

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO

A NOÇÃO DE CURVA DE NÍVEL NO MODELO TRIDIMENSIONAL

Sérgio Luiz Miranda

Orientadora: Profa. Dra. Rosângela Doin de Almeida

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Curso de Pós Graduação em Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Área de Concentração em Organização do Espaço - para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Rio Claro (SP)
2001

910.07 Miranda, Sérgio Luiz
M672n A noção de curva de nível no modelo tridimensional /
Sérgio Luiz Miranda. – Rio Claro : [s.n.], 2001.
f. 136 : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
Orientador: Rosângela Doin de Almeida

1. Geografia – Estudo e ensino. 2. Ensino-aprendizagem. 3.
Maquete. 4. Mapa. 5. Relevo. I. Título.

Comissão Examinadora

Prof.a Dr.a Rosângela Doin de Almeida (orientadora)

Prof.a Dr.a Elza Yasuko Passini

Prof. Dr. Miguel Sanchez

Rio Claro, 25 de maio de 2001.

Resultado: Aprovado. Nota: 10. Menção: “com distinção”.

O meu olhar é nítido como um girassol
Tenho o costume de andar pelas estradas
Olhando para a direita e para a esquerda,
E de vez em quando olhando para trás...
E o que vejo a cada momento
É aquilo que nunca antes eu tinha visto,
E eu sei dar por isso muito bem...
Sei ter o pasmo essencial
Que tem uma criança se, ao nascer,
Reparasse que nascera deveras...
Sinto-me nascido a cada momento
Para a eterna novidade do Mundo...

(Fernando Pessoa em O guardador de Rebanhos)

*À
Lauri,
à Sofia e
ao Cyro*

(com desculpas pela privação do tempo)

AGRADECIMENTOS

À professora Nilsa Aparecida Nogueira, que nos cedeu suas aulas para que realizássemos essa pesquisa, e aos alunos que participaram do trabalho.

À Direção da EEEF Prof. Délcio Báccaro, à equipe de professores e, especialmente, à Professora Célia, coord. pedagógica da escola, que apoiou nosso trabalho.

À Sueli Zutim e às meninas da Educação, Mônica e Simone, pela simpatia com que sempre nos atenderam.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

Nosso mais profundo agradecimento à Profa. Rosângela Doin de Almeida, pela orientação, dedicação, paciência, empurrões, compreensão, incentivo, puxões de orelha, compromisso e a seriedade alegre com que nos conduziu por esse caminho. Obrigado.

SUMÁRIO

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
ÍNDICE DE ANEXOS	III
RESUMO/ABSTRACT.....	IV
INTRODUÇÃO.....	01
1. ENSINO-APRENDIZAGEM DO MAPA E A REPRESENTAÇÃO DO RELEVO	02
2. A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO PELA CRIANÇA.....	22
3. A PESQUISA	98
4. DISCUSSÃO	107
5. CONCLUSÕES.....	121
BIBLIOGRAFIA	124
ANEXOS.....	130

