativo um texto introdutório que apontava, explicitamente, as principais diferenças entre budismo e cristianismo, também

em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, com o objetivo de aumentar a discriminabilidade entre esses dois grupos de conceitos.

Cabe, todavia, registrar aqui que os organizadores prévios não, necessariamente, são textos escritos. Uma discussão, uma demonstração, ou, quem sabe, um filme ou um vídeo podem funcionar como organizador, dependendo da situação de aprendizagem.

3.4 Mapas conceituais e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, representa um marco na compreensão dos processos de ensino e aprendizagem ao enfatizar o papel central da estrutura cognitiva prévia do educando. Nessa perspectiva, aprender não significa acumular informações de forma mecânica, mas integrar novos significados a um conjunto já existente de conceitos, ideias e proposições organizados hierarquicamente na mente do sujeito (MOREIRA, 1999). Paralelamente, os mapas conceituais, sistematizados por Joseph Novak e colaboradores a partir da leitura de Ausubel, constituem instrumentos gráficos que visam representar e favorecer essa organização hierárquica e relacional do conhecimento. A articulação entre a teoria da aprendizagem significativa (TAS) e os mapas conceituais configura, assim, um quadro teórico-metodológico potente para compreender e orientar práticas pedagógicas voltadas para a construção de significados, e não apenas para a memorização de conteúdos (PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013). Trataremos, o conceito de mapa conceitual, seus usos no contexto educacional, as relações entre mapas conceituais e a TAS, bem como apresentar um percurso de construção de mapas conceituais coerente com os pressupostos ausubelianos.

3.4.1 Organização de conceitos e relações de significados

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel parte de uma afirmação que se tornou referência na literatura educacional: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe. Essa proposição desloca o foco de uma visão de ensino centrada exclusivamente na transmissão de conteúdos para uma perspectiva que valoriza a estrutura cognitiva prévia do sujeito (ARAGÃO, 1973). Essa estrutura é composta por conceitos mais gerais e inclusivos, denominados subsunçores, que funcionam como âncoras para a incorporação de novos significados. Quando o novo material encontra, nessa estrutura prévia, conceitos relevantes com os quais possa se relacionar de maneira não arbitrária e não literal, tem-se uma aprendizagem significativa; quando isso não ocorre, e o conteúdo é apenas

memorizado de forma literal e desconectada, caracteriza-se a aprendizagem mecânica (MOREIRA, 1999).

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor* existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999 p. 151).

A aprendizagem significativa, portanto, exige duas condições fundamentais: a primeira é que o material de ensino seja potencialmente significativo, isto é, logicamente organizado e compatível com o nível de desenvolvimento do aluno; a segunda é que o estudante manifeste uma disposição para aprender significativamente, aceitando o desafio de relacionar o novo ao que já conhece. Ao professor cabe criar condições didáticas que favoreçam essa articulação, explicitando relações entre conceitos, utilizando exemplos adequados e mobilizando organizadores prévios. É importante ressaltar que, para Ausubel, o conhecimento se organiza de forma hierárquica, com conceitos mais abrangentes no topo e conceitos cada vez mais específicos em níveis inferiores. Esse caráter hierárquico da estrutura cognitiva é central, pois é precisamente essa organização que os mapas conceituais procuram tornar visível e trabalhável (MOREIRA; MASINI, 2001).

Os mapas conceituais, elaborados por Novak com base na teoria de Ausubel, podem ser definidos como representações gráficas que organizam conceitos e explicitam as relações de significado entre eles por meio de proposições. Em sua forma clássica, um mapa conceitual é composto por conceitos representados por palavras ou expressões curtas, usualmente colocados em figuras geométricas, conectados por linhas ou setas acompanhadas de palavras de ligação (MOREIRA, 2010). A unidade fundamental não é o conceito isolado, mas a proposição, entendida como a combinação de dois ou mais conceitos unidos por palavras de ligação que formam uma afirmação com sentido completo, mapas conceituais representam relações entre conceitos ou aprendizagem significativa depende de conhecimentos prévios relevantes. Essa ênfase na proposição diferencia os mapas conceituais de simples listas ou diagramas de palavras, pois o que se destaca não são apenas os termos, mas as relações de significado que os vinculam (PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

Outra característica central dos mapas conceituais é a organização hierárquica. Os conceitos mais gerais e inclusivos tendem a ser posicionados na parte superior ou central do mapa, enquanto conceitos intermediários e mais específicos são distribuídos em níveis

inferiores, compondo uma estrutura que reflete a lógica interna do campo conceitual em estudo (MOREIRA, 2010).

Embora normalmente tenham uma organização hierárquica e, muitas vezes, incluam setas, tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso (MOREIRA, 2010 p. 11).

Essa hierarquia permite visualizar relações de superordenação, subordinação e coordenação entre conceitos, dando forma gráfica à organização do conhecimento. Além da hierarquia, são importantes as relações cruzadas, que conectam conceitos situados em diferentes ramos do mapa e indicam a capacidade de o sujeito integrar áreas distintas do conhecimento. Tais relações cruzadas são particularmente indicativas de compreensão mais profunda, pois mostram que o estudante não pensa o conteúdo como um conjunto de blocos isolados, mas como uma rede de significados interligados. Por fim, os mapas conceituais possuem natureza dinâmica: não são produtos definitivos, mas artefatos em constante reelaboração, à medida que novos significados são adquiridos e a estrutura cognitiva se transforma (PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

3.4.2 Usos dos mapas conceituais no contexto educacional

No contexto educacional, os mapas conceituais podem ser utilizados em diferentes dimensões do processo de ensino e aprendizagem, assumindo funções de apoio ao ensino, à aprendizagem, à avaliação e à pesquisa. Do ponto de vista do professor, os mapas conceituais constituem ferramentas eficazes para a organização didática do conteúdo, permitindo explicitar, de forma visual, a estrutura lógica de um tema, os conceitos nucleares, as relações de dependência e os pré-requisitos conceituais. Nessa perspectiva, o mapa conceitual pode ser utilizado como organizador prévio, introduzindo uma visão geral e estruturada de determinado campo antes da abordagem de detalhes, o que se alinha diretamente à proposta ausubeliana de apresentar ideias mais gerais e inclusivas como suporte para a compreensão de ideias mais específicas (MOREIRA, 2006).

Sob a ótica do estudante, a construção de mapas conceituais caracteriza-se como uma estratégia de estudo ativo e reflexivo. Ao selecionar conceitos relevantes, hierarquizá-los, estabelecer conexões e formular proposições, o estudante é levado a compreender o material de modo mais profundo, pois precisa explicitar as relações entre ideias e não apenas reproduzir informações de forma literal. Durante esse processo, o próprio aluno pode identificar lacunas

em sua compreensão, perceber conceitos que domina pouco, reconhecer relações equivocadas ou frágeis e, a partir disso, reorientar seus estudos. Em atividades colaborativas, a elaboração conjunta de mapas conceituais favorece a negociação de significados, a argumentação e o desenvolvimento de competências metacognitivas, uma vez que os estudantes discutem e refletem sobre a forma como organizam e articulam seus conhecimentos (MOREIRA, 2010).

O uso de mapas conceituais elaborados e apresentados pelo professor dessa maneira corresponde à sua inserção em uma metodologia expositiva tradicional. A confecção e apresentação de mapas feitos por alunos enquadra-se em uma perspectiva construtivista interacionista social (MOREIRA, 2010).

Os mapas conceituais também têm um papel relevante na avaliação da aprendizagem. Diferentemente de instrumentos que medem apenas a lembrança de informações pontuais, os mapas permitem analisar a qualidade e a complexidade da estrutura conceitual elaborada pelo estudante. Ao avaliar um mapa conceitual, o professor pode observar se os conceitos-chave estão presentes, se as proposições são semanticamente corretas e se há relações cruzadas que indiquem integração de diferentes segmentos do conteúdo. A comparação de mapas elaborados em momentos distintos, como no início e ao final de um curso ou unidade, fornece indícios importantes sobre a evolução da compreensão do aluno, evidenciando processos de diferenciação e integração conceitual. Além disso, em contextos de pesquisa e de planejamento curricular, mapas conceituais podem ser utilizados para organizar teorias, categorias analíticas e sequências de conteúdos, contribuindo para a construção de currículos mais coerentes e para o delineamento de investigações em educação (PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

3.4.3 Relações entre mapas conceituais e a Teoria da Aprendizagem Significativa

As relações entre mapas conceituais e a teoria da aprendizagem significativa são de natureza estrutural, e não meramente instrumental. Novak concebe os mapas conceituais como uma forma de operacionalizar os princípios ausubelianos, sobretudo a ideia de que o conhecimento se organiza hierarquicamente e de que a aprendizagem ocorre pela ancoragem de novos significados em subsunçores. Nesse sentido, a disposição hierárquica dos mapas, com conceitos mais gerais em posição de destaque e conceitos específicos subordinados, espelha a concepção de estrutura cognitiva proposta por Ausubel. Os conceitos mais gerais, frequentemente posicionados no topo ou no centro do mapa, desempenham papel análogo ao dos subsunçores, pois são a partir deles que novos conceitos são ligados por meio de proposições, integrando-se à estrutura cognitiva do sujeito (MOREIRA, 2006).

Além da hierarquia, outros elementos centrais da TAS encontram expressão no uso de mapas conceituais. A noção de organizadores prévios, por exemplo, pode ser concretizada por meio de mapas iniciais que ofereçam ao estudante um panorama mais geral do campo de estudo, preparando a estrutura cognitiva para a assimilação de conteúdos mais específicos. O processo de diferenciação progressiva, descrito por Ausubel como a tendência a partir de conceitos mais gerais para a aquisição de conceitos cada vez mais específicos e diferenciados, manifesta-se nos mapas pela ampliação de ramos conceituais com níveis crescentes de detalhamento. Já a reconciliação integrativa, entendida como a integração de conceitos previamente separados ou pouco relacionados, aparece nas relações cruzadas entre diferentes segmentos do mapa, indicando que o estudante está estabelecendo conexões entre áreas do conhecimento antes percebidas como desconexas (PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

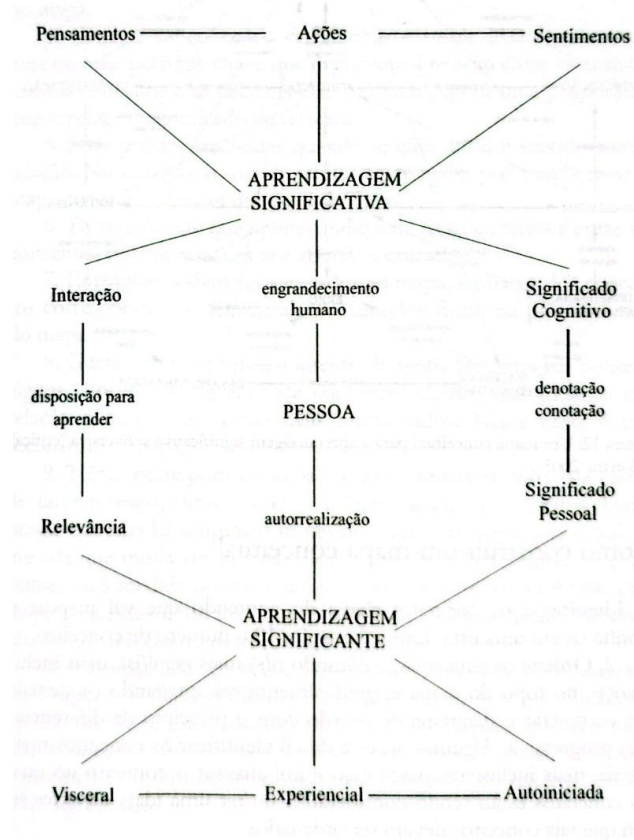
Nesse quadro, os mapas conceituais não apenas representam a aprendizagem significativa, mas também a favorecem. Ao ser desafiado a construir um mapa, o estudante precisa mobilizar seus subsunçores, relacionar o novo ao já conhecido, explicitar as relações entre conceitos e, frequentemente, reestruturar sua compreensão quando identifica incoerências ou lacunas. A evolução de um mapa conceitual ao longo do tempo, de representações simples e lineares para estruturas mais complexas e integradas, pode ser interpretada como um reflexo da modificação da própria estrutura cognitiva do sujeito. Dessa forma, os mapas conceituais podem ser concebidos, simultaneamente, como espelhos da aprendizagem significativa em curso e como instrumentos que a impulsionam (MOREIRA, 2010).

A construção de um mapa conceitual envolve um conjunto de etapas interligadas, que refletem processos cognitivos de análise, síntese e organização de ideias. O primeiro passo consiste na definição da questão focal ou do tema central do mapa, que pode ser formulado, por exemplo, como uma pergunta (o que é aprendizagem significativa?), um conceito abrangente (processo de pesquisa científica) ou um tópico de estudo (sistema solar). A clareza dessa questão focal é essencial para delimitar o universo conceitual a ser contemplado e evitar a dispersão. Em seguida, realiza-se um levantamento dos conceitos relevantes relacionados ao tema, a partir de leituras, aulas, discussões e conhecimentos prévios do próprio estudante. Nesse momento inicial, a preocupação principal é a abrangência da lista, que posteriormente será revisada para distinguir conceitos de exemplos e eliminar redundâncias (MOREIRA, 2010; PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

Após identificar os conceitos relevantes, passa-se à etapa de hierarquização. Nessa fase, os conceitos são analisados quanto ao grau de generalidade e inclusividade, determinando-se quais são mais gerais, quais ocupam um nível intermediário e quais são mais específicos. Esse

ordenamento pode ser feito em rascunho, organizando-se os termos em níveis antes da representação gráfica. A etapa seguinte envolve a construção do mapa propriamente dito: o conceito central ou mais geral é posicionado em destaque, geralmente no topo ou centro do esquema, e os demais conceitos são distribuídos de acordo com a hierarquia estabelecida. As conexões entre os conceitos são feitas com linhas ou setas, mas o elemento decisivo é a escolha das palavras de ligação, pois são elas que conferem sentido às relações. Cada conexão deve resultar em uma proposição clara e semanticamente correta quando lida na forma “conceito A – palavra de ligação – conceito B” (MOREIRA, 2010).

