LILIANA JUNKES SERENATO

APROXIMAÇÕES INTERDISCIPLINARES ENTRE MATEMÁTICA E ARTE: RESGATANDO O LADO HUMANO DA MATEMÁTICA

Curitiba

2008

LILIANA JUNKES SERENATO

APROXIMAÇÕES INTERDISCIPLINARES ENTRE MATEMÁTICA E ARTE: RESGATANDO O LADO HUMANO DA MATEMÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, linha de pesquisa Educação Matemática, do Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Cifuentes

Curitiba

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
COORDENAÇÃO DE PROCESSOS TÉCNICOS

Serenato, Liliana Junkes
Aproximações interdisciplinares entre matemática e arte : resgatando o lado humano da matemática / Liliana Junkes Serenato. – Curitiba, 2008.
163f. : il. algumas color.

Inclui bibliografia
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Cifuentes
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação.

1. Matemática. 2. Arte. 3. Matemática na arte. I. Cifuentes, José Carlos. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. III. Título.

CDD 700.105

Andrea Carolina Grohs CRB 9/1.384

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ M E C PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MESTRADO E DOUTORADO SETOR DE EDUCAÇÃO

PARECER

Defesa de Dissertação de **LILIANA JUNKES SERENATO** para obtenção do Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO. Os abaixo-assinados, DR. JOSÉ CARLOS CIFUENTES, DRª TAMARA DA SILVEIRA VALENTE, DRª ANA MARIA PETRAITIS LIBLIK e DRª BLANCA BEATRIZ DÍAZ ALVA argüiram, nesta data, a candidata acima citada, a qual apresentou a seguinte Dissertação: **"APROXIMAÇÕES INTERDISCIPLINARES ENTRE MATEMÁTICA E ARTE: RESGATANDO O LADO HUMANO DA MATEMÁTICA".**

Procedida a argüição, segundo o Protocolo aprovado pelo Colegiado, a Banca é de Parecer que a candidata está apta ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIAÇÃO
DR. JOSÉ CARLOS CIFUENTES	[signature]	APROVADO
DRª TAMARA DA SILVEIRA VALENTE	TSValente	aprovada
DRª ANA MARIA PETRAITIS LIBLIK	analiblik	APROVADA
DRª BLANCA BEATRIZ DÍAZ ALVA	[signature]	APROVADA

Curitiba, 30 de setembro de 2008

MTCSoares
Profª Drª Maria Tereza Carneiro Soares
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação

Para Luíza e Júlia, minhas filhas,
razão e emoção do meu viver...

Razão e emoção compõem a dança de luz e sombra da liberdade conquistada. Cada um de nós, ao contemplá-la, chora e ri a partir dos sonhos enunciados, das intuições subliminares, no jogo explícito das contradições, da história configurada. Picasso cuidou interdisciplinarmente de cada aspecto de sua liberdade pessoal, exercitou-a ao compor um conceito universal de liberdade. Ainda estamos por viver esse exercício nos educadores. Geralmente cuidamos da forma, sem cuidar da função, da estética, da ética, do sagrado que colore o cotidiano de nossas proposições educativas ou de nossas pesquisas.

Ivani Fazenda

AGRADECIMENTOS

Agradecer é admitir que houve um
momento em que se precisou de alguém;
é reconhecer que o homem jamais poderá
lograr para si o dom de ser auto-suficiente.
Ninguém e nada cresce sozinho;
sempre é preciso um olhar de apoio,
uma palavra de incentivo,
um gesto de compreensão,
uma atitude de amor.
autor desconhecido

- A Deus, autor da vida, e que a todos distribui seus dons, por me ajudar a ser quem sou e a chegar onde cheguei;
- A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná, e aos professores da Linha de Educação Matemática, pela oportunidade de me tornar mestre;
- Ao professor José Carlos Cifuentes, meu orientador, pelo carinho ao “nosso” tema, pelo apoio e incentivo e, principalmente, pela sua confiança inabalável na minha capacidade;
- As professoras Ana Maria Petraitis Liblik, Blanca Beatriz Díaz Alva e Tamara da Silveira Valente, pelas considerações e sugestões, tanto na banca de qualificação quanto na de defesa, que tanto contribuíram para a melhoria da qualidade deste texto;
- Mais uma vez a professora Ana Maria Petraitis Liblik pelo incentivo: não fosse o seu olhar sensível talvez eu levasse muito mais tempo para encontrar o caminho (literalmente) para o mestrado;
- As professoras Giovanna Terezinha Simão e Rosane Cardoso Araújo pelo apoio, desde o início, orientando-me no projeto;
- Aos colegas de turma Alexandre, Ângela, Kary, Leoni, Luciane, Marceli, Marcelo, Rudinei, Ruth, pelo companheirismo e sugestões nas aulas;
- Especialmente a Kary, Leoni e Luciane, que tantas vezes me ouviram durante as minhas “crises existenciais”;
- A Cinthia, pela ajuda com o *Abstract*;
- A minha família: Juarez, Luíza e Júlia, pelo amor, carinho, apoio, compreensão...;
- Ainda ao Juarez, pela sua preciosa ajuda “tecnológica”;
- A todos os meus familiares: mãe, irmãs, sogros, cunhados e sobrinhos, pela “torcida”, apoio e ajuda nas horas de necessidade (cuidando das meninas, cedendo computador e impressora, ouvindo lamentações, rezando, etc...);
- E, como por certo agradecer não é uma tarefa justa nem fácil, a todos que, de alguma forma me ajudaram a concretizar este trabalho, e que por qualquer razão não foram citadas, o meu MUITO OBRIGADA!

LISTA DE FIGURAS

Uma imagem vale
mais que mil palavras.
Provérbio popular

Figura 1: O modelo de Jantsch...42
Figura 2: Partenon..58
Figura 3: Jarro Ateniense...58
Figura 4: Vaso de Dipylon...59
Figura 5: Cortejo das Santas (detalhe)..59
Figura 6: Homem Vitruviano, Leonardo da Vinci...............................61
Figura 7: Madonna Rucellai, Duccio di Buoninsegna.........................62
Figura 8: Milagre da Hóstia, Paolo Uccello..62
Figura 9: Natureza-Morta com Maçãs e Laranjas, Paul Cézanne.......63
Figura 10: Mulher Jovem, Pablo Picasso...64
Figura 11: Quadrado Preto sobre Fundo Branco, Kasimir Malevich...66
Figura 12: Composição, Piet Mondrian...67
Figura 13: Unidade Tripartida, Max Bill..70
Figura 14: As Meninas, Velásquez..77
Figura 15: Peregrinação a Citera, Watteau.......................................78
Figura 16: Juramento dos Horácios, David.......................................79
Figura 17: Morte de Marat, David..80
Figura 18: Retrato da Princesa de Broglie, Ingres.............................81
Figura 19: A Carroça de Feno, Constable...82
Figura 20: A Balsa do Medusa, Géricault..82
Figura 21: A Liberdade Guiando o Povo, Delacroix...........................83
Figura 22: Exemplo de utilização de imagens na matemática........106
Figura 23: Exemplo de contextualização.......................................108
Figura 24: Posições do triângulo 108
Figura 25: Exemplo de simplicidade...109
Figura 26: Montes de Feno - Fim de Verão - Tarde, Monet.............113
Figura 27: Beleza Russa numa Paisagem, Kandinsky......................116
Figura 28: Improvisação 7, Kandinsky...117
Figura 29: As três cores primárias distribuídas pelas três formas elementares, Kandinsky..126
Figura 30: Exemplos das formas de pontos, Kandinsky..................127
Figura 31: Arco e Ponto, Kandinsky...128

Figura 32: Amarelo-Vermelho-Azul, Kandinsky................................129
Figura 33: Resolução gráfica de um problema algébrico.................144

SUMÁRIO

No olho, há três cavidades esféricas.
A primeira contém o senso comum, a fantasia e a imaginação. A segunda, o intelecto e o juízo.
E a terceira finalmente protegerá, com juízo, a memória.
Leonardo da Vinci

INTRODUÇÃO...22
1 DA FRAGMENTAÇÃO À INTERAÇÃO DO SABER: A INTERDISCIPLINARIDADE..30
1.1 O Processo de Fragmentação do Conhecimento..........................31
1.2 A Interdisciplinaridade...38
1.3 O Preconceito Interdisciplinar...47
2 MATEMÁTICA E ARTE: UMA QUESTÃO DE PARARELISMO E/OU CONCORRÊNCIA...56
2.1 Matemática na Arte..57
2.2 Arte na Matemática..71
2.2.1 Razão e intuição..74
2.2.2 Neoclassicismo e Romantismo na Arte.....................................77
2.2.3 Neoclassicismo e Romantismo na Matemática..........................84
3 ARTE E MATEMÁTICA: UMA QUESTÃO DE CONHECIMENTO. 91
3.1 A Arte Como Forma de Conhecimento..93
3.2 A Linguagem Visual..98
3.2.1 O Pensamento Visual e a Linguagem Visual na Criação Matemática...102
4 KANDINSKY: O ESPÍRITO INTERDISCIPLINAR NA ARTE.....111
4.1 Kandinsky e as Tendências Abstratas na Arte no Início do Século XX...112
4.2 Bauhaus...120
4.3 Kandinsky e a Criação Artística..123
5 POINCARÉ: O ESPÍRITO INTERDISCIPLINAR NA MATEMÁTICA 132
5.1 Traços Históricos da Vida e Obra de Poincaré............................133
5.2 A Criação Matemática..135
5.3 Poincaré e a Criação Matemática...138
5.4 A Interdisciplinaridade em Poincaré...145
CONSIDERÇÕES FINAIS...148
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS...156

RESUMO

Os problemas do mundo possivelmente não
podem ser resolvidos por céticos ou cínicos, cujos
horizontes se cingem às realidades óbvias. Precisamos
de homens capazes de sonhar com coisas que nunca existiram.

John F. Kennedy

Matemática e arte. Para um certo contingente de pessoas a associação entre esses campos de conhecimento pode simplesmente parecer absurda, possivelmente por elas desconhecerem o que existe de comum entre uma área considerada como ciência exata, portanto rigorosa, racional, objetiva, e outra pertencente a um pólo oposto, ou seja, do campo das ciências humanas, e como tal, mais emocional, intuitiva, subjetiva. Por outro lado, as atuais reflexões a respeito da complexidade da realidade e, por conseqüência, a necessidade de uma nova busca pela unidade do conhecimento, fizeram com que surgisse um movimento em prol da interdisciplinaridade. No entanto, como bem salientam Hilton Japiassu e Ivani Fazenda, qualquer processo interdisciplinar esbarra em vários obstáculos, entre eles os obstáculos culturais, do qual uma das manifestações é o preconceito. É nesse contexto, portanto, que apresentamos esta pesquisa de cunho teórico, onde buscamos traçar alguns pontos de contato entre a matemática e a arte, a fim de subsidiar os diálogos interdisciplinares entre essas duas áreas tidas, comumente, como antagônicas, esperando assim auxiliar na quebra dos possíveis preconceitos advindos desta aproximação entre elas. Para tanto, buscamos evidenciar a relação em dupla via existente entre a matemática e a arte, através de uma pequena contextualização histórica de ambas. Também procuramos demonstrar que tanto a matemática quanto a arte são formas de conhecimento sobre a realidade, bem como frutos da criatividade humana, fatores estes que, quando não aceitos em qualquer um dos casos, geram preconceitos, já que a matemática é vista pela arte mais como conhecimento e menos como criação e vice-e-versa. E por fim, apresentamos, como exemplos, um artista e um matemático, Kandinsky e Poincaré, respectivamente, que em nosso entender personificam um pensar e um agir interdisciplinar livre de preconceitos.

Palavras chave: matemática, arte, interdisciplinaridade, conhecimento, criação.

ABSTRACT

Se podemos sonhar, também podemos

tornar nossos sonhos realidade

Walt Disney

Mathematics and Art . For a certain number of people the association between these subjects can seem absurd due to the fact these people don't know the commonness between an area considered as an exact science - so this is rigorous, rational, logical , and another one seen as the opposite: an humanity discipline and consequently more emotive, intuitive and subjective.On the other hand, the current reflections on the complexity of reality and also the need for a new search for the unity of knowledge came up with the movement in favor of Interdisciplinary .However, as pointed by Hilton Japiassu and Ivani Fazenda, any interdisciplinary practice finds several obstacles such as cultural obstacle that manifests as acts of prejudice. It is into this context , therefore , that we conduct this theorical research where we trace a few contacting points between Maths and Arts in order to insure the interdisciplinary dialogue between these two areas assumed as antagonic . We aim to help to drop the prejudice against the proximity of these areas. To do so, we attempted to evidenciate the integration between Maths and Arts through their brief historical contextualization. We also attempted to demonstrate that even Maths as Arts are forms of knowledge of reality as well as fruits of human creativity : factors that when are not properly accepted incur prejudice since Maths is seen by Arts as knowledge and not as creation and vice versa. At the end of our work, we presented an artist and a mathematician as examples , Kandinsky and Poincaré respectively. We understand they personificate interdisciplinary thoughts and acts free of prejudice.

Key Words : Mathematics , Arts , Interdisciplinary, knowlegde , Creation

APRESENTAÇÃO

-Podes dizer-me, por favor, que caminho devo seguir para sair daqui?

-Isso depende muito de para onde queres ir - respondeu o gato.

-Preocupa-me pouco aonde ir - disse Alice.

-Nesse caso, pouco importa o caminho que sigas - replicou o gato.

Lewis Carroll

Dita o protocolo textual que uma dissertação deve ser escrita em terceira pessoa! Muito justo, afinal ela nunca é fruto de apenas uma pessoa, mas sim de diálogos com muitas outras: com o orientador, com professores, com colegas, com os autores da bibliografia utilizada e também com o leitor que, de certo modo, interage com o texto. Portanto, todos são, de uma forma ou de outra, co-autores da dissertação.

No entanto, a apresentação de qualquer texto é algo bem pessoal, onde o autor pode contar um pouco da sua história e do caminho percorrido até o seu objeto de pesquisa. Portanto, peço licença aos leitores para utilizar a primeira pessoa somente neste item. Prometo retomar à regra tão logo seja possível, tão logo eu não seja obrigada a escrever “o que nos levou a escolher este tema...”

Pois bem: sou formada em Artes e estou num mestrado de Educação Matemática. Durante esses dois anos muitas pessoas ao saberem disso acharam no mínimo esquisito, ou num bom espanhol, como diria o meu orientador, *exquisito*! Mas a verdade é que a minha história de amor e ódio com a matemática é antiga.

Como a grande maioria dos alunos do Ensino Fundamental, eu também costumava afirmar categoricamente o quanto detestava a disciplina de matemática. Claro, não entendia nada, como poderia gostar? Isso mudou no período em que cursei o equivalente ao atual Ensino Médio, que chamava-se segundo grau, e no meu caso, técnico, já que fiz o curso de Técnico em Edificações, no CEFET (atualmente UTFPR). Como não poderia deixar de ser em uma escola técnica, a carga horária de matemática era muito grande, fora as disciplinas específicas nas quais ela estava presente: cálculo estrutural, cálculo hidráulico e elétrico, orçamentos... Era aprender a gostar de matemática ou desistir do curso. Fiquei com a primeira opção!

Quando prestei o exame vestibular na UFPR, minha única certeza era de que deveria ser uma licenciatura, no entanto, fiquei em dúvida entre matemática ou artes, outra área pela qual tinha muito interesse, e pela qual acabei optando, por razões diversas.

Mas a minha formação técnica teimava em aparecer, e durante o curso de Educação Artística, nesta Universidade, meus trabalhos eram considerados, por parte de alguns professores, como "racionais" demais, suscitando-lhes reações que pareceram-me, já na época, um tanto preconceituosas, já que estes pensavam que a arte deveria conter apenas traços subjetivos. Esse meu lado racional, transparecia, por exemplo, no fato de que eu preferia compor os elementos de determinados trabalhos utilizando inclusive a régua, quando julgava necessário.

Como o curso desdobrava-se em duas habilitações, Artes Plásticas e Desenho, e eu era aluna da segunda, tive disciplinas também consideradas técnicas, como por exemplo, Desenho Geométrico e Geometria Descritiva[1], nas quais, diga-se de passagem, jamais tive grandes dificuldades. Desta forma, fui fazer a disciplina de Projetos Integrados em Geometria, pertencente ao curso de Licenciatura em Matemática. Nessa ocasião, um dos trabalhos solicitados foi uma monografia aprofundando algum assunto de geometria. Imediatamente o meu tema foi decidido: Geometria na Arte. Mas qual não foi a minha surpresa quando, ao comentar com alguns colegas, a reação de um deles foi a seguinte: "Ah! Mas isso não tem nada a ver, foge muito do assunto!". Nesse momento percebi, novamente, um grande preconceito, pois esse colega mesmo sem conhecer nada a respeito do assunto, já assumira uma posição contrária, acreditando que essas duas áreas, Artes e Matemática, neste caso via Geometria, não tinham nada em comum.

De qualquer forma, a monografia foi escrita e, através de um passeio pela história da arte pude aferir que realmente a matemática participa ativamente de vários períodos e movimentos artísticos, quer seja de forma consciente ou não, por parte dos artistas. No entanto, graças a este trabalho, muitas questões foram suscitadas. Em primeiro lugar, se a matemática está presente na arte, será que o oposto também acontece,

---

[1] Atualmente houve uma mudança de nomenclatura: o curso de Educação Artística passou a chamar-se *Artes Visuais*, deixando, portanto, de existir as duas habilitações. Em conseqüência disso, um novo currículo teve de ser implantado onde, por diversas razões que não vem ao caso nesta discussão, mas que entre as quais eu incluo o preconceito, os disciplinas de Desenho Geométrico, Geometria Descritiva e Desenho Técnico passaram a ser optativas.

ou seja, há arte na matemática? Quais são os motivos que levam os professores, tanto de arte quanto de matemática, a agirem de tal modo a por em evidência preconceitos em relação ao campo de conhecimento do outro? Enfim, é possível que ocorram aproximações interdisciplinares entre essas duas disciplinas? Essas, entre outras questões, contribuíram para o meu interesse em pesquisar as relações, do ponto de vista epistemológico, entre matemática e arte, e para apresentar-me para um mestrado em Educação Matemática.

INTRODUÇÃO

Estude a ciência da arte
e a arte da ciência.
Leonardo da Vinci

Matemática e arte... Para um certo contingente de pessoas, a associação desses dois campos de conhecimento pode parecer absurda. É que talvez não lhes ocorra o que possa existir de comum entre uma área considerada das ciências exatas, e portanto, racional, objetiva, e outra pertencente a um pólo oposto, ou seja, às ciências humanas, mais emocional, subjetiva.

E muito embora vários pensadores tenham se dedicado a estudar a relação entre a razão, considerada a base das ciências em geral e, especificamente, da matemática, e a intuição, tida como a mola mestra da arte, poucos abordaram explicitamente questões referentes à relação íntima entre matemática e arte. Nesta categoria de estudiosos podemos citar, provavelmente como um dos pioneiros, Le Lionnais (1965), que afirmou enfaticamente que entre a matemática e a arte existem laços inegáveis, embora inexplorados.

No Brasil, em nosso entender, uma iniciativa recente e importante para incentivar a investigação, e principalmente a divulgação, da possibilidade de integração desses campos de conhecimento foi a exibição, em 2001, de uma série da TV Cultura, composta por 13 programas, cujo título era *Arte e Matemática.* Esses programas tratavam, basicamente, de alguns aspectos matemáticos (padrões numéricos e geométricos, simetrias, proporções, ordem, entre outros), observáveis na natureza e nas diversas manifestações artísticas (na pintura, na escultura, no desenho, na música, na poesia e na arquitetura). Através dos depoimentos de profissionais de várias áreas – entre eles artistas, matemáticos, físicos e professores – cada episódio foi um convite ao pensamento interdisciplinar entre as artes em geral e as ciências, dentre estas, em especial, a matemática.

Nesta perspectiva, entendemos que uma das principais contribuições desta série foi mostrar, em um meio de comunicação de massa e detentor de grande influência, com uma linguagem clara e simples, e portanto acessível a todas as camadas sociais, a real existência de pontos de conexão entre a matemática e a arte. E mais: embora não existam (ou não os encontramos) estudos sobre este fato, pensamos que, de alguma forma, esta série pode ter contribuído para que alguns dos preconceitos existentes entre os profissionais destas duas áreas, como por exemplo, os que se referem ao nível de rigor utilizado na construção dos respectivos conhecimentos, começassem a ser quebrados, abrindo o caminho, na escola, para a utilização interdisciplinar dos conteúdos de matemática e arte, e na academia, para a elaboração de pesquisas sobre as relações entre esses campos de conhecimento e suas aplicações práticas, como por exemplo, as dissertações de Joly (2002), Nunes (2002), Sabba (2004), Barth (2006), entre outras.

Portanto, é neste contexto que apresentamos esta pesquisa de caráter teórico, cujo objeto de estudo está centrado na compreensão das relações, principalmente do ponto de vista epistemológico, entre matemática e arte. Nosso objetivo geral é refletir sobre a possibilidade de interdisciplinaridade entre essas áreas do conhecimento, evidenciando as relações em dupla via existentes entre elas. O próprio Japiassu, um dos grandes teóricos brasileiros da interdisciplinaridade, afirma que: "o primeiro objetivo do projeto interdisciplinar, em seu sentido mais lato, consiste em extrair os possíveis elementos de comparação entre as ciências humanas, de maneira a que sejam facilitadas as trocas e as cooperações recíprocas" (JAPIASSU, 1976, p. 93). Assim, em nosso caso, através da comparação não entre ciências humanas específicas, mas sim entre a matemática e a arte, procuramos estabelecer alguns dos elementos "facilitadores" dos diálogos interdisciplinares entre elas. Buscamos também, como um objetivo secundário, perceber pontos frágeis nessa relação, passíveis de gerar preconceitos para a interdisciplinaridade, bem como considerar possibilidades para quebrá-los.

Convém salientar que tradicionalmente considera-se a matemática, enquanto corpo sistematizado de conhecimentos, como uma ciência racional, exata, rigorosa. E ela realmente o é. No entanto, o pensamento matemático, além do caráter lógico manifesto na racionalidade, no discurso, também inclui uma componente ligada aos processos intuitivos: imaginação, criação, sensibilidade.

No âmbito escolar, em todos os níveis, observa-se que os aspectos lógicos da matemática são priorizados, em detrimento dos intuitivos. Isto gera grandes dificuldades para o ensino desta disciplina, visto que os alunos acabam por considerá-la de difícil compreensão, sem significado, causando-lhes, portanto, certo desinteresse. Isto tem suscitado muitas preocupações entre os educadores matemáticos, fato este perceptível nas diversas pesquisas que tem como objeto de estudo a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem e das relações aluno-aprendizagem da matemática.

E, embora este trabalho seja de cunho epistemológico, não podemos nos furtar de mencionar que, em termos psicológicos, mais especificamente ligados à cognição, também há caminhos possíveis de interpretação dos aspectos intuitivos da matemática, e justificativas plausíveis para sua observação. Neste sentido, Gonçalez e Brito (BRITO, 2001) apontam que, em suas pesquisas, evidenciou-se que nas situações em que a exploração, a iniciativa e a criatividade estavam presentes, havia uma atitude mais favorável à matemática, por parte dos alunos. Em outras palavras, ao se dar a devida importância à intuição matemática como processo psicológico, manifesta nos atos de criação, imaginação, emoção e sensibilidade, confere-se ao espaço da sala de aula uma dimensão mais dinâmica e eficaz, no processo de ensino-aprendizagem desta ciência.

É nesta perspectiva múltipla que nossa pesquisa se justifica, já que buscamos subsídios para a interdisciplinaridade entre matemática e arte. Convém ressaltar que os processos interdisciplinares são próprios do nosso tempo, devido às reflexões contemporâneas sobre a complexidade da realidade e a unidade do conhecimento. Esta exigência do momento histórico presente reclama uma retomada de posição a respeito do futuro da ciência dita cartesiana, cuja representante máxima é a matemática, reincorporando-se a ela aspectos ligados a intuição, criatividade e sensibilidade, aspectos estes que podem ser buscados na arte.

Para tanto, o presente texto está estruturado em 5 capítulos. No primeiro procuramos traçar um panorama histórico de como o conhecimento se fragmentou, situando alguns antecedentes e o contexto do surgimento do termo 'interdisciplinaridade', bem como a diferenciação entre diversos termos afins, como multi, pluri e transdisciplinaridade. Note-se que não tivemos a pretensão de definir a interdisciplinaridade, até mesmo porque a própria literatura evidenciou que, ainda hoje, não há consenso sobre o significado deste termo. Interessou-nos, antes, situar nossa posição frente a interdisciplinaridade, entendendo-a não tanto como um conceito, e sim como uma atitude. Trazemos ainda uma pequena discussão sobre a noção de preconceito, suas causas e conseqüências, e como ele pode influenciar as relações interdisciplinares

No segundo capítulo, investigamos historicamente em que medida arte e matemática se relacionam, como uma contribui ou se insere na outra, numa relação de dupla via. Ou seja, procuramos ver o que de matemática existe na arte, bem como o que de arte existe na matemática. Fazemos também um breve estudo sobre o uso da intuição e da razão em ambos os campos aqui considerados, já que ao longo da história essas duas faculdades mentais foram, e provavelmente continuarão a ser, apontadas como um dos maiores diferenciais entre arte e matemática. Entendemos ser de suma importância essa contextualização histórica, pois uma das primeiras exigências para uma interdisciplinaridade entre matemática e arte é a apreensão de seus pontos em comum, de suas conexões. Somente ao percebermos isso, podemos começar a superar os preconceitos que surgem quando falamos da interação entre esses dois campos de conhecimento, tidos pelo senso comum como antagônicos.

No terceiro capítulo discutimos uma questão crucial: o fato de que tanto arte quanto matemática são formas de conhecimento. Percebemos aqui uma das maiores fontes de preconceito por parte da comunidade científica em relação à arte, pois na maioria das vezes ela é vista como algo apenas decorativo ou de entretenimento, impedindo, assim, a interdisciplinaridade entre essas duas áreas. Já pelo lado da arte, os preconceitos são, de forma inversa, os mesmos. Ou seja, pode-se incorrer no erro de pensar a arte apenas como fruto do subjetivo, banindo-se qualquer traço objetivo. É claro que não estamos exigindo dela verdades lógicas. Aliás, sem nos estender sobre esse assunto, já que ele por si só já geraria uma nova pesquisa, o próprio conceito de “verdade” deve ser repensado e até substituído no campo das arte. A arte pode ser considerada uma forma de conhecimento na medida em que busca uma certa compreensão do mundo e da realidade, não através de verdades apreendidas por processos racionais, mas sim por processos intuitivos. E, ao se aceitar estas verdades como tal, isto é, com outro caráter diferente do racional, um grande avanço nas relações interdisciplinares com a matemática, por certo, terá lugar! Ainda neste capítulo, discutimos o fato de que todo conhecimento precisa ser transmitido através de alguma linguagem, simbólica ou não, verbal ou não. Sendo assim a arte também possui uma linguagem própria, a visual, na qual busca se exprimir. E esta linguagem é mais um ponto de contato entre a arte e a matemática, já que, como veremos, esta última também necessita do apoio imagético, e por conseguinte, de uma linguagem visual.

Em seguida trazemos, a título de ilustrar a possibilidade do diálogo interdisciplinar entre matemática e arte, o exemplo de dois expoentes em suas respectivas áreas: Kandinsky e Poincaré, um artista e um matemático que personificam a possibilidade de um entendimento interdisciplinar desses dois campos de conhecimento. Neles, encontramos pensadores sem preconceitos, que nos mostram que, embora cada área tenha suas especificidades, é possível um encontro frutuoso entre elas. Em Kandinsky temos um “viajante entre vários mundos”, quer sejam dentro da própria arte, dos seus escritos ou das salas de aula em que atuou, e para quem a arte sempre foi uma autêntica forma de conhecimento. Portanto, é desse artista que tratamos no quarto capítulo, uma personalidade marcante no meio artístico e que, embora possivelmente nunca tenha usado a palavra interdisciplinaridade, esta sempre foi uma constante em seu pensamento. E mais: como veremos, de certa forma ele pode ser considerado um precursor no século XX, por parte da arte, da interdisciplinaridade entre matemática e arte.

No quinto capítulo apresentamos Henri Poincaré, este que, pelo lado da matemática, é um expoente na interdisciplinaridade desta com a arte (embora esta palavra também não tenha feito parte do seu vocabulário!). Considerado como último universalista da matemática, Poincaré era a imagem do gênio renascentista: foi engenheiro, astrônomo, físico, filósofo, escritor e poliglota, entre outros. Na sua obra defende explicitamente a intuição como sendo a base de toda a criação matemática, fato este que aproxima sobremaneira esta ciência da arte. E por fim, assim como entendemos que tanto a arte quanto a matemática são formas de conhecimento, também percebemos, graças ao pensamento de Poincaré, que ambas são suscetíveis de apelar à criatividade e à sensibilidade para o seu desenvolvimento. Novamente aqui nota-se a presença de preconceitos, já que as ciências, e em especial a matemática, é tida como a ciência das verdades lógicas. No entanto, como procuramos demonstrar, muitas vezes essas verdades são autênticas criações que nada deixam a desejar, em termos de beleza e imaginação, às criações artísticas.

Um último comentário introdutório sobre o título desta dissertação. Inicialmente, utilizávamos nele a expressão 'interdisciplinaridade entre matemática e arte'. No entanto, alertados pela professora Ana Maria Liblik, percebemos que o termo 'interdisciplinaridade' não era adequado ao nosso propósito, já que fica-lhe subjacente o sentido de substantivo. Ora, substantivo é aquilo que designa uma coisa, algo que subsiste. No entanto, a “interdisciplinaridade” entre a matemática e a arte deve ser entendida mais no sentido de atitudes, ações, pensamentos interativos que podem ser transpostos para as relações entre esses campos. Desta forma, buscamos, na primeira parte do título, algo que apontasse menos para um objeto, e mais para a direção de um possível caminho interdisciplinar entre matemática e arte.

A segunda parte do título, '*resgatando o lado humano da matemática*', traz em si não a idéia de que a racionalidade matemática não faz parte do ser humano. Ao contrário, como discutiremos no capítulo

2, tanto a razão quanto a intuição são faculdades mentais essenciais do homem e que participam, quer em maior ou menor grau de evidência, das duas atividades humanas aqui consideradas. Porém, é nítido o fato de que em muitos ambientes privilegia-se, na matemática, a razão. Para os padrões tradicionais, a razão matemática adquiriu um tal grau de objetividade, que passou-se a acreditar que até um robô é capaz de "pensar" matematicamente. Mas em meados do século XX, a própria matemática começou a dar indícios de que existem procedimentos nela que não são estritamente formalizáveis, e onde a intuição tem um papel essencial, como por exemplo, os chamados *Teoremas da Incompletude* de Godël[2] na lógica. Assim, são os aspectos humanos ligados à intuição, à emoção e a criatividade, e que dão mote ao nosso título, os que nos interessam resgatar na matemática, esta ciência tida por tantas pessoas como difícil, fria e, até por que não dizer, desumana, e que no contato com a arte, pode ser "humanizada", aliás, re-humanizada.

[2] Esses teoremas revelam, essencialmente, que a verdade matemática não tem um caráter puramente lógico. Tecnicamente falando, Godël demonstrou que existem verdades matemáticas que não são demonstráveis.

1 DA FRAGMENTAÇÃO À INTERAÇÃO DO SABER: A INTERDISCIPLINARIDADE

> Só conseguindo manter presentes todos os aspectos juntos, ele poderia iniciar a segunda fase da operação: estender esse conhecimento a todo o universo.
>
> Ítalo Calvino, in *Palomar*

1.1 O Processo de Fragmentação do Conhecimento

No princípio era o conhecimento. E o conhecimento era integral, único, na formação do homem grego. E para transmitir esse conhecimento a cultura clássica lançou as bases de um sistema de educação denominado *enkúklios paidéia* onde, embora houvesse uma determinada hierarquia entre as diferentes áreas do conhecimento, suas fronteiras eram flexíveis, transponíveis:

> A *enkúklios Paidéia* não se reduzia a um mero saber enciclopédico, nem tão pouco a um acúmulo ou justaposição de conhecimentos. Seu objetivo era permitir a formação e o desabrochamento da personalidade integral. As disciplinas não eram herméticas e indiferentes umas às outras. Pelo contrário, articulavam-se entre si, complementavam-se, formando um todo harmônico e unitário (JAPIASSU, 1976, p.47).

Inicialmente, salientamos que entenderemos por conhecimento um conjunto de conceitos, representações e informações que nos permitam, de forma individual ou coletiva, fazer uma leitura orientada da realidade. Aqui não estaremos interessados nas possíveis diferenças entre conhecimento e saber.

Retomando à *Paidéia,* percebe-se que, mesmo com objetos de estudo distintos, as bases do conhecimento eram iguais para as diversas áreas, com vistas ao desenvolvimento do indivíduo como um todo, numa educação unificadora. Um exemplo claro disso foi o surgimento da academia platônica, por volta do ano 387 a.C., onde o filósofo iniciou seu magistério reunindo em torno de si seus discípulos para discutir assuntos que iam da geometria à sociedade, da arte à religião, da retórica à astronomia.

Outra herança grega foi o *Trivium* e o *Quadrivium*, estrutura educacional que continuou a vigorar também na Idade Média, como forma de preservar e transmitir o conhecimento, considerados “programas pioneiros de um ensino integrado que agrupa os âmbitos do conhecimento tradicionalmente denominados letras e ciências” (SANTOMÉ, 1998, p. 46).

Assim, as chamadas sete artes liberais eram divididas em dois grupos: Gramática, Retórica e Dialética formavam o primeiro, o *Trivium*, e compunham a instrução elementar, propedêutica; Aritmética, Geometria, Música e Astronomia no segundo grupo, o *Quadrivium*, participavam de uma instrução mais avançada. Embora seguindo esta hierarquização, o ideal de formação integral persistia. No período medieval, tanto quanto na antigüidade clássica, o "saber só podia exercer-se no âmbito da totalidade. O conhecimento particular só tinha sentido na medida em que remetia ao todo" (JAPIASSU, 1976, p.46). No entanto, esta concepção unitária do conhecimento não duraria muito tempo.

A mudança epistemológica começou a ocorrer na chamada Idade Moderna, durante o Renascimento, período este marcado por grandes transformações no âmbito social e cultural, trazendo um novo modelo de saber. Se um dos aspectos da mentalidade medieval era marcadamente contemplativa e submissa às verdades da fé, a renascentista trouxe de volta a posição do homem como centro do universo e a natureza como referência para vida, num movimento denominado *humanismo*. Se na Idade Média o conhecimento estava a serviço da religião, agora, através de um novo modelo de saber, este passa a ser um instrumento do intelecto na busca de novas verdades, pois o homem se lança à procura de novos saberes.

Neste sentido, os humanistas buscavam salientar a importância das humanidades, ou letras humanas, em oposição às letras divinas, no "aprendizado nas línguas, literatura, história e filosofia como um fim em si mesmo, num contexto secular, não mais religioso" (JANSON e JANSON, 1996, p.166). Já os cientistas passaram a procurar explicações para o mundo em verdades estabelecidas pela razão, e não mais pela fé, através de um espírito de observação experimental, no intuito de descobrir as leis que regem os fenômenos naturais. É neste ambiente cultural que surge Galileu Galilei (1564-1642), que teve um papel fundamental na criação da chamada Ciência Moderna.

Galileu, que postulava que a natureza estava escrita em termos matemáticos, conseguiu fazer uma descrição matemática dos movimentos dos corpos, utilizando um novo método, o experimental, do qual uma das conseqüências mais imediatas foi a destruição da concepção do universo como sistema imutável, governado por Deus. Começou-se a se escutar a natureza no processo de aquisição do conhecimento. Assim, tem início uma verdadeira revolução científica cujas convicções são de que existem leis naturais expressas em termos matemáticos e às quais pode-se chegar através da ciência (ATALAY, 2007, p. 45).