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	01
1. ENSINO-APRENDIZAGEM DO MAPA E A REPRESENTAÇÃO DO RELEVO	02
1.1. A representação do relevo pela cartografia (breve histórico)	13
1.2. A hipsometria na perspectiva da semiologia gráfica	19
2. A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO PELA CRIANÇA	22
2.1. O desenho como representação espacial	50
2.2. A abordagem do desenho por Goodnow	56
2.2.1. A análise de padrões	58
2.2.2. A seqüência do desenho	68
2.2.3. Os equivalentes convencionais	72
2.3. A terceira dimensão no desenho infantil	83
3. A PESQUISA	98
3.1. A metodologia da pesquisa	100
4. DISCUSSÃO.....	107
5. CONCLUSÕES	121
BIBLIOGRAFIA	124
ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	- O relevo por formas de “dentes de serra” nos mapas antigos	13
Figura 2	- A representação do relevo por formas de “pão de açúcar”	14
Figura 3	- Sistema de hachuras de Lehmann	14
Figura 4	- Hachuras com iluminação oblíqua	15
Figura 5	- Curvas de nível empregadas com sombreado	16
Figura 6	- Esquema teórico das curvas de nível	17
Figura 7	- A evolução da reta projetiva	40
Figura 8	- As “três montanhas” do experimento clássico de Piaget	42
Figura 9	- As transformações “afins” do losango na “Tesoura de Nüremberg”	44
Figura 10	- Estádios do desenvolvimento da horizontal e da vertical	47
Figura 11	- Os tipos de transparências no desenho de “uma pessoa com casaco comprido”	69
Figura 12	- Desenhos do caminho casa-escola por crianças australianas	74
Figura 13	- Desenhos da “escola vista de cima”	78
Figura 14	- Desenhos mais avançados da “escola vista de cima”	78
Figura 15	- “Mistura de pontos de vista” e “desdobramentos” no desenho da escola	79
Figura 16	- Abandono da horizontal como equivalente único para o chão no desenho	79
Figura 17	- Traços da terceira dimensão no desenho de casas	90
Figura 18	- A terceira dimensão por sobreposição no desenho	91
Figura 19	- Efeito da dificuldade de inclinar linhas de base no desenho	93
Figura 20	- Localização da escola na topografia do bairro	102
Figura 21	- Trecho do córrego da Servidão na frente da escola	102
Figura 22	- Maquete do bairro e arredores.....	103
Figura 23	- Distribuição etária da classe	103
Figura 24	- Marcação de linhas em nível no terreno da escola.....	105
Figura 25	- Grupo estuda a projeção do relevo da maquete	106
Figura 26	- Exemplo de desenho mais avançado na primeira observação da maquete	108
Figura 27	- Linhas para fundo do vale e topos	108
Figura 28	- Primeiro desenho do aluno A	109
Figura 29	- Segundo desenho do aluno A	110
Figura 30	- Terceiro desenho do aluno A	110
Figura 31	- Primeiro desenho da aluna B	111
Figura 32	- Segundo desenho da aluna B	111
Figura 33	- Terceiro desenho da aluna B	112
Figura 34	- Primeiro desenho do aluno C	112
Figura 35	- Segundo desenho do aluno C	113
Figura 36	- Terceiro desenho do aluno C	113
Figura 37	- Desenho do Grupo 6	115
Figura 38	- Desenho do Grupo 1	117
Figura 39	- Desenho do Grupo 7	119

ÍNDICE DE ANEXOS

1 - Faixa etária esperada para alunos de 5.a série	130
2 - Planta do Bairro Inocoop e Arredores	131
3 - Esquema topográfico	132
4 - Perfil topográfico esquemático	133
5 - Procedimentos simples para marcação de curvas de nível no campo	134
5a - Carta topográfica simplificada do bairro e arredores	134
6 - Quadro Síntese das Atividades Realizadas	135
7 - Projeções do relevo da maquete pelos demais grupos	136

RESUMO

Este estudo apresenta uma investigação sobre procedimentos com modelos tridimensionais no ensino-aprendizagem do mapa de relevo. Na pesquisa realizada com alunos de uma classe de 5.a série do ensino fundamental de uma escola estadual da cidade de Rio Claro (SP), observou-se que um modelo tridimensional da área onde está situada a escola favorece o desenvolvimento de formas mais avançadas de representação gráfica do relevo pelos alunos e pode originar a noção de curvas de nível. O estudo tem como base a teoria de Jean Piaget sobre a representação do espaço pela criança e a evolução do desenho infantil.

Palavras chave: ensino, aprendizagem, mapa, relevo, maquete.

ABSTRACT

This study presents an investigation on procedures with three-dimensional models in the teaching-learning of the relief map. In the research accomplished with students of a class of 5th series of the Fundamental Teaching of a state school placed in Rio Claro city (SP), it was observed that a three-dimensional model of the area , favors the development in ways more assaults of graphic representation of the relief for the students and it can originate the notion of level curves. The study is based on the Jean Piaget's theory about the representation of the space for the child and the evolution of the infantile drawing.

Key Words: teaching-learning, map, relief, three-dimensional models.

INTRODUÇÃO

Como professor, iniciamos esse trabalho com a intenção de contribuir com o aperfeiçoamento do ensino-aprendizagem do mapa de relevo. Durante nossas aulas para classes de 5.a a 8.a séries do ensino fundamental, percebemos a dificuldade dos alunos para compreender os mapas hipsométricos que ilustram ricamente os atlas, livros didáticos e as paredes da sala. Nas atividades cartográficas com os mapas hipsométricos, a maioria dos alunos não conseguia visualizar a morfologia representada, e ficava restrita a um nível elementar de leitura, limitado às faixas de altitudes. Isso nos colocava a pensar sobre o que havia de tão difícil nesses mapas e como poderíamos ajudar os alunos a compreendê-los. Daí, partimos para a literatura sobre o ensino-aprendizagem do mapa. Nos demos conta, então, da escassez de estudos sobre a representação do relevo por crianças.