Figura 4 - Um mapa conceitual para aprendizagem significativa e aprendizagem significante



Fonte: Moreira, 2010, p.29.

Uma vez construída a estrutura hierárquica básica, é importante buscar relações cruzadas entre conceitos pertencentes a diferentes ramos do mapa, identificando possíveis vínculos significativos que indiquem integração do conhecimento. A inserção dessas relações cruzadas enriquece o mapa e evidencia níveis mais elevados de compreensão. Por fim, o mapa deve ser revisado e refinado: avaliam-se a pertinência dos conceitos incluídos, a precisão das palavras de ligação, a clareza das proposições e a coerência da organização geral. Em muitos casos, esse processo de revisão conduz à reconfiguração da hierarquia, à inclusão de novos conceitos decorrentes de aprendizagens adicionais ou à eliminação de elementos pouco

relevantes. Esse caráter iterativo da construção de mapas conceituais reforça seu estatuto de instrumento processual, que acompanha e favorece a evolução da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010).

3.4.4 Mapas conceituais e Aprendizagem Significativa: construindo redes de significados estáveis, articuladas e duradouras

A articulação entre a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e os mapas conceituais de Joseph Novak fornece um referencial teórico-metodológico robusto para repensar práticas de ensino, aprendizagem e avaliação. Ao destacar o papel central da estrutura cognitiva prévia e da organização hierárquica do conhecimento, a TAS oferece fundamentos para compreender por que a simples transmissão de informações, sem ancoragem em subsunçores, tende a gerar aprendizagem mecânica e pouco duradoura. Os mapas conceituais, por sua vez, concretizam graficamente essa visão, ao representar conceitos e proposições em uma estrutura hierárquica e relacional que torna visíveis os processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (MOREIRA, 2010).

Na medida em que os alunos utilizarem mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos, capítulos de livros, romances, experimentos de laboratório e outros materiais educativos do currículo, eles estarão usando o mapeamento conceitual como recurso de aprendizagem (MOREIRA, 2011, p. 128-129).

Quando utilizados de forma coerente com a teoria ausubeliana, os mapas conceituais deixam de ser apenas recursos visuais atraentes e assumem a função de mediadores da aprendizagem significativa. Eles auxiliam o professor na organização e apresentação de conteúdos, oferecem ao aluno uma estratégia de estudo ativo que exige compreensão e não mera memorização, e constituem instrumentos de avaliação qualitativa capazes de revelar a profundidade da compreensão conceitual. Ademais, o processo de construção e reconstrução de mapas permite acompanhar a transformação da estrutura cognitiva do sujeito, funcionando ao mesmo tempo como espelho e como motor da aprendizagem. Nesse sentido, integrar a teoria da aprendizagem significativa e os mapas conceituais ao planejamento e à prática pedagógica representa um caminho promissor para promover a construção de redes de significados mais estáveis, articuladas e duradouras (MOREIRA, 2010; PIVATTO; SCHUHMACHER, 2013).

4 PERCURSOS METODOLÓGICOS

A construção dos percursos metodológicos desta pesquisa segue algumas etapas que incidem na organização, no desenvolvimento, na verificação e na concepção das percepções do autor em relação entre a Arte presente nos LD de Matemática dos anos finais do Ensino fundamental do PNL D – 2020.

4.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa possui a abordagem qualitativa que na perspectiva de Guerra (2014), o pesquisador utiliza essa abordagem quando vislumbra o entendimento dos fatos que estuda, buscando entender os fenômenos a partir dos símbolos e significados atribuídos a ele. Dessa forma busca a interpretação segundo a subjetividade, sem se preocupar com a representação numérica, estudos estatísticos e relações sistêmicas de causas e efeitos. Enfatiza ainda que os adeptos desse tipo de pesquisa enaltecem a experiência humana valorizando a forma com que as pessoas interagem, interpretam e constroem sentidos.

Guerra (2004) enfatiza que a pesquisa qualitativa compreende, explana e interpreta as significações dos fenômenos para os indivíduos e para a sociedade. O método qualitativo é apropriado a pesquisas da história, das representações culturais, das relações, das percepções e conceitos, ou seja, dos frutos das significações que a humanidade faz durante sua existência, da forma como edificam seus elementos materiais e a si mesmos, sentem e pensam.

Conforme Chizzotti (1998, p.79), este tipo de pesquisa permite uma leitura da realidade, visto que:

A abordagem qualitativa parte do fundamento de que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, uma interdependência viva entre o sujeito e o objeto, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. O conhecimento não se reduz a um rol de dados isolados, conectados por uma teoria explicativa; o sujeito-observador é parte integrante do processo de conhecimento e interpreta os fenômenos, atribuindo lhes um significado. O objeto não é um dado inerte e neutro, está possuído de significados e relações que sujeitos concretos criam em suas ações.

A opção feita pela abordagem qualitativa se deu em virtude do trabalho versar sobre questões como a subjetividade, complexidade e as relações com a prática educativa. De acordo com Kipnis (2005), a pesquisa qualitativa possui as seguintes características: a) enquanto investigação teórica entende que a natureza da realidade é subjetiva e diversa; b) do ponto de vista do conhecimento epistêmico valoriza a interação entre o pesquisador e os fenômenos pesquisados; c) compreende que o pesquisador não está isento de valores e princípios; d) em

relação à retórica, a linguagem usada é sem formalidades, sem muita precisão e usa palavras qualitativas; e) quanto à metodologia, os procedimentos da pesquisa são indutivos e interpretativos. Indica as características em consequência das situações identificadas ao longo da pesquisa. Tem como base o contexto, permitindo o desenvolvimento de teorias e normas para o entendimento do fenômeno.

A pesquisa básica trata de trabalhos e pesquisas que visam, especialmente, responder questões para desenvolver o conhecimento que temos do mundo e tudo o que o forma. De acordo com Gil (2007), a estudo científico básico deve ser motivado pela curiosidade e suas descobertas devem ser divulgadas para toda a comunidade, possibilitando assim a transmissão e debate do conhecimento. Silveira e Córdova (2009, p.35) asseveram que a pesquisa básica “Objetiva gerar conhecimentos novos, úteis para o avanço da Ciência, sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais.”

Este tipo de pesquisa visa proporcionar maior familiaridade com a problemática, permitindo que o objeto de estudo se torne o mais claro e explícito possível ou possibilite a construção de hipóteses. Grande parte dos estudos é constituído por: a) revisão bibliográfica; b) entrevistas/questionários com indivíduos que tiveram vivências com o problema estudado; e c) apreciação de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007). As pesquisas exploratórias em geral podem ser classificadas como: estudo bibliográfico e estudo de caso (GIL, 2007).

Na primeira etapa faremos uma pesquisa bibliográfica pautada nas relações entre arte e matemática e humanidade.

A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente dos registros anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir das contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos. (SEVERINO, 2007, p. 122)

O principal ganho ao se realizar uma pesquisa bibliográfica está no fato de proporcionar ao pesquisador a percepção de uma infinidade de fenômenos, possibilitando uma visão mais ampla de seu objeto de estudo. Importa ao investigador analisar com profundidade cada informação para mensurar possíveis contradições ou incoerências, perceber as condições em que os dados foram obtidos, buscando diversificar suas fontes, ponderando-as com muita cautela. (GIL, 2002)

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre

o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32).

4.2 O deslindar metodológico

A presente pesquisa foi realizada em quatro fases: na introdução é apresentado o percurso formativo do autor e as motivações para a realização dessa pesquisa; em confluências entre Arte e Matemática são apresentadas relações/rupturas ao longo do percurso da humanidade; Na fase “Aprendizagem Significativa: a teoria ausubeliana” discorre sobre a teoria de aprendizagem fruto dos estudos de David Ausubel. Na última fase “Arte nos Livros Didáticos de Matemática” elencam as citações da arte nos livros de Matemática do EF apontando o modo com que são exploradas as obras de arte e os conceitos matemáticos. A conclusão da pesquisa busca estabelecer relação entre essas confluências que são apresentadas nos LD de Matemática, as possibilidades de aprendizagens significativas contidas nessas propostas, bem como os impactos no processo de ensino e aprendizagem de Matemática.

No primeiro momento realizou levantamento das publicações disponíveis na Plataforma Sucupira (<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>), presentes no repositório do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (<http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#!/>) e se deu a partir do conjunto de palavras e caracteres "Arte" + "Matemática" + "Matemática" + "Livro Didático". Foram encontradas 18440 teses e 55507 dissertações, totalizando 73947 produções¹⁵, conforme disposto nos quadros 01, a seguir.

Quadro 01 – Quantitativo de produções indicadas

Teses	18440
Dissertações	55507

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido ao grande número de produções presentes no repositório e na abrangente forma de pesquisa, tendo em vista que o interesse nesse reside nas confluências entre as áreas de conhecimento Arte e Matemática presentes nos livros didáticos, demos continuidade ao refinamento para o enquadramento das produções com respectivo estudo. Filtramos essa gama de produções dentre as que se enquadravam como Grande Área de Conhecimento: Ciências Humanas, Área de Conhecimento: Educação e Área de Concentração: Educação. Após filtrar

¹⁵ A busca do material na internet ocorreu no dia 01 de setembro de 2020.

os resultados foram encontrados 2129 trabalhos que versam sobre a temática de forma específica, ou seja, sobre arte, matemática ou livro didático.

Em virtude do grande número de produções indicadas na filtragem por grande área de conhecimento, área de conhecimento e área de concentração, a continuidade do refinamento realizada por meio da leitura dos títulos selecionando os que apresentavam as palavras-chave da busca (arte, matemática e livro didático). Após essa nova filtragem foram encontradas 64 produções que versavam em seu título uma ou duas palavras-chave da busca. Continuando a filtragem para o estudo buscamos os resumos e palavras-chave dessas pesquisas e verificamos a ausência de pesquisas que versam sobre a relação entre a arte e a matemática nos livros didáticos. As pesquisas tratam da Matemática em relação as diversas linguagens artísticas, mas sem interesse dessa relação nos livros didáticos.

4.3 Itinerário metodológico

A partir desse levantamento inicial, compreendemos que a presente pesquisa assume um caráter exploratório e descritivo, pois busca, por um lado, aproximar-se de um problema ainda pouco investigado – a presença da Arte em livros didáticos de Matemática dos anos finais do Ensino Fundamental – e, por outro, descrever e interpretar de forma sistemática como essa presença se configura nos materiais analisados. Em razão da inexistência de estudos que articulem diretamente Arte, Matemática e livro didático no âmbito dos repositórios consultados, a pesquisa também se caracteriza como original no recorte que propõe, voltando-se à identificação de possíveis lacunas e potencialidades para a promoção de aprendizagens significativas em Matemática.

Do ponto de vista dos procedimentos, este trabalho pode ser igualmente caracterizado como uma pesquisa bibliográfica e documental. Bibliográfica, na medida em que se ancora em vasta produção teórica que envolve: (a) estudos acerca da relação histórica entre Arte e Matemática; (b) contribuições de David Ausubel e comentadores sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa; (c) produções que problematizam o papel do livro didático no processo de ensino e aprendizagem. Documental, por tomar como principal corpus de análise a coleção de livros didáticos *Convergências Matemática*, de Eduardo Chavante (2018), aprovados no PNLD 2020 para os anos finais do Ensino Fundamental, entendendo esse material como documento pedagógico que expressa opções curriculares, metodológicas e estéticas de um determinado contexto histórico-educacional.

No que se refere ao recorte empírico, a escolha pela coleção *Convergências Matemática* justifica-se por três razões principais:

- a) trata-se de uma coleção aprovada no PNLD – 2020, o que lhe confere ampla circulação na rede pública de ensino e relevância para a prática docente em escala nacional;
- b) a coleção explicita, em seus volumes, o uso de obras de arte em diálogo com conteúdos matemáticos, o que a torna particularmente propícia para observar e analisar as confluências entre Arte e Matemática;
- c) o conjunto dos quatro volumes dos anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano) permite identificar possíveis continuidades, rupturas e ressignificações na forma de apresentar e explorar as obras de arte ao longo da escolaridade básica.

A análise incide sobre as seções, capítulos, atividades e recursos visuais em que obras de arte (pinturas, esculturas, instalações, gravuras, arquitetura, entre outras linguagens artísticas) são mobilizadas com o intuito de estabelecer relações com conceitos matemáticos, seja como contexto motivador, seja como objeto de estudo ou ilustração de propriedades, procedimentos e definições.

A partir desses eixos, procedeu-se a uma leitura minuciosa dos volumes, com registro sistemático das ocorrências em quadros analíticos, nos quais constam: referência do volume, unidade, página, obra de arte apresentada, conceito matemático associado, tipo de atividade proposta e comentários interpretativos à luz do referencial teórico. Esses registros subsidiaram a sistematização apresentada na seção 5 deste trabalho, em que são discutidas, separadamente, as ocorrências em cada ano (6º, 7º, 8º e 9º), bem como, ao final, as convergências e diferenças entre os volumes.