Ao lado de Galileu, temos também uma outra personalidade marcante na história do conhecimento: René Descartes (1596-1650). O seu ponto de partida era a busca de uma verdade que não fosse passível de dúvida, o que o levou a publicar em 1637 o seu *Discurso do Método*, um tratado filosófico-matemático contendo um modelo para conduzir o pensamento humano na busca dessa verdade. Assim, consagrando-se como um manifesto da razão, o "Método" inicialmente assentava-se na dúvida para se chegar à certeza. Embora paradoxal à primeira vista, Descartes acreditava que a verdade somente poderia ser encontrada após suscitar e sanar todas as dúvidas em torno do objeto de estudo em questão. O filósofo propôs ainda a existência de dois mundos distintos, o da matéria e o da mente, sendo que o verdadeiro conhecimento somente poderia ser estruturado no nível mental. Sua máxima, *cogito ergo sum,* colocou toda a verdade na razão, e por conseguinte na ciência e no método analítico, dando início, talvez, a um processo sistemático de fragmentação do conhecimento.

Vale a pena salientar que no tempo de Descartes todo desenvolvimento intelectual, em particular o científico, tinha um caráter fortemente filosófico, como por exemplo a própria física, que até a época de Newton era considerada filosofia natural. No entanto, uma das conseqüências da concepção cartesiana foi a estruturação progressiva do conhecimento científico dissociado dos conhecimentos religiosos e filosóficos, o que levou, no século XIX, a ciência moderna a desenvolver-se pela especialização, na qual o seu objeto de estudo deveria ser o mais rigoroso, restrito, preciso objetivo e impessoal possível, eliminando-se assim toda emoção ou subjetividade, por serem estas consideradas um empecilho à verdade científica. Assim, o conhecimento ficou à mercê da hegemonia das ciências da natureza que "se tornaram, aparentemente para sempre, a ciência simplesmente" (KLEIN, 1998, p. 322).

Mas a esta situação do conhecimento já em processo de fragmentação, outro fator veio somar-se, consolidando-a. Com a Revolução Industrial o mercado de trabalho passa a exigir mão de obra cada vez mais especializada, reclamando, em conseqüência, uma maior especialização da ciência e da tecnologia, onde saberes foram fracionados e alguns conteúdos priorizados por serem considerados mais importantes naquele momento.

O século XIX aprofunda ainda mais essa especialização, graças, sobretudo, ao positivismo e ao seu fundador, Auguste Comte (1798-1857). O positivismo é um movimento filosófico que tem como base teórica essencialmente três pontos: 1 - todo conhecimento do mundo material decorre dos dados "positivos" da experiência, e é somente a eles que o investigador deve ater-se; 2 - existe um âmbito puramente formal, no qual se relacionam as idéias, que é o da lógica pura e da matemática; e 3 - todo conhecimento dito "transcendente" (metafísica, teologia, etc.), que se situa além de qualquer possibilidade de verificação prática, deve ser descartado, repudiando-se assim toda especulação em torno da natureza da realidade que afirme uma ordem transcendental não-suscetível de verificação pelos dados da experiência. Disto decorre o fato de que muitas áreas "apoiando-se numa epistemologia positivista e no desenvolvimento da sociedade industrial, estabelece uma nova estrutura hierárquica das ciências que, em seguida, passará a ser amplamente adotada no mundo ocidental". Esta hierarquia se organiza por níveis de complexidade: "quanto mais os fenômenos são simples e gerais, menos eles dependem dos outros e, portanto, mais autônoma é a ciência que delas se ocupa" (PINEAU, *apud* SOMMERMAN, 2003, p.44).

> Com isso, a divisão do saber em áreas, que até o século XIX era ou uma metodologia para proceder os dois processos de análise e síntese, em busca de um saber global, ou uma organização didática para a retransmissão do saber, a partir de então gerou especialidades disciplinares cada vez mais estanques, cada uma delas muito zelosa de manter sua "identidade e independência" (SOMMERMAM, 2006, p. 30).

Apoiando-se nas premissas positivistas e sua ênfase na precisão e na imposição de determinadas metodologias de pesquisa, bem como de formas de legitimação do conhecimento, que favorecem as disciplinarizações, surgem então a imposição de condições para a consolidação de uma determinada área como disciplina. De acordo com Boisot (*apud* SANTOMÉ, 1998, p. 56) uma disciplina é caracterizada por três tipos de elementos:

> 1. Objetos observáveis e/ou formalizados, ambos manipulados por meio de métodos e procedimentos.
> 2. Fenômenos que são a materialização da interação entre esses objetos.
> 3. Leis (cujos termos e/ou elementos dependam de um conjunto de axiomas) que dêem conta dos fenômenos. Os elementos desse conjunto, dotado de relações que, *a posteriori*, confirmam ou anulam os axiomas.

Graças aos níveis de formalização ditados pelo positivismo, muitos corpos de conhecimento não conseguiram se enquadrar em condições tão rígidas e limitantes, não obtendo assim o *status* de ciência ou de disciplina. Disto decorre a dificuldade em se enquadrar certos campos, como por exemplo as artes, a ética, a política, a história, etc, "que dificilmente podem incorporar esses requisitos de cientificidade defendidos pelo positivismo" (SANTOMÉ, 1998, p. 56), como corpos de conhecimento legítimos. O positivismo foi, portanto, decisivo na fragmentação do conhecimento já que contribuiu para uma compartimentalização de especialidades, que culminaram com a criação de inúmeras disciplinas[3]. Essa separação entre áreas do conhecimento, quer sejam elas próximas, como por exemplo a física e a biologia, ou afastadas, como a matemática e a filosofia, pode ser entendida realmente como um fenômeno de exclusão, gerando, como discutiremos mais adiante, preconceitos disciplinares.

Desta forma, o conhecimento especializado e fragmentado passou a ser disciplinado, com fronteiras rígidas e intransponíveis. Criou-se a figura do especialista, aquele ser que, nas palavras de Japiassu (1976), possui um conhecimento cada vez mais extenso relativo a um domínio cada vez mais restrito, sabendo tudo de nada. Um indivíduo que não conversa com seus pares, não troca idéias, não interage com outras áreas, estabelecendo uma exclusão e um desinteresse recíproco entre os pesquisadores. Isso também contribuiu para uma polarização em duas culturas, como bem descreveu Snow[4], graças à incomunicabilidade entre os cientistas das ciências ditas humanas e das exatas.

A tendência à especialização na sociedade moderna é de tal proporção que atualmente existem as subdivisões dentro de uma mesma especialidade ou de uma mesma disciplina tradicional, as quais adquiriram objetos de pesquisa muito específicos. Assim é com a medicina, por exemplo. Não existe mais a figura do médico de família, capaz de tratar o indivíduo integralmente, mas sim o especialista. E na escola, a situação não é diferente: a antiga disciplina de língua portuguesa hoje está subdividida em várias ramificações - gramática, interpretação de texto, etc. Citamos apenas esses exemplos, no entanto essa fragmentação, essa especialização, ocorre em praticamente todas as áreas.

Retornando às ciências naturais e a sua história, percebemos que estas estavam, até o começo do século XX, totalmente assentadas em

---

[3]A palavra 'disciplina' pode ser entendida, dependendo do contexto, como campo de conhecimento sistematizado ou como disciplina escolar nos diversos níveis.

[4] Palestra proferida pelo cientista e escritor britânico Charles Percy Snow em 1956, a respeito da separação entre humanistas e cientistas, cujo texto foi publicado em um livro intitulado *The two cultures and the scientific revolution* (Cambridge, Cambridge University Press, 1959; tradução portuguesa: *As duas culturas*, Lisboa, Presença, 1996). *Apud* ATALAY (2007), LIBLIK (2001), SABBA (2004).

certezas racionais, explicáveis por leis naturais simples e imutáveis. No entanto, a partir do desenvolvimento da Teoria Quântica (ainda na primeira metade do século XX), colocou-se em prova a certeza dessas leis, bem como todo o conhecimento científico. Inclusive, mesmo no caso da matemática, tida como a ciência exata por excelência, onde a certeza tem um assento privilegiado, houve nessa mesma época uma revolução manifesta pelos chamados *Teoremas da Incompletude de Godël*, que afirmam, sucintamente, que a matemática, apesar do seu rigor lógico, é incapaz de atingir a certeza. A isso, acrescente-se o fato de que o nosso tempo inegavelmente sofre enormes e rápidas transformações, trazendo a incerteza para a ciência. E, se no passado a ciência chegou ao seu ápice de produção, paralelamente criou novos problemas que, diante da complexidade do mundo não consegue mais resolver. Por isso, esta ciência incapaz de formular todas as respostas, precisa encontrar novos caminhos de investigação. “A complexidade do mundo e da cultura atual leva a desentranhar os problemas com múltiplas lentes, tantas como as áreas do conhecimento existentes” (SANTOMÉ, 1998, p.44). A divisão do conhecimento não tem mais sentido. É necessário procurar e recuperar conexões, diálogos com outras áreas, no intuito de suprir as lacunas na produção de conhecimento.

Neste contexto podemos verificar que as escolas acompanharam esta fragmentação do conhecimento. No passado, a divisão do conhecimento em partes foi considerada adequada por facilitar o aprendizado e fornecer rapidamente os especialistas necessários à produção industrial, permitindo também “um incremento importante nos níveis de produtividade científica” (SANTOMÉ, 1998, p.62). Criou-se uma hierarquia entre os saberes também no âmbito educacional, no qual algumas disciplinas foram priorizadas em detrimento de outras, e os currículos básicos foram elaborados com os assuntos considerados mais relevantes, sendo que cada professor passou a ensinar os seus conteúdos individualmente, sem demonstrar, e por conseqüência sem que o aluno consiga formar sozinho, a noção totalitária do conhecimento, dificultando o pensar global e tornando os conteúdos de pouca relevância e desprovidos de qualquer sentido.

Não cabe, no espaço desta dissertação, questionar se a disciplinarização escolar foi maléfica ou benéfica. Queremos apenas colocar em questão o fato de que, a partir de meados do século XX, essa estrutura passou a não mais suprir as necessidades educacionais de formação de indivíduos aptos a gerenciar um sem número de informações, exigindo novas alternativas também para o ensino. E essas novas alternativas traduzem-se na forma de uma palavra relativamente nova, sobre a qual ainda pairam muitos equívocos e da qual passaremos a tratar: a interdisciplinaridade.

1.2 A Interdisciplinaridade

Vimos anteriormente como o conhecimento humano foi, ao longo de sua história se fragmentando, se dividindo em disciplinas. E se, de início, essa disciplinarização tinha de certa forma um caráter pedagógico (não necessariamente escolar), já que se justificava mediante uma suposta facilidade para se aprender ou apreender pequenas frações do conhecimento de cada vez, nas últimas décadas percebemos um movimento contrário no modo de conceber a compreensão da realidade. Para muitos estudiosos, esse conhecimento em fatias já não corresponde mais às exigências do homem contemporâneo. Assim

> no que diz respeito à pesquisa acadêmica, começaram a reaparecer na metade do século XX propostas que buscavam compensar a hiperespecialização disciplinar e propunham diferentes níveis de cooperação entre as disciplinas, com a finalidade de ajudar a resolver os problemas causados pelo desenvolvimento tecnológico e pela falta de diálogo entre os saberes decorrentes dessa hiperespecialização (SOMMERMAN, 2006, p, 31).

Surge na década de 1960, na Europa, e em especial na França, um movimento em prol da interdisciplinaridade, cujas reivindicações apelavam para uma nova concepção de ensino e pesquisa de forma não fragmentária, sem privilégios às especializações. Seu principal expoente, Georges Gusdorf, sistematizou uma proposta de trabalho interdisciplinar voltada para a pesquisa em ciências humanas, apresentada na UNESCO em 1961, e que marcou o surgimento efetivo da área de estudos interdisciplinares.

No Brasil, a reflexão sobre a interdisciplinaridade chega pelas mãos de Hilton Japiassu, com o lançamento do seu livro *Interdisciplinaridade e patologia do saber*, em 1976, fruto da sua tese de doutorado defendida na França, no ano anterior. Portanto, Japiassu não somente sofreu influências de Gusdorf, como, declaradamente esteve ligado a ele, partilhando de suas idéias e de suas convicções. E, assim como seu mestre, Japiassu tece críticas severas à especialização e apresenta a disciplinarização como um mal a ser combatido, por se tratar de “verdadeiras cancerizações epistemológicas” (JAPIASSU, 1976, p. 48):

> Se, porém, analisarmos bem esse fenômeno, descobriremos que essa exigência, longe de constituir progresso real, talvez seja mais um sintoma da situação patológica em que se encontra hoje o saber. A especialização exagerada e sem limites das disciplinas científicas, a partir, sobretudo do século XIX, culmina cada vez mais numa fragmentação do campo epistemológico (JAPIASSU, 1976, p. 40).

Neste sentido, o autor apresenta a interdisciplinaridade como um remédio para curar esses males epistemológicos, embora admita não ser ela nenhuma “panacéia”, mas que traria como resultado o surgimento de uma nova categoria de pesquisadores cujo objetivo primeiro seria o de criar uma inteligência e uma imaginação interdisciplinar (JAPIASSU, 1976, p. 65), mostrando uma possível linha de interpretação da interdisciplinaridade mais como uma atitude do que como um saber.

Na perspectiva de Japiassu, além da própria evolução da história do conhecimento que culminou com a fragmentação do saber, outro fator determinante para que isso acontecesse foi, como já comentado, o surgimento do positivismo de Comte, no século XIX, pelo fato de que esta filosofia limita o campo das ciências (para Japiassu, das ciências humanas) na medida em que lhes introduz fronteiras. O autor ainda confessa admirar Piaget por seu enfrentamento ao positivismo, concordando com ele que as pesquisas interdisciplinares são um meio privilegiado para superar o "territorialismo positivista (...) já que a objetividade científica não pode mais residir única e exclusivamente nos fatos, mas nas relações que podemos observar na realidade" (JAPIASSU, 1976, p. 67).

Chamamos a atenção para a palavra *relações*, que é de fundamental importância para o entendimento da interdisciplinaridade. Uma das características do século XX é a ênfase dada mais às relações do que aos fatos, e que está na base do estruturalismo, uma corrente de pensamento nas ciências humanas, utilizado inicialmente no campo da lingüística, que considera a noção de estrutura fundamental como conceito teórico, entendendo a realidade como um conjunto formal de relações, e que tem como procedimento a determinação e análise das estruturas (JAPIASSU, 1991). Na matemática, temos em David Hilbert (1862-1943) um antecedente do estruturalismo neste campo, já que este afirma que, em geometria, ao invés de pontos, retas e planos, podemos falar em mesas, cadeiras e canecas de cerveja, salientando assim a importância atribuída às relações entre esses elementos, mais do que aos próprios elementos, para o desenvolvimento dessa área do conhecimento.

No âmbito do movimento em prol da interdisciplinaridade, "o estruturalismo foi uma das concepções teóricas decisivas" para a sua consolidação (SANTOMÉ, 1998, p.50), já que, como explica Piaget, "na busca das estruturas comuns a todas as disciplinas, no sentido de princípios de explicação ou sistemas subjacentes de transformação e auto-regulação, encontra-se um dos impulsos decisivos para a filosofia da interdisciplinaridade" (SANTOMÉ, 1998, p.50). Nas palavras do próprio Piaget, "não temos mais que dividir a realidade em compartimentos impermeáveis ou plataformas superpostas correspondentes às fronteiras aparentes de nossas disciplinas científicas; pelo contrário, vemo-nos compelidos a buscar interações e mecanismos comuns" (PIAGET, *apud* SANTOMÉ, 1998, p.50).

Fruto, portanto, destas mesmas idéias, a teoria de Japiassu está centrada na percepção de que a interdisciplinaridade acontece a nível de relações, numa profunda interação de saberes, métodos, etc:

> Assim, os encontros entre especialistas não serão considerados como simples trocas de *dados (*...) pelo contrário, esses *encontros* serão considerados o *lugar* e a *ocasião* em que se verificam verdadeiras trocas de informações e de críticas, em que explodem as "ilhas" epistemológicas mantidas pela compartimentalização das instituições, em que as comunicações entre os especialistas reduzem os obstáculos ao enriquecimento recíproco, em que os conflitos, o espírito de concorrência e de propriedade epistemológica entre os pesquisadores devem ceder o lugar ao trabalho em comum em busca da *interação*, entre duas ou mais disciplinas, de seus conceitos diretrizes, de sua metodologia, de sua epistemologia, de seus procedimentos, de seus dados, bem como da organização da pesquisa e do ensino que dela possa decorrer (JAPIASSU, 1976, p. 31-32).

Sendo assim, a interdisciplinaridade não deve ser uma simples integração ou sobreposição de conteúdos, mas sim uma síntese. Ou seja, tal qual na química, onde dois elementos se unem e, através de uma reação química, de uma síntese, formam um novo produto, também na interdisciplinaridade essas "trocas de informações" de que nos fala Japiassu devem acontecer de forma tão intensa que permitam, por exemplo, reinterpretações de conceitos de uma área em outra, sendo capaz, inclusive, de gerar novos métodos de trabalho e de pesquisa que atendam a todas as disciplinas envolvidas no processo. Apoiado em diversos autores, como por exemplo, Gusdorf, Palmade, Morin, entre outros, Japiassu defende

> que a interdisciplinaridade precisa ser entendida muito mais como uma *atitude* devendo resultar, não de uma pura operação de *síntese* (sempre precária e parcial), mas de um trabalho perseverante de sínteses imaginativas bastante corajosas, sem ter a ilusão de que basta a simples

colocação em contato de cientistas de disciplinas diferentes para se criar a interdisciplinaridade (JAPIASSU, 2006, p. 27).

Japiassu alerta para os diferentes termos relacionados com a interdisciplinaridade, que diferem uns dos outros de acordo com os diferentes níveis de cooperação entre as disciplinas envolvidas, e que muitas vezes são confundidos entre si. Assim, primeiro o autor define *disciplinaridade* como sendo "a exploração científica especializada de determinado domínio homogêneo de estudo, com características próprias no plano de ensino, da formação, dos métodos e das matérias" (JAPIASSU, 1976, p. 72). Seguindo Jantsch, os termos definidos são multi, pluri, inter e transdisciplinaridade, apresentado no seguinte quadro:

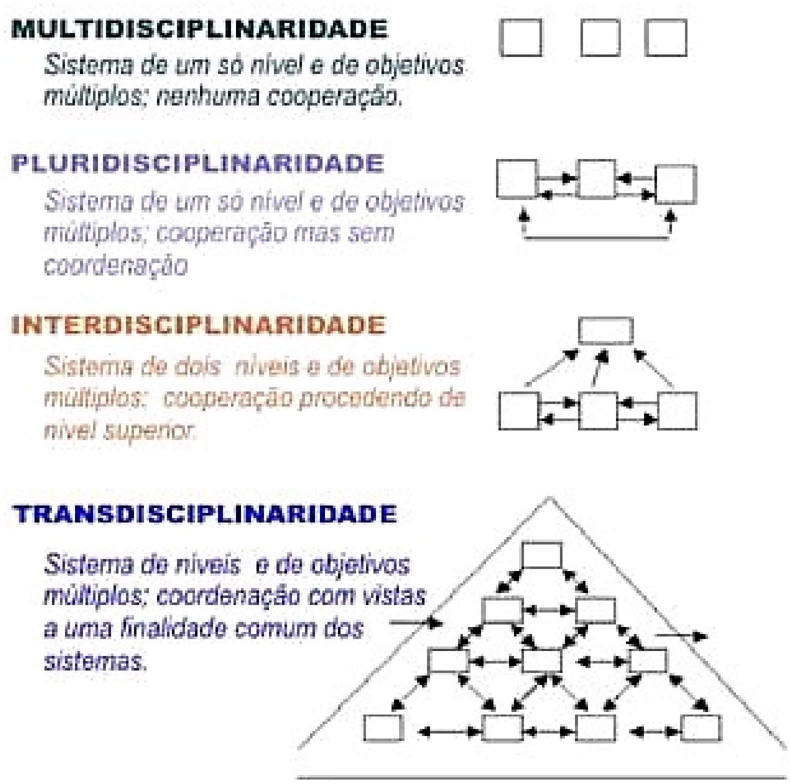


Figura 1: O modelo de Jantsch (fonte: JAPIASSU, 1976, p. 73-74).

Desta forma, a multidisciplinaridade acontece em um só nível, onde recorre-se a informações de diversas disciplinas para estudar um objeto comum, sem contudo interligar essas disciplinas entre si, sem que as possíveis relações entre elas apareçam. O resultado desta abordagem é que as visões da realidade continuarão sendo tantas quantas forem as disciplinas, sem modificações ou enriquecimento epistemológico por parte de nenhuma. Apoiado nas definições de Piaget, Santomé afirma que “essa costuma ser a primeira fase da constituição de equipes de trabalho interdisciplinar, porém não implica que necessariamente seja preciso passar a níveis de maior cooperação” (SANTOMÉ, 1998, p. 70).

Na pluridisciplinaridade o sistema continua sendo único, no entanto começam a aparecer relações entre as disciplinas, embora estas ainda estejam situadas em um mesmo nível hierárquico. O resultado também serão visões particulares do objeto de estudo, mas com uma certa margem para acréscimos em alguma das disciplinas envolvidas.

Na interdisciplinaridade as relações ocorrem em dois níveis, com relações e influências recíprocas, onde a colaboração entre as diversas disciplinas conduzem a uma interação, um diálogo que caminha para uma estruturação de conceitos englobando todo o conhecimento envolvido numa síntese. Nesta abordagem teremos inicialmente olhares diferentes para um mesmo objeto, mas que resultarão em modificações no modo de ver este objeto, com enriquecimentos epistemológicos para todos.

No estágio mais avançado de relação entre disciplinas temos a transdisciplinaridade, que ocorre em vários níveis, com tal grau de cooperação que os limites das disciplinas envolvidas podem ser rompidos e fundidos, numa troca de informações muito profunda. Neste caso, todos os olhares iniciais dirigidos ao objeto transformam-se, originando um novo olhar (agora mais rico) desta realidade.

Outra pensadora brasileira, Ivani Fazenda (1979), também corrobora, no campo da pedagogia, essas categorizações, onde, segundo ela, nos níveis de multi e de pluridisciplinaridade aconteceria apenas uma justaposição de conteúdos de diferentes disciplinas. Na interdisciplinaridade a relação seria de reciprocidade, de diálogo entre as disciplinas envolvidas, onde a colaboração conduziria a uma interação. E a transdisciplinaridade, o nível mais elevado de relações entre disciplinas, como a própria nomenclatura evoca, traz a idéia de transcendência de limites das disciplinas envolvidas (FAZENDA, 1979, p.27-40). Neste sentido, a autora entende a multi e a pluri como etapas da interdisciplinaridade, bem como a transdisciplinaridade como utópica e incoerente, já que exigiria a supremacia de uma instância científica, negando, portanto, a possibilidade de diálogo (FAZENDA, 1991, p.31).

Infelizmente, ainda não existe um consenso quanto às definições desses termos. Muitas são as tentativas de formalizar conceitos que abarquem as múltiplas dimensões de cada um deles, no entanto o que ocorre é uma polissemia cada vez maior. O *Congresso Internacional de Transdisciplinaridade*, realizado em Locarno, na Suíça (1997), procurou sintetizar, de algum modo, as várias acepções dadas pelos diversos autores para cada um destes termos, propondo a seguinte definição para pluri, inter e transdisciplinaridade:

> A pluridisciplinaridade diz respeito ao estudo de um objeto de uma única disciplina por diversas disciplinas ao mesmo tempo (...), mas sua finalidade permanece inscrita no quadro da pesquisa disciplinar.
> A interdisciplinaridade tem uma ambição diferente daquela da pluridisciplinaridade. Ela diz respeito à transferência dos métodos de uma disciplina à outra. É possível distinguir três graus de interdisciplinaridade:
> a) um grau de aplicação. Por exemplo, os métodos da física nuclear transferidos à medicina conduzem à aparição de novos tratamentos de câncer;
> b) um grau epistemológico. Por exemplo, a transferência dos métodos da lógica formal ao campo do direito gera análises interessantes na epistemologia do direito;
> c) um grau de geração de novas disciplinas. Por exemplo, a transferência dos métodos da matemática ao campo da física gerou a física-matemática (...). Como a pluridisciplinaridade, a interdisciplinaridade ultrapassa as disciplinas, mas sua finalidade também permanece inscrita na pesquisa disciplinar. Seu terceiro grau inclusive contribui para o big-bang disciplinar.
> A transdisciplinaridade, como o prefixo 'trans' indica, diz respeito ao que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de toda disciplina. Sua finalidade é a compreensão do mundo atual, e um dos imperativos para isso é a unidade do conhecimento (*apud* SOMMERMAN, 2006, p. 42, 43).

Convém salientar que, como já sugerido antes, a nossa interpretação de interdisciplinaridade vai na direção de considerá-la uma atitude e uma forma de agir diante do conhecimento disciplinar. Portanto, longe de qualquer intuito de definição. O que nos interessa é perceber que a interdisciplinaridade implica numa modificação de cada uma das disciplinas que estão em contato, estabelecendo assim uma interação que resulta em uma intercomunicação, cujo efeito é o enriquecimento mútuo e recíprocas integrações (SANTOMÈ, 1998).

Como já dito por Japiassu (1976) e reafirmado por Fazenda (1979), a interdisciplinaridade depende não só de uma integração entre disciplinas, mas de algo que vai além disso, depende de uma interação. Mas qual a diferença entre estes termos? A integração é um aspecto formal da interdisciplinaridade, é um completar-se, seja de conteúdos, de métodos ou de conhecimentos específicos. Já a interação pressupõe um passo a mais, é quando ocorre uma ação recíproca entre as disciplinas em questão, gerando assim "novos questionamentos, novas buscas, enfim, a transformação da própria realidade" (FAZENDA, 1979, p.9). O campo da interdisciplinaridade é, então, mais interativo do que integrativo. Poderíamos dizer que a interdisciplinaridade cria novas realidades, já que "nasce da proposição de novos objetivos, de novos métodos, de uma nova pedagogia, cuja tônica primeira é a supressão do monólogo e a instauração de uma prática dialógica" (FAZENDA, 1991, p.33).

De fato, a interdisciplinaridade exige uma inter-ação entre as disciplinas, o que já aí denota a exigência do diálogo. É a passagem de uma voz única para uma multiplicidade de vozes, possibilitando assim, novas formas de acesso ao conhecimento.

Diferentemente de Japiassu, que trabalhou a noção de interdisciplinaridade no campo epistemológico, Fazenda tem seu foco no campo pedagógico. Desta forma, a autora alerta para o perigo de que as práticas interdisciplinares, no nível escolar, tornem-se vazias ou apenas proposições ideológicas, nas quais não ocorram questionamentos de problemas reais. Para que a prática dialógica ocorra de fato, é preciso que as barreiras entre as disciplinas e as pessoas sejam eliminadas, numa nova atitude frente ao conhecimento, atitude essa que pressupõe , de acordo com Japiassu, a superação de diversos obstáculos epistemológicos.

Este autor entende por obstáculo epistemológico

> Em primeiro lugar, todas as resistências ou empecilhos colocados pelos especialistas aos contatos, às aproximações, às comunicações, às pontes, às relações fecundantes e criadoras, aos confrontos, em suma, às integrações das disciplinas; em segundo lugar, a inércia das situações adquiridas e das instituições de ensino e de pesquisa que continuam a valorizar a especialização culminando na fragmentação das disciplinas; em terceiro lugar, a pedagogia que só leva em conta a descrição ou a análise objetiva dos fatos observáveis para deles extrair leis funcionais, o que implica uma repartição das disciplinas com fronteiras fixas e rígidas, pois estas se devem à diversidade das categorias de observáveis; enfim, o não-questionamento das relações atuais entre as ciências ditas humanas e as ciências chamadas de naturais (JAPIASSU, 1976, p.93).

Baseado nos estudos de G. Gusdorf, Japiassu elenca quatro modalidades de obstáculos para que aconteça a interdisciplinaridade: o epistemológico propriamente dito, o institucional, o psicológico e o cultural. Destes, o que mais nos interessa destacar é o último, fruto da dissociação rígida entre as disciplinas, agravado pela separação entre as diversas culturas e mentalidades particulares, no qual as línguas e tradições têm uma grande influência para que cada especialista trabalhe num circuito fechado, sem comunicar-se com outros especialistas (JAPIASSU, 1976)[5].

Assim, concordamos com Fazenda (1979), quando esta diz ser muito mais difícil transpor as barreiras mentais do que as institucionais, o que implica em romper barreiras entre pessoas, “fruto de preconceitos, falta de formação adequada e comodismo” (FAZENDA, 1979, p.57).

Queremos destacar nesta fala de Ivani Fazenda a palavra *preconceito.* De fato, o preconceito muitas vezes está presente nas nossas

---

[5] Essa separação cultural, no caso do desenvolvimento das diversas ciências, é analisada de forma mais aprofundada por Thomas Kuhn, que também é um dos autores que nos serve como referencial para a próxima seção.

relações, tanto pessoais quanto profissionais, fazendo com que nos afastemos de pessoas, objetos e circunstâncias diferentes daquelas a que estamos habituados ou que consideramos corretas. Culturalmente imposto, na escola o preconceito nos impede de ver a riquezas das outras disciplinas e com elas interagir, tornando-se um verdadeiro obstáculo ao interdisciplinar. Em razão disso, na próxima seção faremos uma breve análise sobre o que é e como se instauram os preconceitos, em especial os disciplinares, buscando perceber quais as suas implicações para a interdisciplinaridade como um todo, e particularmente para a interdisciplinaridade entre matemática e arte.

1.3 O Preconceito Disciplinar

“Triste época! É mais fácil desintegrar um átomo que um preconceito”, declarou certa vez Albert Einstein. Mas que sentimento é este que o levou a ser tão prosaico? Para melhor fundamentar nosso ponto de vista com relação aos obstáculos culturais à interdisciplinaridade, que, como já dito, traduzem-se em preconceitos, é preciso que busquemos uma resposta à essa questão. No entanto, não nos aprofundaremos demais, pois para tal seria necessário embrenhar-nos pelos caminhos da psicologia, da sociologia e da antropologia, o que certamente seria um trabalho a parte, deslocando-nos dos nossos objetivos.

Todos somos diferentes, quer seja em aspectos físicos e psicológicos, quer em preferências e aptidões, ou em crenças e condições sociais. No entanto, quando estas diferenças não são respeitadas, quando não reconhecemos que o outro é diferente, incorremos numa discriminação, fonte do preconceito. De acordo com o Novo Dicionário Aurélio, a palavra *preconceito* significa “conceito ou opinião formados antecipadamente, sem maior ponderação ou conhecimento dos fatos; idéia pré-concebida.” De fato, o preconceito é um juízo pré-concebido, uma opinião ou um conceito formados por antecipação, sem a necessária reflexão, manifestado normalmente numa atitude discriminatória, contra pessoas, lugares ou atitudes diferentes daqueles que consideramos corretos.

É aqui que encontramos um primeiro fator muito importante para a nossa discussão: aquilo que consideramos *correto*. Sem dúvida, para definir o que é certo ou errado precisamos recorrer a toda a nossa bagagem cultural, ao nosso processo de socialização. Ou seja, cada indivíduo, embora único, é produto do meio social e cultural em que vive, sendo, portanto, por ele influenciado. Para Crochik,

> o indivíduo tem, ou pelo menos deveria ter, características pelas quais é identificado diretamente por predicados sociais que ele introjeta, por outras características que ele desenvolve na relação com a cultura, que também são reconhecidas por ela como predicados – ser sensível ou não, ser agressivo ou não, ser gentil ou não, etc – e por um grau de imprevisibilidade no qual nega aquilo que seria esperado através dos predicados que ele expressa(...). Assim, a identidade individual é dada por elementos visíveis e invisíveis, constantes e imprevisíveis, sociais e individuais, manifestos ou ocultos, universais e particulares, permanentes e em mutação (CROCHIK,1995, p. 80-81).

Desta forma, podemos concluir que muitos dos conceitos que assumimos como nossos são, na realidade, simples concordância com conceitos que nos foram transmitidos através da nossa cultura. E aqui uma segunda questão é colocada: aquilo que chamamos de *nossa cultura.*

Definindo cultura como o “conjunto de símbolos [crenças, hábitos, valores, comportamentos, etc.] compartilhados pelos integrantes de determinado grupo social e que lhes permite atribuir sentido ao mundo em que vivem e às suas ações” (TASSINARI *apud* RODRIGUES, 2008), podemos facilmente concluir que aquilo que é correto para determinado grupo, talvez possa não o ser para outro, e vice-e-versa. Também podemos presumir que a cultura é dinâmica, já que ela está ligada ao momento histórico vivido e é suscetível à atuação de cada indivíduo que, interagindo com o meio em que vive, cria novos símbolos e altera os já existentes. Sendo assim, o conjunto simbólico que sustenta nossas ações só faz sentido dentro do grupo a que pertencemos e em determinado período de tempo, não podendo ser generalizado. O preconceito, portanto, surge quando usamos os nossos pressupostos para parametrizar outras pessoas, grupos ou atitudes, quando utilizamos a nossa cultura para julgar outra cultura, condenando-a como errada ou imprópria.

A importância de percebermos a atuação da cultura na formação do preconceito é ainda maior quando entendemos que essa mesma cultura tende a padronizar comportamentos e conceitos, criando assim os chamados estereótipos. A palavra *estereótipo* tem sua origem na editoração gráfica: é uma chapa de chumbo fundido onde é disposta, em relevo, a composição da página para a impressão, e que permite a tiragem de várias cópias (RABAÇA e BARBOSA *apud* DINIZ, 2008). Esse conceito utilitário foi levado para as relações sociais, denominando assim o agir e o pensar padronizado e validado por determinada cultura, e reproduzido mecanicamente, sem a devida reflexão acerca de sua validade ou não.

Para Crochik (1995), uma das razões que contribuem para a criação de estereótipos é a o mundo competitivo em que vivemos, onde todos os esforços são dirigidos para o desenvolvimento das competências necessárias ao do trabalho, em que as dúvidas pessoais não são bem acolhidas, mas antes são associadas ao despreparo do trabalhador e obstáculos à produção. Assim,

> a obrigatoriedade da certeza traz a necessidade de respostas rápidas, calcadas em esquemas anteriores que se repetem independentemente das tarefas para as quais se destinam, gerando uma estereotipia nas ações e procedimentos. Em outras palavras, aprendemos a desenvolver um tipo de pensamento que exclui a reflexão sobre outras possibilidades de vida, o que o torna re-acionário, isto é, repetitivo quanto aos procedimentos, deixando de lado a reflexão sobre os objetos para os quais ele se destina (CROCHIK, 1995, p. 26,29).

Desta forma, tudo e todos que se encontram fora dos padrões pré-estabelecidos culturalmente, mediante o nosso agir sem reflexão, tornamse alvo fácil de preconceitos. Note-se que Crochik faz uma distinção entre 'preconceito' e 'pré-conceito'. Para este autor, os pré-conceitos são pré-requisitos para o conhecimento, ou seja, é graças a eles que temos experiência com determinado objeto a ser conhecido, o que nos torna aptos a compreendê-lo. Ele afirma que “todo conceito só é possível através da experiência que envolve elementos preconcebidos” (CROCHIK, 1995, p. 36), o que não significa, no entanto, que não possamos alterar esse pré-conceitos frente a uma nova experiência vivenciada, ou que um objeto novo não possa ser conceitualizado de forma diferente dos nossos pré-conceitos. Assim, Crochik pontua que é a crítica à luz dos pré-conceitos que modifica e enriquece o objeto e, se isso não acontece (esta reflexão crítica), o que ocorre é uma reprodução ou deturpação do objeto, que gera, em última instância, o preconceito. “O pré-conceito se transforma em preconceito quando ele é eliminado da experiência com o objeto, ou quando a sua presença é forte o suficiente para anular a experiência com o objeto” (CROCHIK, 1995, p. 38). O preconceito pressupõe atitudes, atitudes estas quase sempre negativas ou pejorativas, frente a um determinado objeto graças não a pré-conceitos, mas a pré-julgamentos, tornando-se assim uma “atitude de hostilidade” contra pessoas, grupos, fatos, disciplinas, etc. (CROCHIK, 1995, p. 40).

No entanto, Crochik também nos alerta de que o preconceito muitas vezes é motivado pelo medo do desconhecido, “um mecanismo desenvolvido pelo indivíduo para poder se defender de ameaças imaginárias” (CROCHIK, 1995, p. 25). Neste caso, o preconceito atua como uma forma de “eliminação do desconhecido, para se manter aquilo que já é conhecido. É reação às mudanças quer individuais, quer sociais”(CROCHIK, 1995, p. 145), devido, sobretudo, à ignorância, tida aqui não num sentido pejorativo, mas como a falta de determinado saber. Neste caso, concordamos com o autor acima citado, que “o antídoto do preconceito está na possibilidade de experimentar sem ter a necessidade de se prevenir da experiência pela ansiedade que ela acarreta e a possibilidade de se refletir sobre si mesmo nos juízos formados através da experiência” (CROCHIK, 1995, p.35).