Começamos pensando em uma pesquisa sobre o mapa hipsométrico em razão do seu uso praticamente exclusivo para representar o relevo nos materiais didáticos. Aprendemos que esse não seria o melhor caminho, pois aí reside a origem da dificuldade dos alunos: o processo de ensino-aprendizagem dos mapas hipsométricos precisaria começar antes, pela sua base, que é a carta topográfica. Isso nos colocava a necessidade de ampliar nosso estudo para alcançar a origem da dificuldade, as curvas de nível, aumentando o caminho a ser percorrido até a hipsometria. Quando começamos a definir nosso projeto de pesquisa, a idéia era garantir procedimentos que possibilitassem ao aluno compreender desde os conceitos relativos ao relevo, às curvas de nível e ao mapa hipsométrico. Chegamos ao final desse trabalho aprendendo que em pesquisa se caminha passo a passo.

Realizamos um experimento em sala de aula, com alunos de 5.a série do Ensino Fundamental, para verificar se um modelo tridimensional favorece a representação plana do relevo pelos alunos. Os dados da pesquisa foram registrados através de anotações de campo, videografia, entrevista e produções gráficas dos alunos. A maior parte dos dados registrados por videografia e pelas entrevistas, constitui um rico material para análise, o qual estamos reservando para um trabalho posterior. A análise qualitativa dos desenhos produzidos pelos alunos nos mostrou uma mudança significativa na representação do relevo na perspectiva vertical, o que podemos atribuir aos procedimentos de ensino-aprendizagem com modelos tridimensionais.

1. ENSINO-APRENDIZAGEM DO MAPA E A REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

O mapa (ou a carta, a planta) é um instrumento fundamental para pensar, decidir, planejar e agir racionalmente sobre o espaço, sobretudo quando a escala ultrapassa a dimensão do lugar imediato, do lugar de vida do sujeito e, o mapa, então, possibilita pensar o espaço ausente, distante, desconhecido empiricamente. A evolução tecnológica possibilitou o desenvolvimento de novas formas de se registrar informações espaciais, como as fotografias aéreas e as imagens de satélite. No entanto, essas novas técnicas, que têm suas vantagens e aplicações específicas de grande importância nos dias de hoje, não possuem a seletividade do mapa e, em vez de substituí-lo, contribuíram para seu aperfeiçoamento, possibilitando maior grau de precisão dos documentos cartográficos.

Embasada nos estudos de Vigotski¹ sobre as origens sociais da memória indireta (mediada por símbolos), ALMEIDA (1994:9-10) situa a origem histórica do mapa na necessidade do homem de superar os limites da sua capacidade biológica de memória para ampliar os registros de informações espaciais, o que lhe permitiu agir também sobre um espaço ausente. Com isso, nas palavras da autora:

O aparecimento do mapa, de forma semelhante ao que ocorreu com as primeiras formas de escrita, alterou **qualitativamente** o poder do homem para dominar o espaço e interferir sobre o mesmo. Pensarmos sobre o espaço é, portanto, pensarmos sobre sua representação. Conhecermos a cidade, o meio rural, a produção, circulação, etc., implica em dominarmos as formas de representá-los. Isso não só para o estudioso, mas também, em grau menos sofisticado, para o cidadão comum.

O papel estratégico dos mapas como fonte de poder para o domínio sobre o espaço é enfatizado e amplamente discutido por LACOSTE (1989), segundo o qual, a “geografia dos professores” negligencia a importância do mapa, usando-o apenas como ilustração e em escalas muito reduzidas, nas quais o espaço imediato não pode ser apreendido.

¹ VIGOTSKI, L.S. (1988). A formação social da mente. Trad. José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche. São Paulo, Martins Fontes. (Coleção Psicologia e Pedagogia - Nova Série).

De acordo com as idéias de Jean Piaget, o espaço imediato deve ser o ponto de partida no ensino-aprendizagem do mapa para se adequar os procedimentos de ensino ao desenvolvimento mental da criança.

Entendemos que, além do aspecto cognitivo, a abordagem do espaço local no ensino-aprendizagem do mapa se coloca também como necessidade de uma Geografia voltada para o exercício da gestão cidadã do território que é o objeto concreto das necessidades e ações mais imediatas dos sujeitos. Sendo a ação mais racional sobre o espaço mediada pela sua representação, o ensino de Geografia que trata apenas do espaço em escalas regionais e continentais aniquila o lugar de vida, reduzindo-o a um ponto de localização e negando ao cidadão o direito e o poder de pensar, agir e decidir sobre o seu espaço. Deve-se considerar ainda que a abordagem do espaço vivido no ensino do mapa não pode prescindir de uma análise da realidade mapeada, conforme nos lembra PAGANELLI²:

Uma educação geográfica - cartografia infantil sobre os lugares, necessitaria, metodologicamente, após as abstrações e as reduções realizadas em relação ao espaço e à vida, restitui-las a estes mesmos espaços, sob pena de tornar-se o primeiro instrumento de alienação (quando substituem as representações pela realidade) e de dominação de alguns ao utilizarem tais abstrações reduções, mesmo na rusticidade dos traços infantis, indígenas, camponeses ou de trabalhadores adultos (ANAIS, 1995: 51).