4.4 O papel do pesquisador e os limites da pesquisa

Considerando a natureza qualitativa deste estudo, é importante explicitar o papel do pesquisador no processo de produção e interpretação dos dados. Como professor de Matemática da educação básica e, ao mesmo tempo, estudante de mestrado, o pesquisador traz consigo experiências, crenças e expectativas em relação ao ensino de Matemática e ao uso da Arte em sala de aula. Longe de serem neutralizadas, essas experiências são reconhecidas como parte constitutiva do olhar analítico, sendo constantemente colocadas em diálogo com o referencial teórico e com o corpus de análise.

Reconhecem-se, ainda, alguns limites da pesquisa:

- o recorte por uma única coleção de livros didáticos, embora justificado, restringe as conclusões ao universo específico da coleção Convergências Matemática;
- a análise centrou-se nos textos e imagens presentes nos livros, não contemplando, nesta etapa, investigações de campo sobre como professores e estudantes, efetivamente, se apropriam dessas propostas em contextos reais de sala de aula;
- o recorte temporal vinculado ao PNLD – 2020 implica que possíveis mudanças nas versões futuras dos materiais não são aqui consideradas.

Apesar desses limites, o percurso metodológico adotado permite apreender, com profundidade, como a Arte é mobilizada em um conjunto significativo de livros didáticos de Matemática amplamente utilizado nas escolas brasileiras, bem como discutir o potencial dessas propostas para a promoção de aprendizagens significativas, na perspectiva ausubeliana.

5 ARTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA

A relação entre arte e matemática no contexto escolar constitui um campo de investigação que articula dimensões cognitivas, estéticas e culturais do conhecimento. No ensino de matemática, em particular, a presença de obras de arte em livros didáticos pode operar como mediadora entre a abstração dos conceitos formais e as experiências sensíveis dos estudantes, favorecendo leituras mais contextualizadas e significativas dos conteúdos. Nesse sentido, a análise das imagens de cunho artístico inseridas em materiais didáticos não se restringe à sua função ilustrativa; envolve também a compreensão de como essas imagens estabelecem, ou não, vínculos efetivos com os objetos matemáticos trabalhados.

No âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2020) para os anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), foram aprovadas 11 coleções de Matemática, o que corresponde a um total de 44 livros didáticos disponíveis para escolha pelas escolas públicas brasileiras. Esse universo editorial confere relevância estratégica ao estudo das políticas de seleção e uso de imagens nesses materiais, uma vez que eles compõem a principal referência curricular para milhões de estudantes. Ao mesmo tempo, a amplitude quantitativa do PNLD torna inviável, em um primeiro momento, a análise exaustiva de todas as coleções, justificando a necessidade de recortes que permitam um exame rigoroso e aprofundado.

Nesta seção, optou-se pela análise da coleção “Convergências Matemática”, de autoria de Eduardo Chavante, aprovada no PNLD 2020. A escolha dessa coleção se justifica por diferentes razões. Em primeiro lugar, o próprio título “Convergências Matemática” sugere, no plano discursivo, uma proposta de articulação entre diferentes linguagens, saberes e experiências, dentre as quais a arte se apresenta como campo privilegiado de diálogo com a matemática. O termo “convergências” evoca a ideia de encontro, interseção e integração de perspectivas, o que se alinha à hipótese central desta pesquisa: a de que as imagens artísticas presentes nos livros podem, ou deveriam, funcionar como pontos de encontro entre o conhecimento matemático escolar e outras formas de expressão simbólica e cultural.

Em segundo lugar, o recorte em torno de uma única coleção, dentro do conjunto de 11 coleções e 44 livros aprovados pelo PNLD 2020, permite o desenvolvimento de uma análise verticalizada, atentando a aspectos como recorrência de obras de arte, critérios aparentes de seleção, modos de inserção das imagens e, principalmente, à qualidade da articulação entre a obra de arte e o conteúdo matemático proposto. A partir dessa análise detalhada, torna-se possível formular categorias analíticas mais refinadas, que poderão ser aplicadas em estudos posteriores a outras coleções do PNLD, em uma perspectiva comparativa.

A presente investigação toma como eixo a classificação da relação entre as obras de arte e a matemática, tal como aparece nas imagens dos livros, em três níveis principais: relação superficial, relação satisfatória e ausência de relação. Entende-se aqui por relação superficial aquela em que a obra de arte é utilizada apenas como elemento decorativo ou como pretexto visual, sem exploração conceitual consistente dos conteúdos matemáticos implicados. A relação satisfatória, por sua vez, é caracterizada pela construção de vínculos explícitos e pedagogicamente relevantes entre a obra e os conceitos matemáticos, de modo a favorecer o desenvolvimento de habilidades específicas, a compreensão de ideias abstratas ou o estabelecimento de conexões interdisciplinares significativas. Já a ausência de relação ocorre quando a imagem artística aparece desvinculada do conteúdo matemático em foco, sem qualquer orientação didática que justifique sua presença em termos de aprendizagem da disciplina.

Importa salientar que, nesta etapa do trabalho, a introdução não antecipará a análise de obras específicas; as obras presentes nos volumes da coleção “Convergências Matemática” serão examinadas sistematicamente ao longo da seção que ora se introduz. Esse procedimento permite manter a coerência metodológica do estudo, evitando exemplos pontuais que poderiam produzir uma visão fragmentada ou impressionista do material. Ao contrário, busca-se uma abordagem abrangente, que considere o conjunto das imagens artísticas e seus usos pedagógicos, de modo a avaliar de forma global o papel atribuído à arte na construção do discurso matemático nos livros.

Além de contribuir para a compreensão da relação entre arte e matemática em um conjunto de livros com ampla circulação na rede pública, este estudo pretende oferecer subsídios para debates sobre políticas públicas de livro didático, formação de professores e práticas de sala de aula. A análise da coleção “Convergências Matemática” pode, assim, servir como ponto de partida para investigações futuras que contemplem as demais coleções de Matemática do PNLD 2020, ampliando o escopo da pesquisa para um panorama mais abrangente sobre a presença (e a qualidade) da dimensão artística nos materiais didáticos de matemática no Brasil.

5.1 Arte em convergências Matemática – 6º ano

Nesta seção, examina-se o volume da coleção “Convergências Matemática” destinado ao 6º ano do Ensino Fundamental, conforme organizado por Chavante (2018) em quatro unidades temáticas. A estrutura do livro contempla, na Unidade 1, o estudo de números e

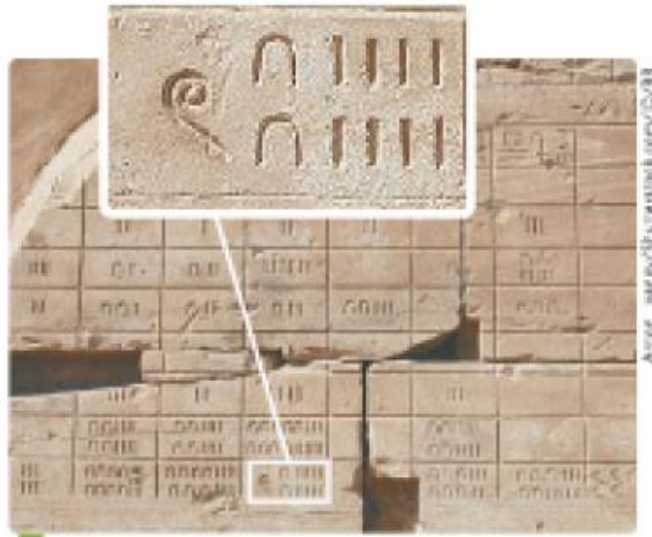
operações, figuras geométricas, potenciação e radiciação; na Unidade 2, múltiplos e divisores de números naturais, bem como retas, ângulos e frações; na Unidade 3, números decimais, operações, estatística e probabilidade; e, por fim, na Unidade 4, figuras geométricas, plano cartesiano, transformações de figuras e medidas. Tal organização revela uma proposta de progressão dos conteúdos que articula aspectos aritméticos, geométricos e estatísticos, típica do currículo de Matemática para o 6º ano, mas aqui interessa sobretudo compreender como essa progressão se materializa e se enriquece, ou não, por meio da inserção de obras de arte ao longo do volume.

O foco desta seção consiste em analisar de que maneira as obras de arte selecionadas por Chavante (2018) são mobilizadas na apresentação e no desenvolvimento dos conceitos matemáticos correspondentes a cada unidade. Em outras palavras, busca-se identificar se as imagens artísticas operam como elementos meramente ilustrativos ou decorativos, se estabelecem relações superficiais com o conteúdo, ou se, ao contrário, promovem articulações satisfatórias entre a leitura estética das obras e os tópicos matemáticos em estudo, tais como números e operações, propriedades das figuras geométricas, noções de medida, representação no plano cartesiano, tratamento da informação e ideias de probabilidade.

Ao longo da seção, as obras serão examinadas em seu contexto de aparecimento — aberturas de unidade, seções de contextualização, propostas de atividades, exercícios ou boxes especiais —, com atenção à intencionalidade pedagógica sugerida pelo texto do livro e pelos enunciados das tarefas propostas aos estudantes. A partir dessa análise, será possível discutir em que medida a promessa de “convergência” entre diferentes linguagens, evocada no título da coleção, se concretiza no volume do 6º ano por meio da relação entre arte e matemática, e em que medida permanecem limites, lacunas ou oportunidades pouco exploradas no uso das obras de arte como recurso didático.

A análise da relação entre obra de arte e conceito matemático no volume do 6º ano inicia-se com a imagem Hieróglifos no Templo de Karnak – Egito (Figura 5), articulada ao estudo de números e operações por meio do sistema de numeração egípcio. Nessa abordagem, Chavante (2018) utiliza a obra não apenas como referência histórico-cultural, mas como recurso conceitual: os hieróglifos são apresentados como símbolos numéricos, associados a valores e regras de composição, a partir dos quais os estudantes são convidados a ler, escrever números e realizar operações elementares nesse sistema.

Figura 5 – Hieróglifos encontrados no templo de Karnak, no Egito, cuja construção foi iniciada por volta de 1200 a. C.



Fonte: Chavante, 2018, p.14.

Do ponto de vista desta pesquisa, essa escolha configura uma relação satisfatória entre obra e conteúdo matemático. A imagem deixa de cumprir função meramente decorativa e passa a integrar o núcleo do trabalho com sistemas de numeração, evidenciando a existência de convenções distintas para representar quantidades e efetuar cálculos. Ao articular história da matemática, patrimônio artístico e prática de cálculo, a proposta concretiza, neste caso, a ideia de “convergência” presente no título da coleção, oferecendo um exemplo consistente de uso pedagógico da arte no ensino de números e operações.

Na sequência da análise, considera-se o acrílico sobre tela *Hynam-Prism* de Victor Vasarely, associado, no volume do 6º ano, ao estudo de figuras geométricas espaciais e figuras geométricas planas. Chavante (2018) mobiliza a obra explorando os efeitos ópticos e de profundidade característicos do artista, convidando os estudantes a identificar, a partir da imagem, formas bidimensionais que sugerem sólidos geométricos, bem como relações entre faces, arestas e vértices. A composição é tomada como objeto de observação sistemática, a partir da qual se destacam, por exemplo, quadriláteros, polígonos regulares e padrões que induzem a percepção de prismas, cubos e outras figuras espaciais.

Configura-se também aqui uma relação satisfatória entre obra e conceito matemático. A imagem não se restringe a ilustrar genericamente “formas geométricas”, mas é integrada ao desenvolvimento do conteúdo ao provocar a distinção entre figuras planas e espaciais, a discussão sobre representação da tridimensionalidade e a leitura de elementos estruturais dessas figuras. Ao articular a estética da arte óptica de Vasarely com a sistematização de propriedades geométricas (Figura 6), a proposta reforça, mais uma vez, a perspectiva de convergência entre

arte e matemática que orienta a coleção, contribuindo de modo consistente para a construção do pensamento geométrico dos estudantes.

Figura 6 – Victor Vasarely – Hynam-Prism, 1980. Acrílico sobre tela, 212 cm x 192 cm. Coleção particular.

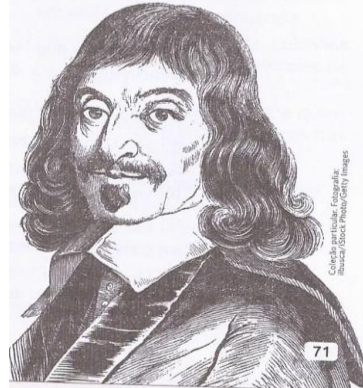


Fonte: Chavante, 2018, p. 67.

A análise prossegue com a xilogravura que representa René Descartes, associada, no volume do 6º ano, ao estudo de potenciação e radiciação de números racionais. Diferentemente dos casos anteriormente examinados, em que a obra de arte era integrada ao desenvolvimento conceitual, aqui a imagem desempenha um papel estritamente ilustrativo: a técnica da xilogravura é explorada apenas como recurso visual para apresentar a figura histórica de Descartes, sem que se estabeleçam vínculos explícitos com os conceitos de potência ou raiz. Não se observa, no encaminhamento didático, qualquer exploração da obra que convoque o estudante a refletir sobre propriedades algébricas, relações entre operações inversas ou aplicações da potenciação e da radiciação.

Nessa perspectiva, a xilogravura de René Descartes (Figura 7), configura um exemplo de ausência de relação entre a obra de arte e o conteúdo matemático em estudo. Embora a presença de uma personagem central na história da matemática pudesse abrir espaço para articulações significativas, o modo como a imagem é utilizada restringe-se à função decorativa ou meramente biográfica. Assim, ao contrário dos casos em que se verifica uma convergência produtiva entre dimensão estética e conceito matemático, este episódio revela um uso pouco explorado do potencial pedagógico da arte no contexto da potenciação e radiciação de números racionais.