Como visto, o preconceito não é algo inato no indivíduo, mas é engendrado pela sociedade, culturalmente imposto e difundido quando cada pessoa torna-se reprodutora acrítica de conceitos estereotipados. E para quebrar este círculo vicioso, é preciso que se busque cada vez mais conhecer e respeitar o outro, encontrar pontos comuns entre as culturas diferentes, bem como reconhecer a importância de todos e de cada um, dentro e fora de determinada cultura. Cabe a todo indivíduo argüir, refletir, contestar e duvidar das fórmulas prontas, vivenciar novas experiências e novos conhecimentos, a fim de discernir os fatos reais dos preconceitos.

Desta forma, fica explícito que o preconceito, entendido num sentido disciplinar, é um obstáculo às práticas interdisciplinares, posto que cada especialista, cada disciplina, ao isolar-se em “ilhas de conhecimento”, funciona como uma cultura autônoma, adquirindo caracteres próprios, como por exemplo: linguagem, métodos, tradições, entre outros. “As disciplinas nos impõem uma determinada forma de pensar, com as possibilidades e riscos que isso implica” (SANTOMÉ, 1998, p.59). Sendo assim, acreditamos que dentre os 'riscos' da disciplinarização incluem-se o pensamento e as práticas preconceituosas, ficando fácil perceber que as características que se aplicam ao preconceito como um todo, também são válidas na compartimentalização do saber. Para Santomé, “existem fatores que contribuem para atrapalhar os processos de interdisciplinaridade. Entre eles, as fortalezas que as diferentes “escolas” costumam construir no interior das disciplinas. Isto pode acarretar riscos de um maior isolamento e converter-se num caldo de cultura de um pensamento dogmático” (SANTOMÉ, 1998, p.67). Ou seja, cada grupo de especialistas pode incorrer em atitudes preconceituosas ao propalar o seu campo de conhecimento como o detentor da verdade, ao julgar os outros utilizando os seus parâmetros, ao fechar-se ao diálogo e à troca de experiências, ao perpetuar estereótipos e ao acomodar-se, preferindo viver "num mundo fechado, onde a verdade de cada um é menos contestada" (JAPIASSU, 1976, p. 95).

Quando Japiassu fala em "mundo fechado", podemos interpretar como sendo as diversas comunidades científicas, permitindo-nos, então acrescentar a esta discussão o pensamento de um importante filósofo da ciência: Tomas Kuhn (1922-1996). Em seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn descreve a ciência não como algo estático, mas dinâmico, cujo progresso pauta-se em revoluções. Para tal, introduz uma série de conceitos que, devidamente adaptados, nos permitem entender um pouco mais sobre como o preconceito interfere nas relações interdisciplinares.

Kuhn (1975) desenvolve suas teorias epistemológicas a partir de, basicamente, dois conceitos: o de *ciência normal* e o de *paradigma.* De maneira simplificada, pode-se definir paradigma como uma forma padronizada de ver algo, um modelo com regras, valores e métodos definidos, a ser seguido nas pesquisas de cada comunidade científica. E disto decorre o conceito de ciência normal que, para este autor é aquela ciência que já estabeleceu seus paradigmas unanimemente aceitos pelos membros da comunidade científica, sem grandes contestações. Assim, uma ciência normal possui um conjunto de convicções que a fundamenta e que fornece as r*egras do jogo* que o cientista deve seguir na sua investigação:

> Homens cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e o consenso aparente que produz são pré-requisitos para a ciência normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada (KUHN, 1975, p. 30-31).

Cada comunidade científica legitima seus paradigmas, seus métodos através de uma prática padronizada. Desta forma, cada ciência está presa a determinados paradigmas que, em muitas situações, a impedem de aceitar outros paradigmas, provenientes de outras comunidades científicas. “Quanto mais familiarizada uma pessoa estiver com determinada teoria e seu correspondente modo de pensar, mais difícil lhe será adotar uma teoria rival que implique uma maneira diferente de pensar (BUNGE *apud* SANTOMÉ, 1998, p.59).

Assim, temos que cada disciplina pode comportar-se como uma ciência normal, nos moldes descritos por Kuhn, já que “normalmente, a construção do conhecimento disciplinar realiza-se mediante uma seleção de dados significativos e a rejeição dos não pertinentes, porém, tal atividade seletiva está controlada e dirigida por modelos ou “paradigmas” que organizam o pensamento e a visão de ciência e da realidade” (SANTOMÉ, 1998, p.60).

De acordo com vários autores, entre eles Gusdorf (1983), Japiassu (1976) e Santomé (1998), o paradigma que controla a ciência e o pensamento ocidentais desde o século XIX é o positivista, alicerçado sobre a crença de que a ciência é a única capaz de oferecer respostas confiáveis. Isto gera aquilo que Santomé (1998, p. 39) denomina por “preconceitos positivistas”. Ou seja, ao priorizar a objetividade científica, o positivismo assume como única fonte de conhecimento a linguagem das ciências exatas, exigindo elevados níveis de formalização, fato este que por si só já elimina qualquer possibilidade de diálogo com áreas que não se enquadram neste paradigma, o que “contribuiu para marginalizar e silenciar muitas dimensões da realidade” (SANTOMÉ, 1998, p. 60), favorecendo o aparecimento de preconceitos científicos.

Isto se reflete em todos os âmbitos do conhecimento, e em especial na criação das inúmeras disciplinas cujas fronteiras tornaram-se rígidas, sem possibilidade de diálogos. “O forte peso da cultura do positivismo, com sua ênfase na precisão, e a imposição de determinadas metodologias de pesquisa e, portanto, de formas de legitimação do conhecimento favoreceram a caminhada em direções disciplinares mais reducionistas (SANTOMÉ, 1998, p. 62)

Quanto à interdisciplinaridade, percebemos que ela exige que duas ou mais disciplinas entrem em contato, o que em muitos casos cria um conflito de idéias e de métodos, podendo gerar o preconceito. Novamente insistimos no fato de que a interdisciplinaridade exige que barreiras e limites entre as disciplinas sejam quebradas, o que nem sempre é fácil de aceitar e de fazer, "por causa de ignorâncias e preconceitos recíprocos" (JAPIASSU, 2006, p. 32).

Após todas estas considerações, inevitavelmente surge a pergunta: é possível o diálogo interdisciplinar entre matemática e arte? Acreditarmos que sim. No entanto, há um longo caminho até que as barreiras sejam rompidas, e isso de fato se torne realidade, já que tanto a matemática quanto a arte possuem os seus paradigmas e o estereótipo da matemática é de um campo de conhecimento com um padrão de cientificidade que a arte não tem, agravando assim a possibilidade de surgirem preconceitos anti-científicos.

Neste sentido, Sommerman (2006) dá a sua contribuição. Em seu artigo, este autor traz todo um histórico dos eventos mundiais que marcaram a inter e a transdisciplinaridade, desde o seu surgimento até os dias atuais. Assim, ele cita a *Declaração de Veneza*, documento resultante do Colóquio *A Ciência Diante das Fronteiras do Conhecimento*, organizado pela UNESCO em 1986, onde se lê que "Somos testemunhas de uma revolução muito importante no campo da ciência, provocada pela ciência fundamental (em particular a física e a biologia), devido à transformação que ela traz à lógica, à epistemologia"[6]. Sommerman enfatiza que, "segundo esses documentos, foi essa transformação que permitiu a abertura desses diálogos com áreas do conhecimento consideradas não-científicas, para as quais ela tinha se fechado"(2006, p. 50), e entre as quais se inclui a arte.

E o próprio Kuhn também lança, de certa forma, uma esperança

[6] O documento pode ser encontrado na íntegra em: www.unesco.org.br/publicacoes/copy_of_pdf/decveneza.pdf, ou ainda em www.redebrasileiradetransdisciplinaridade.net/.../Declaracao_de_Veneza_1986.doc (acesso em 25/05/08). É interessante salientar que a Declaração de Veneza foi assinada por personalidades do campo da ciência e da arte de diversos países (SOMMERMAN, 2006, P.45).

para esta situação. Como já dito anteriormente, este autor defende que a ciência é dinâmica. Desta forma, de tempos em tempos ocorrem as chamadas *revoluções científicas*, quando há a transição de um paradigma para outro. Certamente esta transição é um período de crise e pode ser bastante longo. No entanto, com a mudança de paradigma, acontece uma reconstrução dos conceitos anteriores, uma reavaliação dos fatos, dos métodos e dos critérios de pesquisa que, em última instância, tem como conseqüência uma transformação não só quantitativa como também qualitativa, da ciência em questão, podendo, inclusive, abrir caminho para aproximações interdisciplinares que resultam num enriquecimento mútuo das disciplinas envolvidas.

Sendo assim, esperamos contribuir com essa discussão, trazendo, no próximo capítulo, uma contextualização histórica da presença da matemática na arte e vice-e-versa. Percebemos que isto é relevante, já que o primeiro passo para uma possível interdisciplinaridade entre esses dois campos encontra-se justamente no reconhecimento dos seus pontos afins, no intuito de quebrar os preconceitos decorrentes dos paradigmas que colocam a matemática puramente do lado científico, racional, objetivo; e a arte num pólo oposto, como subjetiva, intuitiva, não científica.

Pois como bem pontuou Crochik (1995), o antídoto para o preconceito, inclusive o interdisciplinar, encontra-se na reflexão e na experimentação. E, em nosso modo de ver, também no respeito e na boa vontade para buscar pontos de contato entre as áreas em questão.

2 MATEMÁTICA E ARTE: UMA QUESTÃO DE PARALELISMO E/OU CONCORRÊNCIA

O homem fez arte usando matemática.
O homem construiu matemática observando
as artes, o senso estético.
Luiz Barco

Didaticamente, classificam-se duas retas como paralelas ou concorrentes, de acordo com suas posições relativas no plano: enquanto estas se cruzam em um único ponto, tendo, portanto, este ponto em comum, aquelas não se cruzam, mantendo uma distância constante entre si, o que equivale a dizer que ambas seguem lado a lado. Podemos assim, utilizarmo-nos desta metáfora e comparar as histórias da matemática e da arte, e desta forma verificar o paralelismo ou a concorrência que permeiam seus caminhos.

Se num primeiro momento pode-se pensar que a matemática e a arte são campos de conhecimento totalmente distintos e impossíveis de se associar, um olhar mais atento demonstra que, assim como no caso de duas retas, realmente são distintos, mas com pontos em comum ou caminhos paralelos. Isto é claramente observado por Luiz Barco, na epígrafe anterior, onde um fato muito importante é por ele assinalado: a relação em duplo sentido existente entre a matemática e a arte. Ou seja, tanto há matemática na arte, quanto arte na matemática. Neste capítulo buscaremos apreender o estético que existe na racionalidade matemática (CIFUENTES, 2005), bem como a racionalidade presente na beleza artística.

Inicialmente, porém, cabe fazermos uma ressalva. O campo das artes compõe-se de quatro linguagens: teatro, dança, música e artes visuais, sendo que dentro desta última há ainda uma subdivisão, as chamadas artes plásticas, que engloba a pintura, a escultura, o desenho e a gravura. Portanto, neste trabalho, quando utilizamos o termo arte(s) estamos nos referindo especificamente às artes plásticas. Fazemos ainda algumas incursões na Arquitetura, manifestação artística que também situa-se no âmbito das artes visuais.

2.1 Matemática na Arte

Basta um olhar pela História da Arte para percebermos que a matemática está presente na arte desde a pré-história até os dias de hoje, sendo utilizada por muitos artistas e como característica de vários movimentos artísticos.

Na Antigüidade Clássica[7], por exemplo, percebemos que a arquitetura grega seguia normas rígidas de simetria e proporcionalidade, utilizando-se da matemática, na busca da harmonia das formas. Este pode ser o caso do Partenon (fig. 2), construído em torno do ano 440 a.C., com a utilização do retângulo áureo. Na pintura, normalmente aplicada sobre cerâmica, a Grécia Antiga passou por cinco estilos distintos. O mais antigo é o chamado estilo geométrico[8], e no qual eram possíveis ainda duas variantes: ou as peças eram decoradas apenas com figuras geométricas, como é o caso do jarro ateniense (fig. 3), ou havia a inserção de figuras humanas e de animais no interior de uma concepção geométrica. Este é o caso do Vaso de Dipylon (fig. 4),

Figura 2: *Partenon*, 448-442 a.C.

Figura 3: *Jarro ateniense*, séc. VIII a.C., Museu Britânico, Londres.

[7] "O campo fenomenal da arte é dificilmente delimitável: cronologicamente, compreende manifestações que vão da mais remota pré história até nossos dias; geograficamente, todas as áreas habitadas da comunidade humana, qualquer que seja o seu grau de desenvolvimento" (ARGAN 1994, p.13). Neste momento, no entanto, optamos por um recorte histórico a partir da antigüidade clássica, mais especificamente das manifestações artísticas presentes na cultura greco-romana, no intuito de exemplificar as relações entre a arte e a matemática.

[8] De acordo com a classificação de Janson (1996, p. 46 a 50), os demais estilos da pintura grega são: arcaico, figura em preto, figura em vermelho e clássico.

pertencente a um grupo de vasos usados como monumentos em túmulos.

Já na arte romana antiga, uma das suas maiores contribuições encontra-se na arquitetura, campo este onde também percebemos muitos exemplos em que a utilização da geometria é visível. Com sua grande população, Roma precisava de prédios públicos e locais de lazer que abrigassem um maior número de pessoas, o que obrigou arquitetos e engenheiros a desenvolver "materiais mais baratos e métodos mais rápidos" (JANSON, 1996, p. 71) de construção. Dentre seus feitos encontram-se o aprimoramento das técnicas construtivas, notadamente geométricas, dos arcos e das abóbadas. Isto, aliado a utilização de uma espécie de concreto, permitiu que se cobrissem grandes áreas sem a necessidade de pilares internos, proporcionando amplos vãos livres.

Figura 4: *Vaso de Dipylon*, séc. VIII a.C., altura 1,08 m, Museu Metropolitano de Arte, Nova York

Com a ascensão do Cristianismo como religião oficial do Estado, na Idade Média, ocorreu um florescimento da arquitetura voltada para a construção de Igrejas. E é aqui que também vemos nítidas as contribuições da matemática na arte, com o uso mais habilidoso da construção com colunas e arcos.

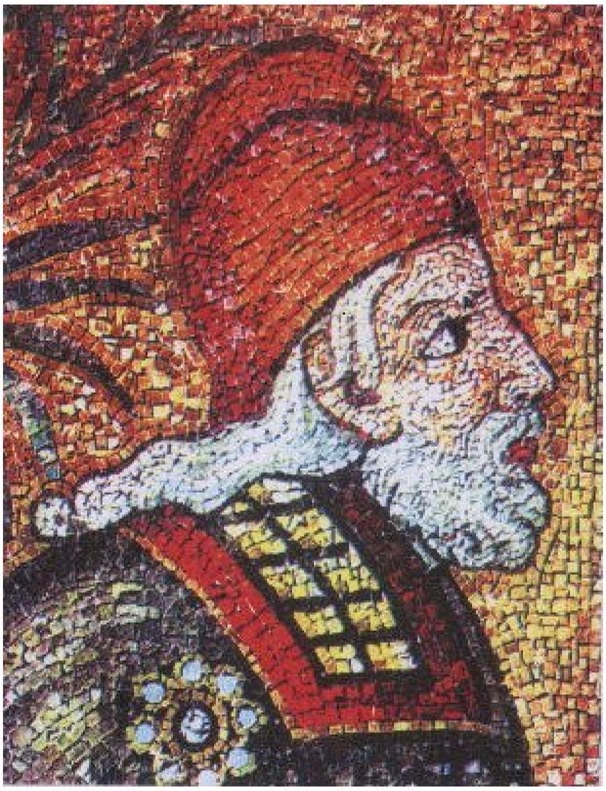


Figura 5: *Cortejo das Santas* (detalhe), 550, Igreja de Santo Apolinário, o Novo, Ravena

Além disso, o mosaico (fig. 5), embora já presente nas atividades artísticas dos romanos, gregos e povos pré colombianos (maias e astecas), atingiu, neste período, sua mais perfeita realização. Com a função de propagar o novo credo, tendo em geral temas religiosos, a técnica consistia na colocação de pedras coloridas de formatos geométricos, lado a lado, sobre uma superfície, de acordo com um desenho pré-determinado. A seguir preenchia-se os espaços com uma solução de cal, areia e óleo, proporcionando um resultado semelhante à pintura.

Contudo, foi no Renascimento que arte e ciência estiveram mais próximas, sendo que posteriormente estudiosos teorizaram esta relação. Em Argan e Fagiolo (1992), por exemplo, encontramos que

> a atividade artística sempre se confrontou com o campo da ciência e da técnica: o exemplo mais imediato é a maneira de trabalhar de Leonardo[9], que utiliza a arte como instrumento de conhecimento científico da natureza. (...). É Alberti[10] quem põe o problema de uma arte como ciência, individualizando na matemática o terreno comum a artistas e cientistas: é Leonardo, com o seu experimentalismo, quem inicia a arte como investigação operativa (ARGAN e FAGIOLO, 1992, p.141).

Dentre as características de caráter matemático da produção artística renascentista cabe-nos ressaltar duas, por serem as que melhor representam esse período: a seção áurea[11] e a perspectiva.[12]

Conjectura-se que a seção áurea já era utilizada pelos egípcios, na construção das pirâmides, bem como pelos gregos, como já citado anteriormente. No entanto, é na arte renascentista que seu uso se consolida, graças, em grande parte, a Leonardo da Vinci. Aliando arte e matemática, este artista-gênio criou, em 1492, o *Homem Vitruviano* (fig. 6) – um homem inserido nas proporções perfeitas de um quadrado e na

---

[9] Leonardo da Vinci (1452-1519) foi além de pintor, também cientista, anatomista, inventor, músico, filósofo, botânico, engenheiro, arquiteto, urbanista e matemático.

[10] Leon Baptista Alberti, artista e matemático renascentista italiano, escreveu tratados sobre pintura, escultura e arquitetura.

[11] A seção áurea é o resultado da divisão de um segmento em média e extrema razão, isto é, a razão que resulta entre o menor e o maior segmento é igual à razão entre o segmento maior e o todo. Essa razão é também chamada de razão áurea ou divina proporção.

[12] Método que consiste em criar a ilusão de objetos tridimensionais em superfícies planas.

forma ideal de um círculo – relacionando as dimensões da forma humana ao número de ouro. Alguns anos mais tarde, Leonardo ilustra o livro *De Divina Proporcione* (1509), do frei Luca Pacioli, um religioso matemático, que desenvolveu sistematicamente as propriedades da seção áurea, através dos quais foi possível atingir o ideal de beleza na arte tão almejado neste período.

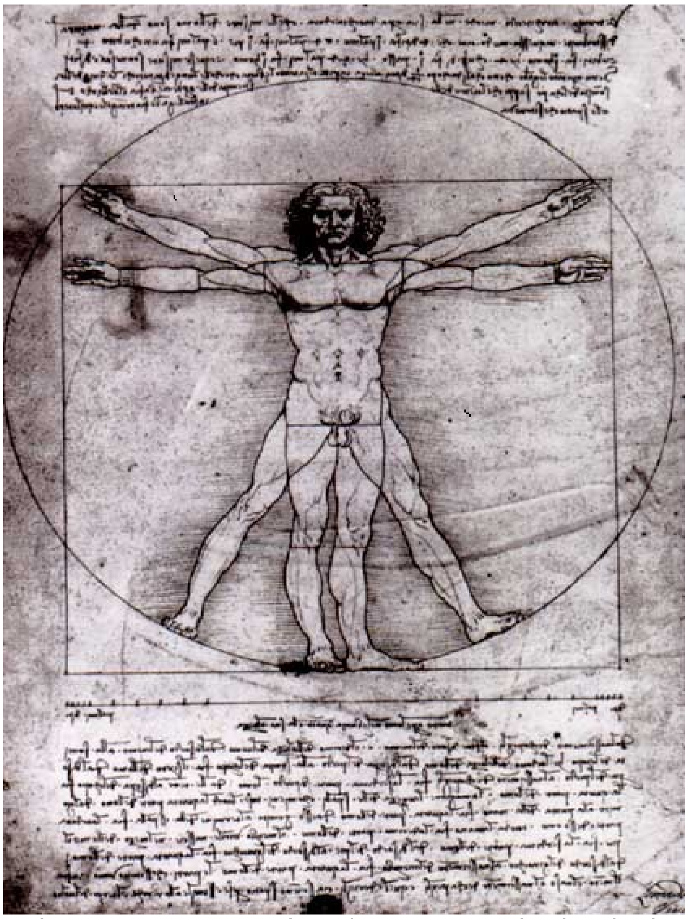


Figura 6: *Homem Vitruviano*, Leonardo da Vinci, 1492, lápis e tinta sobre papel, 0,34 x 0,24 m, Gallerie dell'Accademia, Veneza

Mas, se a influência da seção áurea já foi determinante na arte renascentista, uma revolução sem precedentes estava por vir. E isto ocorreu com a descoberta da perspectiva, uma construção geométrica que dá a sensação da tridimensionalidade dos objetos, e que revolucionou tanto a arte quanto a geometria.

Nascida em torno de 1420 de uma experiência do arquiteto Filippo Brunelleschi (o construtor da Catedral de Florença), teorizada por Alberti e aprimorada por Piero dela Francesca[13], a perspectiva rapidamente encontrou entusiasmados adeptos entre os artistas. Assim, as formas representadas nas telas e afrescos passam a ser minuciosamente planejadas e calculadas, e a geometria torna-se participante ativa da descrição do mundo, tornando a arte da

[13] Pintor e matemático que, em 1450, escreveu o tratado *De Perspectiva Pingendi*, o primeiro do gênero, onde consolidou as regras e os princípios da técnica da perspectiva, utilizando ferramentas da geometria, sendo que, de acordo com Janson (1996, p. 199), “essa visão matemática permeia toda a sua obra.”

pintura numa forma de conhecê-lo.

Figura 7: *Madonna* Rucellai, Duccio di Buoninsegna, 1255, têmpera sobre madeira, 0,45 x 0,29 m, Galleria degli Uffizi, Florença

A título de exemplo da grandiosidade da produção artística deste período, bem como da larga utilização da perspectiva e da sua importância, propomos uma comparação entre as figuras 7 e 8. Na primeira, de autoria de Duccio di Buoninsegna (1255-1319), datada de 1285, vemos uma imagem bidimensional, estática, onde não existem volumes ou espaços passíveis de circulação[14]. Na segunda, de Paolo Uccello (1397-1475), produzida entre os anos 1465 e 1469, as linhas convergem para o centro da composição, o ponto de fuga, criando assim a sensação de um espaço tridimensional, onde é possível circular, movimentar-se. Estava sendo inventado um novo espaço pictórico.

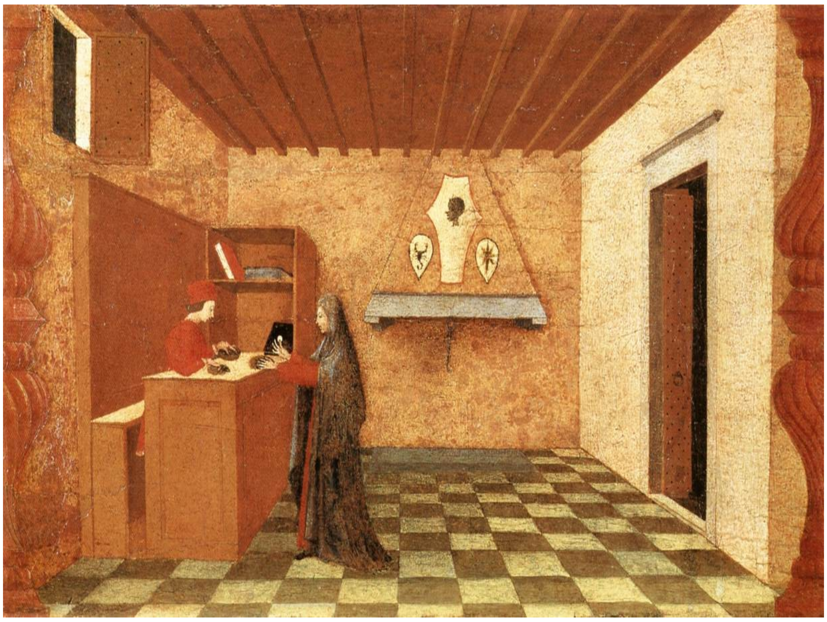


Figura 8: *Milagre da Hóstia*, Paolo Uccello, 1465-69

É conveniente observar que os ideais de beleza fundamentados em

[14] Note-se que não estamos questionando a habilidade do artista, que, aliás, é um dos mais importantes de Siena, nos séculos XIII e XIV, ainda mais porque esta era a forma usual de representação na época. Nossa intenção é tão somente demonstrar a diferença no modo de pintar após o advento da perspectiva.

regras de proporção e perspectiva, bem como as descobertas científico-matemáticas dos renascentistas serviram como suporte teórico para praticamente toda a arte posterior até o século XIX. Por isso, embora com características plásticas específicas, do ponto de vista matemático não comentaremos os períodos artísticos subseqüentes.

Avançando historicamente, entramos no século XX, quando ocorrem as chamadas Vanguardas Artísticas, nas quais, de acordo com Denis (1991, p. 23), "é interessante notar que os principais movimentos vanguardistas (com exceção parcial do Surrealismo) tenham abraçado como valores estéticos: as máquinas e os objetos industrializados, a abstração formal e a geometria euclidiana, a ordem matemática e a racionalidade...".

Um claro exemplo dessa matemática incorporada à arte é a obra de Paul Cézanne (1839-1906), artista que inicialmente esteve ligado ao movimento impressionista, mas que posteriormente deu um novo rumo à sua pintura, buscando a geometria subjacente à natureza. Não lhe bastava apenas imitar essa natureza ou captar os efeitos voláteis da luz sobre os objetos, como no caso dos impressionistas. "Pelo contrário, ele suprime cada vez mais todo o acidental e procura acentuar os elementos construtivos que estabilizam o esqueleto estrutural da obra" (PEREIRA, 1998, p. 26). E deixa claro quais seriam esses *elementos construtivos*: o cilindro, a esfera

Figura 9: *Natureza-Morta com Maças e Laranjas*, Paul Cézanne, 1895-1900,
óleo sobre tela, 0,74 x 0,93 m, Musée d'Orsay, Paris

e o cone, formas geométricas tridimensionais a partir das quais toda a natureza poderia ser expressa. Graças ao seu olhar objetivo, o artista procura dar uma estrutura sólida à sua composição, alicerçada, portanto, não naquilo que o olho humano pensa ver, mas na geometria intrínseca aos objetos e formas naturais (fig. 9).

Assim procedendo, Cézanne rompe com o espaço tradicional e com a perspectiva geométrica por não encontrar verdade nesses métodos de representação, já que eles não se ajustavam à realidade tal qual ele assimilava. Sua intenção de representar essa realidade o levou a buscar um espaço e uma perspectiva coerentes com a lógica da natureza por ele percebida, o que resultou em obras onde a construção formal dos objetos não só é visível, como também é transformada em um meio de expressão. Ao "perceber o espaço através de uma ótica mais sensível, mais ligada às impressões do que aos conceitos" (PEREIRA, 1998, p. 19), Cézanne reconstrói os dados ao seu alcance, causando uma "distorção na perspectiva geométrica e, em conseqüência, uma alteração nas proporções dos objetos pintados" (PEREIRA, 1998, p. 10).


Figura 10: *Mulher Jovem*, Pablo Picasso, 1909, Hermitage Museum, St. Petersburg.

E foram justamente essas características "de tratamento abstrato do volume e do espaço" da obra de Cézanne, "as unidades estruturais translúcidas" nas quais Picasso "se baseou ao criar as facetas do Cubismo" (JANSON, 1996, p. 367). De maneira muito simplificada, pode-se dizer que o Cubismo representa os objetos reais planificados na tela, de modo que vários dos seus lados são mostrados sob ângulos diversos, todos ao mesmo tempo (fig. 10). Os cubistas não tentavam criar a ilusão de um objeto no espaço, como acontecia com a arte desde o Renascimento, mas ao contrário, definiam o objeto tridimensional segundo a bidimensionalidade da tela. Esse novo modo de conceber a arte trouxe uma profunda reavaliação da interação entre forma e espaço, mudando o curso da arte ocidental. Em 1912, Apollinaire, influente crítico da arte e poeta, em face à revolução causada pelo movimento cubista, declarou que "a geometria é para as artes plásticas o que a gramática é para o escritor" (CHIPP, 1988, p. 224).

A esse caráter revolucionário do Cubismo deve-se, sobretudo, a enorme influência causada nos artistas do início do século XX, e que culminaria com o surgimento da chamada *Arte Abstrata*[15]:

> Uma das conseqüências mais importantes, entre as muitas provocadas pela destruição cubista dos modos convencionais de representação, era a idéia de que a pintura deveria ser uma entidade absoluta, sem qualquer relação com os objetos do mundo visível, e compor-se de formas totalmente abstratas que tinham sua origem na mente humana. Nesses termos, a pintura tornava-se quase o oposto do cubismo analítico[16], que criara seu vocabulário decompondo as formas dos objetos naturais em configurações abstratas ou semi-abstratas, para reconstitui-las depois numa disposição dinâmica que, no entanto, ainda tinha ligações com os objetos originais. Essa nova pintura referia-se antes aos universais do que aos particulares, e por isso apelava sobretudo para a mente e só secundariamente recorria aos sentidos (CHIPP, 1996, p. 313).

Dentre os vários movimentos abstratos surgidos neste período, vamos nos deter naqueles nos quais participaram os artistas Wassily Kandinsky (1866-1944), Piet Mondrian (1872-1944) e Kasimir Malevich (1878-1935). Esta opção foi feita com base no fato de que eles têm em comum a percepção da arte não somente como fruto da intuição, como também do intelecto, e a matemática (especialmente a geometria) como participante ativa da obra plástica. Essa concepção de arte como um

[15] De acordo com o *Livro da Arte* (p. 504), a arte abstrata é uma "forma de arte que não busca representar o mundo à nossa volta. O termo se aplica a qualquer obra que não represente objetos reconhecíveis, mas refere-se especialmente a formas de arte do século XX em que a idéia de arte como imitação da natureza foi abandonada. Wassily Kandinsky, Piet Mondrian e Kasimir Malevich estão entre os pioneiros da abstração".

[16] Cubismo analítico: foi a primeira das duas fases do cubismo, em que as formas dos objetos eram fragmentados e planificados na tela. No entanto, não caracterizava-se como arte abstrata.

processo intelectual ocorre, em grande parte, graças a uma nova sensibilidade matemática que se instalou em todos os setores da sociedade, decorrente dos avanços científicos e tecnológicos que estavam transformando a humanidade, estendendo-se a qualquer atividade humana, inclusive à arte. A arte, então, passa a refletir o mundo contemporâneo, que aceita a funcionalidade da máquina e a eficiência dos objetos produzidos em massa.

Neste sentido, é em Malevich que encontramos uma postura mais rigorosa. Fundador de um movimento artístico chamado Suprematismo, aliou-se a outros artistas russos (por exemplo, a Alexander Rodchenko), para defender sua posição quanto à necessidade da criação de uma "ciência da arte", objetivo este impossível de ser concretizado "se não existirem critérios exatos, objetivos, definindo as conquistas reais no domínio da arte" (BECKS-MALORNY, 2003, p.126). Malevich concebia a arte como uma forma de expressão pura, onde não existia a necessidade de representação da natureza, e que era, antes de tudo, fruto de uma "sociedade que assimilou o ritmo da cidade grande, o elemento metálico da indústria" (MALEVICH *apud* CHIPP, 1996, p.343). Neste intuito, a arte suprematista era composta apenas de formas geométricas e cores básicas, alicerçando-se na interação entre forma e cor, sem qualquer traço subjetivo ou influência externa, cuja prioridade era a construção consciente do quadro. Desta forma, em 1913 Malevich pintou um quadro abstrato, o mais radical jamais visto,

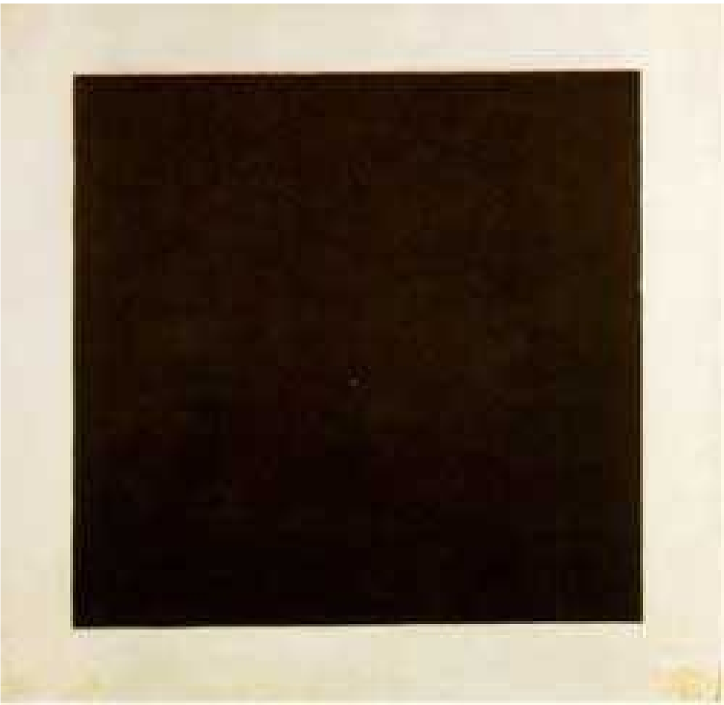


Figura 11: *Quadrado Preto sobre Fundo Branco*, Kasimir Malevich, 1913, óleo sobre tela, 1,06 x 1,06 m, State Russian Museum, St. Petersburg

composto de um quadrado preto sobre um fundo branco (fig. 11), e que causou os mais variados sentimentos, inclusive de desaprovação, e para o qual o artista explicava simplesmente que "tentando desesperadamente libertar a arte do lastro do mundo representacional, busquei refúgio na forma do quadrado" (MALEVICH *apud* CHIPP, 1996, p.315). Este foi o primeiro de uma série de obras, cujo ápice foi o quadro intitulado *Branco sobre branco*, consistindo num quadrado branco sobre fundo branco, o abstrato dos abstratos.

Outra personalidade de extrema importância para o estudo da chamada abstração geométrica[17] é Wassily Kandinsky, artista, teórico e professor, que contribuiu essencialmente para estabelecer os liames entre a ciência e a arte, e em quem nos deteremos no capítulo 4, onde discutiremos aspectos interdisciplinares na obra deste artista.

Um terceiro contraponto tem-se em Piet Mondrian em quem encontramos, de acordo com Janson (1996, p.374) "a aplicação mais radical do cubismo". Inicialmente um expressionista, as idéias do artista mudam completamente diante dos preceitos cubistas, o que o leva a desenvolver, juntamente com Theo Van Doesburg (1883-1931), um estilo totalmente abstrato geométrico, denominado Neoplasticismo. Seus trabalhos são austeros, numa geometria cartesiana, onde linhas retas verticais e horizontais se unem

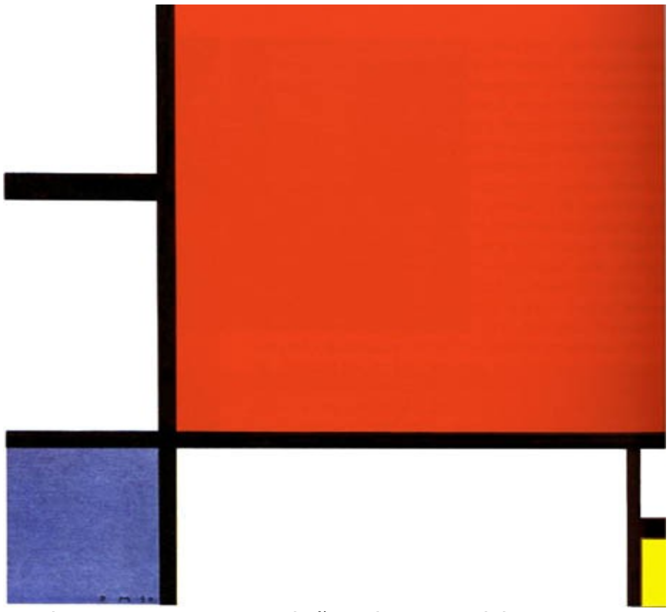


Figura 12: *Composição*, Piet Mondrian, 1922, óleo sobre tela, 0,55 x 0,53 m, Guggenheim Museum

[17] O abstracionismo é dividido em: geométrico, quando da utilização sistemática das figuras geométricas; lírico ou informal, quando as formas são livres, soltas, formadas maioritariamente por manchas, riscos, pingos, etc.