O domínio da linguagem cartográfica no currículo escolar é atribuição da Geografia e a sua importância/necessidade aparece na Proposta Curricular do Estado de São Paulo para essa disciplina:

A territorialidade implica a localização, a orientação e a representação dos dados sócio-econômicos e naturais, que contribuem para a compreensão da totalidade do espaço. A construção da base territorial pressupõe a necessidade de conhecimentos desenvolvidos, incorporados ao longo do processo de trabalho, isto é, conhecimentos necessários para a apropriação da natureza. Localização/orientação e

² PAGANELLI, Tomoko I.: “Da representação do espaço ao espaço da representação” (p. 47-52).

representação são, portanto, conhecimentos/habilidades integrantes do processo de trabalho e são utilizados de forma diferenciada, já que o trabalho também é diferenciado de acordo com a organização da sociedade (São Paulo, 1988:19).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o ensino de Geografia destaca o *lugar* como categoria de análise geográfica e, no terceiro ciclo da Ensino Fundamental, compreendido pelas 5.a e 6.a séries, inclui o Eixo Temático “A Cartografia como Instrumento na Aproximação dos Lugares e do Mundo” (Brasil, 1998:76), afirmando:

Para a Geografia, além das informações e análises que se podem obter por meio dos textos em que se usa a linguagem verbal, escrita ou oral, torna-se necessário, também, que essas informações se apresentem espacializadas com localizações e extensões precisas e que possam ser feitas por meio da linguagem gráfica/cartográfica. É fundamental, sob o prisma metodológico, que se estabeleçam as relações entre os fenômenos, sejam eles naturais ou sociais, com suas espacialidades definidas.

A cartografia – linguagem dos mapas, cartas, plantas – e o grafismo – linguagem dos croquis, desenhos, esboços traçados no papel – situam-se entre os objetivos definidos pelos PCNs para o ensino na área de Geografia e para o Ensino Fundamental (1.a a 8.a séries), período em que, ao final, os alunos, além de outras capacidades adquiridas na escola, possam alcançar os seguintes objetivos:

a) Objetivos do Ensino Fundamental

- Utilizar as diferentes linguagens - verbal, musical, matemática, gráfica, plástica e corporal - como meio para produzir, expressar e comunicar suas idéias, interpretar e usufruir das produções culturais, em contextos públicos e privados, atendendo a diferentes intenções e situações de comunicação;
- Saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos;

b) Objetivos Gerais da Área

- Conhecer e saber utilizar procedimentos de pesquisa da Geografia para compreender a paisagem, o território e o lugar, seus processos de construção, identificando suas relações, problemas e contradições;

- Orientá-los a compreender a importância das diferentes linguagens na leitura da paisagem, desde as imagens, música e literatura de dados e de documentos de diferentes fontes de informação, de modo que interprete, analise e relacione informações sobre o espaço;
- Saber utilizar a linguagem gráfica para obter informações e representar a espacialidade dos fenômenos geográficos.

Da Proposta Curricular do Estado de São Paulo, do final da década de 80, para os PCNs, dez anos depois, observa-se um avanço considerável na definição mais clara da importância do papel da cartografia para o ensino de Geografia e sua consideração não mais apenas como uma técnica ou um instrumento – o que ela efetivamente não deixa de ser – mas como uma linguagem própria e com implicações metodológicas na abordagem do espaço geográfico. Poderíamos dizer que houve uma mudança do olhar da Geografia sobre a cartografia na escola, o primeiro passo para a mudança em curso na metodologia de ensino. Esse avanço se deve, sem dúvida, ao conhecimento em educação cartográfica que começou a tomar corpo no Brasil nas últimas décadas. Desde que OLIVEIRA (1978), em um trabalho precursor no país, colocou que a Geografia escolar ensinava pelo mapa, mas não ensinava o mapa, uma série de estudos igualmente importantes sobre o desenvolvimento de noções espaciais, habilidades e conceitos cartográficos pelas crianças foram realizados por diferentes pesquisadores brasileiros³ (ANAIS, 1995:2-5). O resultado é o número crescente tanto de professores que buscam o “como ensinar” o mapa, quanto de pesquisadores que procuram respostas às inúmeras questões que são colocadas pelo conhecimento em uma área que é recente não só no Brasil.