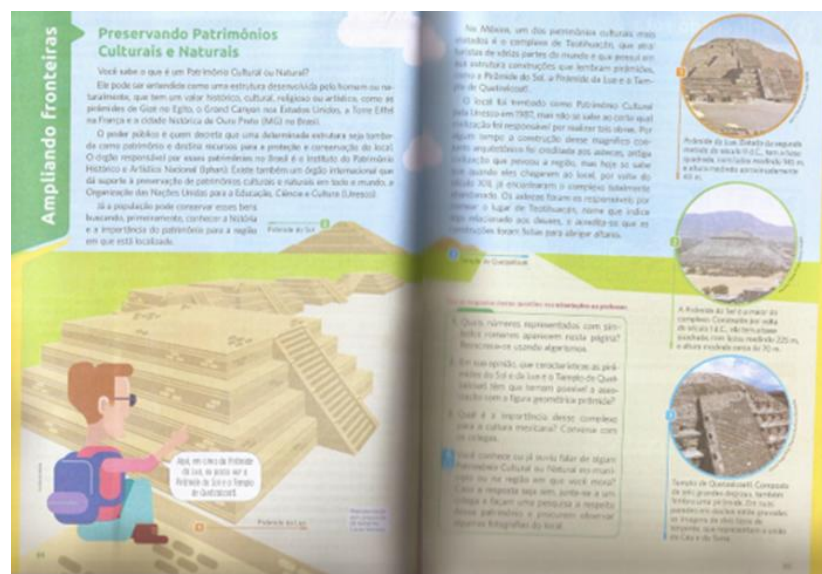
Figura 7 – Matemático e filósofo francês René Descartes (1596 – 1650).



Fonte: Chavante, 2018, p. 71.

Na seção “Patrimônios Culturais e Naturais” (Figura 8), em que são retratados os monumentos conhecidos como Pirâmide da Lua, Pirâmide do Sol e templo de Quetzalcoatl, aparece vinculada, no volume do 6º ano, ao estudo de Algarismos Romanos e de Pirâmides. Nesse contexto, Chavante (2018) utiliza as imagens das pirâmides como referência aos patrimônios arqueológicos mesoamericanos e como suporte visual para a identificação de elementos característicos desses sólidos, tais como faces triangulares, base poligonal e vértices, aproximando o estudante da noção de pirâmide enquanto figura geométrica espacial. O texto que acompanha as imagens descreve aspectos históricos e culturais dos sítios, ao mesmo tempo em que chama a atenção para medidas, alturas e dimensões associadas aos monumentos.

Figura 8 – Preservando Patrimônios Culturais e Naturais.



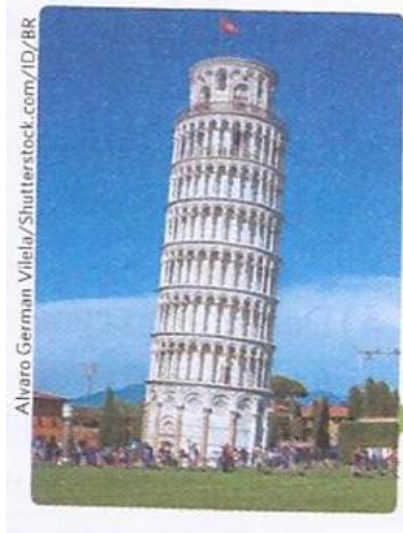
Fonte: Chavante, 2018, p. 84-85.

A relação estabelecida entre os monumentos piramidais e o conteúdo matemático pode ser considerada satisfatória. Embora o foco declarado da unidade esteja em

algarismos romanos, o tratamento dado às imagens não se limita ao registro turístico ou decorativo: as pirâmides são explicitamente tomadas como exemplos concretos de pirâmides geométricas, favorecendo a leitura de suas características estruturais e abrindo espaço para a discussão de medidas e escalas. Desse modo, a composição integra, de forma coerente, patrimônio cultural, descrição histórica e introdução de conceitos de geometria espacial, configurando mais um episódio em que a coleção realiza, ainda que de forma pontual, a convergência entre dimensões culturais e matemáticas do conhecimento.

Na subsequente situação didática, são apresentadas simultaneamente as imagens da Torre de Pisa (Figura 9) e da Capela de Suurhusen, vinculadas ao estudo de retas e ângulos, em particular ao ângulo formado por inclinações. A proposta consiste em explorar a inclinação dessas edificações em relação à vertical, tomando-as como exemplos de estruturas “tortas” para introduzir ou ilustrar a ideia de ângulo. No entanto, a forma como as fotografias são mobilizadas não ultrapassa o caráter de simples ilustração: não há, no encaminhamento das atividades, exigência de leitura ou de medição de ângulos a partir das imagens, nem problematização envolvendo estabilidade, projeto arquitetônico ou variação das inclinações que pudesse enriquecer a compreensão geométrica.

Figura 9 – Torre de Pisa, na cidade de Pisa, Itália, em 2016.

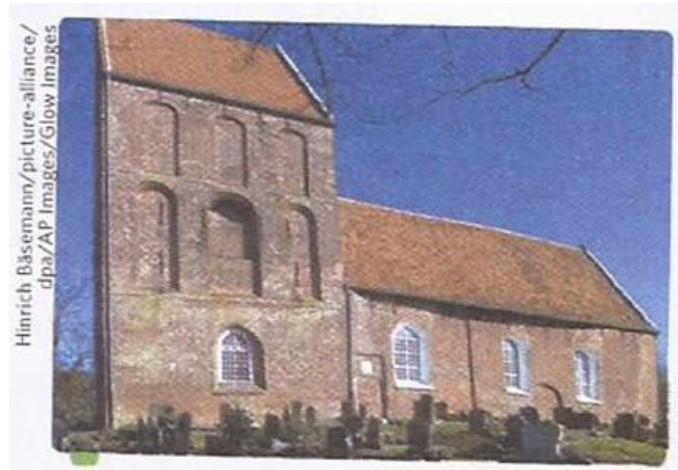


Fonte: Chavante, 2018, p. 115.

Sob a ótica desta pesquisa, trata-se, portanto, de um caso em que as imagens cumprem uma função meramente decorativa, sem estabelecer uma relação efetiva com o conteúdo matemático trabalhado. O mesmo objetivo didático poderia ser atingido com o desenho de uma reta inclinada em relação a outra, sem prejuízo para o conceito de ângulo. Assim, ainda que remetam a construções arquitetônicas reconhecidas e potencialmente ricas em termos culturais

e históricos, a Torre de Pisa e a Capela de Suurhusen (Figura 10), não são exploradas em sua dimensão artística ou contextual, tampouco integram, de modo significativo, o desenvolvimento conceitual sobre retas e ângulos, configurando um exemplo de ausência de relação substantiva entre obra/imagem e matemática.

Figura 10 – Capela de Suurhusen, na cidade de Suurhusen, Alemanha, em 2016.



Fonte: Chavante, 2018, p. 115.

No volume do 6º ano, a obra *Concreção 6048*, de Luiz Sacilotto (Figura 11), é apresentada no contexto do estudo de ângulos entre retas. Trata-se de uma pintura em óleo sobre tela marcada por composições geométricas, com predominância de triângulos e segmentos de reta que poderiam, em princípio, favorecer a exploração de diferentes configurações angulares. Entretanto, na forma como é incorporada por Chavante (2018), a obra desempenha apenas a função de introduzir visualmente o tema da unidade, sem que seus elementos formais sejam retomados nas atividades ou no texto explicativo para analisar, identificar ou comparar ângulos.

Figura 11 – Luiz Sacilotto. *Concreção 6048*, 1960. Óleo sobre tela, 59,7 cm x 120,4 cm. Acervo da Pinacoteca do Estado de São Paulo.



Fonte: Chavante, 2018, p. 118.

Desse modo, Concreção 6048 é utilizada como imagem ilustrativa, sem estabelecer uma articulação efetiva com o conceito de ângulo entre retas. A potencialidade da pintura concreta de Sacilotto para problematizar alinhamentos, interseções e medidas angulares não é explorada, e o desenvolvimento do conteúdo se apoia em exemplos e representações geométricas independentes da obra. Configura-se, portanto, um caso em que não há relação substantiva entre a obra de arte e o objeto de conhecimento matemático, em contraste com outras situações do mesmo volume em que se observa uma convergência mais produtiva entre arte e geometria.

No tratamento do plano cartesiano no volume do 6º ano, é apresentada a imagem de uma estátua em busto de René Descartes, acompanhada de uma breve identificação histórica. Ainda que a figura de Descartes esteja diretamente associada, do ponto de vista da história da matemática, à origem da geometria analítica e à ideia de coordenadas cartesianas, a forma como a imagem é utilizada por Chavante (2018) não explora essa relação. A estátua aparece apenas como recurso visual para apresentar o matemático e filósofo francês, sem que seus elementos sejam retomados no texto ou nas atividades para estabelecer qualquer vínculo conceitual com o plano cartesiano, com o sistema de eixos ou com a representação de pontos por pares ordenados.

Assim, a imagem do busto de René Descartes (Figura 12), desempenha uma função exclusivamente ilustrativa, não contribuindo de modo efetivo para a compreensão do objeto de conhecimento em foco. O desenvolvimento do conceito de plano cartesiano ocorre de forma independente da obra, por meio de representações gráficas convencionais, de modo que não se configura uma relação substantiva entre arte e matemática neste caso específico. Trata-se, portanto, de mais um exemplo em que o potencial de articulação entre contexto histórico, figura do autor e conteúdo matemático permanece pouco explorado no interior da coleção.

Figura 12 – Estátua do busto de René Descartes (1596-1650), em Versalhes, na França.



Fonte: Chavante, 2018, p. 244.

Assim, a imagem do busto de René Descartes (Figura 12), desempenha uma função exclusivamente ilustrativa, não contribuindo de modo efetivo para a compreensão do objeto de conhecimento em foco. O desenvolvimento do conceito de plano cartesiano ocorre de forma independente da obra, por meio de representações gráficas convencionais, de modo que não se configura uma relação substantiva entre arte e matemática neste caso específico. Trata-se, portanto, de mais um exemplo em que o potencial de articulação entre contexto histórico, figura do autor e conteúdo matemático permanece pouco explorado no interior da coleção.

A análise das obras e imagens presentes no volume de 6º ano da coleção *Convergências Matemática* permite observar um quadro heterogêneo quanto à relação estabelecida entre arte e conceitos matemáticos. Em alguns casos, como na exploração do sistema de numeração egípcio a partir dos hieróglifos do Templo de Karnak e na leitura de figuras geométricas em composições de inspiração óptica, verifica-se uma integração efetiva entre a dimensão estética e o desenvolvimento dos conteúdos, configurando relações satisfatórias do ponto de vista pedagógico. Em outros, porém, como nas representações de René Descartes, na *Concreção 6048* e nas imagens de edificações inclinadas, a presença da obra ou do monumento restringe-se à função ilustrativa, sem que se estabeleça um vínculo substantivo com o objeto de conhecimento em estudo, resultando em relações superficiais ou mesmo inexistentes entre arte e matemática.

Esse conjunto de evidências indica que, no 6º ano, a coleção oscila entre momentos em que realiza, de modo consistente, a proposta de convergência enunciada em seu título e situações em que o potencial formativo das imagens artísticas permanece pouco explorado. Tais resultados reforçam a importância de uma curadoria mais intencional e de um encaminhamento didático que tome a arte não apenas como adorno visual, mas como mediadora conceitual no trabalho com números, operações, geometria e estatística.

Na seção seguinte, a atenção se voltará para o volume destinado ao 7º ano do Ensino Fundamental, buscando identificar continuidades e rupturas nesse padrão de uso das obras de arte. Pretende-se verificar em que medida as relações entre arte e conceitos matemáticos se mantêm, se ampliam ou se reconfiguram ao longo da progressão dos conteúdos na coleção *Convergências Matemática*.

5.2 Arte em convergências Matemática – 7º ano

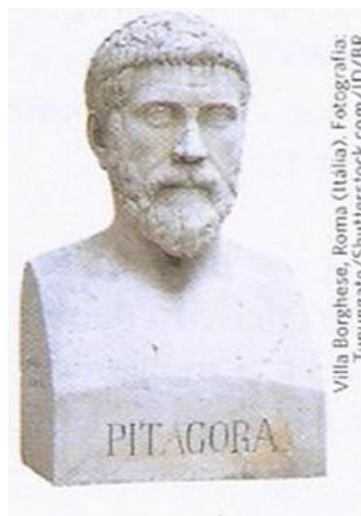
Nesta seção, será examinado o volume da coleção *Convergências Matemática* destinado ao 7º ano do Ensino Fundamental, também estruturado em quatro unidades. A Unidade 1 aborda

múltiplos, divisores, números inteiros e operações; a Unidade 2 contempla números racionais, operações, expressões algébricas, equações e inequações; a Unidade 3 trata de razão, proporção, ângulos e figuras geométricas planas; e a Unidade 4 reúne transformações de figuras, simetria, medidas, estatística e probabilidade. Essa organização indica uma continuidade em relação ao 6º ano, com ampliação da complexidade algébrica e aprofundamento de temas geométricos e de tratamento da informação.