às três cores primárias, mais o preto e o branco, em composições precisas (fig. 12). Calculando meticulosamente a colocação desses elementos, Mondrian busca a ordem, a harmonia e o equilíbrio que faltava ao mundo assolado pela guerra. E ao eleger a linha reta (que não existe na natureza, natureza esta incapaz de proporcionar a paz), ele direciona a sua arte para uma abstração absoluta, eliminando qualquer possibilidade de representação. Assentado sobre uma base filosófica, Mondrian, e por conseguinte o neoplasticismo, tinha por objetivo, de acordo com Chipp (1996, p. 318), “uma arte que, por ser tão harmoniosa com os princípios universais, faria com que todos os aspectos da vida se harmonizassem com esses princípios”.

Na poética neoplástica, o que importa são as relações, já que

> Em toda a história de nossa cultura, a arte tem demonstrado que a beleza universal não surge do caráter particular da forma, mas sim do ritmo dinâmico de suas relações inerentes ou – como na composição – das relações mútuas das formas. A arte mostrou que a beleza é uma questão de determinação das relações. Revelou que as formas só existem para a criação de relações; que as formas criam relações e vice-versa. Nessa dualidade de formas e suas relações, nenhuma delas tem precedência (MONDRIAN *apud* CHIPP, 1996, p. 354).

Portanto, é justamente nas formas geométricas, mais especificamente nas linhas retas e nos retângulos, que Mondrian vê a possibilidade de estudar essas relações, posto que as considera neutras. Relações estas que levam a uma estética baseada na pura construção: equilibrada, objetiva e matemática. Enfim, estas relações são a matriz de uma vida organizada.

As experiências neoplásticas foram vitais para a arte, influenciando outros artistas e também outros movimentos. Um deles, em especial, é de suma importância quando se trata de perceber a presença da matemática na arte: o Concretismo, movimento fundado no início da década de 1930, com o lançamento, em Paris, de *Art Concret*, revista de um grupo liderado por Theo van Doesburg. No entanto, foi por meio do trabalho de Max Bill

(1908-1994) que o concretismo se disseminou por outros países, entre eles o Brasil. Artista e teórico que também defendia a ligação entre a arte e a matemática, Bill, que era formado na *Bauhaus*[18], foi pintor, escultor, arquiteto e designer industrial. O nome do movimento deve-se, sobretudo, ao fato de que seus artistas buscavam concretizar em suas obras pensamentos abstratos da matemática e em especial da geometria. Max Bill, em um artigo intitulado *O Pensamento Matemático na Arte de Nosso Tempo,* com uma perspectiva interdisciplinar, define bem a essência do movimento ao dizer que:

> a matemática traz novas e inauditas proposições. Seus limites perderam sua primitiva clareza e já soam irreconhecíveis. Mas o pensamento humano em geral (e o matemático em particular) necessitam, diante do ilimitado, um apoio visual. É então que a arte intervém. Desde este momento a linha clara se torna indefinida, enquanto o pensamento abstrato, invisível, surge como concreto, visível. Espaços desconhecidos, axiomas quase inacreditáveis, adquirem realidade e se começa a caminhar por regiões que antes não existiam; a sensibilidade se amplia; espaços até há pouco desconhecidos e inimagináveis começam a ser conhecidos e imaginados (BILL *apud* AMARAL, 1977, p.52).

Ainda nas palavras do próprio Bill, "é possível desenvolver uma arte de ampla base matemática, porque a arte precisa, ao mesmo tempo, do sentimento e do pensamento. O elemento de toda obra plástica é a geometria, relação de posições sobre o plano e no espaço" (*apud* AMARAL 1977, p.52). Portanto, uma das premissas dos artistas concretos era executar com extremo rigor todas as construções geométricas com os instrumentos de desenho.

No Brasil, o Concretismo teve um amplo alcance, graças, sobretudo, à participação do próprio Bill na 1ª Bienal do Museu de Arte Moderna de São Paulo[19], em 1951, com a escultura *Unidade Tripartida* (fig. 13). Sob esta influência, artistas como Waldemar Cordeiro (1925-1973), Luiz

---

[18] A *Bauhaus* foi uma importante escola de arte e *design* fundada em 1919, e da qual falaremos mais oportunamente no capítulo 4. No entanto, é necessário pontuar aqui que ela possuía uma abordagem pedagógica e uma estética voltadas para uma orientação mais racional e científica, com um estilo geométrico, que influenciou inúmeros artistas.

[19] Atual Bienal Internacional de Artes de São Paulo.

Sacilotto (1924-2003) e Geraldo de Barros (1923-1998), entre outros, formaram o grupo Ruptura, que já no ano de 1952 marcou o início oficial do concretismo brasileiro, com uma exposição em São Paulo e o lançamento do seu manifesto.

É interessante lembrar que a arte concreta teve desdobramentos também na arquitetura, na música, na literatura e na poesia. Nesta última, por exemplo, os irmãos Augusto e Haroldo de Campos, e Décio Pignatari realizaram experimentações com termos e palavras ligadas a indústria e a problemas sociais. A poesia concreta caracterizou-se ainda pelo abandono do verso e por explorar o som e a disposição visual das letras no papel, buscando assim o seu efeito gráfico.

Figura 13: *Unidade Tripartida*, Max Bill, 1948-49.

O concretismo também suscitou o surgimento de um outro movimento denominado Neoconcretismo, ainda no final da década de 50, como reação ao excesso de racionalismo da arte concreta.

Certamente muitos outros exemplos e citações podem ser encontrados na arte, referentes às contribuições da matemática na constituição dos trabalhos dos artistas. Mas este não é o nosso foco de pesquisa. Pretendíamos mostrar a real participação da matemática na arte, intento este que acreditamos ter sido alcançado. Porém, pode-se perguntar: e a recíproca, também é verdadeira? Existe arte e beleza na matemática? Que características estéticas tem a matemática que permitam a interdisciplinaridade entre arte e matemática? Esperamos encontrar indícios de respostas à estas questões na próxima seção.

2.2 Arte na Matemática

Definir o que é a beleza é algo, no mínimo, complicado. Subjetiva, esta noção esta sujeita a um juízo de gosto e a valores culturalmente impostos, valores estes que, por sua vez, variam de acordo com a sociedade considerada e com o período histórico vivido.

A discussão sobre a beleza na arte é antiga, vem desde os tempos dos primeiros filósofos, com Sócrates (470-339 a.C.), Platão (427-347 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.), que buscaram a finalidade da arte e a sua relação com aquela, chegando até Alexander Gottlieb Baumgarten (1714-1762), considerado o fundador da Estética, a ciência que estuda o “que é Belo, que possui a dimensão da Beleza, dimensão aberta ao espírito através da sensibilidade” (NUNES, 2002, p. 12). A estética, na concepção de Baumgarten, nada mais é do que a ciência do conhecimento sensível. É nesta perspectiva que pretendemos buscar as possíveis respostas para as seguintes perguntas: existe beleza na matemática? É possível um conhecimento estético na matemática?

Provavelmente, uma das primeiras respostas provém de G. H. Hardy (1887-1947), que comparou o matemático a um “desenhista de idéias”, sendo que para ele “os desenhos do matemático, como os do pintor ou do poeta, devem ser belos; as idéias, como as cores ou as palavras, precisam interligar-se de forma harmoniosa. A beleza é a primeira prova: não há lugar permanente neste mundo para uma matemática feia” (HARDY, 2000, p. 81).

Outro autor importantíssimo para esta discussão é François Le Lionnais (1901-1984), que considera a existência de uma beleza intrínseca na matemática, assim como em outras ciências, nas artes, na vida e na natureza, beleza esta capaz de despertar emoções comparáveis às despertadas pela música, pela pintura e pela poesia. Salienta ainda que a “estética da matemática deve ser diferenciada da aplicação da matemática na arte” (LE LIONNAIS, 1965 p. 462). Para Cifuentes, Negrelli e Estephan (2000, p.3) “a matemática é uma forma de arte, sendo os fatos e métodos matemáticos obras de arte aos olhos do pensamento”.

No entanto, uma questão chave para entendermos a beleza e, por conseguinte a arte presente na matemática, centra-se no fato de que esta ciência, embora racional, “comporta também características emocionais, as quais estão intimamente ligadas com a intuição e a experiência estética” (CIFUENTES 2003, p.59).

Como já comentado anteriormente, não questionamos o fato de que a arte e a matemática façam parte de campos de conhecimento distintos. No entanto, percebemos que entre elas existem muitos pontos de contato. E indubitavelmente, um desses pontos encontra-se no uso que ambas fazem da intuição e da razão.

Neste item, portanto, propomos uma análise por analogia[20] entre a arte e a matemática, tendo-se por base essas duas faculdades fundamentais da mente humana: a razão e a intuição. Isto é possível uma vez que ambas participam, quer em maior ou menor grau de evidência, dos dois campos de conhecimento aqui considerados.

Embora o senso comum acredite que a arte é fruto apenas da intuição e da imaginação, ao estudarmos as obras de artistas dos mais variados períodos ou estilos, percebemos que em muitas estão presentes aspectos racionais. Para Wassily Kandinsky, por exemplo, a intuição sempre deve predominar sobre a razão, sobre o cálculo, porém sem excluí-los:

> Na arte, o espírito é a fonte, a matéria (forma) é a expressão. As obras “normais” da pintura não-figurativa brotam da fonte comum a todas as artes: a intuição. A razão desempenha em todos esses casos o mesmo papel: ela colabora, quer se trate de obras que copiam ou não os objetos, mas sempre como fator secundário (KANDINSKY, 1990, p. 244).

[20] Entendemos *analogia* seguindo a definição dada por Polya , em *A Arte de Resolver Problemas* (1978, p. 29), onde consta: “Analogia é uma espécie de semelhança. Objetos semelhantes coincidem uns com os outros em algum aspecto; objetos análogos coincidem em certas relações de suas partes”.

Por outro lado, esse mesmo senso comum acredita que a matemática é somente razão e lógica. Mas esta é uma visão equivocada, como procuraremos demonstrar através das falas de vários autores que evidenciam que a matemática também possui aspectos mais emocionais, mais ligados ao sensível e à intuição, revelando, portanto, a componente estética existente nela. Neste sentido, Courant e Robbins são categóricos ao afirmar que “a matemática, como expressão da mente humana, reflete a vontade ativa, a razão contemplativa e o desejo de perfeição estética. Seus elementos básicos são lógica e intuição, análise e construção, generalidade e particularidade” (COURANT e ROBBINS, 1955, p. 3).

O ponto chave desta discussão, conforme já colocado, é demonstrar que a arte está presente na matemática, ou melhor, no pensamento matemático, e que isto se dá, dentre outras formas, pelo uso do pensamento intuitivo aliado ao raciocínio lógico. Para atingir este objetivo, faremos uma comparação com dois movimentos artísticos ocorridos nos séculos XVIII e XIX: o Neoclassicismo e o Romantismo. É importante salientar que Le Lionnais (1965) sinaliza para a existência de um classicismo e de um romantismo na Matemática, e que Cifuentes (2003) aponta, seguindo Le Lionnais, exemplos práticos disso, afirmando, por exemplo, que na geometria plana, o fato de as três alturas (ou mediatrizes, ou medianas) serem concorrentes, o teorema fundamental do cálculo e o método de demonstração por indução são manifestações de uma beleza clássica. Já as propriedades caóticas dos fractais que, apesar disso, escondem princípios de simetria e regularidade, a teoria do infinito de Cantor ou ainda o método de demonstração pelo absurdo são manifestações da beleza romântica da matemática.

Nossa intenção, no entanto, é procurar essas relações de um ponto de vista mais teórico, considerando a antítese e, ao mesmo tempo a convergência, dos pensamentos racional e intuitivo. A escolha do Neoclássico e do Romântico também não foi aleatória, pois percebemos, apoiados nas palavras de Argan, que neles estão presentes, sobretudo, os tipos de pensamento acima citados:

> (...) tanto a arte neoclássica como a romântica, apesar da aparente divergência, pertencem ao mesmo ciclo de pensamento. A diferença consiste sobretudo no tipo de postura (predominantemente racional ou passional) que o artista assume em relação à história e à realidade natural e social (ARGAN 1995, p.12).

Desta forma, a matemática, assim como a arte, comporta a razão e a intuição numa relação de complementaridade e simultaneidade. Uma não pode ser privilegiada em detrimento da outra, pois ambas são importantes, porque alimentam o pensamento e propiciam a aquisição do conhecimento. Interpretando Arnheim (1989), podemos dizer que a razão capta o conhecimento linear, mas ao redor deste orbitam uma série de outros fatos que somente através de uma cognição intuitiva é possível se chegar a sua totalidade.

2.2.1 Razão e Intuição

Cotidianamente utilizamos a palavra 'razão' em diversos contextos. Ela pode significar, por exemplo, causa/motivo ou argumento. Pode ser também sinônimo para juízo mental. Ou então a afirmação de que alguém está correto em suas convicções: não tenho razão? Em matemática, ainda, a razão é o resultado da divisão entre duas grandezas. Mas aqui o que nos interessa é pensar na razão como uma faculdade mental própria dos seres humanos, por meio da qual se pode conhecer, julgar, estabelecer, discorrer, comprovar...

Através da razão podemos sistematizar pensamentos e formalizar conhecimentos. Ela é a base do raciocínio dedutivo e do pensamento objetivo. A ela muitas outras palavras podem ser associadas, como por exemplo, intelecto, inteligência, lógica, etc.

De acordo com Abbagnano (1970), a filosofia ocidental atribui uma dupla função à razão. Primeiro, como faculdade própria do homem e que o distingue dos animais, ela converte-se num guia, numa força que submete e controla os impulsos que o homem “tem em comum com os animais” (ABBAGNANO, 1970, p. 792). Segundo, é a razão que “consente estabelecer um critério universal ou comum para a conduta do homem em todos os campos” (idem). A razão assume o caráter de “guia constante, uniforme e (às vezes) infalível de todos os homens” (ABBAGNANO, 1970, p. 794).

A função freqüentemente atribuída à razão é de distinguir, correlacionar, comparar, etc., que “permite a consideração formal do processo racional” (ABBAGNANO, 1970, p. 795), com um aspecto discursivo. Ou seja, a razão está intimamente ligada com o discurso.

Seu complementar, mais do que seu oposto, é a intuição: subjetiva, muitas vezes ilógica e sem sentido. Outras, no entanto, uma forma válida de se chegar ao conhecimento através da sensibilidade e da imaginação. Na verdade, é bem difícil conceitualizar a intuição. Se procurarmos seu significado em dicionários, encontraremos coisas do tipo: pressentimento, *insight* ou “estalo”; percepção não racional. Fica-nos, portanto, a sensação de que a intuição é algo mágico, sobrenatural, ao alcance apenas de alguns pouco dotados. Interessa-nos, por isso, colocar qual é a nossa posição frente a este conceito.

A intuição pode ser compreendida como uma visão global, direta e imediata de uma verdade, de um objeto ou de um fato, através do qual se obtém um conhecimento sem intermediários, sem o uso do raciocínio discursivo. “Neste sentido, a intuição é uma forma de conhecimento superior e privilegiado; pois que a ela, como visão sensível a qual se molda, o objeto é imediatamente presente” (ABBAGNANO, 1970, p. 552). Para Descartes (1596-1650), por exemplo, há dois caminhos que levam ao conhecimento: o da dedução necessária e o da intuição evidente, entendendo por intuição a apreensão do objeto mental. “A intuição da mente se estende tanto às coisas, quanto ao conhecimento das suas recíprocas conexões necessárias, bem como por fim a tudo aquilo que o intelecto experimenta com exatidão em si mesmo ou na imaginação" (DESCARTES *apud* ABBAGNANO, 1970, p. 552). E Locke (1632-1704) vê como intuitivo "o conhecimento que percebe a concordância ou a discordância entre duas idéias imediatamente, isto é, sem a intervenção de outras idéias" (ABBAGNANO, 1970, p. 552).

Muitos pensadores, entre eles Kant, Fichte, Schelling (ABBAGNANO, 1970) identificam dois tipos de intuição: a sensível e a intelectual. Enquanto que a primeira surge espontaneamente diante das mais inusitadas situações, sendo uma percepção das propriedades dos objetos por meio dos sentidos, a segunda (que é justamente a que nos importa), também provem dos sentidos, no entanto é fruto de conhecimentos previamente adquiridos, de reflexões acerca do assunto, de leituras e estudos, e, acima de tudo, é acessível a todos. "A intuição intelectual é entretanto originária e criativa; é aquela pela qual o próprio objeto é posto ou criado" (ABBAGNANO, 1970, p. 553).

Não pretendemos aqui dar conta de todo o universo de significações e dos respectivos entendimentos do que é a intuição e/ou a razão, pois isso se configuraria num trabalho próprio. Pretendemos antes, demonstrar que ambas - intuição e razão - são processos mentais importantes e inseparáveis, cada uma com a sua missão. Se a razão pode dar a certeza e é instrumento da demonstração, como bem nos afirma Poincaré (1995), a intuição é o instrumento da invenção, e pode apontar o caminho a seguir. Em nenhuma área se pode priorizar uma em detrimento da outra, pois:

> a mente humana dispõe de dois processos cognitivos: a percepção intuitiva e a análise intelectual. As duas são igualmente valiosas e indispensáveis. Nenhuma é exclusiva para as atividades humanas específicas; ambas são comuns a todas. A intuição é privilegiada para a percepção da estrutura global das configurações. A análise intelectual se presta à abstração do caráter das entidades e eventos a partir de contextos específicos, e os define "como tais". A intuição e o intelecto não operam separadamente, mas, em quase todos os casos, necessitam de

> cooperação mútua. Em educação, negligenciar uma delas em favor de outra, ou mantê-las separadas, é algo que só tende a mutilar as mentes que estamos tentando educar (ARNHEIM, 1989, p.29).

Este mesmo autor vai ainda mais longe: afirma que a intuição e a razão, em conjunto, geram o pensamento tanto nas ciências como nas artes. Portanto, isso nos credencia a buscar uma base comum entre a matemática e a arte através dos diferentes modos de encarar essas duas faculdades mentais que são indispensáveis e inseparáveis.

2.2.2 Neoclassicismo e Romantismo na Arte

No século XVIII, a civilização ocidental passou por grandes mudanças políticas, econômicas, sociais, religiosas e culturais, ocasionadas, sobretudo, pela Revolução Industrial (1760) e pela Revolução Francesa (1789). No entanto, esses eventos tiveram a sua origem numa revolução do pensamento iniciada meio século antes, o Iluminismo, que pregava que "todas as atividades humanas deveriam ser dirigidas pela razão e pelo bem comum, mais que pela tradição e pela autoridade estabelecida" (JANSON 1996, p. 303).

Figura 14: *As Meninas*, Velásquez, 1656,
óleo sobre terra, 3,18 X 2,76 m, Prado, Madri.

A arte, sendo uma manifestação cultural, não poderia passar incólume a essas transformações, surgindo assim um movimento mais racionalista, em antítese ao Barroco (fig. 14) e ao Rococó (fig. 15), práticas artísticas dominantes na época:

> Na metade do século XVIII, o apelo a uma volta à razão, natureza e moralidade na arte significou um retorno aos antigos – afinal, não tinham sido os filósofos clássicos os primeiros "apóstolos da razão"? No entanto, o que diferencia esse Neoclassicismo, frio e preciso, dos Classicismos anteriores é menos sua aparência externa e mais a sua motivação; ao invés de apenas afirmar a autoridade superior dos antigos, ele exigia que se fosse mais racional, e, portanto, mais "natural" que o Barroco (JANSON, 1996, p. 303).

Figura 15: *Peregrinação a Citera*, Watteau, 1717, óleo sobre tela, 1,29 X 1,94 m, Louvre, Paris.

Sendo assim, percebemos que a arte neoclássica surgiu como uma crítica ao Barroco – estilo que se caracteriza pela extravagância de detalhes, pela exuberância dramática e apelo às emoções do espectador e ao decorativo Rococó. Adotando a arte greco-romana como modelo de equilíbrio, proporção, clareza e beleza, os artistas neoclássicos elegem a racionalidade como mola mestra, em substituição à emoção. E, já que a arte é vista como uma atividade mental, enfatizam que o desenho e a linha, e não a cor, devem ser priorizados, graças ao seu teor intelectual.

De um modo geral, as obras neoclássicas apresentam num primeiro plano figuras austeras, desenhadas com exatidão, em composições simples (no intento de se evitar os exageros!). A máxima orientação era para que a pincelada não aparecesse, o que produzia uma superfície extremamente polida. O fundo geralmente incluía elementos romanos, como arcos ou colunas. A simetria e as linhas retas eram constantes. Seus temas preferidos estavam ligados à história grega e romana, bem como à política.

Figura 16: *Juramento dos Horácios*, David, 1784,
óleo sobre tela, 3,30 X 4,25 m, Louvre, Paris.

Um dos grandes nomes, e também pioneiro do Neoclassicismo, foi Jacques Louis David (1748-1825), considerado o pintor da Revolução Francesa (graças ao seu engajamento político), e mais tarde o pintor oficial do Império de Napoleão Bonaparte. Em *Juramento dos Horácios* (fig. 16), percebe-se bem os preceitos do Neoclassicismo: em uma cena histórica, vê-se em primeiro plano figuras que mais parecem estátuas iluminadas por um feixe de luz, contra um fundo simples de arcos romanos. Toda a composição possui uma lógica e uma limpidez próprias do período. A imagem, onde três irmãos juram derrotar os inimigos ou morrer por Roma, demonstra um tipo de alegoria moral típica neoclássica, em que se exaltam os deveres cívicos, a austeridade e as virtudes, opondo-se diretamente à frivolidade da aristocracia retratada no Barroco e no Rococó. No entanto, a obra prima de David é, sem dúvida, *A Morte de Marat* (fig. 17), que retrata o assassinato de um dos líderes da Revolução e grande amigo do artista. O pintor compôs a cena com uma exatidão rigorosa e uma objetividade impressionante: sob um fundo vazio, Marat jaz numa pose que invoca a imagem de um herói martirizado.

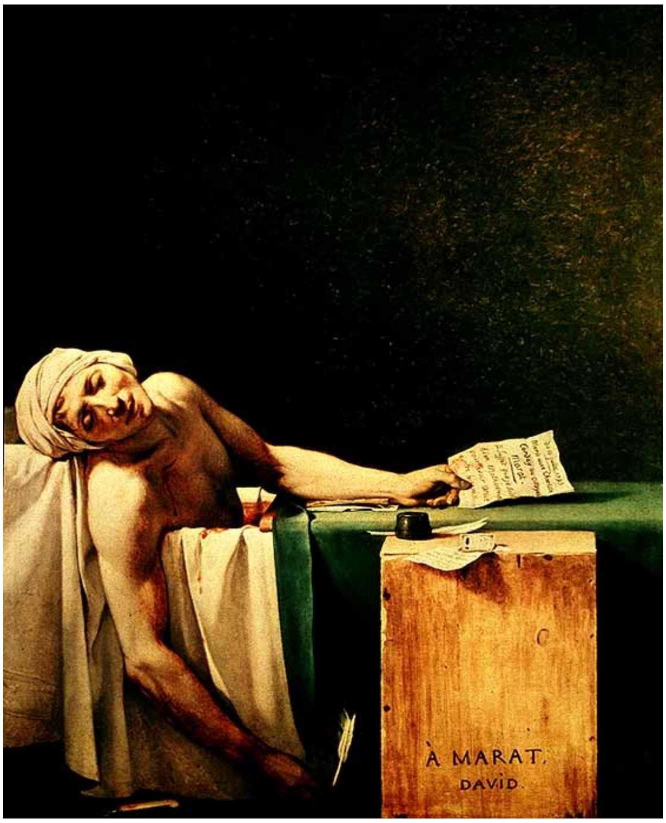


Figura 17: *Morte de Marat*, David, 1793, óleo sobre tela, 1,65 X 1,28 m, Musées Royaux dês Beaux-Arts de Belgique, Bruxelas.

Outro artista neoclássico que merece destaque é Jean Auguste Dominique Ingres (1780-1867). Aluno e discípulo de David, Ingres foi o mais ardoroso defensor do Neoclássico face ao surgimento do Romantismo. Desenhista impecável e retratista excepcional, era capaz de capturar detalhes físicos com acuidade fotográfica. Em *Retrato da Princesa de Broglie* (fig. 18), por exemplo, Ingres apresenta um cuidado extremo para com a composição: racional, controlada, simples. O domínio do desenho e o apuro técnico na pintura são evidentes, frutos dos dogmas rígidos e dos valores estéticos racionais do neoclassicismo: razão, lógica, simetria, ordem, proporção, nitidez...

Diante deste contexto, entretanto, surgem alguns artistas, como Delacroix, Géricault, Turner, Constable, entre outros, que reclamam para arte uma revalorização dos sentimentos, da imaginação e da intuição: nasce o Romantismo, calcado, sobretudo no modelo gótico e na adoração à natureza. E, ao contrapor-se ao racionalismo e à objetividade neoclássicos, os românticos aproximam-se da emoção e da subjetividade:

Figura 18: *Retrato da Princesa de Broglie*, Ingres, 1853, óleo sobre tela, 1,21 X 0,91 m, MMA, Nova York.

> (...) seu ideal é a interpretação da natureza como partícipe dos impulsos espirituais, da sensibilidade, do dinamismo da sociedade moderna. A pintura romântica quer ser expressão do sentimento; o sentimento é um estado de espírito frente à realidade; sendo individual, é a única ligação possível entre o indivíduo e a natureza, o particular e o universal; assim, sendo o sentimento o que há de mais natural no homem, não existe sentimento que não seja sentimento de valorização da natureza (ARGAN ,1995, p.12).

Em conseqüência desta valorização da natureza, esta passa a ser tema recorrente na pintura romântica: ora calma, ora agitada, ela exibe um dinamismo equivalente às emoções humanas. Artistas como Constable (1776-1837) (fig. 19) e Turner (1775-1851) deram um novo status à pintura de paisagens e de cenas naturais, valorizando-as por si mesmas, sem a necessidade de que fossem fruto de alguma peripécia heróica, pois a própria natureza continha esse “heroísmo” capaz de despertar a sensibilidade. A paisagem deixa de ser mero fundo e passa a ser a própria obra de arte.

Figura 19: *A Carroça de Feno*, Constable, 1821,
óleo sobre tela, 1,30 X 1,85 m, National Galery, Londres.

Outros artistas voltaram-se para temas que abordavam acontecimentos históricos contemporâneos ou alegóricos, bem como as narrativas de feitos heróicos. Em *A Balsa do Medusa* (fig. 20), por exemplo, Gericault (1791-1824) – que é considerado um dos pioneiros do Romantismo - retrata um acontecimento que causou escândalo na época: naufrágio de um navio, o *Medusa*, que transportava colonos franceses. O responsável por tal desastre havia sido o capitão, o qual,

Figura 20: *A Balsa do Medusa*, Géricault, 1818
óleo sobre tela, 0,40 x 0,56m, Louvre, Paris.

juntamente com a tripulação, foi o primeiro a abandonar a embarcação utilizando os botes salva-vidas, deixando os passageiros amontoados em uma jangada improvisada. Ao cabo de 12 dias a deriva, apenas 15 pessoas estavam vivas. O artista, então, se lança em um trabalho de investigação sobre o caso, entrevistando os sobreviventes, descobrindo detalhes. Preparou-se ao extremo, estudando corpos deteriorados, cabeças decapitadas e rostos de pessoas que sofriam de doenças mentais, no intento de dar uma maior verossimilhança à pintura. O resultado foi uma enorme fama para a obra e o artista, pois estava nítida a paixão romântica que rompeu com os cânones clássicos para, a partir de então, enfatizar a emoção ao invés do intelecto.

Outro artista que merece destaque é Delacroix (1798-1863), o mais importante pintor romântico (JANSON 1996, p. 319). Ele também não aceitava os padrões impostos pelo neoclássico quanto a superioridade do desenho e a necessidade de constante imitação da arte clássica. Em suas obras vê-se claramente a importância da cor e da imaginação, mais do que da linha e da razão. Dentre seus temas preferidos estavam a literatura ou os acontecimentos comoventes. Suas telas eram carregadas de emoção, bem ao contrário das calmas obras neoclássicas. Em *A Liberdade Guiando o Povo* (fig. 21), Delacroix retrata um acontecimento histórico, a Revolução de 1830, quando ocorreu a rebelião de republicanos e liberais franceses contra o rei Carlos X, utilizando uma imagem alegórica

Figura 21: *A Liberdade Guiando o Povo*, Delacroix, 1830, 2,60 x 3,25m, Louvre, Paris.

para representar a liberdade.

Esta obra é um exemplo típico das características pictóricas românticas: composição em diagonal, atmosfera de fantasia, cores fortes e grandes contrastes de luz e sombra para conferir dramaticidade.

Muito mais se poderia dizer sobre o neoclassicismo e o romantismo na arte, mas não nos estenderemos mais nesse ponto. Nossa intenção é demonstrar que entre estes dois movimentos artísticos há significativas diferenças no modo de encarar a construção de uma obra de arte. Para um, o que interessa é a racionalidade (a razão), para outro, a sensibilidade (a intuição). Mas ambos são importantes pois são maneiras diferentes de encarar a arte, sem contudo, significar que uma é melhor do que a outra.

Uma última observação: tanto o neoclassicismo quanto o romantismo estão situados em um determinado momento histórico, porém eles não ficaram restritos a este período, acusando assim, a existência de um estilo neoclássico, bem como de um estilo romântico, passíveis de serem encontrados em qualquer época, inclusive na contemporaneidade.

2.2.3 Neoclassicismo e Romantismo na Matemática

Conforme visto anteriormente, o movimento neoclássico na arte caracterizou-se por uma preferência pela linha e pela simetria, privilegiando aspectos racionais e objetivos na construção de uma obra. Seguindo este pensamento, podemos afirmar (por analogia), que a matemática possui também o seu lado neoclássico, por tratar-se de uma ciência formal, racional, rigorosa e lógica.

Ao estudarmos a história da matemática a partir do final do século XIX, encontramos três correntes filosóficas principais que se dedicaram a desenvolver os fundamentos desta ciência: o logicismo, o formalismo e o intuicionismo. Destas, as duas primeiras destacam a primazia da razão e da lógica no pensamento matemático. Nossa intenção aqui não é fazer uma comparação histórica, já que há diferenças significativas de tempo em relação ao neoclassicismo e ao romantismo artísticos, surgidos no século XVIII, e as escolas da filosofia da matemática, datadas do final do século XIX. Pretendemos, antes, comparar os elementos constituintes, as idéias por trás de cada escola. Ademais, percebemos que essas idéias continuam a permear a arte e a matemática posteriores, não podendo, portanto, serem limitadas a este ou aquele período, tornando-se, como já dito, um estilo neoclássico e um estilo romântico existentes em qualquer época, tanto na arte quanto na matemática.

Vejamos a escola logicista. Entre seus fundadores figuram Bertrand Russell (1872-1970) e Alfred North Whitehead (1861-1947), porém suas origens remontam a Leibniz (1646-1716) e a Frege (1848-1924). De um modo geral, pode-se resumir que o programa desta escola centra-se na concepção de que toda a matemática pode ser reduzida à lógica:

> A tese do logicismo é que a matemática é um ramo da lógica. Assim, a lógica, em vez de ser apenas um instrumento da matemática, passa a ser considerada como a geradora da matemática. Todos os conceitos da matemática têm que ser formulados em termos de conceitos lógicos e todos os teoremas da matemática têm que ser desenvolvidos como teoremas da lógica; a distinção entre matemática e lógica passa a ser uma questão de conveniência prática (EVES, 1997, p.677).

Já a escola formalista, iniciada por David Hilbert (1862-1943), propõe que a a base da matemática é a demonstração lógica, devendo esta ser construída com linguagem formal e regras formais de inferência, definindo desta forma “a matemática como a ciência das demonstrações rigorosas. Em outros campos, certas teorias podem ser defendidas baseando-se na experiência ou plausibilidade, mas em matemática ou temos uma demonstração ou não temos nada” (DAVIS e HERSH, 1985, p. 381).

Assim procedendo, os formalistas impõem uma axiomatização de toda a matemática, pois entendem que esta ciência é

> essencialmente o estudo dos sistemas simbólicos formais. De fato, o formalismo considera a matemática como uma coleção de desenvolvimentos abstratos em que os termos são meros símbolos e as afirmações são apenas fórmulas envolvendo esses símbolos. Na tese formalista se tem o desenvolvimento axiomático da matemática levado ao extremo" (EVES, 1997, p. 682).

Não cabe aqui detalharmos mais estas escolas "neoclássicas". Nossa intenção é deixar entrever que nestas linhas de pensamento, a matemática é fruto apenas da razão.

Por outro lado, encontramos na matemática a existência de um romantismo quando surgem matemáticos que levantam uma bandeira em favor do reconhecimento de que a intuição também é uma componente do pensamento matemático, a despeito de todo o rigor que esta ciência exige. Neste sentido, portanto, podemos citar a escola intuicionista, iniciada em 1907 por Luitzen E.J. Brouwer (1888-1966), para quem as idéias matemáticas não repousam na razão, e sim na intuição.

> A tese do intuicionismo é que a matemática tem de ser desenvolvida por métodos construtivos finitos sobre a seqüência dos números naturais, dada intuitivamente. Logo, por essa visão, a base última da matemática jaz sobre uma intuição primitiva. A partir dessa base intuitiva (a seqüência dos números naturais), a elaboração de qualquer outro objeto matemático deve ser feita necessariamente por processos construtivos, mediante um número finito de passos ou operações (EVES, 1997, p. 679).

Como vimos, a concepção central desta escola assenta-se no papel dado à intuição como fundamento do rigor matemático. Conforme já comentado, muitos autores identificam dois tipos de intuição, sendo que aquela que nos interessa é a intuição intelectual. Neste sentido, apesar da escola intuicionista da matemática ter sido iniciada apenas na primeira década do século XX, suas raízes remontam aos séculos XVII e XVIII, quando nomes proeminentes da ciência, da filosofia e da matemática se pronunciaram a respeito desta questão.

Em Renè Descartes, por exemplo, temos uma grande contribuição quando este fez pela primeira vez uma distinção entre a razão e a intuição (sem contudo eleger uma mais importante do que a outra), e definiu esta última como sendo uma ação mental pela qual se obtém um conhecimento imediato.

O filósofo alemão Emmanuel Kant (1724-1804) também contribuiu sobremaneira para a constituição do saber matemático, graças principalmente a sua obra *Critica da Razão Pura*, que constituiu-se num verdadeiro tratado sobre a matemática. No entanto, para que o compreendamos melhor é preciso situá-lo historicamente.

Kant viveu num período marcado por duas correntes filosóficas originarias do século XVII: o racionalismo e o empirismo. A primeira sustentava que o conhecimento era válido somente quando adquirido pela razão. Já o empirismo admitia como fonte de conhecimento o sensorial, fruto da experiência. Portanto, diante deste cenário, a filosofia kantiana procura considerar equilibradamente tanto aspectos intuitivos quanto lógicos do conhecimento matemático. Para Kant

> o conhecimento matemático é um conhecimento racional por construção de conceitos; onde construir um conceito significa apresentar *a priori* a intuição que lhe corresponde. O conhecimento matemático considera o geral no particular, no entanto, o objeto do conceito, ao qual o individual corresponde, deve ser pensado como universalmente determinado. O matemático caminha na construção de proposições sintéticas e universais, mediante uma cadeia de raciocínios, sempre guiado pela intuição (MENEGHETTI, 2003, p. 87).