Em artigo fundamentado em uma vasta bibliografia produzida em outros países sobre o tema cartografia e crianças, VASCONCELLOS & ANDERSON⁴ afirmam que “a literatura não fornece a orientação necessária para o treinamento dos indivíduos (professores e demais interessados) que ensinarão as crianças, desenvolvendo diferentes habilidades e promovendo a compreensão geográfica” (ANAIS, 1995:84). Considerando o papel crescente dos mapas na apresentação das informações espaciais, diante da maior importância dada pelas nações a questões geopolíticas, econômicas e ambientais, as autoras discutem o conhecimento já acumulado em educação cartográfica e apresentam uma série de questões que ainda precisam ser tratadas por pesquisas. Dentre essas questões, destacamos aquelas que julgamos

³ As contribuições dessas pesquisas ainda aparecem em poucas publicações didáticas específicas para cartografia, destacando-se as coleções de FERREIRA & MARTINELLI (1992); SIMIELLI (1993); e ALMEIDA, SANCHEZ & PICARELLI (1996).

⁴ VASCONCELLOS, R. & ANDERSON, J.: “Mapas para e por crianças: possíveis contribuições dos cartógrafos” (p. 81-90).

estarem diretamente relacionadas a este nosso trabalho: a identificação, hierarquização e integração de conceitos básicos adequados aos diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo, experiência com linguagem gráfica, conhecimento geográfico e cultura; estruturação de atividades, exercícios e estratégias apropriadas para introduzir e rever tais conceitos de forma significativa; a criação de testes e métodos de avaliação. Em suas conclusões, Anderson e Vasconcellos destacam a importância das pesquisas em ensino-aprendizagem dos mapas da seguinte forma:

Relativamente pouco é conhecido sobre a necessidade e habilidades deste grande grupo de usuários que são as crianças. São necessárias pesquisas em muitos aspectos da produção de mapas, da educação cartográfica e do treinamento necessário, se as habilidades cartográficas devem ser aprimoradas para as futuras gerações de produtores e usuários de mapas (p. 89).

Se os estudos realizados até o momento, mesmo que tragam contribuições valiosas, ainda não respondem a todas as necessidades de uma educação cartográfica sistemática e eficiente, as questões relativas à representação da terceira dimensão no plano são as que menos encontram respostas no conhecimento atual dessa área. A maioria dos trabalhos realizados sobre ensino-aprendizagem do mapa tem privilegiado o componente planimétrico da cartografia, enquanto que estão mal começando as investigações sobre as implicações didático-pedagógicas da representação da altimetria, o segundo componente do conteúdo do mapa, sem o qual não se completa a informação da área mapeada (BOCHICCHIO, 1989).

Sem o conhecimento do mapa de relevo, o aluno estará limitado para o estudo de questões que integram o programa curricular de Geografia na escola, tais como: a delimitação de bacias hidrográficas relacionada à exploração hidrelétrica, transporte fluvial, conservação e uso dos recursos hídricos; ocorrência de recursos minerais; situações de riscos ambientais como erosão, deslizamentos de encostas, assoreamento e inundações; adequação dos tipos de uso rural e urbano do solo; a relação entre processos e elementos naturais como relevo, clima, vegetação e hidrografia na formação das paisagens.

No I Colóquio Cartografia para Crianças nenhum dos 17 trabalhos e resumos apresentados trata da representação da altimetria (ANAIS, 1995). No II Colóquio (ANAIS, 1997), dos 22 trabalhos apresentados nas sessões de comunicações, 4 (18%) se referem às

representações do relevo. Dois desses trabalhos⁵ são relatos de experiência didática na disciplina Cartografia do curso de graduação de Geografia da Unesp de Rio Claro, envolvendo a construção de uma maquete do município a partir das cartas topográficas do IBGE na escala 1:50000, observações de campo e a geração de modelos tridimensionais em SIGs (Sistemas de Informação Geográfica). Outro trabalho trata da aplicação de recursos computacionais em multimídia a uma carta topográfica⁶ do IBGE na escala 1:50000.

O quarto trabalho⁷ é sobre como os alunos de uma 3.a série do ensino fundamental percebem as informações de natureza econômica, político-administrativa e física (o relevo), de níveis ordenado e seletivo, apresentadas em mapas elaborados com variáveis visuais de cor, valor e forma. Na pesquisa foram utilizados 8 mapas do município, dos quais, 4 representavam o relevo, sendo 3 com a variável visual de valor e 1 pictórico (formas do relevo). Verificou-se que o relevo é mais reconhecido pelas crianças na representação por formas pictóricas. A autora chama a atenção para a necessidade de se trabalhar em aula o mapa do município, desconhecido inclusive pelos professores. Esse estudo traz uma contribuição importante para se definir que tipo de mapa deve ser usado quando se deseja que a criança reconheça de pronto o relevo representado pela forma como ela o percebe naturalmente. Se o mapa pictórico talvez deva ser mesmo o mais adequado para representar o relevo – por exemplo, em um atlas – para as crianças menores, ele talvez seja o melhor ponto de partida, mas está bem distante do modo como a cartografia sistemática representa o relevo nos mapas.