O foco desta etapa da pesquisa é investigar de que modo obras de arte, imagens de patrimônios culturais e demais representações visuais são incorporadas ao longo dessas quatro unidades e em que medida se articulam aos conceitos matemáticos em estudo. Tal como no volume anterior, as imagens serão analisadas segundo as categorias já definidas — relação satisfatória, superficial ou inexistente —, considerando seu posicionamento no livro (abertura de unidade, exemplos, atividades, exercícios, contextualizações) e a função pedagógica que desempenham. Busca-se, assim, identificar se no 7º ano a coleção aprofunda, mantém ou enfraquece a proposta de convergência entre arte e matemática observada no 6º ano, contribuindo para a compreensão do projeto didático-estético da obra em sua continuidade.

No volume do 7º ano, a presença de personagens históricos ligados à matemática reaparece por meio de imagens como a estátua do busto de Pitágoras de Samos e a gravura de Herão de Alexandria. No primeiro caso, a escultura é utilizada apenas para apresentar visualmente a figura de Pitágoras (Figura 13), sem que sua imagem seja retomada para discutir qualquer conceito matemático específico, seja ligado aos números inteiros, seja ao teorema que leva seu nome ou a outras contribuições atribuídas a sua escola.

Figura 13 – Busto de Pitágoras de Samos.



Fonte: Chavante, 2018, p. 48.

De modo análogo, a gravura de Herão (Figura 14) é inserida em contexto de estudo da raiz quadrada de um número não quadrado perfeito, mas sua função limita-se à ilustração da personagem histórica. Não há articulação entre a imagem e procedimentos de cálculo, algoritmos de extração de raiz ou problemas geométricos associados a Herão, de modo que a figura não intervém na construção conceitual proposta.

Figura 14 – Gravura de Herão.



Fonte: Chavante, 2018, p. 90.

Considerando as categorias desta pesquisa, ambos os casos configuram usos estritamente ilustrativos, em que não se estabelece uma relação substantiva entre as imagens e os conteúdos matemáticos em foco. A dimensão histórica fica reduzida à identificação dos matemáticos, sem exploração de suas ideias em conexão com os tópicos trabalhados no 7º ano, o que evidencia, novamente, um aproveitamento limitado do potencial pedagógico dessas representações visuais.

No volume do 7º ano, a imagem das bonecas russas chamadas Matrioskas (Figura 15), é utilizada no contexto do estudo de sequências, em particular para introduzir a ideia de recursão. A disposição das bonecas, encaixadas sucessivamente umas dentro das outras e apresentadas em diferentes tamanhos, oferece uma representação visual clara de repetição de um mesmo padrão com variação sistemática, o que é explorado pelo autor tanto em situações matemáticas quanto em referências à música e às artes visuais. A estrutura “uma boneca dentro da outra”, mantendo a forma e alterando a escala, favorece a percepção de regularidade, de passo a passo e de dependência entre termos sucessivos de uma sequência.

Figura 15 – Bonecas russas chamadas Matrioskas



Fonte: Chavante, 2018, p. 92.

Trata-se de uma relação satisfatória entre imagem e conceito matemático. As Matrioskas não aparecem apenas como ilustração decorativa de um objeto cultural, mas são efetivamente mobilizadas para apoiar a compreensão da recursão, articulando o padrão visual das bonecas à ideia de que cada termo de uma sequência pode ser definido a partir do anterior. Ao integrar um artefato artístico e cultural ao desenvolvimento do conteúdo de sequências, o livro concretiza, neste episódio, a proposta de convergência entre arte e matemática que orienta a coleção.

No estudo de círculo e circunferência no 7º ano, é apresentada a obra *Sinfonia nordestina* (2008), de Beatriz Milhazes (Figura 16), uma pintura marcada pela presença intensa de formas circulares e combinações cromáticas. Em princípio, a composição ofereceria amplo potencial para explorar visualmente ideias como raio, diâmetro, corda, arco, bem como para estimar e comparar áreas e perímetros de diferentes círculos e anéis coloridos. No entanto, na forma como é incorporada ao livro, a obra funciona apenas como imagem de abertura ou ambientação do tema, sem que seus elementos sejam retomados nas explicações ou nas atividades para identificar, analisar ou calcular grandezas relacionadas a círculo e circunferência.

Figura 16 – Beatriz Milhazes. *Sinfonia nordestina*, 2008. Acrílica sobre tela, 246 cm x 368 cm. Coleção particular.



Fonte: Chavante, 2018, p. 166.

Dessa maneira, Sinfonia nordestina é utilizada de modo estritamente ilustrativo, sem estabelecer uma articulação efetiva com os conceitos de área e perímetro em estudo. A riqueza de formas circulares presentes na obra não é mobilizada para problematizações geométricas, e o desenvolvimento do conteúdo ocorre por meio de figuras esquemáticas independentes da pintura de Milhazes. Configura-se, portanto, um caso em que a relação entre arte e matemática é ausente, desperdiçando-se a possibilidade de uma convergência mais significativa entre a linguagem visual da artista e o ensino de conceitos relacionados ao círculo.

No desenvolvimento do conteúdo de círculo e circunferência no 7º ano, a gravura de Arquimedes de Siracusa (287–212 a.C.) é apresentada juntamente com a menção a seu papel histórico como um dos pioneiros na determinação do valor de π . A imagem o retrata em contexto de investigação matemática, cercado de instrumentos e figuras geométricas, o que poderia abrir possibilidades para relacionar visualmente o personagem aos métodos clássicos de aproximação de π , à comparação entre perímetros de polígonos inscritos e circunscritos ou a procedimentos experimentais envolvendo círculos.

Contudo, na forma como é utilizada no volume, a gravura permanece restrita à função de identificação biográfica: ela introduz a figura de Arquimedes (Figura 17), mas não é retomada nas explicações, nos exemplos ou nas atividades para estimular reflexões sobre a relação entre comprimento da circunferência e diâmetro, nem sobre estratégias históricas de cálculo do número π . Não há qualquer exploração dos elementos visuais presentes na cena, nem um convite à leitura da imagem como porta de entrada para o conceito matemático.

Figura 17 – Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.)



Fonte: Chavante, 2018, p. 168.

Assim, do ponto de vista deste estudo, trata-se de um uso estritamente ilustrativo, em que a imagem não estabelece vínculo substantivo com o estudo de círculo e circunferência. Ainda que haja um potencial evidente de articulação entre personagem histórico, contexto de descoberta e formalização do conceito, tal potencial não é mobilizado, configurando mais um episódio em que a relação entre arte/imagem e matemática se mostra ausente no interior da coleção.

Na seção do livro “A criatividade no artesanato”, o volume do 7º ano apresenta diferentes manifestações artesanais – como o tapete patchwork, o artesanato tupi-guarani e a arte marajoara – no contexto do estudo de formas geométricas planas. As imagens evidenciam uma grande variedade de padrões, simetrias e repartições da superfície em triângulos, quadriláteros e outros polígonos, o que poderia sustentar um trabalho mais sistemático com figuras geométricas planas, composição e decomposição de áreas, bem como com regularidades presentes nos grafismos indígenas.

Entretanto, o encaminhamento dado por Chavante (2018) concentra-se basicamente em uma das técnicas (o patchwork), explorando-a de modo descritivo e pouco aprofundado do ponto de vista conceitual. As produções tupi-guarani e marajoara aparecem como pano de fundo cultural, mas não são efetivamente mobilizadas para analisar formas, identificar polígonos, discutir simetrias ou explorar propriedades geométricas presentes nos motivos decorativos. As questões propostas não se voltam à leitura matemática dos padrões, privilegiando um olhar mais geral sobre o artesanato e sua importância cultural.

Configura-se uma relação apenas superficial entre as imagens e o conteúdo de figuras geométricas planas: há uma aproximação temática, já que os objetos artesanais exibem claramente formas e padrões geométricos, mas essa potencialidade não é desenvolvida em termos didáticos. Além disso, o artesanato indígena (Figura 18), é subaproveitado, permanecendo à margem da exploração geométrica, o que limita a convergência entre dimensão cultural e matemática que o próprio material anuncia como objetivo.

Figura 18 – A criatividade no artesanato (tapete patchwork, artesanato tupi-guarani e arte marajoara).



Fonte: Chavante, 2018, p. 112 - 173.

No estudo de transformações de figuras e simetria no 7º ano, o livro apresenta as obras *Serpentes* (1969) e *Limite circular I* (1958), de M. C. Escher (Figura 19), ambas fortemente marcadas por tesselações e organização radial das formas. Essas composições oferecem exemplos muito expressivos de simetria circular, com figuras que se repetem em torno de um ponto central por rotações sucessivas, o que permitiria explorar, de modo consistente, ideias como centro de rotação, ângulo de giro e preservação de forma.

No entanto, o tratamento dado pelo autor privilegia sobretudo aspectos biográficos e uma apreciação geral da obra de Escher, mencionando apenas de forma pontual o conceito de simetria. As figuras não são analisadas em detalhe, nem usadas como base para atividades que levem o estudante a identificar e reconstruir as transformações presentes nas imagens. Assim, configura-se uma relação apenas superficial entre as obras e o conteúdo matemático: a conexão temática existe e é visível, mas o potencial geométrico das gravuras é pouco explorado no desenvolvimento das ideias de simetria circular.

Figura 19 – Escher – Serpentes e Limite Circular I.



Fonte: Chavante, 2018, p. 182.

A análise do volume de 7º ano da coleção Convergências Matemática mostra, mais uma vez, um uso bastante variado de imagens e obras de arte na abordagem dos conteúdos. Em alguns casos, como no exemplo das Matrioskas associado à ideia de sequência e recursão, observa-se uma articulação satisfatória entre o objeto cultural e o conceito matemático, em que a dimensão visual é efetivamente mobilizada para sustentar a compreensão do tema. Em outros, porém, a presença de personagens históricos (Pitágoras, Herão, Arquimedes), de obras de arte contemporâneas (como Sinfonia nordestina) ou de manifestações artesanais (patchwork, artesanato indígena) limita-se a uma função ilustrativa ou, no máximo, a uma relação superficial, sem exploração sistemática de propriedades geométricas, numéricas ou algébricas.

No conjunto, o 7º ano mantém o padrão já observado no 6º ano: coexistem momentos em que a proposta de “convergência” entre arte e matemática se concretiza de forma mais consistente e outros em que o potencial pedagógico das imagens é pouco explorado, seja pela ausência de problematizações, seja pela escolha de atividades que não retomam os elementos visuais apresentados. Ao mesmo tempo, amplia-se a presença de referências históricas e culturais, ainda que nem sempre acompanhadas de um aprofundamento conceitual.

Na próxima seção, a atenção se voltará ao volume do 8º ano do Ensino Fundamental, buscando identificar em que medida esses padrões se mantêm, se transformam ou se aprofundam. Pretende-se verificar como a coleção lida, nesse novo patamar de conteúdos, com a articulação entre obras de arte, patrimônios culturais e o estudo de conceitos matemáticos cada vez mais complexos.

5.3 Arte em convergências Matemática – 8º ano

Nesta seção, será analisado o volume da coleção Convergências Matemática destinado ao 8º ano do Ensino Fundamental. Assim como nos anos anteriores, o livro organiza-se em quatro unidades, que articulam diferentes eixos da matemática escolar: a Unidade 1 trata de conjuntos numéricos, potências, raízes, ângulos, polígonos e transformações geométricas; a Unidade 2 aborda estatística, probabilidade e triângulos; a Unidade 3 concentra-se em quadriláteros, cálculo algébrico, círculo e circunferência; e a Unidade 4 reúne equação, inequação, razão, proporção e medidas. Essa estrutura evidencia um movimento de consolidação e aprofundamento de conteúdos já introduzidos no 6º e 7º anos, ao mesmo tempo em que amplia a presença de tópicos algébricos e de tratamento da informação.

O foco desta etapa é examinar como obras de arte, manifestações culturais e outras imagens são mobilizadas ao longo dessas unidades e em que medida se articulam de forma significativa aos conceitos matemáticos em estudo. Tal como nas análises anteriores, serão retomadas as categorias de relação satisfatória, superficial ou inexistente entre imagem e conteúdo, considerando o lugar das obras no livro (abertura de unidade, exemplos, seções de contextualização, atividades) e a função pedagógica que desempenham. Busca-se, com isso, verificar se no 8º ano a proposta de convergência entre arte e matemática se mantém, se aprofunda ou se enfraquece em comparação aos volumes destinados ao 6º e 7º anos, contribuindo para a compreensão do projeto da coleção em sua continuidade.

No início do estudo de números irracionais, o volume do 8º ano apresenta uma gravura de Pitágoras, acompanhada apenas de sua identificação. A associação entre o personagem e o tema é historicamente pertinente, uma vez que a descoberta da incomensurabilidade — e, portanto, da existência de números que não podem ser expressos como razão entre inteiros — é atribuída à escola pitagórica, tendo como exemplo clássico a diagonal de um quadrado de lado unitário.

Contudo, na forma como é incorporada ao livro, a gravura (Figura 20), limita-se a ilustrar a figura histórica, sem que essa conexão seja explorada nas explicações ou nas atividades. Não há problematização sobre a crise dos pitagóricos diante dos irracionais, nem uso do contexto histórico para motivar a construção do conceito. Trata-se, portanto, de um uso meramente ilustrativo, em que uma oportunidade relevante de articular história da matemática e desenvolvimento conceitual acaba sendo desperdiçada.

Figura 20 – Gravura de Pitágoras.



Fonte: Chavante, 2018, p. 16.

Na imagem, vê-se uma artesã confeccionando um mosaico sobre o tampo de uma mesa circular (Figura 21). O tampo está recoberto por peças poligonais de diferentes cores e formatos, sugerindo a presença de triângulos, quadriláteros e outros polígonos que se encaixam para preencher a superfície. Do ponto de vista matemático, o cenário oferece um potencial significativo para explorar identificação de polígonos, classificação por número de lados e ângulos, composição e decomposição de figuras planas, além de possíveis discussões sobre área, tesselação e uso de simetrias no desenho do mosaico.