Outro grande matemático que não podemos nos furtar de cita neste momento, em se tratando do papel da intuição matemática é Henri Poincaré (1854-1912)[21]. Como um novo Da Vinci, Poincaré era a imagem do gênio: provavelmente o último universalista da matemática, era também engenheiro, astrônomo, físico e filósofo, além de poliglota e escritor. Dentre as suas várias preocupações com a matemática, defende a interação entre a lógica e a intuição como a melhor opção de acesso a

[21]Nos aprofundaremos um pouco mais no pensamento de Poincaré no capítulo 5, onde o apresentamos como um exemplo de matemático em cujo trabalho encontramos indícios interdisciplinares.

essa ciência:

> Isto nos mostra que a lógica não basta; que a ciência da demonstração não é a ciência inteira, e que a intuição deve conservar seu papel de complemento, quase se poderia dizer como contrapeso ou como antídoto da lógica. Já tive a oportunidade de insistir sobre o lugar que a intuição deve guardar no ensino das ciências matemáticas. Sem ela, os jovens espíritos não poderiam iniciar-se na inteligência matemática; não aprenderiam a amá-la, e só veriam nela uma vã logomania; sem a intuição, sobretudo, jamais se tornariam capazes de aplicá-la (POINCARÉ, 1995, p.20).

Na citação acima, Poincaré deixa evidente a sua crença no valor da intuição para tornar o ensino da matemática mais efetivo, crença esta que também foi compartilhada por George Polya (1887-1985) e que continua muito atual, já que uma das preocupações da educação matemática é justamente com o ensino-aprendizagem desta ciência.

Este personagem (Polya) é um outro grande matemático e educador matemático para o qual o pensamento matemático, para além dos axiomas, definições e demonstrações rigorosas, possui também componentes ligados a outros atos mentais, como as analogias, induções, conjecturas e generalizações, e em cuja obra constam vários escritos sobre o raciocínio plausível[22] e sobre o processo heurístico aplicado, sobretudo, à resolução de problemas.

Polya (1994) determina que a Heurística Moderna é o estudo dos métodos e das regras da descoberta e da invenção, onde se leva em conta tanto as bases lógicas quanto as psicológicas deste processo, sendo que nestas últimas encontram-se atos ligados à experiência, à indução e à intuição, ou seja, ao raciocínio plausível.

Em seu *Pequeno Dicionário de Heurística*, Polya (1994) define vários termos ligados ao pensamento heurístico, dentre os quais encontramos que a indução é "o processo da descoberta de leis gerais de observação

[22] Polya define o raciocínio plausível como provisório, discutível, duvidoso, portanto carecedor de algo que lhe dê sustentação lógica. No entanto, é o raciocínio que utilizamos para aprender algo novo, isto porque este é o raciocínio que utilizamos em nossa vida cotidiana.

de casos particulares. É utilizada em todas as ciências, inclusive na Matemática" (POLYA, 1994, p. 91).

E a propósito da matemática ser uma ciência rigorosa, ele conclui:

> Mas devemos acrescentar que muitos fatos matemáticos foram primeiro encontrados por indução e demonstrados depois. A Matemática, apresentada com rigor, é uma ciência sistemática, mas a Matemática em desenvolvimento é uma ciência indutiva experimental (POLYA, 1994, p. 93).
> As matemáticas são consideradas como uma ciência demonstrativa. No entanto, este é somente um de seus aspectos. A obra matemática nos apresenta, uma vez terminada, como puramente demonstrativa, somente consistente em provas. Não obstante, esta ciência se assemelha em seu desenvolvimento a qualquer outro conhecimento humano. É preciso intuir um teorema matemático antes de prová-lo, assim como a idéia da prova antes dos detalhes. Há que combinar observações, seguir analogias e provar uma ou outra vez. O resultado do trabalho demonstrativo do matemático é o raciocínio demonstrativo, a prova, mas esta por sua vez é descoberta mediante o raciocínio plausível, mediante a intuição (POLYA, 1966, p. 14).

Portanto, Polya coloca-se favorável à indução como geradora de conhecimentos: as descobertas matemáticas não se dão por dedução, mas pela observação do fato matemático, pela imaginação e intuição, o que leva a uma conjectura que posteriormente será provada por métodos dedutivos. Em outras palavras, "asseguramos nosso conhecimento matemático mediante o raciocínio demonstrativo, mas apoiamos nossas conjecturas por meio do raciocínio plausível" (POLYA, 1966, p.14). E diante da possibilidade de uma contradição entre esses dois raciocínios, o autor esclarece que eles não são contrários, antes se complementam mutuamente:

> Há um outro ponto concernente a estas duas classes de pensamento, que merece nossa atenção. Todos sabemos que as matemáticas oferecem uma excelente oportunidade de aprender o raciocínio demonstrativo, mas eu sustento também que não há matéria nos programas escolares que ofereça oportunidade semelhante de aprender o raciocínio plausível. Me dirijo a todos os estudantes interessados em matemáticas de todos os graus e lhes digo: "aprendamos a provar, desde cedo, mas aprendamos também a intuir" (POLYA, 1966, p. 14).

Muitos outros autores poderiam ser citados como defensores da intuição matemática. No entanto, acreditamos que já cumprimos nosso intento de encontrar um neoclassicismo e um romantismo estilísticos na matemática, análogo ao ocorrido na arte. Salientamos que em ambos os casos, percebemos que o diferencial entre uma escola e outra é o modo de encarar a natureza do fazer artístico/matemático: enquanto os neoclássicos apóiam-se no rigor e na razão, os românticos tendem para a sensibilidade e para a intuição.

Sendo assim, é um fato que o pensamento matemático comporta uma componente neoclássica/formal, que envolve axiomas, teoremas, definições, demonstrações, deduções e rigor. Porém, ela inclui também um aspecto romântico/informal que explicita sua beleza interna, cujas bases estão na analogia, na indução, na intuição, no pensamento plausível e no uso de imagens[23]. Desta forma, é inconcebível que uma destas componentes seja ignorada, seja colocada em segundo plano, pois acreditamos que ambas mantém um mesmo grau de importância na construção do conhecimento matemático.

[23] Note-se que não abordamos aqui a questão do pensamento visual na matemática, pois trataremos deste assunto no próximo capítulo.

3 ARTE E MATEMÁTICA: UMA QUESTÃO DE CONHECIMENTO

A grandeza da verdadeira Arte consiste em captar,
fixar e revelar-nos a realidade longe da qual vivemos,
da qual nos afastamos cada vez mais à medida que
aumentam a espessura e a impermeabilidade das
noções convencionais que se lhe substituem, esta
realidade que corremos o risco de morrer sem
conhecer: a nossa própria vida.

Marcel Proust

Supõe-se que uma das principais fontes de preconceito contra o diálogo interdisciplinar entre matemática e arte centra-se no fato de que a cultura do século XX, decorrente do positivismo, considera a arte como fruto apenas da intuição, da subjetividade, não se constituindo, portanto, numa forma de conhecimento válida para os padrões cientificistas. Contudo, veremos que tanto a arte quanto a matemática são formas de se chegar ao conhecimento, e passíveis de um tratamento interdisciplinar. Neste ponto cabe fazermos uma diferenciação, para efeitos desta discussão, entre dois tipos de conhecimento, o sensível e o intelectual, no qual se inserem, respectivamente, a arte e a matemática, como forma de situar nossos pensamentos.

Segundo Hessen, "conhecer significa apreender espiritualmente um objeto. Esta apreensão, via de regra, não é um ato simples, mas consiste numa multiplicidade de atos" (HESSEN, 2003, p.97), quer sejam de ordem racional ou emocional .

No caso do conhecimento intelectual, do qual a matemática é comumente considerada sua representante máxima por ser "um conhecimento rigoroso por excelência" (GRANGER, 1989, p. 94), busca-se a certeza através do discurso formal, do pensamento racional e sistematizado, da prova pelo rigor e pela demonstração. É, enfim, um conhecimento de teor quantitativo, mediado pela razão .

No extremo oposto está o conhecimento sensível, de caráter imediato, apoiado em bases intuitivas, emocionais e sensoriais. E, para além de qualquer dúvida sobre a validade de tal conhecimento, Granger é enfático ao afirmar que "apreender pelo intermédio de nossos sentidos é seguramente um modo exemplar de conhecer, ao menos por sua precocidade e por sua universalidade" (GRANGER, 1989, p. 30).

3.1 A Arte como Forma de Conhecimento

De acordo com Pareyson existem três definições tradicionais para a arte: a arte como fazer, como exprimir e como conhecer, sendo que nos deteremos mais nesta última, presente, sobretudo, no pensamento ocidental que:

> Interpreta a arte como conhecimento, visão, contemplação, em que o aspecto executivo e exteriorizador é secundário, senão supérfluo, entendendo-a ora como a forma suprema, ora como a forma ínfima do conhecimento, mas, em todo caso, como visão da realidade: ou da realidade sensível na sua plena evidência, ou de uma realidade metafísica superior e mais verdadeira, ou de uma realidade mais íntima, profunda e emblemática (PAREYSON, 1997, p. 22).

A própria etimologia da palavra 'arte' já denota o seu caráter epistêmico: “a lingüística indo-européia apurou que o termo alemão para arte, *Kunst*, partilha com o inglês *know*, com o latim *cognosco* e com o grego *gignosco* (= eu conheço,) a raiz *gno*, que indica a idéia geral de *saber*, teórico ou prático” (BOSI, 2002, p. 27). Neste sentido, pode-se afirmar que a arte sempre foi uma das formas do homem pensar e se expressar, de procurar respostas às questões sociais, políticas e culturais que o seu tempo histórico lhe impõe, sendo utilizada para a apropriação e interpretação do mundo circundante.

Tradicionalmente, o homem começou a fazer arte desde o tempo em que habitava em cavernas, cujas paredes serviram como suporte para as primeiras manifestações artísticas. Ao desenhar bisões, mamutes e outros animais, o artista primitivo procurava dominar magicamente os desafios que a natureza lhe impunha, como forma de materializar o objeto das suas necessidades. De acordo com Janson (1996, p.22) “poderíamos definir a pré-história como a fase da evolução humana durante a qual o homem, enquanto espécie, aprendeu a sobreviver num meio ambiente hostil”. Nesta perspectiva, a arte funcionava como um instrumento do conhecimento, visto que através dos desenhos e pinturas rupestres o homem primitivo buscava apreender a realidade, compreender aquilo que lhe era estranho e misterioso, e suprir suas necessidades. Enfim, era a sua forma de conhecer o seu mundo, a sua realidade.

Porém, é na Antiguidade Clássica que o caráter epistêmico da arte vem à tona, graças, sobretudo, aos pensamentos platônico e aristotélico, que introduziram o conceito de mimésis aplicado às atividades artísticas, sobretudo às artes dramáticas e poéticas, mas estendido também à pintura, escultura e música.

Na sua acepção mais geral, mimésis significa “imitação”, e tanto Platão quanto Aristóteles entendiam-na como a imitação da natureza. No entanto, no primeiro filósofo encontramos uma concepção extremamente negativa, que via na *mimésis* uma imitação de segunda ordem, já que a natureza também é uma imitação, neste caso de primeira ordem, da natureza verdadeira, existente apenas no mundo das idéias. Desta forma a *mimésis*, e por conseguinte a arte, recebe uma conotação de mera cópia da cópia, representando assim um perigo para a mente humana, já que

> A Pintura e a Escultura não imitam a idéia, a forma essencial, que é a verdadeira realidade, mas a aparência sensível, já ilusória, defectiva, que o conhecimento intelectual tem por fim ultrapassar. O artista imita por deficiência de conhecimentos. Se fosse verdadeiramente sábio não trocaria a realidade pela aparência. Sua *práxis*, supérflua, pode, contudo, enredar a alma na trama de falsos sentimentos e emoções (NUNES, 2000, p. 39).

No sistema ético-político platônico, a arte é a sombra de um reflexo que só tem valor na medida em que possa contribuir para formar as virtudes do cidadão, acalmando-lhe as paixões e dirigindo seus sentimentos para o Bem. De qualquer forma, neste momento “o conceito de *mimésis* abre caminho para a idéia de arte como percepção analógica de certos perfis da experiência” (BOSI, 2002, p. 30), participando de um saber sensível sobre o mundo.

Já Aristóteles, em sua Poética, afirmou que imitar é congênito no homem, sendo uma tendência da espécie humana, através da qual adquirimos conhecimentos, já que não se aplica às idéias, mas sim a possíveis interpretações da realidade. Desta forma, a arte deixa de ser uma simples cópia da aparência, e passa a ser o resultado da ação do homem sobre a natureza:

> Como tendência, a imitação decorre da necessidade de aquisição da experiência. É um meio rudimentar de aprender e de conhecer, que pressupõe exercício da faculdade intelectual: não se pode imitar sem imaginar e comparar. No homem, a tendência imitativa está associada à própria Razão, a qual se manifesta na *arte*, que é o modo correto, racional, de fazer e produzir, segundo o conceito aristotélico (NUNES, 2000, p.40).

Imbuído na *mimésis*, Aristóteles lança ainda outro conceito muito importante para o entendimento da arte enquanto forma de conhecimento. Para ele, a simples cópia artística de um objeto não tem valor em si, já que seria apenas a duplicação de algo já existente. Ao artista cabe, portanto, reproduzir as características gerais do objeto retratado, porém corrigindo eventuais imperfeições que possam existir. Desta forma, a arte não é completamente real e nem tão pouco uma mera ilusão, mas é portadora de verossimilhança, ou seja, de uma aparência da realidade que é convincente, passível de ser verdadeira (FALABELLA, 1987; NUNES, 2000).

Outro exemplo de como a arte é uma forma de conhecimento acontece na chamada Idade Média, período dominado pelas crenças religiosas e pelo sobrenatural. Do ponto de vista artístico, este período congrega várias manifestações e estilos – artes bizantina, otoniana e românica, dentre outras – que ocorreram com pequenas diferenças de localidade, época ou concepções. No entanto, todas possuem em comum o fato de que estavam a serviço do pensamento vigente, ou seja, da expressão do divino. Sua função era basicamente a divulgação dos ideais religiosos e dos ensinamentos cristãos. As pinturas, os mosaicos, as iluminuras, as obras arquitetônicas, ou qualquer manifestação artística, estava orientada no sentido de produzir e transmitir o conhecimento espiritual e cultural da época.

Um dos grandes teólogos e filósofos medievais foi, sem dúvida, Santo Tomás de Aquino, que estudou três aspectos de uma realidade absoluta (Deus): o Belo, o Bem e a Verdade. Pela sua doutrina, o Belo está mais próximo da Verdade: “a contemplação exercita o conhecimento, e o deleite, que dela é inseparável, decorre, sobretudo, da atividade dos sentidos intelectuais, a vista e o ouvido” (NUNES, 2000, p. 32). Embora a arte neste período seja considerada apenas uma atividade manual, um fazer operativo e mecânico, podemos interpretá-la, à luz do pensamento escolástico, ainda como mimésis, como a imitação desta realidade absoluta para a qual devem convergir todas as ações humanas.

Contrapondo-se ao pensamento medieval, acontece o Renascimento, cuja concepção humanística coloca o homem como o senhor absoluto do seu destino e do seu pensamento, e a natureza como a inspiradora de todas as suas ações, e da qual os artistas procuram imitar a sua perfeição. Neste período, a ânsia pelo conhecimento elevou a arte a um patamar de excelência até então desconhecido, pois superou inclusive a arte greco-romana, já que “o Belo e a Natureza fundem-se num só ideal na arte do Renascimento, que empresta à Pintura e à Escultura uma dignidade teórica não alcançada na Antiguidade. E mais

> artistas como Alberti e Leonardo da Vinci reivindicam para essas artes a condição de atividade intelectual. Dá-se o reconhecimento das Belas-Artes como a síntese da *práxis* com a imaginação, da atividade formadora com a inteligência, que se destina a patentear a beleza das formas naturais em obras que solicitem, ao mesmo tempo, a visão sensível e a contemplação intelectual (NUNES, 2000, p. 42).

No entanto, para o homem renascentista a natureza também se reveste de um caráter científico (basta lembrarmos do pensamento de Galileu Galilei para quem ela está escrita em linguagem matemática e suas palavras são as figuras geométricas), não estando, portanto, acessível a todas as pessoas. Desta forma, cabe ao artista interpretá-la e traduzi-la, nos termos da perspectiva geométrica:

> a Natureza revela-se aos olhos dos que sabem vê-la e, através desse meio privilegiado que é a Pintura, torna-se visível e inteligível para os outros. Somente a Pintura é capaz de oferecer aos sentidos uma tradução sensível, sem erros, da mesma realidade perfeita que o intelecto apreende por intermédio dos conceitos gerais e do raciocínio. A função da Pintura é paralela à da ciência e da filosofia (NUNES, 2000, p. 42).

Neste sentido, o pressuposto da *mimésis* como imitação da natureza mais uma vez se apresenta diante da arte, porém com um caráter de conhecimento teórico ainda mais acentuado, já que ela traduz uma realidade objetiva, fundamentada na razão, uma realidade existente ou que seja possível de existir. “Diante de uma representação artística, não nos interessa saber se o objeto representado existe ou não, mas se o artista, respeitando as leis fundamentais da natureza, o tornou possível” (NUNES 2000, p.44).

É neste momento da história que podemos observar mais claramente a função epistemológica da arte, que em muitos casos gerou conhecimentos, inclusive científicos, que somente foram sistematizados muito posteriormente. Leonardo da Vinci, o grande ícone do Renascimento, que através de desenhos e pinturas buscava os mais diversos conhecimentos em anatomia, engenharia, astronomia, matemática, entre outros é um exemplo perfeito para esta discussão. “Com Leonardo da Vinci as artes da pintura e do desenho assumem o estatuto de *ciências da visão*, portanto formas nobres de conhecimento cujo foco vivo está no olho humano, olho alerta e pensante, olho da inteligência pelo qual a pintura é *cosa mentale”* (BOSI, 2002. p. 35).

Para este artista, acima de tudo, a pintura é “um meio de analisar a Natureza, de produzir uma visão especulativa de suas formas regulares e inteligíveis, sujeitas às mesmas leis gerais que as ciências começariam, depois, a identificar e traduzir em linguagem matemática” (NUNES, 2000, p.42). E Pereira (1998, p. 42) corrobora com esta idéia ao afirmar que “até mesmo as linguagens da objetividade, que mais tarde, justamente por se pretenderem objetivas, se transformariam nas ciências, foram na sua origem puras criações" artísticas.

No entanto, há uma significativa diferença entre o conhecimento científico e o artístico. Enquanto aquele busca verdades racionais, este busca verdades calcadas na sensibilidade.

> a ciência se baseia em símbolos descritivos, a arte procura símbolos expressivos que nos proporcionam conhecimento, mas também expressam valores (...). A obra de arte é resultado do encontro de valores – filosóficos científicos, religiosos, éticos e estéticos, e que por ela são conservados, comunicados e tornados comuns (LEITE, 2001, p. 26).

Segundo BOSI (2002, p. 36), "o ver do artista é sempre um transformar, um combinar, um repensar os dados da experiência sensível". Assim, o artista reconstrói a realidade, transportando o seu conhecimento do mundo para a construção de um outro mundo, a obra. Isto acontece, por exemplo, com a arte de Cézanne, no século XX, cuja construção sóbria e severa

> viria a ser o efeito de um ver o mundo, sim, mas profundamente afetado pelo pensar; um ver que analisa as formas e as cores da natureza para recompô-las na tela, de tal modo que o trabalho plástico acabe produzindo suas estruturas geométricas reveladas através das aparências pontuais, lineares e cromáticas (BOSI, 2002 p. 38).

3.2 A Linguagem Visual

Pensamento, linguagem e conhecimento estão intrinsecamente ligados. O homem, enquanto ser pensante, fala para se exprimir, para transmitir o que lhe vai no íntimo, para aprender e ensinar.

Simplificadamente, podemos definir a linguagem como a forma de comunicação que se utiliza de um conjunto de símbolos combinados de acordo com certas regras, para ser usado e entendido por uma determinada comunidade. Comumente ela é associada à língua falada e escrita, no entanto, se admitirmos que a linguagem é um sistema de signos que servem para exprimir idéias, significados e pensamentos, facilmente percebemos que estes signos não precisam ser necessariamente letras e fonemas. Isto nos faz ter inúmeras outras possibilidades de signos lingüísticos: gestos, sons, gráficos, desenhos, entre outros. Um exemplo simples disto é a linguagem dos deficientes auditivos, composta por gestos, ou dos deficientes visuais, expressa por marcas em relevo combinadas sobre determinada superfície.

A linguagem serve, entre outras coisas, para transmitir o conhecimento:

> a linguagem acaba por definir, de uma forma direta, o próprio conhecimento, pois conhecer significa também, e principalmente, descrever um fenômeno, seja em seus aspectos estruturais, seja em suas características funcionais, além de relatar suas possíveis relações espaciais e/ou temporais com outros fenômenos (GARCIA, 1988, p. 62).

Para Granger (1989, p. 53) “a linguagem é o lugar em que todas as formas do conhecimento são criadas”. Podemos então afirmar, interpretando esse autor, que é impossível uma forma de conhecimento que não possua ou que não se utilize de alguma linguagem, já que ele precisa ser devidamente transmitido. O conhecimento não se separa da forma lingüística em que se expressa. E se existem diferentes formas de conhecimento, podemos supor, então, que existem linguagens diferentes associadas a cada conhecimento. Assim, não existe uma língua formalizada, mas sim uma “multiplicidade de línguas, a complexidade das gramáticas e a flexibilidade dos usos” (GRANGER, 1989, p. 53) dessas linguagens.

Infelizmente, parece-nos que no meio científico, prioriza-se muito mais os signos lingüísticos tradicionais, fato este que pode traduzir-se em preconceitos contra áreas que se utilizam de outros signos, como por exemplo os visuais, caso este da arte. Procuramos demonstrar, até aqui, que a arte é uma forma de conhecimento válida, e como tal, possui uma linguagem, a linguagem visual, na qual expressa seus conhecimentos. E assim como a arte pode ser vista principalmente como emocional e subjetiva, também a linguagem visual tem sido por vezes discriminada, pelos mesmos motivos. Diante desta situação, muitos teóricos da arte tem procurado demonstrar a legitimidade da linguagem visual. Dentre eles destacamos Donis Dondis e Rudolf Arnheim, ambos baseados na psicologia da *Gestalt*[24]. No prefácio do seu livro, Arnheim assinala que:

> nossos olhos foram reduzidos a instrumentos para identificar e medir; daí sofrermos de uma carência de idéias exprimíveis em imagens e de uma capacidade de descobrir significado no que vemos. É natural que nos sintamos perdidos na presença de objetos com sentido apenas para uma visão integrada e procuremos refúgio num meio mais familiar: o das palavras (ARNHEIM, 2002, Introdução).

E é a busca desta visão integrada que leva Dondis a propor a necessidade de um alfabetismo visual, já que

> alfabetismo significa que um grupo compartilha o significado atribuído a um corpo comum de informações. O alfabetismo visual deve operar, de alguma maneira, dentro destes limites (...). O modo visual constitui todo um corpo de dados que, como a linguagem, podem ser usados para compor e compreender mensagens em diversos níveis de utilidade, desde o puramente funcional até os mais elevados domínios da expressão artística (DONDIS, 2007, p. 3).

Fica-nos claro, portanto, que a linguagem visual também precisa ser aprendida. E Dondis (2007) propõe uma analogia entre o plano pictórico e a gramática e a sintaxe da linguagem tradicional, que é composta pelo alfabetismo verbal, o ler e escrever, aprendido ao longo de um processo,

---

[24] *Gestalt* é uma palavra de origem alemã que não tem tradução exata para o português, mas com um sentido aproximado de figura, forma, aparência, e que engloba a idéia de estrutura. A Psicologia da *Gestalt* surgiu no início do século XX, e apresenta uma teoria sobre a percepção da forma, num processo que envolve a visão e o cérebro. Nela, "há duas características da forma – as sensíveis, inerentes ao objeto, e as formais, que incluem as nossas impressões sobre a matéria, que se impregna de nossos ideais e de nossas visões de mundo. A união destas sensações gera a percepção. É muito importante nesta teoria a idéia de que o conjunto é mais que a soma dos seus elementos; assim deve-se imaginar que um terceiro fator é gerado nesta síntese" (fonte: www.infoescola.com/psicologia/gestalt/, acesso em 25/06/08).

no qual primeiro aprendemos formas abstratas que formam um sistema de símbolos que representam determinados sons, o nosso alfabeto. Aprendemos inicialmente letra por letra, depois combinações de letras e de seus sons, que formam palavras, palavras estas que representam coisas, idéias e ações, e que participam da gramática da língua. E por fim, aprendemos a sintaxe, que nos permite perceber e aplicar as relações que as palavras estabelecem entre si no texto. Quando dominamos estas três fases, estamos aptos a ler e escrever, expressar e compreender a informação escrita, dominamos a linguagem verbal. Assim, embora a visão seja algo natural no ser humano, criar e compreender mensagens visuais depende de estudo, o que leva a autora a propor que também na linguagem visual existe a necessidade de um aprendizado do alfabeto visual, que engloba desde os rudimentos básicos até uma sintaxe desta linguagem.

Dondis examina "os componentes individuais do processo visual em sua forma mais simples" (DONDIS, 2007, p. 23). Assim, ela propõe um vocabulário de elementos básicos, que poderíamos chamar de alfabeto visual: o ponto, a linha, a forma, a direção, o tom, a cor, a textura, a escala, a dimensão e o movimento[25]. Propõe também uma gramática de contrastes: equilíbrio/instabilidade, simetria/assimetria, regularidade/irregularidade, simplicidade/complexidade, previsibilidade/espontaneidade, estabilidade/variação, unidade/fragmentação, economia/profusão, minimização/exagero, seqüencialidade/acaso, entre outros.

Assim, por exemplo, Dondis assinala que o equilíbrio é a qualidade visual mais importante, graças ao funcionamento da percepção humana

[25] Convém salientar que alguns desses elementos já aparecem nas teorias da forma de alguns artistas-professores da *Bauhaus*, como por exemplo Johannes Itten e Kandinsky, como parte de suas aulas no Curso Preliminar, que tinha por objetivo "desenvolver no aluno uma qualificação criativa básica no sentido de uma linguagem formal que transcendesse ao individualismo" (WICK, 1989, p. 40). Ainda de acordo com Wick (1989) a pedagogia da *Bauhaus* foi marcada por um conflito entre a livre expressão artística e a busca por esta linguagem formal. Foi Kandinsky (de quem trataremos mais detalhadamente no próximo capítulo), quem "chegou à formulação de uma linguagem da criação, cujo direito à validade foi respaldado e legitimado pelas pesquisas da psicologia da Gestalt" (WICK, 1989, p. 274).

que dele necessita, sendo a instabilidade uma formulação visual extremamente inquietante e provocadora. Já a simetria advém do equilíbrio axial, numa formulação visual bem resolvida, por caracterizar-se pela lógica e pela simplicidade absolutas, mas que corre o risco de tornar-se estática e até mesmo enfadonha. Assim tem-se que o equilíbrio também pode ser alcançado pela assimetria, num jogo entre elementos e posições, resultado de uma compensação visual. Neste caso, entra em jogo também a simplicidade, como forma de dispor os elementos visuais de forma elementar, sem complicações ou elaborações secundárias, em oposição à complexidade visual, que envolve inúmeras unidades e forças elementares, resultando num difícil processo de organização do significado da imagem. Os elementos visuais podem, ainda, ser ordenados seqüencialmente dependendo de seguir-se uma fórmula ou um padrão rítmico ou ao acaso, quando há uma desorganização na apresentação da informação visual.

Vemos, portanto, que diversos conceitos, como os apresentados acima, são comuns tanto à arte quanto à matemática. Cifuentes (2005), que estuda as relações entre esses campos de conhecimento, esboça uma estética da matemática baseada numa linguagem visual, onde elementos visuais como “contexto” e “contraste” são discutidos a respeito do conhecimento matemático. O próprio termo “contraste”, segundo esse autor, foi “talvez, ao longo da história, o primeiro elemento estético a ser transformado em ‘grandeza’ matemática mediante a noção de proporção”(CIFUENTES, 2005). Assim, percebe-se que a matemática também comporta uma linguagem visual, aliada ao pensamento visual, assunto do qual trataremos na próxima seção.

3.2.1 O Pensamento Visual e a Linguagem Visual na Matemática

Como já visto, uma das formas de conhecimento, o sensível, está diretamente ligada aos nossos sentidos, sendo que destes, um assume uma posição privilegiada: a visão. Nas palavras de Hessen, o conhecimento sensível se dá, em diversas circunstâncias, pelo olhar, já que o objeto é imediatamente apreendido, como ocorre principalmente na visão (HESSEN, 2003). Sendo assim, a visão é geradora de pensamentos e torna-se um importante meio de aquisição de conhecimento. Neste item, portanto, discutiremos a importância do pensamento visual na matemática e da linguagem visual associada a ele.

Vivemos numa época em que a imagem impera. Diariamente somos bombardeados por um sem número de informações visuais. Televisão, internet, jornais e revistas são alguns dos meios relativamente acessíveis através dos quais a população é colocada em contato com imagens. Sendo assim, vários pesquisadores têm procurado estudar as conseqüências disto, sugerindo que a maior parte do conhecimento adquirido pelo homem contemporâneo provêm do campo imagético (LIBLIK, 2001). Em contrapartida, não só recebemos informações via imagem, como também raciocinamos por imagens. É o chamado *pensamento visual*.

Rudolf Arnheim atribui ao pensamento visual uma importância ímpar, alertando que "a capacidade de visualizar as complexas propriedades dos objetos tridimensionais no espaço é necessária para as atividades artísticas, científicas ou tecnológicas" (ARNHEIM, 1989, p. 154). Para Dondis (2007, p. 109), "estabelecemos contato com o mundo através da visão, e recorremos àquilo que o poeta chama de 'olho da mente' para pensar em termos visuais".

Com relação a matemática, Costa ( ) faz uma distinção, através do diálogo com vários autores (Dreyfus, Tall, Gray, e outros), entre dois tipos de pensamento matemático, o elementar e o avançado. Para Dreyfus (*apud* COSTA), por exemplo, o pensamento matemático avançado consiste numa série de processos – representar, visualizar, generalizar, classificar, conjecturar, induzir, abstrair, formalizar – que interagem entre si, enfatizando os processo envolvidos e suas interações. Já para Tall (*apud*

COSTA), esse pensamento envolve a utilização de estruturas cognitivas produzidas por atividades matemáticas que aumentam um sistema sempre crescente de teoremas já demonstrados. Para este autor, a passagem do pensamento matemático elementar para o avançado se faz partindo da percepção de objetos do mundo exterior e da ação sobre esses objetos, construindo-se estruturas de conhecimento de acordo com dois caminhos paralelos. Um destes é o processo verbal-dedutivo que se inicia com o visual-espacial, tendendo a uma perspectiva de construção do conhecimento. Dreyfus (*apud* COSTA) assinala ainda que o pensamento matemático envolve diferentes processos de pensamento: representação-visualização, abstração, processos estes que estabelecem relações entre o representar e o intuir, que podem incluir entre outras ações a descoberta, a intuição, a verificação, a prova e a definição. Percebe-se, portanto que estes autores associam, de algum modo, o pensamento matemático aos processos de visualização próprios do pensamento visual.

Visualização, para Dreyfus (*apud* COSTA), é um processo pelo qual as representações mentais ganham existência; para Mariotti e Pesci (*apud* COSTA) é um pensar que é espontaneamente acompanhado e apoiado por imagens; e Zimmermannn e Cunningham (*apud* COSTA) relacionam a visualização com os mais diversos ramos da matemática. A maioria destes autores concorda que a visualização envolve a percepção e a manipulação de imagens visuais, porém, o pensamento visual é mais complexo que a visualização. Mariotti (*apud* COSTA) inclusive, distingue estes dois termos, dizendo que a visualização consiste em trazer à mente imagens de coisas visíveis e o pensamento visual é o pensar sobre coisas abstratas que podem ser representadas na mente de alguma forma espacial. O pensamento visual lida não somente com formas espaciais, se não também com relações espaciais.

Para corroborar com estas idéias podemos citar ainda Herbert Read, escritor, filósofo e crítico de arte, para quem as “imagens são ajudas visuais do pensamento”, de grande utilidade nas “operações intelectuais” e em “todas as ocupações técnicas ou artísticas”. E acrescenta ainda que “boa parte do ato de pensar se dá sob a forma de imagens ou, de qualquer modo, imagens são oferecidas como última alternativa para os símbolos matemáticos” (Read, 2001, p. 57). Vemos, portanto, que a imagem não é um mero acessório, mas constitui parte integrante e fundamental do pensamento. “Qualquer aventura visual, por mais simples, básica ou despretensiosa, implica a criação de algo que ali não estava antes, e em tornar palpável o que ainda não existe” (DONDIS, 2007, p. 136). E no caso da matemática, são as imagens que alimentam a intuição sobre os fatos matemáticos. Portanto, em termos de pensamento visual, não cabe a separação entre arte e ciência, entre arte e matemática, pois um dos elos comuns entre elas encontra-se justamente na utilização de imagens. Em qualquer campo de estudo, incluindo a matemática e a arte, o pesquisador tem a sua disposição imagens visuais que o auxiliam a perceber idéias, conceitos e métodos. Eis aqui mais um ponto a favor da analogia entre arte e matemática, e por conseqüência, do diálogo interdisciplinar entre elas.

Um exemplo desse auxílio imagético na descoberta de idéias e métodos na matemática pode ser este:

Consideremos a seguinte soma algébrica $S = (1/2)^2 + (1/4)^2 + (1/8)^2 + (1/16)^2 + \ldots$. Uma representação geométrica desse problema pode ser dada através da figura 22A , onde percebe-se que a solução consiste na obtenção da soma das áreas hachuradas *ad infinitun*. Note-se que a imagem não nos permite calcular, ou mesmo intuir, a solução numérica do problema, no entanto, ela nos permite elaborar um método para obter aproximações sucessivas dessa solução. Assim, uma primeira aproximação nos diz que a soma procurada, embora de infinitos termos, deve ser menor que 1, que é a área do quadrado dado. Podemos visualizar ainda, através de uma reconfiguração do quadrado (fig. 22B), que o resultado será, obrigatoriamente menor que 1/2 da área total. Aproximando mais ainda, temos que o valor desta soma será menor que

6/16 da área do quadrado (fig. 22C), e assim por diante. Eis uma das importâncias do raciocínio visual, que permite fazer limitações, desenvolver métodos de aproximação, que em muito auxiliam na busca de respostas dos problemas matemáticos.

Vejamos: reconfigurando em passos sucessivos, obtemos as seguintes limitações para soma procurada $S < 1$

$S < (1+1)/4 = 1/2$

$S < (4 + 1 + 1)/16 = 6/16$

$S < (16 + 4 + 1 + 1)/64 = 22/64$

Generalizando, temos para $n \geq 0$, $S < \{(4^{n-1} + 4^{n-2} + \ldots + 4+1) + 1\}/4^n$.

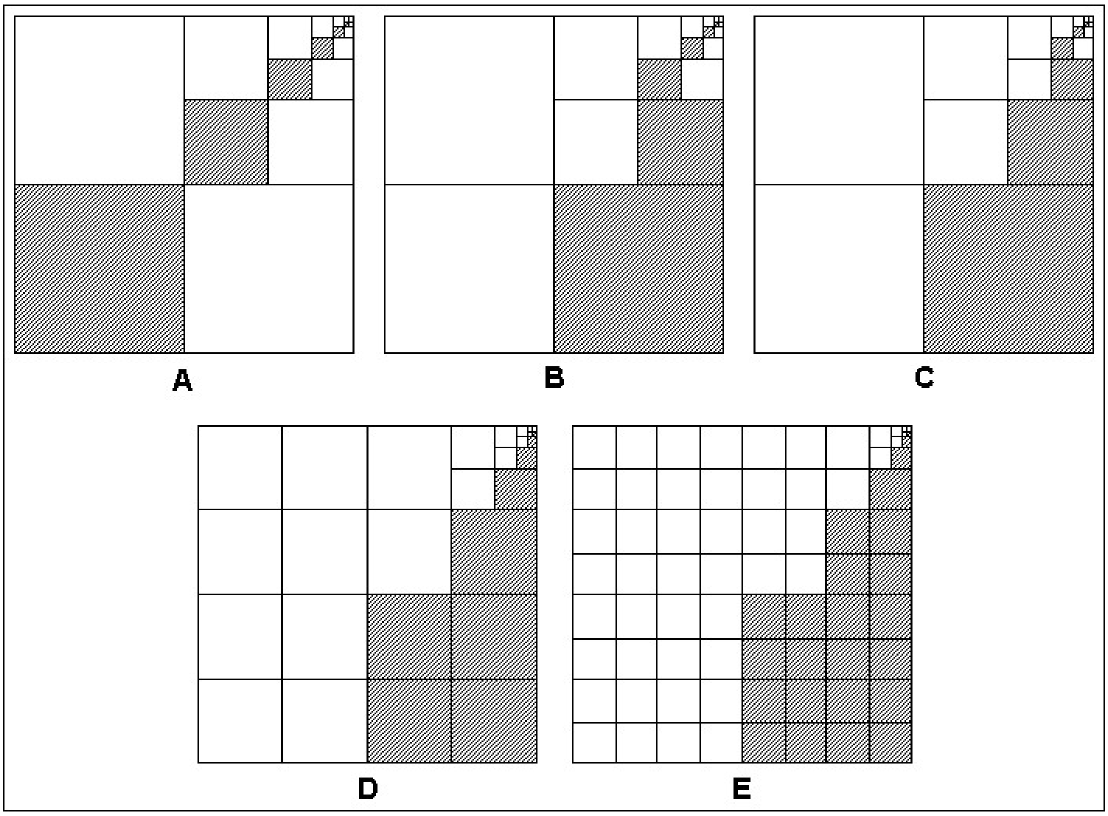


Figura 22: Exemplo de utilização de imagens na matemática.