No III “Colóquio Cartografia para Crianças” (ANAIS, 1999), de um total de 19 trabalhos enviados, a representação do relevo em situações de ensino-aprendizagem aparece em 5 (26%) deles. No primeiro⁸, foi confeccionado um modelo tridimensional de uma bacia hidrográfica “... com o propósito de realizar uma análise integrada da paisagem, através do processo de elaboração da maquete da Bacia do Corumbataí.” Não há informações sobre como foi empregada a maquete com os alunos do ensino fundamental e do ensino médio, mas apenas justifica seu uso em um projeto de Educação Ambiental: “... a realização da maquete

⁵ MARTINS, J. S.; ARAÚJO, A. A. & CORTES, S. J. “Procedimento técnico para elaboração de maquete” (pp 76-78) e LOMBARDO, M. a. & CASTRO, J. F. M. “O uso de maquete com recurso didático” (p. 81-3).

⁶ CASTRO, J. F. M. & MAGALHÃES, M. G. M.. “Apresentação de uma carta topográfica utilizando recursos de multimídia” (p. 73-6).

⁷ LOPES, M. D. da Silva. “A percepção cartográfica dos alunos da 3.a Série” (pp 95-8).

⁸ MARTINS, J. S. & LOMBARDO, M. A.. “Elaboração de maquete como subsídio didático na análise Integrada da paisagem” (p. 31-2).

visa transformar o método de ensino, ou seja, ensinar de maneira prática e descontraída alguns conceitos da disciplina geográfica, e igualmente questões ambientais.” O segundo trabalho foi apresentado por nós⁹, quando relatamos este estudo, a título de pesquisa em andamento, anterior à análise dos dados coletados.

A abordagem teórico-metodológica no ensino-aprendizagem da representação do relevo é enfocada com pertinência no terceiro trabalho¹⁰, afirmando que o conceito de relevo é complexo para alunos do ensino fundamental, que precisam percebê-lo em suas ações no lugar de vivência para concebê-lo por imagem ou por representação gráfica. A questão fundamental para o processo de ensino-aprendizagem, a de saber como se aprende para saber como ensinar, é colocada em relação ao relevo nos seguintes termos pelo autor: “O conceito de *relevo*, não atingirá plenamente suas finalidades no entender o espaço geográfico, e dificilmente será usado em toda a sua extensão, a não ser que, antes, se responda à questão de como se processa a apreensão desse conceito e quais os caminhos mais adequados para a criança percorrê-lo”. Para responder essa questão, como já foi exposto, precisamos percorrer ainda um longo caminho no conhecimento em educação cartográfica, e daí a importância de colocá-la sistematicamente para a reflexão.

Os dois últimos trabalhos também se referem ao uso didático de maquetes do relevo. Em um deles, o modelo tridimensional também está inserido em um projeto de educação ambiental relacionado a uma bacia hidrográfica¹¹. O último trabalho relata um minicurso em que foram construídas maquetes de relevo em escalas diferentes (1:100 000 e 1:5 000)¹², cujo processo de construção, segundo os autores, “...ajudou o aluno na passagem do nível abstrato para o concreto, sanando, assim, muitas dificuldades encontradas na percepção da realidade por meio de outros produtos cartográficos, por vezes utilizados” (grifo nosso). Essa idéia é fundamentada em um artigo citado (SIMIELLI et al., 1992), no qual se descreve o processo de construção do modelo tridimensional a partir das curvas de nível de uma base cartográfica. No referido artigo, a maquete tem a vantagem da possibilidade de visualizar o conjunto do relevo em um modelo reduzido e simplificado, acrescentando que:

⁹ MIRANDA, S. L.. “Ensino-aprendizagem do mapa de relevo: uma investigação sobre procedimentos com modelo tridimensional” (p. 32-34).

¹⁰ SANTOS, Clézio. “A cartografia do relevo na escola fundamental: trabalhando imagem e representação gráfica” (p. 42-3).

¹¹ SILVA, J. A. de & MENEGUETTE, A. A. C.. “Maquetes geográficas e abordagem ambiental” (p. 45-6).

¹² SANTIL, F. L. de P.; QUEIROZ, D. R. E. & SANTIL, R. A. de C.. “A construção de maquetes de relevo para professores do ensino fundamental” (p. 55-6).