Figura 21 – Mosaico sobre um tampo de mesa sendo confeccionado por uma artesã.



Fonte: Chavante, 2018, p. 57.

A fotografia é utilizada apenas como imagem ilustrativa para introduzir o tema “polígonos”, sem um encaminhamento que leve o estudante a ler matematicamente o mosaico. Não há tarefas que peçam a identificação dos diferentes tipos de polígonos presentes, nem propostas de contagem, comparação de formas, análise de encaixes ou exploração de regularidades no padrão construído pela artesã. Assim, a relação entre arte/artesanato e matemática permanece superficial: a imagem dialoga visualmente com o conteúdo, mas esse

diálogo não é desenvolvido em termos conceituais, e o potencial geométrico do mosaico não é efetivamente mobilizado no tratamento do tema.

Na apresentação do conceito de translação, o volume do 8º ano, Chavante (2018) recorre a uma peça de arte marajoara (Figura 22), cuja superfície é recoberta por faixas de grafismos geométricos que se repetem ao longo do corpo do vaso. Visualmente, esses padrões evidenciam motivos que poderiam ser lidos como resultados de translações: figuras que se deslocam paralelamente, mantendo forma e orientação, organizadas em sequências ao redor da peça. Do ponto de vista matemático, haveria, portanto, um campo fértil para explorar a ideia de transladar uma figura no plano, identificar vetores de deslocamento e relacionar a repetição decorativa ao movimento rígido estudado em geometria.

Figura 22 – A arte marajoara, com destaque para sua cerâmica, é considerada a mais antiga do Brasil e uma das mais antigas das Américas.



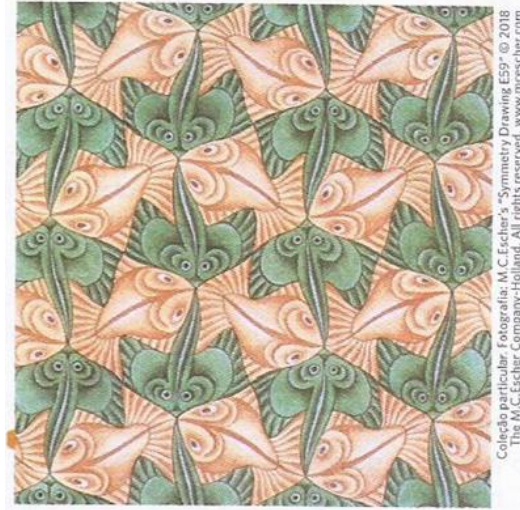
Fonte: Chavante, 2018, p. 62.

Entretanto, o autor limita-se a citar a arte marajoara para introduzir o tema, sem retomar a imagem da peça no desenvolvimento do conceito. Os grafismos não são analisados nem transformados em atividades que convidem o estudante a localizar, descrever ou reproduzir translações presentes no padrão decorativo; a obra permanece como referência cultural inicial, desconectada das explicações e dos exercícios subsequentes. Nesses termos, a relação entre arte marajoara e matemática configura-se como superficial: existe uma aproximação temática evidente entre o ornamento e a ideia de translação, mas o potencial geométrico da imagem não é efetivamente mobilizado na construção conceitual.

Nas obras Dois Peixes (nº 59) e Borboleta (nº 70), ambas de Escher, o livro mobiliza de modo efetivo a relação entre arte e composição de transformações geométricas. Em Dois Peixes (Figura 23), a tesselação é construída a partir de uma figura de peixe que se repete no plano por

reflexões combinadas com translações, produzindo um padrão em que é possível acompanhar, visualmente, o “espelhamento” e o deslocamento paralelo das formas.

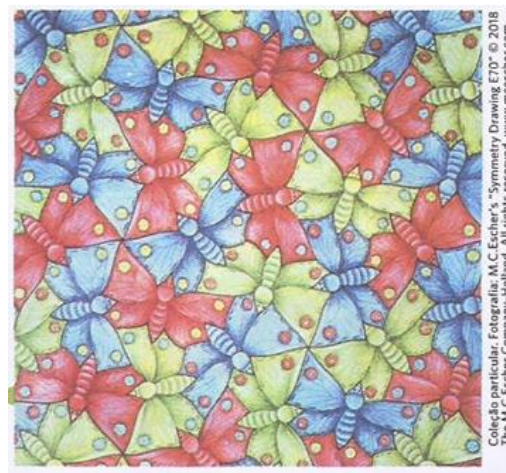
Figura 23 – Dois Peixes (número 59). Maurits Cornelis Escher. Aquarela. Coleção particular, 1942.



Fonte: Chavante, 2018, p. 65.

Já em Borboleta (Figura 24), o mosaico de figuras coloridas evidencia a repetição por rotações em torno de pontos específicos, associadas a translações que deslocam o conjunto de borboletas, mantendo a organização do padrão. Em ambos os casos, os estudantes já dispõem, naquele ponto da sequência didática, de subsídios conceituais para reconhecer e nomear essas transformações, o que favorece uma leitura matemática das imagens.

Figura 24 – Borboleta (número 70). Maurits Cornelis Escher. Aquarela. Coleção particular, 1948.



Fonte: Chavante, 2018, p. 67.

Do ponto de vista da relação da arte e da matemática, trata-se de usos satisfatórios das obras, pois elas não aparecem apenas como ilustrações decorativas, mas como suportes centrais para a exploração das ideias de composição de transformações. O autor convida explicitamente os estudantes a identificar, nas figuras, onde ocorrem reflexões, rotações e translações, e a

descrever como essas isometrias se combinam para preencher o plano sem sobreposições nem lacunas. Assim, as gravuras de Escher funcionam como um território de experimentação visual em que arte e matemática se integram de forma coerente, contribuindo para consolidar o entendimento de transformações geométricas no 8º ano.

A análise do volume de 8º ano da coleção *Convergências Matemática* evidencia a continuidade de um padrão já observado nos anos anteriores: o livro mobiliza imagens, obras de arte e manifestações culturais em diferentes momentos, mas com níveis variados de integração aos conceitos matemáticos. Em alguns casos, como nas gravuras de Escher (*Dois Peixes* e *Borboleta*), a relação é claramente satisfatória: as obras são articuladas ao estudo de composições de transformações geométricas, e os estudantes são convidados a reconhecer nelas reflexões, rotações e translações, consolidando visualmente ideias já trabalhadas ao longo da unidade. Em outros episódios, porém, o uso é meramente ilustrativo ou superficial, como na gravura de Pitágoras associada aos números irracionais, no mosaico sobre o tampo de mesa ou na referência à arte marajoara para introduzir translação, em que o potencial matemático das imagens não é efetivamente explorado nas atividades propostas.

De modo geral, o 8º ano mostra um esforço de aproximação entre arte e matemática, sobretudo quando se trata de transformações geométricas, mas ainda apresenta lacunas importantes na exploração sistemática de obras ligadas à história da matemática ou a contextos culturais diversos. A presença das imagens nem sempre se converte em oportunidades de investigação conceitual, e, em muitos casos, permanece restrita à função de ambientar o tema ou ilustrar personagens e artefatos.

Na próxima seção, a atenção se voltará ao volume do 9º ano do Ensino Fundamental, buscando identificar como a coleção encaminha essa articulação entre arte, cultura e matemática na etapa final do segmento. Interessa verificar se, diante de conteúdos mais abstratos e algébricos, a convergência proposta se intensifica, se transforma ou se esvazia, completando o quadro da trajetória da coleção ao longo dos anos finais do Ensino Fundamental.

5.4 Arte em convergências Matemática – 9º ano

Nesta seção, será analisado o volume da coleção *Convergências Matemática* destinado ao 9º ano do Ensino Fundamental. O livro organiza-se em quatro unidades que reúnem conteúdos de maior complexidade e forte caráter de síntese dos anos finais: a Unidade 1 aborda conjuntos numéricos, potenciação, radiciação, produtos notáveis, fatoração de polinômios e equações; a Unidade 2 trata de razão, proporção, figuras semelhantes e relações no triângulo

retângulo; a Unidade 3 contempla funções, matemática financeira, estatística e probabilidade; e a Unidade 4 trabalha medidas, circunferência, círculo, figuras geométricas espaciais e vistas. Observa-se, assim, um avanço significativo em direção à álgebra, às relações funcionais e à geometria mais formalizada, o que tende a tornar os conteúdos mais abstratos e tecnicamente exigentes para os estudantes.

O foco desta etapa da pesquisa será examinar como, nesse contexto de maior complexidade conceitual, o livro tenta (ou não) manter a proposta de convergência entre arte, cultura e matemática. Interessa verificar de que modo obras de arte, imagens históricas, produções artesanais ou outros recursos visuais são incorporados às unidades e se conseguem, de fato, dialogar com temas como funções, fatoração, semelhança de figuras ou relações métricas no triângulo retângulo. Considerando a natureza mais abstrata de muitos desses tópicos, parte-se da hipótese de que pode haver maior dificuldade em estabelecer relações significativas entre imagens e conteúdo, o que torna particularmente relevante observar se a coleção consegue sustentar, no 9º ano, o projeto que enuncia de articular linguagens artísticas e construção matemática.

Na abertura do estudo de produtos notáveis e fatoração de polinômios, o volume do 9º ano apresenta uma xilogravura de Pitágoras de Samos, acompanhada de breve referência às contribuições atribuídas à Escola Pitagórica para o desenvolvimento da chamada “álgebra geométrica”. A imagem mostra apenas a xilogravura do matemático (Figura 25), sem quaisquer elementos gráficos adicionais (figuras planas, esquemas ou construções) que pudessem dialogar diretamente com representações geométricas de identidades algébricas, como quadrados e retângulos associados aos produtos notáveis.

Figura 25 – Gravura em xilogravura de Pitágoras de Samos (c. 572 a. C.)



Fonte: Chavante, 2018, p. 31.

A xilogravura foi usada somente para ilustrar a figura histórica e marcar, de maneira genérica, uma conexão entre Pitágoras e certas ideias que antecederam a álgebra simbólica. Não há retomada da imagem nas explicações sobre produtos notáveis e fatoração, tampouco propostas de atividades que utilizem o contexto histórico ou visual como ponto de partida para interpretar essas expressões por meio de áreas e decomposições geométricas. Assim, configura-se um caso de relação arte–matemática meramente ilustrativa: a presença da xilogravura não se converte em recurso didático para a construção dos conceitos de álgebra trabalhados no capítulo.

No estudo de equações do 2º grau, o volume do 9º ano apresenta o famoso óleo sobre madeira de Jacopo de' Barbari, Retrato de Luca Pacioli (1495) (Figura 26). A pintura mostra o matemático em situação de aula, manipulando instrumentos e figuras geométricas, ao lado de um discípulo, o que poderia constituir um contexto rico para aproximar o desenvolvimento histórico da álgebra renascentista da formalização atual das equações quadráticas. Elementos como o poliedro suspenso, o livro aberto e os sólidos sobre a mesa sugerem um ambiente de investigação matemática que, em princípio, permitiria discutir problemas geométricos que levam naturalmente a expressões quadráticas.

Figura 26 – Jacopo de' Barbari. Retrato de Luca Pacioli, 1495. Óleo sobre madeira, 99 cm x 122 cm. Museu e Galeria Nacional de Capodimonte, Nápoles.



Fonte: Chavante, 2018, p. 43.

Entretanto, no tratamento dado pelo livro, a obra é utilizada apenas como ilustração biográfica: identifica-se Pacioli e menciona-se que a cena representaria uma aula relacionada a equações do 2º grau, mas a pintura não é retomada nas explicações, nem explorada em atividades que convidem os estudantes a relacionar situações-problema históricos às formas canônicas das equações quadráticas. Não há leitura detalhada dos objetos representados, tampouco tentativa de articular o cenário da obra com a resolução de problemas de área, volume ou proporções que envolvam termos ao quadrado.

Dessa forma, a relação entre arte e matemática configura-se, mais uma vez, como meramente ilustrativa: a presença do quadro de Barbari serve para contextualizar historicamente o tema e valorizar a figura de Pacioli, mas não se converte em recurso efetivo para a construção conceitual de equações do 2º grau, permanecendo desconectada do desenvolvimento algébrico subsequente.

Nas três imagens apresentadas a seguir: – a estátua de al-Khwarizmi, a gravura de Leonardo de Pisa (Fibonacci) e o retrato de Tales de Mileto – observa-se um mesmo padrão de uso das figuras históricas em relação aos conteúdos matemáticos trabalhados no 9º ano.

Na primeira, a estátua de Mohamed ibn-Musa al-Khwarizmi (Figura 27), aparece associada ao método de completar quadrados para resolver equações do 2º grau. O texto menciona que, em sua obra, há registros desse tipo de resolução, mas a imagem em si é usada apenas como identificação do personagem: não há qualquer exploração visual ou histórica que se conecte aos esquemas geométricos de quadrados e retângulos que poderiam ilustrar o próprio método de completar quadrados. Trata-se, portanto, de um uso meramente ilustrativo.

Figura 27 – Estátua de Mohamed ibn-Musa al-Khowarizmi, em Itchan Kala, no Uzbesquistão, em 2017.



Fonte: Chavante, 2018, p. 48.

De modo semelhante, a gravura de Leonardo de Pisa (Figura 28) é apresentada no contexto da regra de três composta. O livro indica que em seu *Liber abaci* se encontram problemas desse tipo, mas a figura do matemático não é retomada para analisar um problema original, comparar enunciados históricos com versões atuais ou discutir a ideia de proporção a partir de contextos medievais de comércio. Mais uma vez, a gravura funciona apenas como “rosto” do autor, sem vínculo efetivo com o desenvolvimento da técnica de resolução.