A fórmula geral encontrada não está diretamente apoiada no imagético, porém, é resultado de uma intuição de tipo combinatório por extrapolação das fórmulas concretamente obtidas através da imagem, e que só pode ser percebida por um “estalo” da imaginação. Desses passos concretos podemos intuir que o raciocínio pode ser válido para o termo n-ésimo. Eis a importância do pensamento visual na matemática.

Conforme já visto, pensamento, linguagem e conhecimento não se separam. A partir do fato de que a matemática envolve, entre outros, o pensamento visual, e de que seu corpo de conhecimentos precisa ser transmitido através de uma linguagem, pode-se supor que a linguagem matemática envolve também uma componente visual, fato este que mais uma vez coloca em relevo as possíveis proximidades entre matemática e arte.

Comumente, quando se fala em linguagem matemática pensa-se logo em uma linguagem verbal ou simbólica. No entanto, a matemática vista como uma ciência dinâmica, aberta, admite outros tipos de linguagem, como por exemplo, a linguagem visual, intimamente ligada a criatividade e a intuição. Conforme colocado no capítulo 2, a matemática possui uma componente estética, manifesta nos processos indutivos e emocionais. Sendo, portanto, a linguagem a captadora e a transmissora do conhecimento, percebemos que

> a linguagem [verbal] não pode captar o conhecimento emotivo e, por isso, no caso da apreciação estética da matemática, necessitamos de uma linguagem visual (...). A linguagem visual da matemática deve ser uma linguagem que admita a possibilidade do erro e da imprecisão, como as linguagens da poética, que longe de lhe tirar a riqueza e expressividade podem contribuir para reforçar o significado. O paradigma da exatidão na matemática é só necessário para as aplicações, não para a apreciação estética, e o erro é parte importante da apreensão dos entes matemáticos (CIFUENTES, 2005, p. 58-59).

Nesta direção, Cifuentes (2003) desenvolve, seguindo Dondis, algumas idéias visando a construção de uma linguagem visual na matemática. Dentre elas, a principal é incorporar o termo 'contexto' como essencial na percepção estética dos objetos matemáticos.

Se entendermos que contextualizar é uma forma de situar objetos, mostrando o seu entorno, temos na figura 23, mesmo sendo esta um exemplo muito conhecido de ilusão de ótica, a demonstração da importância de vermos não só uma parte isolada, mas sim o todo. Usualmente, a pergunta que se faz diante dessa imagem é: qual dos dois círculos vermelhos é maior, o da direita ou da esquerda? Ao primeiro olhar, dizemos que é o da direita. E qual não é a surpresa, ao medi-los, a descoberta de que são exatamente iguais, sendo que o fator que os diferencia é o que está ao seu redor, o seu contexto, que nos leva a perceber propriedades aparentemente diferentes, e neste caso específico, incorretas. Assim, temos que a verdade pode não ser tão absoluta quanto aparenta, já que ela depende do contexto. E isto ocorre também nas ciências em geral.

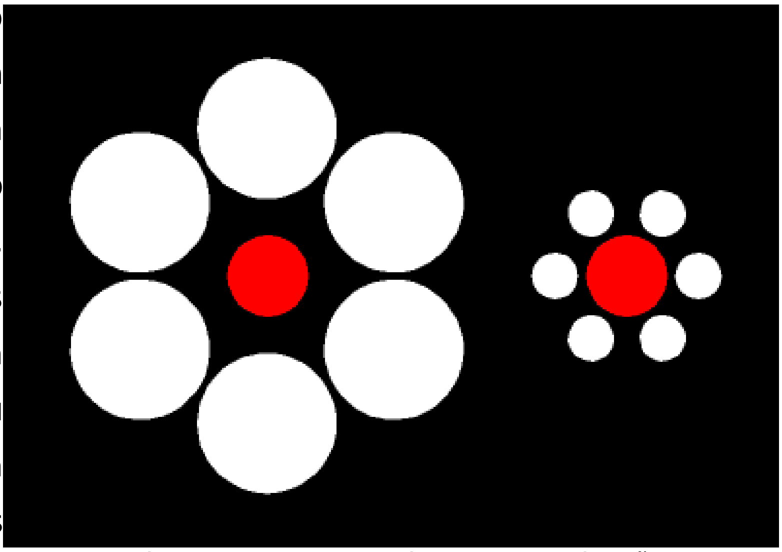


Figura 23: Exemplo de contextualização.

Na matemática, há dois tipos de contextualização: a contextualização dos conceitos matemáticos no cotidiano do aluno, com a finalidade de aplicá-los a situações ditas concretas, e a contextualização dos objetos matemáticos num contexto espaço-temporal, com a finalidade, dentre outras, de apreciá-los esteticamente, colocando assim em evidência suas qualidades estéticas. A contextualização dos objetos matemáticos é um fator importante nos processos ligados à sua apreensão pela intuição, já que o contexto passa a formar parte do próprio objeto. Uma forma de contextualizar um triângulo, por exemplo, é especificar qual é a sua posição no espaço. Pensemos num triângulo qualquer apoiado na base (fig. 24 A) e outro apoiado num vértice (fig. 24 B).

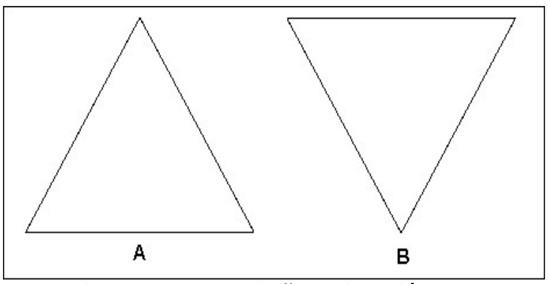
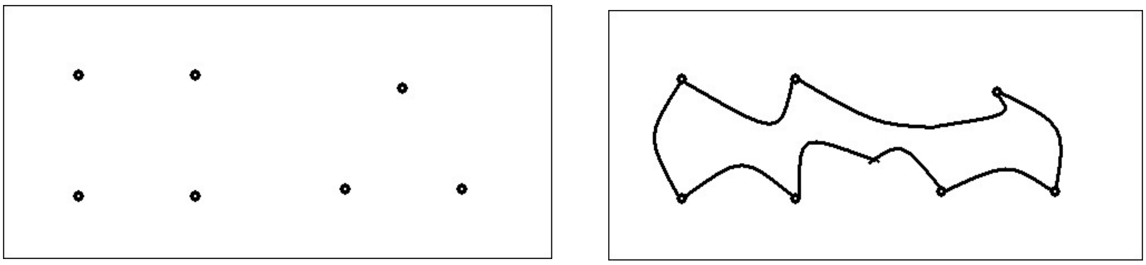


Figura 24: Posições do triângulo.

Do ponto de vista geométrico, os triângulos são congruentes, no entanto, do ponto de vista estético, é o primeiro que nos agrada mais, possivelmente por outros conceitos nele agregados, como equilíbrio e estabilidade, que também são discutidos por Dondis, e que dependem do contexto. Outras propriedades, como a simetria, são puramente geométricas e independem do contexto.

Uma outra idéia ligada a linguagem visual tanto na arte quanto na matemática, e que também é discutida por Cifuentes (2003), é a 'simplicidade', característica esta de grande apelo estético. Arnheim (2002, p. 55) afirma que “segundo a lei básica da percepção visual, qualquer estímulo tende a ser visto de tal modo que a estrutura resultante é tão simples quanto permitem as condições dadas”. Um exemplo claro de como a nossa percepção busca intuitivamente a simplicidade pode ser dado pela figura 25.



A B

Figura 25: Exemplo de simplicidade.

Ao olharmos esse conjunto de pontos (A), muito possivelmente os perceberemos, num ímpeto de completar o contorno da figura, como um quadrado e um triângulo, ou seja, duas figuras isoladas e regulares. No entanto, estes mesmos pontos podem resultar em uma infinidade de figuras irregulares (B). É a simplicidade que nos impulsiona a, visualmente, buscar uma ordenação tal que possamos identificar algo mais simples e seguro, já que nos é inato o conhecimento do quadrado e do triângulo, mesmo sendo um número maior de figuras. Fayga Ostrower (1998, p. 81) diante deste mesmo exemplo, pontua que a existência dessas figuras é meramente virtual, já que os seus contornos existem apenas na mente de quem as observa. É a imaginação que traça esses contornos, tornando suas áreas reais para nós. Assim, esses pontos passam a fazer parte de um contexto e adquirem funções específicas, “como elementos constituintes da forma global” (OSTROWER, 1998, p. 810).

O conceito de simplicidade, portanto, “fundamenta diversos métodos, construções ou conceitos matemáticos” (CIFUENTES, 2003, p. 75). Ela já era adotada pelos gregos na construção do método axiomático e Cifuentes (2005) discute o uso dela na aceitação dos objetos matemáticos ou na resolução de problemas. É através da simplicidade que o matemático 'escolhe' o melhor caminho a tomar na busca pelas suas respostas. É graças à simplicidade que conceitos de teor matemático, como por exemplo 'abstrato' e 'infinito', podem ser aceitos e usualmente aplicados. Assim, “a própria aplicabilidade da ciência matemática deve-se a sua capacidade de capturar o simples” (CIFUENTES, 2003, p. 77). De fato, a importância do uso da simplicidade, no caso da matemática é tal que ela é freqüentemente chamada de “a ciência do infinito”.

4 KANDINSKY: O ESPÍRITO INTERDISCIPLINAR NA ARTE

Kandinsky foi, durante toda a sua vida,
um viajante entre vários mundos.
Ulrike Becks-Malorny

4.1 Kandinsky e as Tendências Abstratas na Arte no Início do Século XX

Pintor, gravador, músico, escritor, teatrólogo, professor. Um artista de múltiplas facetas, sensível, de espírito crítico, um pesquisador incansável. Assim foi Wassily Kandinsky, “um homem capaz de mover montanhas” (BECKS-MALORNY, 2003, p.7), nas palavras do amigo e também artista Franz Marc.

Sem a menor dúvida, Kandinsky foi um dos mais importantes nomes das vanguardas artísticas do século XX. Artista criativo, revolucionou o mundo da arte com suas idéias, entre as quais de que a cor é a expressão mais pura do espírito humano.

Nasceu em Moscou, em 4 de dezembro de 1866, numa família da alta burguesia, o que lhe proporcionou uma educação esmerada. Quando criança estudou música (piano e violoncelo). Esta experiência foi de tal forma marcante que durante a sua carreira como artista recorreu a termos específicos da música, por exemplo ressonância, composição, etc, como adjetivos para qualificar a pintura, evidenciando um amálgama dessas duas artes em sua vida.

Aos 26 anos diplomou-se em Direito e Economia Política pela Universidade de Moscou, chegando a trabalhar como professor universitário durante algum tempo. Porém a arte, quer sob a forma de pintura ou de música, continuaria a ser intrínseca em sua vida.

De certa forma, pode-se afirmar que Kandinsky teve a sua primeira grande experiência com as artes plásticas quando, em 1889, fez uma viagem de estudos ao norte da Rússia e visitou o Museu do Hermitage, em São Petersburgo, onde ficou fascinado com as obras de Rembrandt[26]. Naquelas telas percebeu um “poderoso acorde duplo” (BECKS-MALORNY, 2003, p.8) nos contrastes de cores e nas pronunciadas áreas de luz e sombra.

---

[26] Pintor e gravador holandês que viveu entre 1606 e 1669.

Entretanto, mesmo amando a arte, Kandinsky ainda não estava convencido de qual era o seu destino:

> No entanto, eu achava minhas forças frágeis demais para sentir-me no direito de renunciar a meus outros deveres e de levar uma vida de artista, que me parecia então o cúmulo da felicidade. Fora disso, a vida russa era, então, particularmente lúgubre e meus trabalhos científicos elogiados, de sorte que resolvi tornar-me cientista. Porém o que mais me atraía na economia política, pela qual optara, era, afora as questões de salário, o pensamento puramente abstrato (KANDINSKY, 1991, p.77).

Suas convicções começam a mudar em 1895 quando visita uma exposição de impressionistas[27] franceses em Moscou, e mais precisamente diante de uma obra de Claude Monet (1840-1926), da série "Montes de Feno" (fig. 26), em que não conseguiu reconhecer o objeto nela representado. Kandinsky, diante dessa pintura, intuiu que a força da cor era capaz de produzir o efeito pictórico desejado, independente da representação realista ou não do objeto. Sobre esta experiência decisiva para a sua carreira comentou:

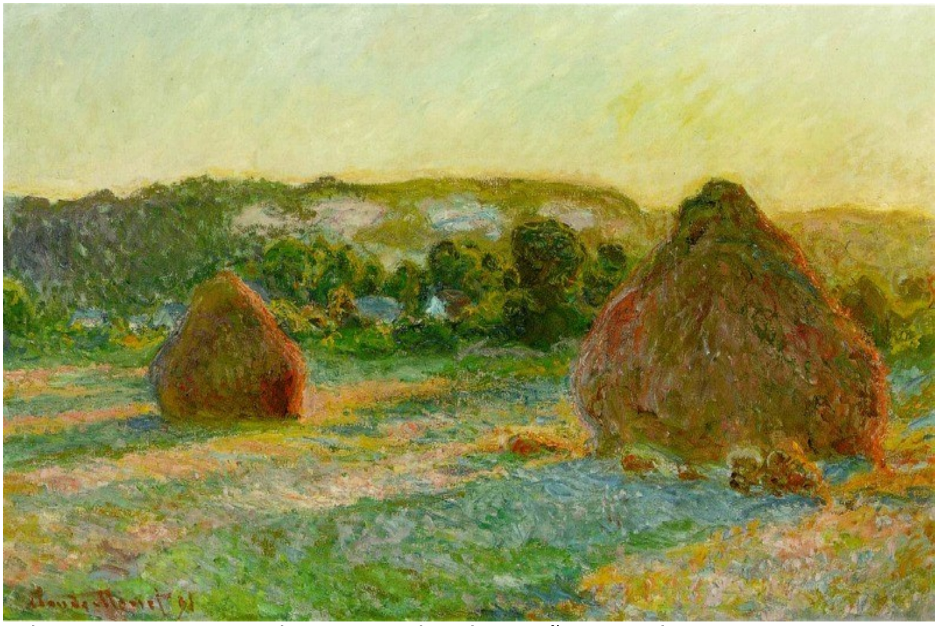


Figura 26: *Montes de Feno - Fim de Verão - Tarde*, Monet, 1890-91, 0,60 x 1,00m, Instituto de Arte de Chicago

> Antes eu só conhecia a arte realista, e ainda assim exclusivamente os russos. E eis que pela primeira vez eu via um quadro. Foi o catálogo que

---

[27] Impressionismo: movimento artístico que se originou na França, nos anos 1860. Os impressionistas buscavam representar a relação entre a a luz e a cor, com pinceladas livres. Também eram radicais na escolha dos temas: preferiam paisagens e cenas do dia-a-dia, evitando cenas históricas, religiosas ou românticas.

> me informou tratar-se de uma meda[28]. Eu era incapaz de reconhecê-la. E foi penoso não reconhecê-la. Achava também que o pintor não tinha o direito de pintar de maneira tão imprecisa. Sentia confusamente que o objeto estava faltando no quadro[29]. E notava com espanto e perturbação que o quadro não somente nos pungia como também imprimia na consciência uma marca indelével e que nos momentos mais inesperados a gente o via, com seus mínimos detalhes, flutuar diante dos olhos. Tudo isso era confuso para mim e fui incapaz de tirar conclusões elementares de tal experiência. Mas o que me parecia perfeitamente claro era a força da paleta, que até então me estivera oculta e que ia muito além de todos os meus sonhos. A pintura adquiriu assim uma força e um brilho fabulosos. Mas ao mesmo tempo, inconscientemente, o objeto ficou desacreditado (KANDINSKY, 1991, p.77 e 78).

Concomitante a esta exposição houve um outro “acontecimento que marcou como um sinete”(KANDINSKY, 1991, p.77) a sua vida: uma representação da ópera *Lohengrin*, de Wagner. Para o jovem amante da música, esta ópera apresentou-se como a própria personificação das cores crepusculares de Moscou:

> Em compensação, Lohengrin pareceu-me constituir uma perfeita realização de Moscou (...). Via mentalmente todas as minhas cores, elas estavam diante de meus olhos. Linhas selvagens, quase loucas, desenhavam-se diante de mim. Não ousava dizer que Wagner pintara em música “a minha hora”. Mas evidenciou-se-me com toda a clareza que a arte em geral possuía uma força muito maior do que até então me parecera e que, por outro lado, a pintura podia despender as mesmas forças que a música. (KANDINSKY, 1991, p.78 e 79).[30]

Impressionado com a sua descoberta, Kandinsky abandona o Direito e passa a trabalhar como diretor artístico da Tipografia Kucheverev, em Moscou, especializada em livros de arte, e em 1896 parte para Munique, cidade alemã considerada um animado centro artístico, a fim de estudar pintura.

No ano seguinte matricula-se na célebre escola de Anton Azbé,

[28] Meda: monte.

[29] Kandinsky capta através do seu olhar coisas matemáticas, como por exemplo a presença ou a ausência de objetos.

[30] Nos textos de Kandinsky o fato de reconhecer nas cores a vibração própria da música deixa implícito uma aproximação de segunda ordem entre a matemática a arte.

reconhecido artista iugoslavo, permanecendo por dois anos estudando desenho de anatomia. Nesse período, Kandinsky se decepciona com o tipo de ensino e confessa que muitas vezes preferia “matar aula para desenhar à minha maneira” ao ar livre ou “ficava em casa e tentava pintar um quadro de memória, abandonando-me à imaginação, sem seguir muito de perto as leis da natureza” (KANDINSKY, 1991, p.95). Por causa dessas atitudes, o artista chegou a ser considerado pelos colegas como preguiçoso e pouco dotado, sendo que, diante de seus trabalhos feitos em casa, o rotularam como “colorista” e “paisagista”. Porém Kandinsky admitiu que se “sentia muito mais a vontade no domínio das cores do que no do desenho” (KANDINSKY, 1991, p.97). Essa sua tendência à cor foi considerada um perigo ameaçador, sendo que ele procurou, então, reparar o seu 'erro' e encontrar a 'salvação'. Para isso vai a procura do professor Franz Stuck, tido como o “1º desenhista da Alemanha”, levando consigo seus desenhos. Stuck rejeitou o seu pedido para freqüentar as aulas, por considerar o seu trabalho muito ruim, aconselhando-o inclusive que freqüentasse durante um ano o curso de desenho da Academia. E lá também Kandinsky foi reprovado.

O artista então trabalha em casa, como autodidata e, ao cabo de um ano, retorna a Franz Stuck. Desta vez é aceito para o curso de pintura, porém o professor criticou suas “extravagâncias de cor e aconselhou-o a começar pintando em preto e branco a fim de estudar apenas a forma” (KANDINSKY, 1991, p.98).

Em maio de 1901 alguns estudantes do atelier de Stuck, entre eles Kandinsky, se reúnem e fundam a sociedade Phalanx, que viabiliza a realização de exposições desses jovens artistas. Kandinsky é eleito presidente da sociedade e também professor na escola de pintura surgida no seu interior. A Phalanx é fechada em 1904, porém, a partir desta experiência, Kandinsky não mais pôde fugir de duas habilidades que o acompanharam durante toda a sua vida: a de líder e a de professor.

Entre 1903 e 1908 Kandinsky empreende uma série de viagens: França, Itália, Suíça, Rússia (especialmente Odessa e Moscou) e diversas localidades da Alemanha, onde expõe sistematicamente. Cumpre salientar que neste período inicial da sua carreira seus trabalhos não evidenciavam a revolução que estava por vir. Suas obras constituíam-se basicamente de têmperas e óleos com temas do folclore e lendas russos (fig. 27), num estilo muito próximo ao impressionista e ao fauvista[31] (note-se que em 1904 Kandinsky conheceu pessoalmente Matisse, um dos principais expoentes do fauvismo). Dedicava-se ainda à xilogravura, técnica que dominava com perfeição.

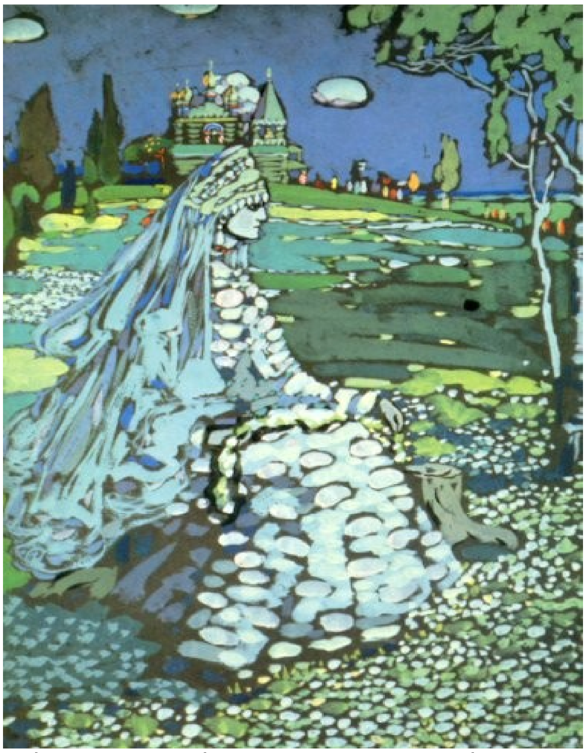


Figura 27: *Beleza Russa numa Paisagem*, Kandinsky, 1904. Têmpera sobre cartão, 0,415 X 0,288 m, Städtische Galerie in Lenbachhaus, Munique

Em 1909, de volta a Munique, funda a N.K.V. de Munique (Neue Künstlervereinigung – Nova Associação de Artistas), da qual se torna presidente.

Nos anos seguintes, Kandinsky entrega-se à pesquisa e a experimentação. Na pintura, já se encaminha para a abstração, sendo que os objetos passam a ser tratados mais como receptáculos da cor e, embora existindo elementos narrativos, há uma maior liberdade de composição, com impressões da natureza crescentemente mais subjetivas (fig. 28). Note-se que o pensamento abstrato é uma característica tipicamente matemática, que Kandinsky introduz na arte. Inicialmente, essa abstração kandinskiana é de caráter romântico, já que o artista dá mais ênfase à cor do que ao desenho, e que nos leva a pensar, novamente, numa matemática romântica, num indício

[31] O Fauvismo é um movimento artístico que se caracteriza por cores fortes em pinceladas dinâmicas e profundas, e que evocam um mundo fantástico e alegre, de emoções e cores intensas (Livro da Arte, p. 507).

claro de que a matemática se aproxima da arte.

Figura 28: *Improvisação 7*, Kandinsky, 1910. Óleo sobre tela, 1,31 X 0,97 m, Galeria Nacional Tretyakov, Moscou

O artista enreda-se também pelos caminhos da poesia, da literatura e do teatro. Entre 1908 e 1912 escreve 38 poemas ditos dadaístas[32], por estarem muito distantes da poesia tradicional, e para os quais realizou um conjunto de xilogravuras. Escreveu peças teatrais "abstratas" que são consideradas como "as experiências mais audaciosas e aventurosas no campo das artes cênicas (...), as vozes não transmitem nenhuma mensagem, criando simplesmente uma atmosfera que Kandinsky espera que torne a alma receptiva a sensações novas e intensas" (BECKS-MALORNY, 2003, p. 24). Dá a essas peças nomes sugestivos: Sonoridade Amarela, Ressonância Verde, Preto e Branco e Figura Negra. E, por fim, escreve o livro *Do Espiritual na Arte*, verdadeiro tratado da arte abstrata.

Em 1911 desentendimentos com os membros da Nova Associação impelem Kandinsky a se demitir. Une-se então a Gabriele Münter e a Franz Marc para organizar uma exposição e um novo grupo artístico com o nome de "Der Blaue Reiter" (O Cavaleiro Azul)[33].

Em 1914 ocorre uma reviravolta na carreira de Kandinsky. Com o

---

[32] O Dadá é um movimento artístico que atuou de 1915 a 1922, em Zurique, onde poetas, artistas, escritores e músicos reuniam-se para participar de atividades experimentais como "poesia do absurdo", "música ruidosa" e "desenho automático". O Dadá foi uma reação violenta ao esnobismo e ao tradicionalismo da arte estabelecida: seus membros dispunham de todos os recursos imagináveis para chocar a burguesia. O movimento Dadá, com seu culto ao irracional, foi importante na preparação das bases para o advento do Surrealismo nos anos 1920 (Livro da Arte, p. 506).

[33] Convém observar que o tema "cavaleiro" é bastante recorrente na obra de Kandinsky, e representa uma figura lírico-romântica dos contos de fadas, simbolizando a luta e a renovação.

início da 1ª Guerra Mundial é obrigado a fugir da Alemanha, pois, como russo, é considerado um inimigo. A esse respeito declarou: “Sinto-me como que arrancado de um sonho... Dos dezesseis anos que passei na Alemanha, dediquei uma boa parte à vida artística alemã. Como é que de repente me hei de sentir aqui como um estrangeiro?” (KANDINSKY, *apud* BECKS-MALORNY, 2003, p.115). Inicialmente Kandinsky parte para a Suíça, onde permanece por três meses, retornando em seguida à Rússia.

A Rússia também passou por uma outra revolução no tocante a arte e a cultura, o que abriu para Kandinsky várias oportunidades de ação no campo teórico e político-cultural. Em 1918, foi nomeado membro do *Departamento de Belas-Artes do Comissariado para Instrução do Povo*, onde dirigiu a seção de teatro e cinema. Também assumiu uma cadeira como professor nos *Ateliers Nacionais de Artes e Técnicas (Wuchutemas)* e outra na Universidade de Moscou, como docente em estética. Em 1919, fundou o *Instituto para a Cultura Artística (INCHUK)* e dirigiu a comissão estatal de aquisições, responsável pelos equipamentos dos 22 novos museus criados sob a sua direção.

Cabe salientar que no período em que passou na Alemanha, Kandinsky não perdeu o contato com os movimentos artísticos da sua pátria e pode-se inclusive afirmar que suas teorias e obras foram de grande influência para seus conterrâneos. Por outro lado Kandinsky, de volta à Rússia, conviveu com construtivistas e suprematistas[34], o que pode ter contribuído para a adaptação dos elementos geométricos em sua obra. Porém surgiram conflitos entre Kandinsky e outros líderes da arte russa, especialmente com Malevich e Rodchenko, que discordavam dos seus princípios formais.

Esses artistas concebiam suas obras utilizando-se apenas de formas

---

[34] Construtivismo: movimento de arte abstrata fundado na Rússia em 1913, e que rompeu com as noções tradicionais de arte, acreditando que esta deveria imitar as formas e os procedimentos da tecnologia moderna. Isso ocorreu principalmente quanto à escultura, que era “construída” a partir de materiais e técnicas industriais (O Livro da Arte, p. 507). Seus principais representantes são Vladimir Tatlin, Naum Gabo e Antoine Pevsner. Suprematismo: também um movimento surgido na Rússia, onde buscava-se alcançar uma pureza absoluta de forma e de cor, eliminando-se qualquer vestígio de tema, sendo as figuras geométricas o seu principal meio de expressão. Seus principais expoentes são Kassimir Malevich e Alexander Rodchenko.

geométricas e cores básicas puras e, assim como Kandinsky, buscavam a interação entre a forma e a cor. No entanto, havia uma diferença fundamental entre ele e seus conterrâneos: basicamente, estes pretendiam eliminar qualquer emoção da representação pictórica, pois acreditavam na necessidade da criação de uma "ciência da arte", intento este impossível de ser concretizado se, em seu modo de ver, "não existirem critérios exatos, objetivos, definindo as conquistas reais no domínio da arte. Rejeitavam desta forma a arte de Kandinsky como harmônica e pitoresca, vendo nela mal formações do espiritismo" (BECKS-MALORNY, 2003, p.126)[35].

É fácil, portanto, entendermos o porque de neste período em que estava em Moscou, os trabalhos de Kandinsky terem passado por uma geometrização, devido a influência desse convívio com as tendências geométricas da arte russa.

Kandinsky, por sua vez, via no emprego dos signos puramente geométricos adotados por esses artistas, o perigo de um formalismo esquemático:

> Um triângulo provoca uma emoção viva porque ele próprio é um ser vivo. É o artista que a mata quando o aplica mecanicamente, sem o ditame interior. Mas, assim como uma cor "isolada", o triângulo "isolado" não basta para uma obra de arte (...). A maioria dos "construtivistas" afirma que as impressões-emoções recebidas de fora pelo artista não apenas são inúteis como devem ser combatidas. Elas são, de acordo com esses artistas, "restos de sentimentalidade burguesa" e devem ser substituídas pela intenção pura do processo mecânico. Tais artistas procuram fazer "construções calculadas" e querem suprimir o sentimento não só deles mesmos, mas também do espectador (...). São na verdade, mecânicos (...) (KANDINSKY, 1991, p. 217 e 218).

No entanto, novamente a situação política na Rússia se modifica, dificultando progressivamente o livre exercício de atividades artísticas. Neste período a arte passa a ser vista como um instrumento que deve estar a serviço da propaganda política marxista-leninista do Estado. E

[35]Esta citação já foi parcialmente utilizada na página 66.

mais, “a arte abstrata foi declarada prejudicial e hostil ao Estado” (BECKS-MALORNY, 2003, p.126). Sendo assim, em 1921 Kandinsky se viu desprezado e destituído do cargo de diretor da Academia de Belas Artes, o que o impulsionou a aceitar o convite para lecionar na *Bauhaus*, voltando à Alemanha.

4. 2 A Bauhaus

Para que melhor compreendamos a atuação de Wassily Kandinsky na Bauhaus, bem como as implicações disso decorrentes em sua obra, é importante que situemos essa instituição, através de um breve histórico.

A Bauhaus foi uma influente escola alemã, fundada em 1919, pelo arquiteto Walter Gropius, na cidade de Weimar, onde permaneceu até o ano de 1925, quando, por motivos políticos, transferiu-se para Dessau. Em 1932 sua sede foi novamente transferida, desta vez para Berlim, sendo definitivamente fechada em 1933, pelos nacional-socialistas. Contou também com três diretores, todos arquitetos: o próprio Gropius (1919 a 1928), Hannes Meyer (1928 a 1930) e Mies van der Rohe (1930 a 1933). Cada um deles, a seu tempo, imprimiu características próprias ao programa de ensino da escola.

A Bauhaus Estatal de Weimar surgiu da união da Escola de Artes e Ofícios e da Academia de Artes, e tinha como objetivo a criação de uma academia única de arte livre e aplicada, e que produzisse para o povo e não somente para o deleite de uma pequena parcela da população:

> ... o programa da Bauhaus compunha-se, basicamente, de dois objetivos: a síntese estética (integração de todos os gêneros artísticos e de todos os tipos de artesanato sob a supremacia da arquitetura) e a síntese social (a orientação da produção estética segundo as necessidades de uma faixa mais ampla da população e não exclusivamente segundo a demanda de uns poucos, privilegiados social e economicamente). A concretização de ambos os objetivos pressupôs alterações na formação do artista, do criador de formas, e, por conseguinte, exigiu novas concepções de ensino

(WICK, 1989, p.63).

Essas novas concepções de ensino procuravam quebrar a dicotomia entre arte e indústria, e exaltavam a força do artesanato como agente capaz de transformar a realidade. Gropius proclamava para que se formasse “uma nova corporação de artesãos, porém sem aquela arrogância que pretendia erigir um muro intransponível entre artesãos e artistas” (GROPIUS *apud* OSINSKI, 2001, p.76).

Desta forma, pode-se afirmar resumidamente que a Bauhaus procurou abranger posições artísticas contrárias ao espírito acadêmico vigente, integrando-as numa abordagem pedagógica não convencional.

De um modo geral (com algumas alterações a cada mudança de direção) o ensino na Bauhaus dividia-se em um curso preliminar e nas oficinas. O primeiro “foi a verdadeira espinha dorsal de suas atividades, responsável por grandes avanços pedagógicos pelos quais a instituição é até hoje mundialmente reconhecida” (OSINSKI, 2001, p.82). Era de caráter obrigatório para todos os alunos e tinha por objetivo o estudo dos materiais e dos conceitos elementares sobre a cor e a forma. Funcionava também como uma espécie de estágio para a verificação dos reais interesses de cada um. Terminada esta fase, o aluno escolhia qual oficina desejava freqüentar: argila, pedra, madeira, metal, tecido, vidro ou cor.

O termo Bauhaus faz uma clara analogia com a *Bauhütte*[36] medieval e significa literalmente *casa de construção*. Esses liames são amplamente notados em vários momentos, e em especial no manifesto de fundação e programa da instituição, que traz como abertura uma xilogravura de Lyonel Feininger intitulada *Catedral*, bem como o discurso entusiasmado de Gropius:

---

[36] A Bauhütte era a comunidade de trabalho desenvolvida nos séculos XII e XIII, formada por artistas e artesãos ocupados na construção de uma grande igreja, geralmente uma catedral, sob a direção artística e administrativa, ou imposta pela mandante da obra, ou consentida por ele.(Arnold Hauser, citado por WICK, 1989, p. 64).

> O objetivo último de toda atividade artística é a construção! (...) Arquitetos, pintores e escultores precisam reaprender a conhecer e entender a multiplicidade de aspectos da construção, em sua totalidade e em suas partes, pois só assim eles mesmos poderão preencher suas obras com um espírito arquitetônico, que perderam em meio à arte de salão. As velhas escolas de arte não mais podiam produzir esta unidade, e como poderiam, se a arte não pode ser ensinada? (...) é preciso que desejemos, que concebamos e que criemos juntos uma nova construção do futuro, que será, numa forma única, arquitetura e escultura e pintura (...) (GROPIUS *apud* WICK, 1989, p.34).

Várias foram as influências para a concepção da Bauhaus, além das *Bauhütte*. Conforme Wick (1989, p.14), "o próprio Gropius refere-se explicitamente a "Ruskin e Morris na Inglaterra, Van de Velde na Bélgica, Olbrich, Behrens (colônia de artistas de Darmstadt) e outros na Alemanha e, finalmente, ao Deutscher Werkbund"[37], que "de forma consciente buscaram os primeiros meios de reconciliação entre o mundo do trabalho e os artistas criadores". É preciso citar ainda o intercâmbio ocorrido com os artistas do *Wuchutemas*[38], o que resultou em diversos pontos semelhantes nos programas das escolas alemã e russa.