Esta noção de altitude nem sempre é apreendida nos mapas onde o relevo é apresentado pela hipsometria e/ou curvas de nível, em decorrência do fato de que nas séries iniciais do 1.^o grau os alunos ainda apresentarem-se com um nível de abstração em desenvolvimento, incipientes para compreender a representação de elementos tridimensionais em superfícies planas (mapas). A maquete aparece então como o processo de restituição do ‘concreto’ (relevo) a partir de uma ‘abstração’ (curva de nível), centrando-se aí sua real utilidade, complementada com os diversos usos a partir deste modelo concreto trabalhado pelos alunos (SIMIELLI et al., 1992:6) (grifos nossos).

Percebe-se pelos trabalhos apresentados nos três “Colóquios Cartografia para Crianças” que o uso de maquetes se destaca nos estudos sobre o relevo. Contudo, nota-se que, na maioria desses trabalhos, falta uma definição sobre como usar os modelos tridimensionais no processo de ensino-aprendizagem da representação plana do relevo pela cartografia, o que é feito pelas curvas de nível ou pelas cores hipsométricas. Esse último tipo de mapa (hipsométrico) é usado quase de forma exclusiva nas publicações didáticas (livros, atlas, mapas murais), que raramente fazem alguma referência sobre as curvas de nível, o que se pode facilmente comprovar observando algumas das coleções de livros didáticos mais conhecidas e adotadas nas escolas.

Por outro lado, nota-se uma incoerência de fundo teórico-metodológico na idéia do modelo tridimensional como ponto de chegada do processo de ensino-aprendizagem do mapa, o qual, contraditoriamente, é colocado como ponto de partida. E essa idéia é apresentada com referência ao nível de capacidade de abstração da criança, residindo justamente aí sua grande incoerência. A proposta segue a ordem lógica da construção do modelo em questão (bidimensional → tridimensional; curvas de nível → maquete; abstrato → concreto), mas está na contramão da ordem psicológica da construção do conhecimento pela criança que é: concreto → abstrato, como demonstraram os estudos psicogenéticos de Jean Piaget, o que abordaremos logo mais. Entendemos que esse seja hoje o grande equívoco em relação ao uso de maquetes no processo de ensino-aprendizagem do mapa e que, para ser resolvido, precisa ser colocado à luz da psicologia da criança na representação do espaço. Não há como o aluno construir a maquete (reconstituir a tridimensionalidade do relevo) sem conhecer curva de nível, a qual é, também, a base para se definir as faixas hipsométricas.

A maquete deve então ser um procedimento didático para a passagem do tridimensional para o bidimensional, do concreto ao abstrato – e não o contrário – para que o ensino seja adequado ao modo como a criança aprende. Por outro lado, como no caso dos mapas pictóricos, nada impede que se use a maquete quando a questão é contornar as dificuldades próprias dos mapas convencionais, mas não se pode perder de vista que são esses mapas convencionais que a criança precisa aprender e dominar sua linguagem.

Em sua “Proposta Metodológica para a Compreensão de Mapas Geográficos”, ALMEIDA (1994) apresenta as vantagens da maquete para se chegar ao mapa pela “*maîtrise*” (domínio, destreza) sobre o espaço:

- a) Contorna a dificuldade da representação plana da terceira dimensão;
- b) Permite ver o todo e refletir sobre ele através de um modelo reduzido;
- c) Não exige compreensão de relações matemáticas de medida para entender que se trata de uma redução (uma miniatura);
- d) Há, mesmo na forma tridimensional que se aproxima do real, uma eleição de símbolos para representar os objetos e uma seleção do mesmos, resultando em um certo grau de generalização, que é aspecto fundamental da cartografia;
- e) Projeta o sujeito para fora do contexto espacial no qual está inserido, permitindo-lhe primeiro estabelecer relações espaciais entre a posição do seu corpo e os elementos da maquete; depois, com seu deslocamento em torno da maquete, assume perspectivas diferentes e é forçado a se descentrar para estabelecer relações espaciais entre os elementos na maquete e não mais em relação ao próprio corpo.

A proposta de Almeida, fundamentada principalmente nos estudos de Jean Piaget, constitui-se em um conjunto de atividades seqüenciadas cujo desenvolvimento em situações de ensino-aprendizagem visam a elaboração pelo aluno de conhecimentos relativos à representação do espaço e baseia-se em quatro princípios, que transcrevemos abaixo:

1. “A representação do espaço deve, inicialmente, decorrer de uma reflexão sobre o mesmo, através da qual o educando pondere as relações entre os elementos espaciais e defina pontos de referência.