Figura 28 – Gravura de Leonardo de Pisa (c. 1175 – 1250).



Fonte: Chavante, 2018, p. 94.

Por fim, a imagem de Tales de Mileto (Figura 29), surge ao introduzir o Teorema de Tales. A presença da imagem justifica-se pelo fato de o resultado levar seu nome, destacando sua relevância como matemático, engenheiro, astrônomo e filósofo; entretanto, não se constrói qualquer ponte entre a figura representada e o teor do teorema – seja por meio de uma narrativa histórica (medição de alturas, sombras, navegação), seja pela análise de esquemas geométricos associados a seus feitos. Assim, a relação entre arte/imagem e matemática é novamente apenas ilustrativa.

Figura 29 – Tales de Mileto (c. 546 a. C.).



Fonte: Chavante, 2018, p. 99.

Em conjunto, essas três ocorrências reforçam um padrão: personagens históricos aparecem visualmente para legitimar ou “embelezar” o início dos tópicos (completar quadrados, regra de três composta, Teorema de Tales), mas não são integrados de forma substantiva à construção dos conceitos, configurando relações superficiais entre arte e matemática no volume do 9º ano.

Nas duas últimas imagens que serão analisadas para o 9º ano – a gravura de Gottfried Wilhelm Leibniz, associada ao estudo de função, e a gravura de Boaventura Cavalieri, vinculada ao volume de um prisma – repete-se o padrão de uso meramente ilustrativo de personagens históricos. No primeiro caso, Chavante (2018) destaca que Leibniz introduziu a palavra “função” e menciona que outros matemáticos também contribuíram para a consolidação do conceito; contudo, a gravura (Figura 30), limita-se ao retrato do autor, sem qualquer tentativa de relacionar problemas, gráficos ou representações da época à formalização contemporânea de funções. A imagem não é retomada nas explicações nem nas atividades, de modo que não há efetiva articulação entre a figura histórica e o estudo do tema.

Figura 30 – Gravura de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716).



Fonte: Chavante, 2018, p. 145.

De forma análoga, a gravura de Cavalieri (Figura 31), aparece no contexto do volume de prismas, apenas para registrar que o resultado é conhecido como princípio de Cavalieri. Não se explora visualmente a ideia central do princípio — a comparação de sólidos por meio de seções planas de mesma área —, nem se propõe uma leitura geométrica da própria gravura ou de esquemas inspirados em seus argumentos. Assim, também aqui a imagem serve apenas para nomear e situar historicamente o conteúdo, sem contribuir para a compreensão conceitual do volume de prismas.

Figura 31 – Gravura de Boaventura Cavalieri (1629 – 1647).



Fonte: Chavante, 2018, p. 252.

Em ambos os casos, portanto, a relação arte–matemática é classificada como ilustrativa e superficial: as gravuras conferem um enquadramento histórico aos tópicos de função e volume, mas o potencial de integração entre história, imagem e construção conceitual não é explorado pelo livro.

No volume do 9º ano da coleção *Convergências Matemática*, a análise das imagens evidencia um predomínio claro de relações superficiais – ou mesmo praticamente inexistentes – entre arte, história da matemática e os conteúdos trabalhados. As xilogravuras e gravuras de matemáticos como Pitágoras, Luca Pacioli, al-Khwarizmi, Fibonacci, Tales, Leibniz e Cavalieri são sistematicamente utilizadas para ilustrar personagens associados aos temas de produtos notáveis, equações do 2º grau, completar quadrados, regra de três composta, Teorema de Tales, função e volume de prisma. No entanto, em nenhum desses casos a imagem é efetivamente integrada ao desenvolvimento conceitual: não há exploração de problemas históricos, leitura detalhada de elementos presentes nas obras, nem proposição de atividades que tomem esses contextos como ponto de partida para a construção dos conceitos.

Em outras palavras, a presença de obras e retratos cumpre sobretudo uma função biográfica e decorativa, conferindo um verniz histórico e cultural aos capítulos, mas sem gerar um diálogo substantivo entre as linguagens visual e matemática. O potencial didático de figuras como Pacioli, al-Khwarizmi ou Cavalieri – que poderiam ser mobilizados para discutir métodos geométricos de resolução, problemas de comércio medieval, princípios de comparação de volumes ou a gênese do conceito de função – permanece praticamente intocado. Assim, a articulação entre arte e matemática no 9º ano pode ser caracterizada como uma tentativa, porém bastante tímida: a coleção convoca imagens e personagens, mas raramente os transforma em

instrumentos efetivos de investigação conceitual, resultando em um quadro em que as relações são, na maior parte das vezes, superficiais ou inexistentes do ponto de vista pedagógico.

5.5 Sistematizando Convergências

Com o intuito de sintetizar os resultados deste estudo, organizamos as análises realizadas sobre a coleção Convergências Matemática, do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, em um quadro sistematizador. Nele, dispomos, para cada ano, as obras ou imagens mobilizadas, os conteúdos matemáticos a que se vinculam, o tipo de relação estabelecida entre arte e matemática (não apresenta, superficial ou considerável) e um comentário que explicita as imbricações ou rupturas identificadas. Essa organização permite visualizar, de maneira comparativa, em que momentos a coleção efetivamente integra arte, cultura e história da matemática ao desenvolvimento conceitual, e em quais casos a presença das imagens se restringe a um papel meramente ilustrativo ou decorativo. O quadro 1, portanto, funciona como síntese analítica do percurso descrito ao longo do texto, evidenciando tendências, repetições e lacunas nas conexões entre arte e matemática nos diferentes volumes.

Quadro 2 – Arte em convergências Matemática

ARTE EM CONVERGÊNCIAS MATEMÁTICA			
6º ANO			
OBRA DE ARTE	CONTEÚDO MATEMÁTICO	RELAÇÃO ENTRE ARTE E MATEMÁTICA	IMBRICAÇÕES OU RUPTURAS
Hieróglifos encontrados no templo de Karnak, no Egito	Números e Operações	Considerável	Sistema numérico e operações (articula operações e símbolos egípcios).
Hiram-Prism	Geometria plana e espacial	Considerável	Tridimensionalidade x bidimensionalidade . (Promove a distinção entre figuras planas e espaciais).
Xilogravura de René Descartes	potenciação e radiciação de números racionais	Não apresenta	A imagem desempenha um papel estritamente ilustrativo.
Pirâmide da Lua, Pirâmide do Sol e templo de Quetzalcoatl	Algarismos romanos e pirâmides	Considerável	Pirâmides. (O autor trata de elementos da pirâmide, ao relacionar com os monumentos Pirâmide da Lua, Pirâmide do Sol e do templo de Quetzalcoatl).

Torre de Pisa	Retas e ângulos	Superficial	Ângulo formado por inclinações. (As imagens das edificações em nada acrescentam na atividade, meramente ilustrativas, o mesmo efeito seria alcançado pela inclinação de uma reta).
Capela de Suurhusen	Retas e ângulos	Superficial	Ângulo formado por inclinações. (As imagens das edificações em nada acrescentam na atividade, meramente ilustrativas, o mesmo efeito seria alcançado pela inclinação de uma reta).
Concreção 6048	Ângulos entre retas	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A pintura à óleo é utilizada apenas para introduzir o objeto de conhecimento, o autor não utiliza a obra para abordar o conceito de ângulo).
Estátua do Busto de René Descartes	Plano Cartesiano	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A estátua do busto é utilizada apenas para ilustrar a figura de René Descartes sem estabelecer relação com o conceito de plano cartesiano).

7º ANO

OBRA DE ARTE	CONTEÚDO MATEMÁTICO	RELAÇÃO ENTRE ARTE E MATEMÁTICA	IMBRICAÇÕES OU RUPTURAS
Estátua do Busto de Pitágoras de Samos	Retas numéricas	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A estátua do busto é utilizada apenas para ilustrar a figura de Pitágoras sem estabelecer relação com conceitos matemáticos).
Gravura de Herão	Raíz quadrada de um número não quadrado perfeito	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A Gravura é utilizada apenas para ilustrar a figura de Herão sem estabelecer relação com a raiz quadrada de um número não quadrado perfeito).
Bonecas russas - Matrioskas	Sequências	Considerável	Recurso. (O conceito é exemplificado por meio de situações matemáticas, na música e nas artes visuais).
Sinfonia nordestina	Círculo e circunferência	Superficial	Área e perímetro. (Não explora a obra repleta de formas circulares).
Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.)	Círculo e circunferência	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A Gravura é utilizada apenas para ilustrar a figura de Arquimedes, pioneiro a tentar determinar o valor de π).

A criatividade no artesanato (tapete patchwork, artesanato tupi-guarani e arte marajoara)	Formas geométricas planas	Superficial	Figuras geométricas planas. (O autor explora apenas uma das técnicas artesanais, sem aprofundar conceitos e deixa de lado o artesanato indígena).
Escher – Serpentes e Limite Circular I	Transformações de figuras e simetria	Superficial	Simetria circular. (Aborda a vida do artista, apresenta duas de suas obras, mas explora de forma superficial o conceito matemático).
8º ANO			
OBRA DE ARTE	CONTEÚDO MATEMÁTICO	RELAÇÃO ENTRE ARTE E MATEMÁTICA	IMBRICAÇÕES OU RUPTURAS
Gravura de Pitágoras	Ângulos entre retas	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A pintura à óleo é utilizada apenas para introduzir o objeto de conhecimento, o autor não utiliza a obra para abordar o conceito de ângulo).
Mosaico sobre tampo de mesa	Polígonos	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (Não demonstra aprofundamento do conceito).
Arte marajoara	Translação	Superficial	Translação. (O autor cita a Arte Marajoara apenas para introduzir o conceito, sem estabelecer relações ou retomar a imagem da peça no desenvolvimento do conceito).
Dois Peixes (número 59)	Composição de transformações geométricas	Considerável	Composição de transformações de reflexão com a de translação. (Nesse ponto da explanação dos conceitos os estudantes possuem subsídios para reconhecer nas obras as transformações geométricas).
Borboleta (número 70)	Composição de transformações geométricas	Considerável	Composição de transformações de rotação e de translação. (Nesse ponto da explanação dos conceitos os estudantes possuem subsídios para reconhecer nas obras as transformações geométricas).
9º ANO			
OBRA DE ARTE	CONTEÚDO MATEMÁTICO	RELAÇÃO ENTRE ARTE E MATEMÁTICA	IMBRICAÇÕES OU RUPTURAS
Xilogravura Pitágoras de Samos	Produtos notáveis e fatoração de polinômios.	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A Xilogravura é utilizada apenas para ilustrar a figura de Pitágoras, é atribuída à Escola Pitagórica contribuições para o

			desenvolvimento da álgebra geométrica).
Jacopo de' Barbari. Retrato de Luca Pacioli, 1495.	Equações do 2º Grau	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (O óleo sobre a madeira de Barbari, é o retrato de Pacioli e seu aluno, no momento de aula que segundo o autor se trata de equações quadráticas).
Estátua de Mohamed ibu-Musa al- Khowarizmi	Completar quadrados	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A estátua do matemático e astrônomo árabe, é utilizada para elucidar que em seu livro existiam registros da resolução da equação do 2º grau pelo método de completar quadrados).
Gravura de Leonardo de Pisa	Regra de três composta	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (A Gravura do matemático italiano Fibonacci, foi utilizada por apresentar um problema de regra de três de seu livro Liber abaci).
Tales de Mileto	Teorema de Tales	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (Em virtude do teorema receber o nome do matemático, engenheiro, astrônomo, filósofo, estadista Tales de Mileto, mas não faz relação com o teor do teorema).
Gravura de Gottfried Wihelm Leibniz	Funções	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (O matemático Leibniz foi responsável por introduzir a palavra função, mas as contribuições acerca desse também vieram de outros matemáticos).
Gravura de Boaventura Cavalieri	Volume de um prisma	Não apresenta	Imagem Ilustrativa. (O volume do prisma também é conhecido como princípio de Cavalieri, nome do matemático que o desenvolveu).

Fonte: Elaboração do autor.

6 TECENDO CONSIDERAÇÕES

A temática desta pesquisa permitiu ao autor (re)visitar memórias de seu processo de escolarização e, simultaneamente, reconhecer o legado formativo do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Educação da Universidade Federal do Tocantins. O estudo teve como objetivo central verificar possíveis confluências entre Arte e Matemática presentes em livros didáticos de Matemática dos anos finais do Ensino Fundamental, aprovados no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD – 2020), tomando como foco a coleção *Convergências Matemática*, de Eduardo Chavante (2018), e buscando compreender em que medida essas confluências podem favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes.

Para alcançar esse objetivo, a pesquisa foi organizada em quatro grandes fases, que se materializam nas seções do trabalho. Na introdução, foi apresentado o percurso formativo do autor, com a narração de experiências que marcaram sua trajetória como estudante e docente, destacando-se a importância dos profissionais do magistério na superação de dificuldades, na ressignificação da Matemática e no fortalecimento do desejo de prosseguir nos estudos até o mestrado. Esse movimento autobiográfico não teve caráter meramente confessional: serviu para explicitar o lugar de fala do pesquisador, as inquietações que o constituem e as razões pelas quais a articulação entre Arte, Matemática e aprendizagem significativa se configurou como um problema de pesquisa relevante.