O quadro de professores da *Bauhaus* contou inicialmente com o próprio Gropius e mais três mestres: Lyonel Feininger, Gehard Marchs e Johannes Itten. A eles se juntaram posteriormente grandes nomes da vanguarda artística: Wassily Kandinsky, Oskar Schlemmer, Paul Klee, Lászlo Moholy-Nagy, Ludwig Mies van der Rohe, Josef Albers, Marcel Breuer, Marianne Brandt, Joost Schimdt, Gunta Stölzl, entre outros. Esses artistas eram

---

[37] John Ruskin defendeu o artesanato, condenando ardentemente a industrialização. Em oposição ao crescente prestígio do industrialismo, surgiu o movimento Artes e Ofícios (Arts and Crafts Movement), liderado pelo escritor e artista britânico William Morris. (STRICKLAND 2002, p. 90). Henry van de Velde, artista, artesão e teórico, fundou a Escola de Artes e Ofícios do Grão Ducado da Saxônia, em 1906, e que foi posteriormente unido a Academia de Artes, originando a *Bauhaus.* A *Colônia de Darmstadt s*urgiu em 1898, por iniciativa do Grão Duque Ernst Ludwig, de Hessen, e congregava sete artistas, dentre os quais se destacavam Josef Maria Olbrich e Peter Behrens. Sua função era reviver o artesanato de Hessen. Cumpre ressaltar que Gropius foi assistente de Behrens. A *Deutscher Werkboud* foi uma sociedade surgida na Alemanha em 1907, onde arquitetos, artesãos e industriais se encontravam desenvolvendo uma nova concepção de *design* (PEVSNER 1996, p. 170).

[38] Instituto de formação de Moscou, que "tinha por objetivo formar artistas-práticos altamente qualificados, propiciar à formação de arquitetos um alicerce artístico e fomentar a arte e o artesanato, bem como a produção voltada para o bem da economia nacional" (WICK 1989, p. 80).

> das áreas de pintura, *design*, arquitetura, fotografia, escultura, literatura e todas as combinações intermediárias dessas profissões, advindos de diversas origens nacionais e pregando uma variedade quase babélica de filosofias e crenças. Mais do que qualquer pensamento, foi essa capacidade ímpar de reunir um grande número de pessoas muito criativas e muito diferentes em uma única escola que deu vida e força para a Bauhaus, transformando essa pequena instituição em um foco mundial para o fazer artístico (DENIS ,1999, p.119 - 120).

Muito se poderia falar sobre a *Bauhaus*, o que por si só já se constituiria em um novo trabalho, devido à sua abrangência e importância. Convém apenas ressaltar que esta instituição "em menos de quinze anos de funcionamento conseguiu se transformar em principal paradigma do ensino do *design* do século XX" (DENIS, 1999, p. 118), bem como "uma das mais importantes iniciativas do século referente ao ensino da arte (OSINSKI, 2001, p. 71). E, como visto acima, foi um local onde, por sua própria natureza, a interdisciplinaridade estava amplamente presente.

4. 3 Kandinsky e a Criação Artística

Em sua obra teórica, Kandinsky sempre deixou claro que acreditava em uma síntese de todas as artes e, em especial, via um parentesco entre a pintura e a música, conforme já comentado:

> Todas as artes provêm da mesma e única raiz. Logo, todas as artes são idênticas. Mas o misterioso e o precioso é que os "frutos" provenientes da mesma cepa são diferentes. A diferença se manifesta pelos meios de cada arte singular – pelos meios de expressão (...). Leis enigmáticas, mas precisas, da composição destroem as diferenças, já que são as mesmas em todas as artes (...). Gostaria apenas de dizer que o parentesco entre a pintura e a música é evidente (...). Em outras palavras: "ouvimos" a cor e "vemos" o som (KANDINSKY, 1990, p.228).

Se a interdisciplinaridade pressupõe não apenas uma integração, mas uma síntese entre as disciplinas envolvidas, com base na citação anterior, percebemos que Kandinsky já procurava uma interdisciplinaridade dentro do campo das artes, assim como Gropius buscava vivenciá-la entre arte, *design* e artesanato. Logo, podemos entender todo o entusiasmado do artista com a *Bauhaus* e, principalmente, o seu desejo de um saber/fazer artístico unificado:

> De um modo geral, o trabalho na Bauhaus funda-se na unidade, que começa enfim a se estabelecer, de mundos diversos ainda há pouco concebidos como estritamente separados. Esses mundos, que de algum tempo para cá tendem a aproximar-se são: a arte em geral, em primeiro lugar a arte dita plástica (arquitetura, pintura e escultura), a ciência (matemática, física, química, fisiologia, etc.) e a indústria, por suas possibilidades técnicas e seu papel econômico (KANDINSKY, 1990, p.176).

Eis o caráter interdisciplinar do pensamento de Kandinsky! Embora o artista reconheça explicitamente certa interdisciplinaridade entre as diversas artes e as diversas ciências, esse mesmo caráter entre a arte e a matemática fica implícito nas suas obras e no seu ensino na *Bauhaus.*

E para uma escola inovadora como a *Bauhaus*, Kandinsky era mesmo um professor ideal, visto sua ampla experiência como pedagogo, pesquisador e teórico da arte. Ele ingressou na instituição em junho de 1922, ficando responsável pelo ateliê de pintura mural, por um curso de desenho analítico e outro sobre formas.

É na sua prática docente na *Bauhaus* que encontramos vários indícios interdisciplinares. Por exemplo, na 4ª aula do segundo semestre de 1931, através das suas anotações de aula, percebe-se que Kandinsky claramente abordou como tema *a arte, a ciência, a técnica, a natureza*, afirmando que "uma maioria esmagadora considera hoje em dia esses quatro domínios como isolados um do outro, quando não hostis, É preciso acabar com esse erro!" (KANDINSKY, 1996 p.117). Na aula seguinte, ele prosseguiu explicando que descobrir as leis da natureza é o objetivo tanto de cientistas quanto de artistas e técnicos, sendo que "em todos os casos, o *procedimento* é o mesmo: o cérebro (o saber) mais intuição (...) logicamente posto a serviço do objetivo" (KANDINSKY, 1996, p.119). Assim, percebemos que para este artista/professor, as ciências e as artes podem chegar a um mesmo conhecimento da realidade, a uma mesma descoberta.

Há que se considerar ainda que a estética vigente na *Bauhaus* era de orientação racional e científica, com um estilo característico, conforme definido no *Livro da Arte*, p.506, “simples, geométrico e altamente refinado”. A direção em todas as oficinas estava voltada para a busca dos elementos básicos, notadamente o triângulo, o círculo e o quadrado. Kandinsky, portanto, não ficou imune ao método analítico da escola, rumando para uma “maior sistematização e elementarização dos fundamentos da criação” (WICK, 1989, p.264).

Sendo assim, é indubitável que no período em que lecionou na *Bauhaus*, o trabalho artístico de Kandinsky tenha passado por transformações. Embora acreditando que uma composição não pode ser puramente racional, visto que para ele a intuição é elemento de elevada importância para a criação, o artista acaba por incorporar os princípios racionais da escola. Seus quadros notadamente transfiguram-se em composições precisas e geometricamente construídas.

Como professor, Kandinsky cobrava de seus alunos da *Bauhaus* justamente a racionalidade, a objetividade, sem, contudo, excluir a emoção:

> De meus alunos exijo que pensem de maneira bastante precisa, que façam de maneira exata exercícios puramente cerebrais; também discutimos os trabalhos realizados do prisma puramente teórico. Contudo, ao assim proceder, enfatizo com particular veemência o fato de este caminho e de este ponto de vista teóricos serem apenas uma forma de acesso ao “conteúdo”, pelo que atribuo especial importância à vívida experimentação das “tensões”. A teoria é (sobretudo “hoje”) indispensável e fecunda. Mas coitado daquele que se aventura a criar uma “obra” apenas por esse caminho! (WICK, 1989, p.271).

Com efeito, foi no curso de morfologia, que Kandinsky dedicou-se primordialmente em estabelecer a relação forma-cor. Segundo sua teoria já levada a público em 1911, no livro D*o Espiritual Na Arte*, existe uma correspondência entre cores e formas e mais, certas cores podem ser reforçadas ou não por determinadas formas:

> E vemos claramente aparecer a reação da forma e da cor... É fácil perceber que o valor de tal cor é sublinhado por tal forma e atenuado por tal outra. Cores “agudas” têm suas qualidades ressoando melhor numa forma pontiaguda (o amarelo, por exemplo, num triângulo). As cores que podemos qualificar de profundas vêem-se reforçadas, sua ação intensificada, por formas redondas. (O azul, por exemplo, num círculo). É claro, por outro lado, que o fato de não combinar a forma com uma cor não deve ser considerado uma “desarmonia”. Cumpre ver aí, pelo contrário, uma nova possibilidade, portanto, uma causa de harmonia (KANDINSKY, 1990, p.71)fig. 29[39]

Percebemos que Kandinsky estabelece uma relação que podemos considerar interdisciplinar, entre a matemática e a arte, entre o neoclássico e o romântico, ao estabelecer essa relação íntima entre a forma e a cor. Não é por acaso que ele organizou o seu curso baseado em três elementos básicos: o triângulo, o quadrado e o círculo, e a eles atribuiu as cores amarelo, vermelho e azul, respectivamente. E o próprio artista-professor comenta:

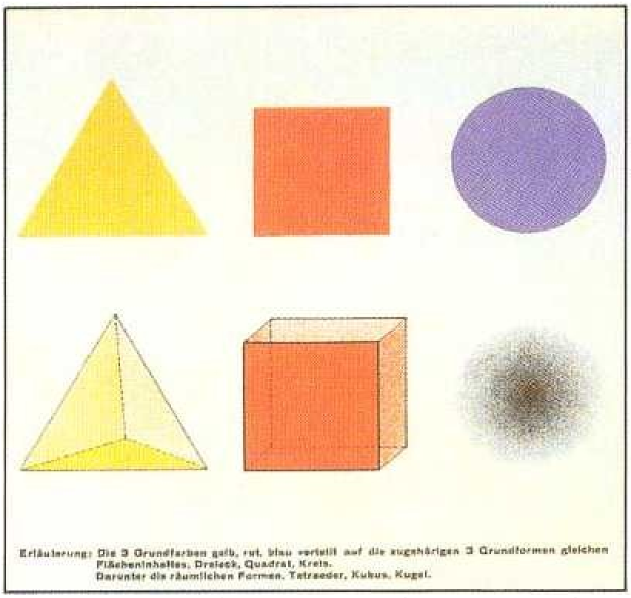


Figura 29: As três cores primárias distribuídas pelas três formas elementares, 1923, litografia policromática sobre cartão, 24,5 X 25,0 cm.

> O estudo da forma em seu conjunto deve dividir-se em duas partes:
> 1.a forma no sentido restrito do termo – plano e espaço,
> 2.a forma no sentido amplo do termo – cor e relações com a forma no sentido restrito do termo.
> Assim, na primeira parte do estudo da forma, reduzir-se-á a superfície a seus três elementos básicos: triângulo, quadrado e círculo; e o espaço aos três elementos oriundos dessas formas: pirâmide, cubo e esfera. (KANDINSKY, 1990, p.176).

E é justamente do seu trabalho docente que surge a sua “teoria da

[39] Fonte: BECKS-MALORNY, 2003, p. 144.

forma” calcada, sobretudo, nos três elementos fundamentais da geometria: o ponto, a linha e o plano. Em 1926, o artista edita um livro, *Ponto e Linha sobre Plano*, contendo esta teoria. No prefácio da primeira edição, ele humildemente coloca que “as idéias expostas neste livrinho constituem o desenvolvimento orgânico de meu livro *Do Espiritual na Arte”*. Porém, acima de qualquer coisa, esse novo texto apresenta os fundamentos das aulas ministradas por Kandinsky, na *Bauhaus*.

Para ele, por exemplo, o ponto geométrico é invisível, imaterial, é o zero. Para a escrita, ele representa o silêncio, um signo utilitário. “O ponto faz parte do domínio dos hábitos arraigados em nós com sua ressonância tradicional, que é muda” (KANDINSKY, 2001, p. 18). Graficamente, “o ponto é o resultado do primeiro encontro da ferramenta com a superfície material, o plano” (Idem, p. 21). Kandinsky atribui ainda uma relação de grandeza entre o ponto e o plano, bem como uma possível variação da sua forma (fig. 30[40]). Esses dois parâmetros são necessários, pois a “sonoridade primária do ponto é variável segundo suas dimensões e sua forma” (Idem, p. 23). Já como “elemento primário da pintura”, o ponto ganha *status*: ele é a origem, o começo, liberto de sua função utilitária na linguagem, evolui, no mundo da pintura, para uma “necessidade interior”.

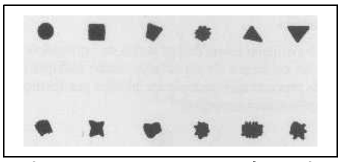


Figura 30: Exemplos das formas de pontos.

É preciso lembrar que Kandinsky viveu em uma época marcada pelas revoluções que estavam ocorrendo nas ciências exatas, sobretudo na física, e sobre os quais ele detinha amplos conhecimentos teóricos. Essa concepção de ponto, por exemplo, parece estar intimamente ligada com as teorias da física relativística e quântica, notadamente da estrutura e divisão do átomo. Outra idéia física que permeou o trabalho de Kandinsky foi a descoberta das leis que regem a interação entre partículas subatômicas, e que, denotam, para o artista, possibilidades de interação entre os diversos elementos que constituem

[40] Fonte: KANDINSKY, 2001, p. 24.

uma obra de arte (SCHMIDT, 1999).

Quanto à linha, geometricamente, também é um ser invisível. Kandinsky a considera como o resultado da ação de uma força sobre o ponto e classifica-a em retas, curvas e quebradas. Na categoria das linhas retas, postula que existem três tipos básicos: a horizontal, a vertical e a diagonal. Para a horizontal atribui qualidades frias, à vertical, quentes, e a diagonal, quentes-frias, representando, portanto, o equilíbrio. Para o artista, além da correspondência entre forma e cores, é nítida essa mesma correspondência entre retas e cores, entre ângulos e cores e entre formas e cores, conforme já comentado.

Estes exemplos da teoria de Kandinsky mostram o caráter pedagógico imprimido à geometria, na medida em que esta é usada para o ensino da arte, durante o curso de morfologia que o artista ministrou na *Bauhaus*. Nota-se, portanto, que a presença da geometria na obra de Kandinsky, quer seja na teórica ou na pictórica, é uma constante, porém, isto se manifestou de forma mais explícita no período em que ele lecionou na *Bauhaus*. Pode-se, inclusive, afirmar que, durante esses anos, Kandinsky utilizou as suas pinturas como um "laboratório", ou seja, ele desenvolvia a teoria e aplicava em seus próprios quadros. Portanto, é fácil encontrar correspondências entre essas pinturas e as suas aulas. Como exemplos da sua produção artística desta época temos as figuras 31 e 32.

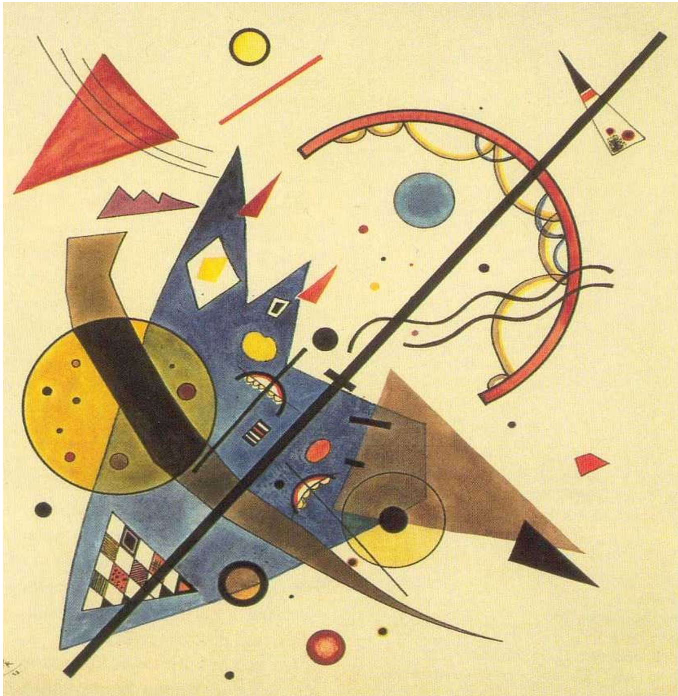


Figura 31: *Arco e Ponto*, Kandinsky, 1923. Aquarela, tinta e lápis sobre papel, 0,465 X 0,42 m, The Solomon R. Guggenheim Museum, Nova York.

A primeira ilustra a transição de Kandinsky para o estilo geométrico da *Bauhaus,* compondo-se apenas de elementos da Geometria. Um dos elementos que nos chama imediatamente a atenção é a linha negra diagonal, e que está em absoluta consonância com o exposto em *Ponto e Linha Sobre Plano*, na página 51, de que "a linha diagonal é a forma mais concisa das infinitas possibilidades de movimentos frios-quentes". Portanto, é ela a principal responsável pelo equilíbrio obtido na imagem e sob ela encontram-se várias formas geométricas: triângulos, círculos, semicírculos, losangos, outras linhas (retas e curvas) e pontos, além de alguns quadriláteros irregulares. Nota-se ainda a presença bem pronunciada das cores primárias, outra premissa da escola, em praticamente todas as figuras, colocadas sob um fundo neutro de cor clara.

Figura 32: *Amarelo-Vermelho-Azul*, Kandinsky, 1925. Óleo sobre tela, 1,28 X 2,01 m, Musée National d'Art Moderne, Paris.

Durante sua permanência na Bauhaus, Kandinsky pintou pouquíssimas telas em tamanho grande. E a figura 32 é uma delas.

Sua análise deve começar pelo título *Amarelo-Vermelho-Azul*, que já aí encerra o viés pragmático do artista e da escola. E, de fato, a composição é estruturada com base nas cores primárias, comportando de forma exemplar a teoria das cores do artista. Nota-se, excepcionalmente do lado direito, a presença dos dogmas círculo-azul e quadrado-vermelho.

No quadro existem dois centros: o azul, da direita, pesado e dramático, destaca-se sobre um fundo amarelo; o amarelo, da esquerda, claro e leve, sobre um fundo azul. Para unir esses dois centros encontramos o vermelho. Nesta obra, Kandinsky lançou mão dos contrastes elementares, na busca das polaridades inerentes aos elementos da composição.

Percebemos ainda um arranjo cônscio de formas geométricas e um conjunto complexo de linhas, onde estão presentes vários outros preceitos kandinskianos, como por exemplo, a diagonal negra, da qual já comentamos anteriormente.

No entanto, “Kandinsky não considera o ponto, a linha, o círculo, o triângulo, o quadrado, etc., como elementos geométricos preestabelecidos (...). Ele os considera como probabilidades cujo valor não se revela a não ser no seu contexto observável, isto é, na composição acabada do quadro (SCHMIDT, 1999, p. 89). Kandinsky nos apresenta, de certa forma, uma geometria romântica. Ou seja, em seu trabalho, a geometria incorpora elementos intuitivos, sensíveis, subjetivos, capazes de despertar a criatividade e a emoção. Ao estudar os diversos significados que um mesmo símbolo geométrico pode assumir, conforme se modifique a cor ou a posição, e ao atribuir uma valoração sensível aos objetos matemáticos, Kandinsky anuncia algo que já discutimos, ou seja, que a matemática possui em si uma beleza passível de ser apreciada.

E, mais uma vez afirmamos que, embora o artista jamais tenha usado a palavra i*nterdisciplinaridade*, isto foi uma constante em sua vida, quer seja interdisciplinaridade dentro da própria arte (já que ele produziu em várias linguagens: pintura, música e teatro), quer com a sua atuação profissional (além de artista foi professor, escritor, teatrólogo, entre outros). Mas, acima de tudo, Kandinsky promoveu uma verdadeira interdisciplinaridade com a matemática, via geometria! Para Schimidt, a curiosidade científica de Kandinsky estendeu-se às ciências exatas em geral, o que o levou a conceber sua obra dentro de uma "abordagem aberta e interdisciplinar" (SCHIMIDT, 1999, p. 98).

Kandinsky trabalhou na escola até 1933, quando esta, por pressão dos nazistas, foi fechada. Mas até o final de sua vida continuou produzindo e expondo em diversas localidades. Manteve contato com proeminentes nomes da vanguarda artística mundial: Mondrian, Miró, Chagall, Arp, Pevsner, entre outros.

Morreu no dia 13 de dezembro de 1944 na França, aos 78 anos de idade, deixando um imenso legado artístico e teórico. Os anos imediatamente posteriores a sua morte foram marcados pela consagração de sua arte e de seu gênio.

5 POINCARÉ: O ESPÍRITO INTERDISCIPLINAR NA MATEMÁTICA

A especialização crescente da
ciência e sua separação da cultura
filosófica reforçam o prazer que
tivemos em redescobrir a obra de
Poincaré, pois ela satisfaz nosso
inevitável desejo de um saber unificado.
Umberto Bottazzini

5.1 Traços Históricos da Vida e Obra de Poincaré

Sem dúvida, com a fala de Umberto Bottazzini que tomamos emprestada para a epígrafe deste capítulo, justificamos, em uma só frase, a escolha de Poincaré como um matemático em cuja obra encontramos elementos para discutir questões referentes à interdisciplinaridade. De fato, diante da sua trajetória e de seu trabalho, não nos restam dúvidas quanto à sua idoneidade para este fim.

Poincaré foi um dos maiores matemáticos de todos os tempos, é considerado o último universalista a dominar e contribuir com praticamente todos os ramos da matemática. Foi ainda filósofo, físico, astrônomo, engenheiro e professor, transitando em todas estas áreas com grande desenvoltura e prestígio.

Jules Henri Poincaré nasceu em 29 de abril de 1854 na cidade de Nancy, França, em uma influente família da época, que incluía Leon Poincaré, seu pai, que era médico e professor da Universidade de Nancy, e Raymond Poincaré, seu primo, escritor e membro da Academia Francesa, e que presidiu a França entre 1913 e 1920.

Poincaré iniciou seus estudos em 1862, no Liceu de Nancy (rebatizado como Liceu Henri Poincaré, em sua homenagem). Como estudante, consta que era ambidestro, distraído e sem muita aptidão para exercícios físicos, fato este explicado, possivelmente, graças a um problema de visão. Em contrapartida, possuía uma notável capacidade para exercícios mentais, conseguindo resolver "de cabeça" problemas matemáticos complexos. Isto o levou a ganhar o primeiro lugar em um concurso entre os estudantes de todos os Liceus da França, bem como o primeiro lugar no exame de admissão para a Escola Politécnica, um dos maiores centros de matemática do século XIX. Foi nesta instituição que publicou o seu primeiro trabalho: *Nova demonstração das propriedades da indicatriz de uma superfície.*

Em 1875, Poincaré termina seus estudos na Escola Politécnica e ingressa na Escola de Minas, onde foi aluno do proeminente matemático Charles Hermite (1822-1901), conhecido por seu trabalho em análise matemática e em teoria dos números. Em março de 1879, Poincaré gradua-se como engenheiro e, em agosto deste mesmo ano defende na Universidade de Paris (Sorbonne) sua tese de doutorado *Sobre as propriedades de funções definidas por equações a derivadas parciais*, onde ele estuda as propriedades qualitativas destas funções, inclusive suas propriedades geométricas gerais, concluindo que elas poderiam ser utilizadas para solucionar problemas relacionados com a estabilidade do sistema solar.

Ainda em 1879 inicia sua carreira como professor lecionando um curso de Análise na Universidade de Cahen, transferindo-se em 1885 para a Sorbonne, onde é encarregado do curso de Mecânica, e, em 1886, nesta mesma instituição, sucede Gabriel Lippmam na cátedra de Física Matemática e Cálculo das Probabilidades.

Em 1887 Poincaré é eleito para a Academia de Ciências de Paris e no ano seguinte obtém o primeiro lugar no concurso criado pelo rei Oscar II, da Noruega, com seu trabalho *Sobre o problema dos três corpos e as equações da dinâmica*, colocando em evidência as propriedades qualitativas deste problema.

Poincaré mantém intensa produção teórica, dentre a qual se destaca, em 1895, a publicação de *Analysis Situs*, trabalho no qual fundamenta e sistematiza a topologia algébrica.

Em 1896, o matemático assume também a cátedra de Astronomia Matemática na Sorbonne, sucedendo Felix Tissérand. Em 1900, dois eventos marcam a sua história: o recebimento da medalha de ouro da Sociedade Astronômica Real de Londres e, em Paris, a presidência do Congresso Internacional de Matemáticos.

A partir de então, Poincaré passa a escrever alguns livros de teor filosófico, objetivando mostrar ao público a importância da popularização da ciência como um todo e em especial da matemática, tais como: *A*

Ciência e a Hipótese (1902), *O Valor da Ciência* (1905) e *Ciência e Método* (1908).

Em 1902 publica também o primeiro volume das *Lições de Mecânica Celeste* e recebe o prêmio Bolyai. No ano seguinte é eleito presidente da Academia de Ciências e em 1908 membro da Academia Francesa. Neste mesmo ano é convidado a pronunciar uma conferência em Roma, cujo título foi *Sobre o futuro da matemática*.

O ano de 1911 marca o recebimento de mais um importante prêmio, a *Bruce Medal* da Sociedade Astronômica do Pacífico, graças as suas contribuições à cosmologia. Em 1912 encerra sua vasta produção, constante de mais de 30 livros e inúmeros artigos, com seu último artigo tratando do problema dos 3 corpos, pois morre em Paris, em 17 de julho, aos 58 anos. Em sua homenagem, foi inaugurada nesta mesma cidade a *Rue Henri Poincaré* e a NASA nomeou recentemente uma das crateras da lua com o seu nome. Em sua cidade natal foi aberta, em 1970, a UHP: *Université Henri Poincaré.*

Em toda a sua obra filosófica Poincaré deixa entrever a questão da criação matemática, assunto do qual passaremos a tratar.

5.2 A Criação Matemática

Conforme Stewart (1996, p. 11), "vivemos em um universo de padrões. Todas as noites as estrelas se movem em círculos no céu. As estações se movem em intervalos anuais. Dois flocos de neve nunca são exatamente iguais, mas todos tem uma simetria hexagonal. A mente e a cultura humanas desenvolveram um sistema formal de pensamento para reconhecer, classificar e explorar padrões. Nós o chamamos de Matemática". Não obstante esta bela definição da matemática, convencionou-se vê-la como uma ciência imbatível, feita de verdades irrefutáveis, fornecedora de respostas a todas as questões a ela colocadas. Neste sentido, um dos principais focos de preconceito à interdisciplinaridade entre a matemática e a arte encontra-se, em nosso entender, justamente em se considerar a primeira extremamente objetiva e racional, enquanto a segunda, ao contrário, muito subjetiva e emocional. No entanto, Santomé configura a importância da recuperação de certas características mais emocionais para a interdisciplinaridade como um todo:

> Uma nova reconstrução mais interdisciplinar do pensamento também implica em recuperar dimensões que chegaram a ser satirizadas pelo forte domínio do positivismo, como a imaginação, a criatividade, a intuição, a incerteza, etc. Características humanas que, quando se revisa a bibliografia de grandes personalidades do mundo científico, sempre parecem decisivas (SANTOMÉ, 1998, p.67).

Portanto, a matemática para poder dialogar interdisciplinarmente com a arte precisa incorporar essas características emocionais. Como procuramos demonstrar nos capítulos 2 e 3, e exemplificar no capítulo 4, a arte tem as suas especificidades onde, em certa medida, cabem a objetividade e a racionalidade. E mais, ela é, de fato, uma forma de conhecimento. Em contrapartida, também vimos que a matemática, embora racional e objetiva, comporta características emocionais, manifestas no uso da intuição e da criatividade, o que a aproxima, de certo modo, à arte.

Neste ponto, discutimos uma outra questão de suma importância para o nosso assunto: o fato de que, a exemplo da criação artística, podemos naturalmente falar também de uma criação matemática.

A origem da matemática remonta à origem do próprio homem, já que este, em algum momento de sua evolução passou a necessitar de formas de contar o seu rebanho, medir os seus terrenos, predizer eventos naturais ou valorar produtos. Desta forma, uma pergunta tem feito parte das investigações de muitos pesquisadores: afinal, a matemática foi descoberta ou foi criada? Sem querer entrar no mérito desta ou daquela resposta, interessa-nos perceber que, se não toda, uma boa parte desta ciência existe graças a engenhosidade do cérebro humano. E, como já dito acima, pretendemos tratá-la como criação do homem, já que ela foi desenvolvida para responder as suas necessidades e preocupações.

Na sua gênese, a palavra criação refere-se ao ato de criar. E, como todo verbo, remete à uma atividade, a um invento, obra ou produção. Assim, a criação matemática consiste em dar existência mental aos objetos matemáticos, tese esta defendida pela escola intuicionista. De fato, como veremos na próxima seção, Poincaré dá muita ênfase à existência de uma invenção, uma criação matemática, calcada, sobretudo, na presença da intuição nesta ciência. No entanto, falar de "criação" matemática implica numa concepção da própria matemática não tanto como um produto, e mais como um processo, já que ela é "uma criação livre do pensamento" (PATY, 2001, p. 157).

É importante salientar que a filosofia ocupou-se do aspecto da criação relacionada com a imaginação primeiramente em relação às artes. No entanto, o advento da psicologia como área de conhecimento, no século XIX, propiciou o interesse pelos processos de pensamento em geral, e do pensamento científico em particular, levando a filosofia a também se interessar por este tema:

> No domínio do pensamento científico o tema da invenção, da "criação", surgiu de fato diretamente relacionado a todas as outras questões filosófica postas pela ciência enquanto "pensamento", atividade intelectual eminentemente racional, que tem sua sede, antes de qualquer comunicação ou juízo consensual, em inteligências singulares, subjetivas (PATY, 2001, p.158).

Assim, a filosofia tende a buscar

> a importância epistemológica dos processos do pensamento criador. Afinal de contas, é por meio de tais criações que os objetos do pensamento são postos, como representações do mundo, por mais provisórias que sejam, e

> é também por isso que a ciência existe. Parece claro, deste modo, que não bastam analisar as formas sob as quais ela é comunicada e ratificada, mas que também importa saber como os elementos do conhecimento surgem com a novidade daquilo que, até então inexistente, é, num certo momento, inventado e criado (PATY, 2001, p. 183).

Não pretendemos aqui dar conta de todos os aspectos que envolvem o ato de criar, seja matemático ou artístico. Pretendemos antes discutir em que medida ele está presente nos trabalhos de Poincaré, para então podermos apresentá-lo como um matemático de atitude interdisciplinar.

5.3 Poincaré e a Criação Matemática

Poincaré é considerado um dos gênios da matemática do início do século XX. Seus profundos conhecimentos em diversas áreas desta ciência levaram-no a realizar contribuições fundamentais em análise matemática, geometria, topologia e álgebra, entre outros. Contribuiu ainda com a astronomia, com a física e com a filosofia da ciência, em especial a filosofia da matemática. Neste campo e em conexão com a psicologia da matemática, tratou diretamente da questão da criação matemática.

Também já pontuamos o fato de que Poincaré dedicou-se a escrever livros de divulgação científica, livros estes que foram acessíveis a um grande número de pessoas em vários países. E foi justamente em uma dessas obras, *Ciência e Método*, de 1908, que o autor traz a público uma reflexão sobre o tema da criação matemática, num contagiante ensaio intitulado *A invenção matemática*.

Logo no começo deste texto, Poincaré afirma que o fato de que há pessoas que não entendem matemática deveria surpreender, já que esta ciência, a princípio, fundamenta-se apenas em regras lógicas aceitas pela mente humana. E mais, supondo a matemática pura lógica, uma cadeia de raciocínios sempre deveria levar ao acerto. No entanto, a prática, segundo o autor e como ainda vemos em nossas salas de aula, mostra o contrário. É grande o número de pessoas que erram "nas contas", que se perdem nesses raciocínios. E Poincaré nos dá a explicação para este fato: primeiramente, a matemática não é pura lógica, mas ela também é feita de intuição, de emoção, elementos estes participantes da criação matemática e que nem sempre são devidamente valorizados. E em segundo: embora a mente humana esteja preparada para fazer cálculos, para raciocinar linearmente, nem todos temos a capacidade de inventar, de criar. E é exatamente isto que faz a diferença entre quem entende e quem não entende realmente a matemática. É a diferença entre quem sabe e quem não sabe pensar matematicamente. Saliente-se, no entanto, que esta "capacidade de inventar" pode ser desenvolvida, aprendida, estimulada.

Neste sentido, Poincaré percebe a criação matemática não como uma forma de combinar elementos matemáticos já conhecidos, pois isso, segundo ele, qualquer pessoa poderia fazer. No entanto, haveria um número de combinações, dentre as quais a maioria não seriam de grande interesse. Criar, portanto, consiste em fazer combinações úteis, em discernir e escolher, graças a uma sensação, uma "intuição da ordem matemática que nos leva a adivinhar harmonias e relações escondidas" (POINCARÉ, 1944, p. 69). E assim, o matemático transmuta-se num artista da ciência, cuja palheta, repleta de teoremas, raciocínios, regras de dedução e axiomas, lhe permite pintar uma nova "tela", onde a composição destes e de outros elementos depende da intuição e da sensibilidade do matemático-artista, num jogo paradoxal, entre a razão e a emoção presentes na matemática. E o próprio Poincaré explica que:

> Pode causar assombro ver como se invoca a sensibilidade a propósito de demonstrações matemáticas que, segundo parece, só podem interessar a inteligência. Acreditar nisso seria duvidar do sentimento de beleza matemática, da harmonia dos números e das formas, da elegância geométrica. É o verdadeiro sentimento estético que todos os verdadeiros matemáticos conhecem. E isto é, por certo, sensibilidade. E quais são os entes matemáticos a que atribuímos esse caráter de beleza e de

> elegância, e que são capazes de desenvolver em nós uma espécie de emoção estética? São aqueles cujos elementos estão dispostos harmoniosamente, de modo que o espírito possa, sem esforço, abranger todo o conjunto sem descuidar dos detalhes. Esta harmonia é ao mesmo tempo uma satisfação para as nossas necessidades estéticas e um auxílio para a mente que a sustenta e a guia (POINCARÉ, 1944, p. 77).

Desta forma, Poincaré centra suas idéias a respeito da criação na matemática basicamente na utilização da intuição por parte dos matemáticos. Para ilustrar seu ponto de vista, o autor recorre a um exemplo pessoal. Conta-nos ele que, embora estivesse trabalhando com afinco num determinado problema de um certo tipo de funções (as funções fuchsianas) durante quinze dias, não conseguia chegar a nenhum resultado. Numa determinada noite, ao invés do sono, foram as idéias a respeito do seu problema que lhe "brotaram", idéias estas que na manhã seguinte foram devidamente testadas e comprovadas em apenas algumas horas. No entanto, ainda haviam lacunas a serem solucionadas. Nesta altura, Poincaré parte para uma excursão geológica, promovida pela Escola de Minas, que o faz esquecer momentaneamente de seus trabalhos matemáticos. No entanto, ao subir o primeiro degrau do ônibus, "uma súbita iluminação" lhe mostrou o resultado pretendido. E assim, ao retornar a Caen, com a mente descansada, ele pode sistematizar suas invenções, suas criações matemáticas e, por conseguinte, alcançar o resultado pretendido.

Assim, na análise que faz do processo de criação matemática, Poincaré demonstra, através de fatos ocorridos consigo, que o trabalho consciente e sistemático numerosas vezes esbarra em obstáculos intransponíveis. Mas num relance, nas mais improváveis situações, quando o matemático não estava sequer pensando no problema, uma idéia lhe ocorria e esta, depois de verificada, se apresentava como correta. Desta forma, o autor afirma a possibilidade de um trabalho inconsciente após um período de intenso trabalho consciente. Esta posição, de certa forma, também é defendida por Hadamard, para quem a atividade mental inconsciente não é fruto de mero acaso, mas depende de uma ação do consciente.

Essas e outras experiências, portanto subsidiaram as conclusões de Poicaré a respeito do papel de suma importância desempenhado pelo inconsciente, ou pelo eu subconsciente, como se refere o autor, na criação matemática:

> O eu inconsciente ou, como se diz, o eu subconsciente, desempenha um papel essencial na invenção matemática. Considera-se com muita freqüência o eu subconsciente como essencialmente automático. Mas como vimos, o trabalho matemático não é um simples trabalho mecânico, que se poderia confiar a uma máquina por mais perfeita que a imaginássemos. Não se trata somente de se aplicar regras, de elaborar o maior número de combinações possíveis segundo certas regras fixas. As combinações assim obtidas seriam muito numerosas, inúteis e embaraçosas. O verdadeiro trabalho do inventor consiste em escolher entre estas combinações, de modo que se eliminem aquelas que são inúteis, ou melhor, de modo a nem construí-las. E as regras que devem guiar esta seleção são extremamente finas e delicadas, sendo quase impossível enunciá-las em linguagem precisa; por outro lado, são mais fáceis senti-las do que formulá-las (POINCARÉ, 1944, p. 77).