Na segunda fase, reunida sob o título *Confluências entre Arte e Matemática*, buscaram-se evidenciar, em perspectiva histórica, aproximações e afastamentos entre essas duas áreas do conhecimento. Do Egito antigo à Grécia, de Roma à Idade Média e ao Renascimento, foi possível constatar que, em diferentes tempos e contextos, Arte e Matemática se cruzaram na arquitetura, na escultura, na pintura, na proporção, na harmonia e na busca pela beleza. Em alguns períodos, a Matemática esteve a serviço da monumentalidade e do poder; em outros, tornou-se elemento constitutivo da perspectiva, da composição e da expressão estética. Esse percurso histórico evidenciou que a separação rígida entre Arte e Matemática, tão naturalizada na escola, não é um dado “natural”, mas o resultado de escolhas culturais, epistemológicas e curriculares que, ao longo do tempo, foram apartando esses campos no âmbito da educação formal.

Na terceira fase, intitulada *Aprendizagem Significativa: a teoria ausubeliana*, aprofundou-se o estudo da teoria de David Ausubel, entendida como aporte para pensar o ensino de Matemática mediado pela Arte. Ao diferenciar aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, aprendizagem por recepção e por descoberta, Ausubel chama a atenção para o

papel dos conhecimentos prévios, da estrutura cognitiva do sujeito e das condições para que novas informações se ancorem em conceitos já existentes, produzindo significados estáveis e duradouros. Nessa perspectiva, os mapas conceituais emergem como instrumentos potentes para organizar conceitos e explicitar relações de significado, constituindo-se como recurso coerente com a proposta de favorecer aprendizagens significativas. Esse referencial teórico ofereceu categorias para problematizar se, e como, as situações didáticas presentes nos livros analisados poderiam configurar-se como contextos propícios à aprendizagem significativa, considerando a Arte como organizador prévio, como contexto de ancoragem ou como possibilidade de ampliação semântica dos conceitos matemáticos.

Na quarta fase, Arte nos livros didáticos de Matemática, o foco voltou-se diretamente à análise dos volumes da coleção *Convergências Matemática* (6º ao 9º ano). Foram examinadas as ocorrências de obras de arte nos livros, as formas de apresentação dessas obras, os conceitos matemáticos a elas associados e o tipo de atividade proposto. Buscou-se identificar se a Arte era utilizada apenas como elemento ilustrativo e ornamental, se aparecia como pretexto descolado de um trabalho matemático mais profundo ou se era, de fato, mobilizada como contexto significativo para a exploração, problematização e compreensão de conceitos.

Os resultados evidenciam um quadro de distanciamento entre Arte e Matemática nos livros didáticos analisados. As referências à Arte são pouco frequentes e, quando aparecem, tendem a ser pontuais, superficiais e, em muitos casos, limitadas a uma função decorativa ou motivacional, sem exploração sistemática das potencialidades conceituais que essas obras poderiam mobilizar. São raras as propostas que convidam os estudantes a estabelecer relações mais consistentes entre propriedades matemáticas e elementos estruturantes das obras, como simetrias, proporções, padrões, regularidades, perspectivas ou relações espaciais. De modo geral, a Matemática permanece tratada de forma predominantemente algorítmica e procedimental, enquanto a Arte surge como pano de fundo ou ilustração, não como linguagem epistemológica capaz de desencadear processos significativos de aprendizagem.

À luz da teoria ausubeliana, esse cenário revela que o potencial da Arte como organizador prévio ou como recurso para ativar e reestruturar conhecimentos prévios matemáticos é muito pouco explorado. As atividades raramente estimulam os estudantes a explicitar o que já sabem, a relacionar diferentes conceitos ou a construir mapas conceituais que incluam, simultaneamente, elementos artísticos e matemáticos. A maior parte das propostas não favorece a construção de uma rede de significados articulada que permita integrar conteúdos matemáticos a experiências culturais, estéticas e históricas dos sujeitos. Assim, embora existam brechas e oportunidades pontuais, a presença da Arte nos livros analisados, tal

como se apresenta, mostra-se insuficiente para promover, de forma sistemática, a aprendizagem significativa em Matemática, na perspectiva ausubeliana.

O levantamento realizado no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e na Plataforma Sucupira evidenciou, ainda, uma lacuna na produção acadêmica nacional: não foram encontradas pesquisas que tratassem diretamente da relação entre Arte e Matemática no interior de livros didáticos de Matemática. Identificaram-se estudos que aproximam Matemática de diversas linguagens artísticas em contextos de projetos, oficinas ou práticas pedagógicas inovadoras, porém o livro didático, enquanto documento curricular amplamente utilizado na escola básica, permanece pouco explorado sob esse prisma. Esse vazio reforça a relevância da pesquisa realizada e indica a necessidade de ampliar investigações que problematizem o livro didático não apenas como veículo de conteúdos, mas como artefato cultural que pode, ou não, favorecer a integração de diferentes saberes e linguagens.

As reflexões desenvolvidas ao longo do trabalho dialogam com a necessidade de compreender as diferenças – sociais, culturais, estéticas – que atravessam a formação dos sujeitos. Ao reconhecer que, historicamente, as diferenças foram utilizadas como critérios de classificação, seleção, inclusão e exclusão, a Educação é convocada a construir práticas que valorizem a pluralidade de modos de sentir, pensar e representar o mundo. A presença qualificada da Arte no ensino de Matemática pode constituir-se como uma dessas práticas, ao possibilitar que estudantes de diferentes contextos culturais se reconheçam em imagens, formas, cores, construções e narrativas que extrapolam o universo estritamente numérico e formal. Nesse sentido, a quase ausência de uma interlocução mais robusta entre Arte e Matemática nos livros analisados tensiona o compromisso da escola com uma formação integral, crítica e sensível.

Em síntese, considera-se que a pesquisa alcançou seu objetivo ao estabelecer relações entre as confluências históricas entre Arte e Matemática, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a forma como esses elementos aparecem – ou deixam de aparecer – nos livros didáticos de Matemática aprovados pelo PNLD – 2020. Os resultados indicam que ainda há um longo caminho a percorrer para que a Arte seja integrada, de modo sistemático e intencional, às propostas de ensino de Matemática, de forma a potencializar aprendizagens significativas. Ao mesmo tempo, mostram que o livro didático pode constituir-se como terreno fértil para essa integração, desde que autores, editores, professores e formuladores de políticas educacionais se disponham a repensar concepções, conteúdos e metodologias.

Reconhecem-se, por fim, os limites deste estudo: o recorte em uma única coleção de livros didáticos e a opção por uma análise centrada nos materiais, sem investigação de campo sobre sua utilização em sala de aula, impedem generalizações amplas. Contudo, esses limites não anulam a contribuição do trabalho; ao contrário, apontam caminhos para pesquisas futuras, tais como: analisar outras coleções aprovadas pelo PNLD; investigar práticas docentes que subvertem o uso tradicional dos livros, inserindo a Arte como mediadora da aprendizagem matemática; ou ainda desenvolver propostas didáticas que, fundamentadas na teoria ausubeliana, articulem intencionalmente Arte e Matemática em diferentes anos de escolaridade.

Do ponto de vista formativo, o percurso da pesquisa reafirma a importância dos professores que, ao longo da trajetória do autor, contribuíram para que a Matemática fosse percebida para além de fórmulas e algoritmos, aberta à sensibilidade, à criatividade e ao diálogo com outras linguagens. A expectativa que se delineia a partir deste estudo é a de que, na escola básica, mais estudantes possam experimentar uma Matemática viva, em que a Arte não seja um adorno, mas uma via legítima para compreender, significar e transformar o mundo.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, Rosália Maria Ribeiro. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel: Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais**. 1976. 109f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas.

AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., Moraes, 1968.

_____. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

ATALAY, Bulent. **A Matemática e a Mona Lisa: a confluência da arte com a ciência**. Tradução: Mário Vilela. 2 ed. rev e atual. São Paulo: Publicações Mercuryo Novo Tempo, 2009.

BACARO, Arnaldo; GARCIA, Claudio Luiz. Performance como Experiência de Linguagens Artísticas no Ambiente Escolar. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**. Cadernos PDE. 2013, Versão On-line. ISBN 978-85-8015-076-6. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_arte_artigo_arnaldo_bacaro.pdf>, Acesso em: 4/09/2020.

BOYER, Karl Benjamin. **História da Matemática**. Tradução: Elza Gomide. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

CHAVANTE, Eduardo Rodrigues. **Convergências matemática: ensino fundamental: anos finais: 6º ano**. 2. ed. São Paulo Edições SM, 2018.

_____. **Convergências matemática: ensino fundamental: anos finais: 7º ano**. 2. ed. São Paulo Edições SM, 2018.

_____. **Convergências matemática: ensino fundamental: anos finais: 8º ano**. 2. ed. São Paulo Edições SM, 2018.

_____. **Convergências matemática: ensino fundamental: anos finais: 9º ano**. 2. ed. São Paulo Edições SM, 2018.

CHIZZOTTI, Antônio. **Pesquisas em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 1998.

D'AMORE, Bruno. **Epistemologia, Didática da Matemática e Práticas de Ensino**. In: Bolema, v. 20, n. 28, 2007. Disponível em: <<http://www.dm.unibo.it/rsddm/it/articoli/damore/635%20%20Epistemologia%20Didattica.pdf>>. Acesso em 17 out. 2017.

DISTLER, Rafaela Regina. Contribuições de David Ausubel para a intervenção psicopedagógica. In: **Revista Psicopedagogia**. São Paulo/SP, v. 32. ed. 98, p. 191- 199, 2015.

FAINGUELERNT, Estela Kaufman; NUNES, Katia Regina Ashton. **Fazendo arte com a matemática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERNANDES, Elisângela. David Ausubel e a aprendizagem significativa. **NOVA ESCOLA**. 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>> Acesso em: 26/11/2018.

FERRARI, Solange dos Santos Utuari et al. **Por Toda Parte: volume único**. 1 ed. São Paulo: FTD, 2013.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FREUD, Sigmund. **Obras psicológicas completas de Sigmund Freud**. Edição Standard. Vol. XVIII. Rio de Janeiro: Imago, 1996. 320p.

GADOTTI, Moacir. **Boniteza de um sonho: ensinar - e - aprender com sentido**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUERRA, Eliane Linhares de Assis. **Manual de Pesquisa Qualitativa**. Grupo Ânima Educação: Belo Horizonte, 2014. Disponível em: http://disciplinas.nucleoad.com.br/pdf/anima_tcc/gerais/manuais/manual_quali.pdf acesso em: 03/10/2017.

KIPNIS, Bernardo. **Elementos de pesquisa e a prática do professor**. Brasília: UNB, 2005.
LIMA, Donizete Franco. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio**. Revista Triângulo. Vol. 11. n.1. ISSN 2175-1609. Uberaba-MG: Jan./Abr. 2018. p. 151-162. Disponível em: <http://seer.uftm.edu.br/revistaelectronica/index.php/revistatriangulo/article/view/2664> acesso em: 02/09/2018.

MAGALHÃES, Gildo. **Introdução à metodologia da pesquisa: caminhos da ciência e tecnologia**. São Paulo: Ática, 2005.

MAHONEY, Abigail Alvarenga; ALMEIDA, Laurinda Ramalho de. Afetividade e processo ensino-aprendizagem: contribuições de Henri Wallon. **Psicologia da Educação**. São Paulo, 20, 1º semestre de 2005, p. 11-30.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

_____. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, p. 149-164, 1999.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: UNB, 2006.

PELIZARRI, Adriana et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PIVATTO, Brum; SCHUHMACHER, Elcio. **Conceitos de teoria da aprendizagem significativa sob a ótica dos mapas conceituais a partir do ensino de Geometria**. REVEMAT. eISSN 1981-1322. Florianópolis (SC), v. 08, n. 2, p. 194-221, 2013.

PROENÇA, Graça. **História da Arte**. São Paulo: Ed. Ática, 2010.

_____. **Descobrendo a História da Arte**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Ática, 2008.

ROQUE, Tatiana; PITOMBEIRA, João Bosco. **Tópicos de História da Matemática**. Disponível em: <http://professoresdematematica.com.br/wa_files/Topicos_20de_20Historia_20da_20Matematica_28PROFMAT_29_TatianaRoque_Pitombeira.pdf> Acesso em: 13/09/2020.

SABINO, Adílio Jorge; VIZOLLI, Idemar. Matemática em Contexto e Aplicações: Conexões entre Arte e Matemática. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 5-27, 2018. DOI: 10.26571/REAMEC.a2018.v6.n1.p.5-27.i5858. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5858>>. Acesso em: 4 set. 2020.

SCHROEDER, Silvia Cordeiro Nassif. A arte como linguagem: um olhar sobre as práticas na educação infantil. **Leitura: Teoria & Prática** - Associação de Leitura do Brasil (ALB) e-ISSN: 2317-0972 - ISSN da edição impressa: 0102-387X. DOI: 10.34112/2317-0972

SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; SCHIRLO, Ana Cristina. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social**. Imagens da Educação, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa Científica. In: GERHART, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

TEIXEIRA, Fábio Gonçalves et al. **Aprendizagem Significativa : uma metodologia de ensino para a geometria descritiva**. COBENGE 2004 - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Anais do Cobenge 2004, Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/15/artigos/01_557.pdf> Acesso em: 27/11/2018

VIZOLLI, Idemar. **Registros de Alunos e Professores de Educação de Jovens e Adultos na Solução de Problemas de Proporção- Porcentagem**. 2006. 245f. +188anexos. Tese (Doutorado) – Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba-PR.

ZALESKI FILHO, Dirceu. **Matemática e Arte**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013.

WALLON, Henri. **Psicologia e educação da infância**. Lisboa, Espanha: 1975.