Poincaré defende claramente a presença de algo a mais que a lógica na criação científica, pois, “a lógica inteiramente pura só nos levaria a tautologias; não poderia criar coisas novas; não é dela sozinha que se pode originar qualquer ciência” (POINCARÉ, 1995, p. 18). E esse algo a mais, na visão do autor, é a intuição, uma intuição que nasce não do nada, mas de conhecimentos prévios sobre o assunto considerado.

Para ele, a ciência matemática, embora lógica e rigorosa, depende da intuição criativa, pois:

> ao se tornar rigorosa, a ciência matemática assume um caráter artificial que surpreenderá a todos; esquece suas origens históricas; vê-se como as questões podem ser resolvidas, não se vê mais como e por que elas surgem. Isso nos mostra que a lógica não basta; que a ciência da demonstração não é a ciência inteira, e que a intuição deve conservar o seu papel como complemento, quase se poderia dizer como contrapeso ou como antídoto da lógica (POINCARÉ, 1995, p. 20).

Poincaré coloca explicitamente que "a intuição sensível[41] é, na matemática, o instrumento mais comum da invenção" (POINCARÉ, 1995, p. 15). Portanto, para o matemático, o elemento primordial na criação matemática refere-se justamente à presença de aspectos intuitivos nesta ciência, aspectos estes que "afetam a sensibilidade na direção da harmonia, da beleza matemática, essa sensibilidade estética correspondente na matemática às soluções oriundas da lei que se está procurando" (PATY, 2001, p. 179).

Nesta perspectiva, Poincaré distingue dois tipos de mentalidades matemáticas: a do analista, preocupada antes de tudo com a lógica; e a do geômetra, que se deixa guiar pela intuição. Para isto, faz um paralelo entre vários cientistas, dentre eles Joseph Louis François Bertrand (1822-1900) e Charles Hermite (1822-1901), dois matemáticos franceses e contemporâneos que, embora estudando na mesma escola e recebendo as mesmas influências, divergiam sobremaneira no modo de encarar e ensinar a matemática. Enquanto Hermite é compenetrado, procura dentro de si "a visão da verdade", agindo assim analiticamente, Bertrand é o geômetra que "desenha com um gesto a figura que estuda (...), vê e busca representar" (POINCARÉ, 1995, p. 14). O autor não deixa, contudo, de salientar que tanto os espíritos analistas quanto os geômetras são necessários para o avanço da ciência, cada um fazendo as contribuições que lhe são peculiares, pois "a análise e a síntese têm ambas um papel legítimo" (POINCARÉ, 1995, p. 15). E também pontua que esta classificação refere-se muito mais a uma atitude frente ao conhecimento matemático. Ou seja, há matemáticos que continuam analistas mesmo quando fazem geometria, e há os que continuam geômetras ao trabalhar com a análise pura.

[41] Poincaré faz uma distinção entre "intuição pura" e "intuição sensível". Para ele, a primeira relaciona-se à intuição do número puro, muito mais direcionada à análise. Já a intuição sensível é aquela que participa da criação matemática, estando, no entanto, sujeita a conhecimentos prévios do assunto, aproximando-se assim daquilo que chamamos, no capítulo 2, de intuição intelectual. Ainda na sua visão, a intuição matemática não precisa estar necessariamente apoiada no testemunho dos sentidos, pois, por exemplo, podemos "intuir" um poliedro com um número elevado de faces, sem contudo poder representá-lo.

Poincaré deixa entrever ainda uma questão bastante interessante: quando ele diz que Bertrand "vê e busca representar", atribuindo ainda outros adjetivos para qualificar os matemáticos intuitivos, tais como pessoas capazes de "pensar em imagens" e de "ver no espaço" (POINCARÉ, 1995, p. 15), ele de alguma forma trata da importância do pensamento visual na matemática, ponto este que, como vimos anteriormente, a aproxima sobremaneira do mundo das artes.

Poincaré percebe um aspecto particular da criação matemática, que diz respeito ao pensamento visual, e em conseqüência à linguagem visual. Para Paty (2003) "inventar é ver" (p. 175), e Poincaré ao classificar os matemáticos em duas categorias, analíticos e geômetras, entende que para aqueles que estão no segundo grupo, a possibilidade de um pensamento visual se faz amplamente presente.

> Os matemáticos de "espírito intuitivo" neste sentido se apóiam geralmente, em seu trabalho de análise, em imagens não somente geométricas, mas também físicas. Estas podem estimular a intuição (sensível) matemática, ajudando-a a encontrar a solução antes de ter os meios da demonstração, e a "ver de um só golpe o que a dedução pura não lhes mostraria senão sucessivamente". As "analogias físicas" permitem pressentir as verdades matemáticas que escapam ao rigor do raciocínio (...). É desta maneira "que são feitas quase todas as descobertas importantes" (PATY, 2001, p. 176).

Ou seja, como o artista, também o matemático necessita do apoio imagético para enunciar os seus teoremas e as suas provas, para imaginar o percurso das suas demonstrações. E eis aqui mais um ponto de contato que pode favorecer uma aproximação interdisciplinar entre estes dois profissionais.

Um exemplo de como a intuição, neste caso apoiada na percepção visual, pode preceder o resultado matemático, é o seguinte:

Dado o problema algébrico S = 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + ..., podemos intuir a sua solução representando-o geometricamente através da figura 33. A soma infinita, pela intuição, nos diz que deve coincidir com o comprimento total do segmento, que neste caso é 1. Veja-se que esta conclusão é um uso intuitivo da possibilidade de existência do infinito atual.

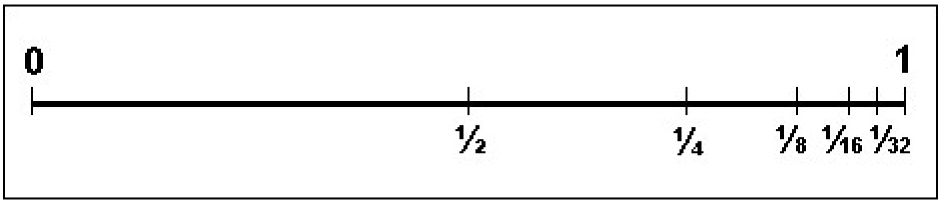


Figura 33: Resolução gráfica de um problema algébrico.

De acordo com Cifuentes (2003, p. 65), desde os gregos se diferencia dois tipos de infinito: o infinito potencial, que é aquele dos números naturais em sua gênese indutiva, um depois do outro, sem fim; e o infinito atual, que é acabado, apreendido como totalidade. Este infinito só pode ser aceito graças ao caráter de simplicidade que, como já discutido, é intrínseco na matemática. Apoiado em Kant, Cifuentes pode afirmar ainda que "o infinito é o nexo entre a matemática e a arte".

E voltando ao nosso exemplo, note-se que ele é uma forma concreta de mostrar o uso da intuição matemática que pode ser utilizado inclusive na escola, como forma de incentivar o gosto por esta ciência tida, tantas vezes, como dura e sem atrativos. É uma forma de começar a mostrar aos alunos o lado humano da matemática.

É interessante observar, ainda, que esse problema pode também ser resolvido através de um argumento analítico (usando a denominação de Poincaré). A soma infinita dada $S = 1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + ...$, pode ser reformulada para $S = 1/2 + (1/2)^2 + (1/2)^3 + (1/2)^4 + ...$, permitindo o seu cálculo mediante a fórmula conhecida da soma de uma progressão geométrica (P.G.) infinita, a qual é dada por: $r + r^2 + r^3 + r^4 + ... = 1/1-r$, que no caso de $r = 1/2$ resulta em 1.

Voltando ainda ao exemplo dado no item 3.2.1, percebemos que ele também pode ser calculado através de um raciocínio analítico, usando a mesma fórmula da P.G. Reparemos que nesse caso é necessária uma manipulação do tipo algébrico: $S = (1/2)^2 + (1/4)^2 + (1/8)^2 + \ldots$

$$= (1/2)^2 + (1/2^2)^2 + (1/2^3)^2 + \ldots$$

$$= (1/2^2) + (1/2^2)^2 + (1/2^2)^3 + \ldots$$

$$= 1/4 + (1/4)^2 + (1/4)^3 + \ldots$$

e aí temos uma P.G. Assim, temos que a soma exata só pode ser dada de forma algébrica, no entanto, o processo intuitivo, visto anteriormente, apesar de só nos permitir fazer aproximações, é uma boa forma de ajudar o raciocínio a encontrar os caminhos para a busca da solução. É a forma privilegiada, como bem evidencia Poincaré, de criar matemática!

5.4 A Interdisciplinaridade em Poincaré

Assim como acontece com Kandinsky, também não há registros exatos que dêem conta de que Poincaré usou a palavra "interdisciplinaridade". No entanto, através de sua vida e obra podemos perceber que, de alguma forma, ele agia interdisciplinarmente. Como já dito, a interdisciplinaridade pressupõe muito mais uma atitude diante do conhecimento, atitude essa que percebemos em Poincaré. E isto se dá basicamente, na forma como ele concebia a matemática como sendo uma ciência dependente da intuição, essa faculdade mental tão comumente associada as artes. Desta forma, mesmo sem que Poincaré o tenha verbalizado, podemos interpretar que ele deixou um caminho aberto para os diálogos interdisciplinares entre matemática e arte.

Encontramos um exemplo do pensamento matemático interdisciplinar em Poincaré no modo como ele concebia o chamado *princípio da indução completa* na teoria dos números. Esse princípio foi a base de grandes discussões entre Poincaré e Russell, já que para este seu significado era apenas lógico-matemático, enquanto para aquele ele não poderia ser reduzido à pura lógica, pois possuía uma componente intuitiva. Para Poincaré, o “salto ao infinito” no princípio da indução tem um caráter não-lógico.

A indução consiste num método de prova matemática utilizada para demonstrar um número infinito de proposições de uma só vez, provando que um determinado enunciado é válido para todos os números naturais. Esse método consiste de dois passos:

1 – Mostrar que o enunciado vale para n = 1;

2 – Mostrar que se o enunciado vale para n = k, então, também vale para n = k + 1.

Em decorrência desses dois passos conclui-se que ele vale para qualquer número.

Em outras palavras, busca-se provar a validade de um enunciado para um número inicial determinado, e em seguida procura-se a garantia de que o número seguinte de um dado número se comportará da mesma forma que aquele. Se ambas as coisas são comprovadas, então admite-se que todos os infinitos passos podem ser concluídos pela repetição desse processo. Um exemplo ilustrativo para se entender a indução é dado pelo chamado “efeito dominó”. Ao fazermos uma longa fila de dominós posicionados em pé, se pudermos assegurar que:

1 – O primeiro dominó cairá;

2 – Sempre que ao cair um dominó, ele empurrará o próximo;

então, pode-se concluir que todos os dominós cairão. O princípio da indução completa consiste em supor que esse “efeito” é válido para infinitos dominós.

Ora, num número finito de proposições podemos aplicar o segundo passo e verificar todo o processo até o final, afirmando assim que todos os dominós caem. O problema está em quando o número de dominós for infinito, o que nos impossibilita de ver o processo finalizado, e nos obriga a aceitar essa passagem para o infinito num impulso da intuição. Essa é a forma que Poincaré entende a indução completa em matemática, um processo fundamentado num aspecto de caráter emocional que é a intuição. Desta forma, percebemos que a interdisciplinaridade em Poincaré consiste justamente no fato de que ele procura conhecimentos, métodos e procedimentos de outras áreas para, numa integração com os conhecimentos matemáticos ditos rigorosos, gerar novos métodos de trabalho, chegando a conhecimentos que talvez não fossem possíveis sem essa integração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De tudo ficam três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A certeza de que precisamos continuar...

A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

Portanto, devemos:

Fazer da interrupção um caminho novo...

Da queda, um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro...

Fernando Pessoa

E chegamos ao final desta pesquisa! Ou deveríamos dizer, ao começo de novas, já que, se iniciamos esta com a intenção de buscar respostas a algumas questões, terminamos com outras já teimando em surgir em nossas mentes (e aqui estão incluídos a autora e seu orientador, bem como os leitores que, por certo, terão suas próprias dúvidas a serem respondidas). Mas, de qualquer forma, é necessário que coloquemos nossas considerações. Façamos isso através de uma retrospectiva dos assuntos e das idéias aqui tratados.

Tínhamos como objetivo principal refletir sobre a possibilidade de um diálogo interdisciplinar entre a matemática e a arte, dois campos de conhecimento tidos, comumente, como antagônicos. Para isso, no primeiro capítulo buscamos entender como o conhecimento se fragmentou ao longo de sua história, se especializou em virtude das exigências da modernidade, em especial industriais, e se disciplinarizou, graças, sobretudo, a filosofia positivista, que impôs metodologias rigorosas de pesquisa, bem como formas de legitimação do conhecimento apoiados em critérios científicos, e que culminaram com a criação de inúmeras disciplinas com fronteiras extremamente rígidas. Devido a isto, muitos corpos de conhecimento não conseguiram se enquadrar nestas condições e, em conseqüência, não puderam desfrutar do *status* de ciência, ou mesmo de uma forma de conhecimento legítima, já que seus objetos e métodos de estudo privilegiam outros processos mentais apoiados menos na lógica e na razão, e mais na intuição e na sensibilidade, caso este da arte.

Esses e outros fatos contribuíram para a necessidade de uma nova unidade deste conhecimento, e, conseqüentemente, de um processo interdisciplinar. No entanto, como bem alertam os estudiosos, entre eles Hilton Japiassu e Ivani Fazenda, existem vários obstáculos às práticas interdisciplinares, dentre os quais, destacamos o preconceito. Culturalmente imposto e difundido quando reproduzimos acriticamente conceitos e práticas, o preconceito pode se instaurar nas situações em que há conflitos de idéias e de métodos. Ora, se as práticas interdisciplinares pressupõem não só uma integração, mas antes uma interação, resultante da intercomunicação das disciplinas envolvidas, disciplinas estas já com seus paradigmas estabelecidos, é de se supor que haja a real possibilidade de surgirem preconceitos interdisciplinares. E isto é, talvez, mais fácil ainda de ocorrer entre a matemática e a arte, já que aquela é, comumente, colocada como racional, objetiva, científica, como já dito, e esta como emocional, subjetiva, não-científica.

Assim, partimos para o segundo capítulo onde, através de uma contextualização histórica, buscamos relacionar a presença da matemática na arte e vice-e-versa, ou seja, da arte na matemática. Concluímos que isso é de suma importância, pois uma primeira aproximação interdisciplinar entre essas áreas só pode se dar através do reconhecimento dos seus pontos comuns, dos contatos já travados ao longo da história, das suas afinidades. Neste sentido, percebemos que de diversas formas a matemática participa da arte, quer seja de forma consciente ou não, nos trabalhos de vários artistas, desde a antigüidade até os dias atuais. Um exemplo claro disso pode ser visto no Renascimento, período este em que a arte incorporou os conceitos matemáticos da perspectiva e da razão áurea, na busca pela perfeição estética tão almejada na época. Ou ainda, já no começo do séc. XX, em Cézanne, artista que buscava a geometria subjacente a natureza e que com isso influenciou quase todos os movimentos artísticos de vanguarda. Já pelo viés da matemática, percebemos que a arte nela presente se encontra no fato de que ela possui um lado não tão racional, mais voltado ao intuitivo. Após um rápido estudo sobre a razão e a intuição, pudemos traçar um paralelo entre a matemática e a arte, tendo como referência o neoclássico e o romântico artísticos, evidenciando assim também a existência dos seus equivalentes matemáticos. É a matemática neoclássica, formal, racional e objetiva, repleta de axiomas, teoremas, definições, demonstrações e deduções rigorosas, que convive com uma matemática romântica, mais emocional, intuitiva e subjetiva, apoiada na analogia, na indução, no pensamento plausível e no visual. É esta a face da matemática-arte.

Em seguida, no terceiro capítulo, discutimos o fato de que a arte, a exemplo da matemática, também é uma forma válida de se ascender ao conhecimento, embora de uma outra maneira. Ou seja, se a matemática pode ser enquadrada em um conhecimento mais intelectual, calcado na racionalidade, a arte busca compreender a realidade através da experiência sensível e do prazer estético. São formas diferentes, mas ambas legítimas, de *ascese* à verdade.

Outro ponto que abordamos ainda neste capítulo refere-se ao fato de que todo conhecimento para ser reconhecido como tal, precisa ser transmitido, necessitando assim de uma linguagem. No caso da arte, sua linguagem por excelência é a linguagem visual que, infelizmente, também pode não ser muito valorizada no meio científico, justamente por lhe faltarem os mecanismos de legitimação exigidos pelo positivismo. No entanto, e como pudemos aferir, existem estudiosos, entre eles Dondis e Arnheim, que procuram dar-lhe subsídios para sua validação, já que a influência da imagem no mundo atual é inegável. Em todos os setores do nosso cotidiano somos constantemente colocados em contato com toda sorte de estímulos imagéticos. Portanto, é natural que exista um tipo de pensamento matemático que possa ser expresso por meio de imagens. Assim, como mais uma forma de contato entre arte e matemática, percebemos que a presença do pensamento e da linguagem visual em ambos é mais um elo que se fecha em torno da possibilidade de diálogos interdisciplinares entre elas. A criação matemática depende da linguagem visual tanto quanto a criação artística!

E por fim, dedicamos os dois últimos capítulos a apresentar um artista e um matemático, respectivamente, que podemos considerar como detentores de um pensamento e de uma prática interdisciplinares: Kandinsky e Poincaré. Como já dito, não existe nos escritos de nenhum deles a palavra *interdisciplinaridade* (nem tão pouco pode-se afirmar que eles a conheciam, já que esta é uma palavra relativamente nova, não constando inclusive em muitos dos nossos dicionários). No entanto, é através de suas obras que podemos verificar que eles, de alguma forma, viveram, e com muita intensidade, a interdisciplinaridade.

Kandinsky foi pintor, músico, teatrólogo, escritor e professor, entre outros. Só aí já poderíamos entrever uma certa pré-disposição ao interdisciplinar implícita. No entanto, ele foi mais longe: como professor da *Bauhaus*, também compartilhou com esta escola a crença numa síntese entre todas as artes e entre estas e o artesanato e o *design*, em outra demonstração de atitude interdisciplinar. E mais, ele demonstrou, ainda que implicitamente, a interdisciplinaridade entre a arte e a matemática ao estabelecer, por exemplo, uma relação íntima entre a forma e a cor. Lembremos de suas palavras "um triângulo provoca uma emoção viva porque ele próprio é um ser vivo"[42] que tem suas qualidades ressaltadas por cores "agudas", como o amarelo. Kandinsky mostra com isso mais uma possibilidade da existência de uma matemática romântica, viva, humana.

Em Poincaré temos a conhecida personalidade do matemático universalista, que conhece, interage e interliga os diversos ramos da matemática. E isto também já nos soa interdisciplinar. No entanto, sua grande contribuição neste sentido encontra-se, em nosso entender, na forma como ele concebia a criação matemática, como fruto essencialmente da intuição, intuição esta que é subjacente a outras áreas do conhecimento, entre elas, e poderíamos dizer ainda, principalmente, nas artes.

Faz-se necessário que insistamos mais uma vez nessa questão da intuição matemática. Como procuramos demonstrar, essa intuição não se refere a algo místico, indefinível, que nasce de coisas inexplicáveis. Pelo contrário, a intuição aqui considerada pressupõe, em certa medida, algum tipo de experiência que se tem com o objeto considerado. Ou seja, é

[42]Extraído de uma citação colocada no item 4.1.

preciso que se tenha conhecimentos prévios, uma familiaridade com o objeto da intuição. Quanto maior a familiaridade que o sujeito tem com o objeto, mais intuitivo é o conhecimento que se tem com esse objeto. Para termos uma familiaridade com o conceito de polígono, por exemplo, é preciso ter experiência com vários polígonos concretos (quadrados, triângulos, hexágonos, etc.), que nos conduzem à idéia geral de polígono, apreendido então pela intuição.

Vejamos um exemplo prático e de fácil entendimento. A grande maioria já se deparou com o “desafio” de aprender a dirigir um automóvel. E quando iniciamos nessa aventura, possivelmente quem estava nos ensinando nos deu várias instruções: ligar a ignição, pisar ou soltar os pedais, engatar e trocar as marchas, olhar pelos retrovisores, dar sinal para a direita ou a esquerda ao mudar de direção, prestar atenção à sinalização, cuidar com os pedestres, etc. São tantas ações, sendo que muitas delas devem ser feitas simultaneamente, que muitas pessoas se desesperam, pensando não serem capazes de tal ato. No entanto, salvo algumas exceções, todos conseguimos aprender, e mais, com o tempo, com a experiência, cada ato que desempenhamos ao dirigir passa a ser automático, intuitivo, não apenas instintivo. É quase como se nossos pés e mãos ganhassem vida própria, uma certa autonomia.

E é assim que vemos a importância de se desenvolver a intuição matemática, especialmente nas crianças, para que estas possam se tornar adultos possuidores de um pensamento matemático autônomo, capazes de compreender e apreciar essa ciência que tem a sua estética própria. Acreditamos, portanto, que a matemática, pode e deve ser apresentada aos alunos como algo vivo, emocionante e colorido, capaz de despertar e manter a atenção em uma disciplina tida como “difícil” e “complicada”. E será que existe melhor forma de mostrar as cores da matemática se não através da arte?

Começamos este trabalho citando o protocolo textual. Este mesmo protocolo insiste que uma dissertação de mestrado deve indicar caminhos para novas pesquisas. Portanto, para concluir, vamos lá!

Como já dissemos, iniciamos com algumas questões e terminamos com outras tantas. Uma delas refere-se aos nossos próprios exemplos de personalidades interdisciplinares. Acreditamos que Kandinsky e Poincaré merecem um estudo mais aprofundado nesses termos. Também pensamos existir outros proeminentes nomes, tanto nas artes como na matemática, que possam subsidiar pesquisas interessantes: Leonardo da Vinci (interdisciplinar em tudo, e embora já existam alguns trabalhos sobre isso, pensamos que ainda há muito a ser estudado), Picasso, Einstein, Godël, e tantos outros.

Percebemos, também, que muitos dos assuntos aqui presentes foram tratados de forma não suficientemente aprofundada, merecendo, portanto, pesquisas mais esclarecedoras. Isto poderia se converter, por exemplo, numa pesquisa histórica da interdisciplinaridade entre as artes e as ciências em geral, e especificamente com a matemática. Ou ainda, um avanço na discussão da linguagem visual na matemática, pois entendemos que tudo que existe ainda está em fase inicial de estudos.

Outro trabalho interessante pode resultar de uma pesquisa empírica, fruto da implementação, em sala de aula, das questões aqui abordadas, bem como de outras, que remetam aos diálogos interdisciplinares entre a matemática e a arte.

Também nos ocorreu, mais recentemente, que um assunto interessante a se abordar é a relação do preconceito com a hermenêutica e como isso interfere nas relações interdisciplinares entre matemática e arte. Apoiada em Gadamer, Silva (2005, p. 4) afirma que a tradição, como um conjunto de preconceitos, orienta a interpretação. No entanto, ainda na visão da autora, essa interpretação precisa ser reconfigurada de um modo questionante, a fim de traduzir para o horizonte do presente o sentido das suas questões. E aí Silva nos dá o mote para uma bela pesquisa: ela afirma que a grande novidade da hermenêutica de Gadamer centra-se nos “conceitos de efeito histórico, preconceito, fusão de horizontes, diálogo e jogo” (SILVA, 2005, p. 5). Será mera coincidência a existência de praticamente todos esses conceitos também nas discussões sobre a interdisciplinaridade? Fica o convite para que alguém (ou nós próprios) se predisponha a responder.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Na mesma pedra se encontram,
Conforme o povo traduz
Quando se nasce – uma estrela,
Quando se morre – uma cruz.
Mas quantos que aqui repousam
Hão de emendar-nos assim:
“Ponham-me a cruz no princípio...
E a luz da estrela no fim!”
Mário Quintana

ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Mestre Jou, 1970.

ARGAN, Giulio Carlo. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

ARGAN, G e FAGIOLO, M. *Guia de História da Arte*. Lisboa, Editorial Estampa: 1992.

ARNHEIM, R. *El pensamiento visual*. Buenos Aires: EUDEBA, 1971.

ARNHEIM, R. *Intuição e intelecto na arte*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

ARNHEIM, R. *Arte e percepção visual: uma psicologia da visão criadora*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

ATALAY, Bulent. *A Matemática e a Mona Lisa: A Confluência da Arte Com a Ciência*. São Paulo: Mercuryo, 2007.

ÁVILA, G. *Objetivos do ensino da matemática*. Revista do Professor de Matemática. SBM, Nº 27, 1995.

Barbosa, Ana Mae (org). *Inquietações e mudanças no ensino da arte*. São Paulo: Cortez, 2003.

BARTH, Glauce Maris Pereira. *Arte e Matemática, subsídios para uma discussão interdisciplinar por meio das obras de M. C. Escher*. Dissertação de mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006

BECKS-MALORNY, Ulrike. *Kandinsky*. Köln: Taschen, 2003.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. (org) *Filosofia da educação matemática: concepções e movimentos*. Brasília: Editora Plano, 2003.

BOSI Alfredo. *O ser e o tempo da poesia*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

BOSI Alfredo. *Reflexões sobre a arte*. São Paulo: Ática: 2002.

BRASIL, Assis. *Dicionário do conhecimento estético*. São Paulo: Tecnoprint, 1984.

BRITO, Márcia Regina F. de. *Psicologia da educação matemática: teoria e pesquisa*. Florianópolis: Insular, 2001.

BRUTER, C. P. *Compreender as matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

CIFUENTES, José Carlos. Fundamentos estéticos da Matemática: da habilidade à sensibilidade. In: *Filosofia da educação matemática: concepções e movimentos* (M.A.V*.* Bicudo, Org.). Brasília: Editora Plano, 2003.

CIFUENTES, José Carlos. *Uma via estética de acesso ao conhecimento matemático*. In: Boletim GEPEM. Rio de Janeiro, n. 46, janeiro/junho 2005.

CIFUENTES, José Carlos, NEGRELLI, Leônia Gabardo e ESTEPHAN,Violeta Maria. *Apreciar la matemática x compreender la matemática: um debate didáctico.* Anais da XV Reunião da Didática da Matemática do Cone Sul. Santiago, 2000, CD Ron

CHIPP, H.B. *Teorias da Arte Moderna*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

CROCHIK, José Leon. *Preconceito, indivíduo e cultura.* São Paulo: Robe Editorial, 1995.

COSTA, Conceição. *Processo mentais associados ao pensamento matemático avançado: visualização.* Disponível em: www.spce.org.pt/sem/17conceicao-costa.pdf, acesso em 30/06/08.

DE MICHELI, Mario*. As vanguardas artísticas*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

DENIS, R.C. *Uma introdução à história do design*. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

DINIZ, Maria Lucia Vissotto Paiva. *Estereótipo na mídia: doxa ou ruptura.* http://webmail.faac.unesp.br/~mldiniz/publicacoes/artigo. Acesso em 17/02/2008.

DONDIS, Donis A. *Sintaxe da linguagem visual*. São Paulo: Martins Fontes: 2007.

DUVAL, Raymond. *Registros semióticos y aprendizajes intelectuales.* Universidade del Valle: Grupo de educação matemática, 2004.

EMMER, Michele. L*a perfección visible: matemática y arte*. Disponível em www.uoc.edu/artnodes/esp/art/emmer0505.html, acesso em 30/06/08.

EVES, H. Geometria. *Tópicos de História da Matemática para uso em sala de aula*. São Paulo: Atual Editora, 1997.

FALABELLA, Maria Luiza. *Da mimésis à abstração*. Rio de Janeiro: Elo, 1987.

FAINGUELERNT, Estela Kaufman e NUNES, Kátia R. Ashton. *Fazendo arte com a matemática*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FAINGUELERNT, Estela Kaufman. *Educação matemática: representação e construção em geometria*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

FAZENDA, Ivani C. *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia*. São Paulo: Loyola,1979.

FAZENDA, Ivani C. *Interdisciplinaridade: um projeto em parceria*. São Paulo: Loyola,1991.

FAZENDA, Ivani C. (org.). *Interdisciplinaridade na formação de professores: da teoria à prática.* Canoas: Ed. ULBRA, 2006.

FRÓIS, João Pedro (org). E*ducação estética e artística: abordagens transdisciplinares*. Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkian, 2000.

GARCIA, Francisco Luiz. *Introdução crítica ao conhecimento*. Campinas: Papirus, 1988.

GIOVANNI, CASTRUCCI E GIOVANNI JR. *A conquista da matemática*. São Paulo: FTD, 1998.

GRANGER, G. G. *Por um conhecimento filosófico*. Campinas: Papirus, 1989.

GUILLEN, Michael. *Pontes para o infinito: o lado humano das matemáticas*. Lisboa: Gradiva, 1998.

HARDY, G.H. *Em defesa de um matemático*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

HEIDEGGER, Martin. *A caminho da linguagem*. Petropólis: Vozes, 2003.

HERNÁNDEZ, Fernando. *Cultura visual, mudança educativa e projeto de trabalho.* São Pulo: Artemed, 2000.

HESSEN, JOHANNES. *Teoria do conhecimento.* São Paulo: Martins Fontes, 2003.

HUNTLEY, H. E. *A divina proporção: um ensaio sobre a beleza na matemática*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1985.

JANSON, H.W. e JANSON, A. *Iniciação à História da Arte*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago Editora: 1976.

JAPIASSU, Hilton; MARCONDES, Danilo. *Dicionário básico de filosofia*. Rio de Janeiro, Zahar, 1991.

JAPIASSU, Hilton. *O sonho transdisciplinar e as razões da filosofia*. Rio de Janeiro: Imago, 2006.

JOLY, Martine. *Introdução à análise da imagem*. São Paulo: Papirus. 1996.

JOLY, Larissa Fiedler. *Matemática e arte: um estudo de sequencias e progressões como modelo para a construção teórica da estética da matematica*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2002

JUNIOR, Jacintho Del Vecchio. *A filosofia de Henri Poincaré: a natureza do conhecimento científico e os paradoxos da teoria dos conjuntos*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de filosofia, 2005.

KANDINSKY, Wassily. *Curso da Bauhaus*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

__________ *Do espiritual na arte*. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

__________ *Olhar sobre o passado*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

__________ *Ponto e linha sobre plano*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

KLEIN, Robert. *A forma e o inteligível*. São paulo: Edusp, 1998. 1998.

KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LEITE, Carlos Antonio Brandão. *A formação do homem moderno vista através da arquitetura*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.

LE LIONNAIS, F. La belleza en matemáticas. In: *Las grandes corrientes del pensamiento matemático* (F. Le Lionnais, Org.), 2ª Ed. Buenos Aires: EUDEBA, 1965, pp. 464-494.

LICHTENSTEIN, Jacqueline (org). *A pintura – vol. 9 - O desenho e a cor*. São Paulo: Ed. 34, 2006.

LIBLIK, Ana Maria P. *Cultura científica e cultura humanística: uma possível mediação por meio da imagem*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2001.

MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Artes*. Brasília, 1997.

MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. Brasília, 1997.

MENEGHETTI, Renata C. G. *O conhecimento matemático em Kant.* In: *Filosofia da educação matemática: concepções e movimentos* (M.A.V. Bicudo, Org.). Brasília: Editora Plano, 2003, pp. 81-91.

NUNES, Benedito. *Introdução á filosofia da arte*. São Paulo: Ática, 2000.

NUNES, Kátia Regina A. *Um olhar matemático no mundo das artes: a arte do século XX como veículo de aprendizagem em geometria*. Dissertação de mestrado. USU, Rio de Janeiro, 2002.

O Livro da Arte. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

OSINSKY, Dulce. *Arte, história e ensino – uma trajetória*. São Paulo: ed. Cortez, 2001.

OSTROWER, Fayga. *A sensibilidade do intelecto*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

OMNÈS, R. *Filosofia da ciência contemporânea.* São Paulo: Ed. UNESP, 1995.

ORMEZZANO, Graziela. *Educacion estética: uma nueva cosmovision em la escuela.* In: Revista Espaço Pedagógico. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Educação, vol. 1. Passo Fundo: UPF, 1994.

OTTE, Michael. *O formal, o social e o subjetivo: uma introdução à filosofia e à didática da matemática.* São Paulo: Unesp, 1993.

PAREYSON, Luigi. *Os problemas da estética*. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

PAIS, Luiz Carlos. I*ntuição, experiência e teoria geométrica.* In: Revista Zetetiké: v. 4, n. 6, jul/dez 1996. Campinas.

PATTY, Michel. *A criação científica segundo Poincaré e Einstein.* Estudos Avançados: São Paulo, n° 41 (jan-abr.), 2001.

PEREIRA, M.D. *A expressão da natureza na obra de Paul Cézanne*. Rio de Janeiro: Sette Letras, 1998.

Pillar, Analice Dutra. *A educação do olhar no ensino da arte.* In: *Inquietações e mudanças no ensino da arte*. São Paulo: Cortez, 2003.

POINCARÉ, Henri. *O valor da ciência*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

POINCARÉ, Henri. *El legado de Henri Poincaré al siglo XX*. Organizado por PAPP, Desiderio. Buenos Aires: Editorial Losada, 1944.

POINCARÉ, Henri. *A ciência e a hipótese*. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1988.

POLYA, Georges. Matemáticas y razonamiento plausible. Madrid: Editorial Tecnos, 1966.

POLYA, Georges. *A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático*. Rio de Janeiro: Interciência,1986

READ, H. *A Educação pela arte*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

RODRIGUES, Fábio Della Paschoa. *Preconceito lingüístico e não-lingüístico na escola/livro didático*. http://www.unicamp.br/iel/site/alunos/publicacoes/textos/p00003.htm. Acesso em 17/02/2008.

RUSSELL, Bertrand. *Misticismo e lógica*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

SABBA, Claudia Geórgia. *Reencantando a Matemática por meio da Arte: o olhar humanístico-matemático de Leonardo Da Vinci*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. G*lobalização e interdisciplinaridade*. Porto Alegre: Artmed: 1998.

SAUSSURE, Ferdinand de. Curso de lingüística geral. São Paulo: Cultrix, 1972.

SCHMIDT, Christiane. *O artista e a leitura científica proposta de uma metodologia baseada na análise dos livros científicos da biblioteca pessoal de Vassili Kandinsky.* Cadernos de pós-graduação: Instituto de Artes/UNICAMP, 1999, an0 3, volume 3, n.2.

SILVA, Franklin Leopoldo e. *Bergson: intuição e discurso filosófico*. São Paulo: Loyola, 1994.

SILVA, Maria Luísa Portocarrero F. *Hermenêutica*. E-Dicionário de termos literários. 2005 (disponível em www2.fcsh.unl.pt/edtl, acesso em 30/06/08.

SOARES, Eliana M. do S. *Formalização e intuição no contexto do conhecimento, do ensino e da atuação social.* In: Revista Zetetiké, ano 3, n. 3/1995. Campinas.

SOMMERMAN, Américo. *A inter e a transdisciplinaridade. In*: FAZENDA, Ivani C. (org.). *Interdisciplinaridade na formação de professores: da teoria à prática.* Canoas: Ed. ULBRA, 2006, pp. 27-58.

SOMMERMAN, Américo. *Formação e transdisciplinaridade: uma pesquisa sobre as emergências formativas do CETRAN*. Dissertação de mestrado. Universidade Nova de Lisboa: 2003.

SORO, Roberto Doniez. *Visualizacion (ejercicios em pensamiento visual)*. Disponível em: www.uvm.cl/educacion/publicaciones/integra/Integras/Integra_01/03-Doniez.pdf – acesso em 30/06/08.

SORO, Roberto Doniez. *El secreto ruido de las demostraciones sin palabras*. Disponível em: www.uvm.cl/educacion/publicaciones/integra/integra-04.htm, acesso em 30/06/08.

STEWART, Ian. *Os números da natureza*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

SUBIRATS, Eduardo. *A flor e o cristal: ensaios sobre a arte e a arquitetura modernas*. São Paulo: Nobel, 1988.

TV Cultura*. Vídeos da série Arte e Matemática*.

WICK, Rainer. *Pedagogia da Bauhaus*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

ZAMBONI, Silvio. *A pesquisa em arte: um paralelo entre arte e ciência.* Campinas: Autores Associados, 2001.