2. Os modelos tridimensionais devem servir de ponte para a representação no plano; serão o ponto de partida nos primeiros procedimentos e darão lugar, progressivamente, a formas de representação gráfica que lhes correspondem.
3. As atividades devem ser problematizadas, levando o aluno a buscar soluções operacionais que envolvam relações espaciais, à semelhança das questões com que, historicamente, a cartografia tem-se deparado.
4. O aluno deve ter, pois, oportunidade de operacionalizar, pessoalmente, os referenciais espaciais, aplicando-os em situações concretas que exijam sua iniciativa” (p. 88).

As atividades de ensino-aprendizagem do mapa são divididas na proposta de Almeida em três fases. A primeira delas trata-se da iniciação cartográfica cujas atividades objetivam o desenvolvimento de noções relativas aos aspectos fundamentais de um mapa base (orientação, localização, proporção, projeção e simbologia), a partir dos referenciais do esquema corporal e da maquete da sala de aula, chegando à planta da sala com redução proporcional (medida com barbante). Na segunda fase, as noções trabalhadas antes são aplicadas às representações bidimensionais de pequenas áreas conhecidas e percorridas pelos alunos (escola, trajeto casa-escola) e à maquete de uma vila imaginária e são introduzidas as atividades relativas aos referenciais geográficos de localização e orientação primeiro no globo terrestre e depois no planisfério. Os conceitos cartográficos mais abstratos e que exigem conhecimentos em matemática, como proporção métrica, medida de ângulos, cálculo de escalas, só são introduzidos na terceira fase da proposta, na qual são abordadas as formas de relevo e a sua representação plana por curvas de nível. Contudo, em sua pesquisa, a autora realizou um experimento no qual testou apenas as atividades da primeira fase da proposta para o ensino do mapa, as quais foram validadas pelos resultados obtidos e descobriu-se, em uma das provas aplicadas no experimento, que um plano de base delimitado no papel para que a criança represente na perspectiva vertical uma área pequena e conhecida, pode facilitar a compreensão pela criança e engendrar a projeção ortogonal no plano.

Sobre o relevo, Almeida lembra que os cartógrafos enfrentaram sérias dificuldades para representá-lo nos mapas, que hoje são feitos com recursos tecnológicos sofisticados. Para compreender a morfologia do relevo nos mapas hipsométricos, entende que não é insuficiente saber apenas associar cores às faixas de altitudes. E compreende ainda que,

antes dos mapas hipsométricos, é essencial recorrer aos modelos tridimensionais para relacionar altitude, morfologia e drenagem e que “a passagem do tridimensional para o bidimensional deve ser resgatada para que o aluno entenda devidamente esses mapas” (p. 119). Para realizar essa passagem, a autora crê que o mais adequado é o trabalho com construção e desconstrução de blocos diagramas e maquetes que, após construídos, podem ser fatiados e as fatias contornadas no papel representando o modelo em “curvas de nível”.

No volume 2 da coleção “Atividades Cartográficas” (ALMEIDA, SANCHEZ & PICARELLI, 1996), além do contorno das fatias de um bico de pão usado como modelo, a noção de curvas de nível é trabalhada ainda pelo mesmo procedimento com um modelo de papel que a criança constrói em três partes que, colocadas uma acima da outra, representa uma montanha. Em seguida, esse modelo é colocado dentro de uma caixa de sapato e, no lugar da tampa, é esticado e preso um pedaço de celofane ou plástico transparente. Olhando o modelo de montanha exatamente de cima e com apenas um olho aberto (para eliminar a estereoscopia e evitar que um olho capte a imagem das laterais do modelo), os contornos das três partes ou fatias do modelo são traçados com caneta para retroprojektor sobre o celofane (o mesmo que se faz com a maquete da sala de aula). Esse procedimento, a nosso ver, é mais adequado porque:

- a) Mantém a idéia da perspectiva vertical do ponto de vista de cima;
- b) Aproxima-se mais da realidade, uma vez que seria possível contornar uma elevação com linhas de altitude e depois observá-las de cima – embora difícil que alguém o faça, mas mais fácil de imaginar – enquanto que não se admite, a não ser em fantasia, a hipótese de alguém fatiar uma montanha para contornar suas fatias em uma folha de papel;
- c) É, também, uma idéia mais próxima da técnica usada pelos cartógrafos para traçar as curvas de nível sobre a imagem tridimensional de fotografias aéreas no restituidor.

Há outras publicações didáticas que apresentam preocupação de seus autores com os mapas de relevo, como as de FERREIRA & MARTINELLI (1992 e 1997a) e a coleção de SIMIELLI (1993). Entretanto, apesar de bem estruturadas, essas publicações têm o inconveniente de abordarem a representação plana da terceira dimensão do relevo apenas por imagens bidimensionais, o que exige da criança imaginar a tridimensionalidade do modelo que é apresentado na forma bidimensional da fotografia ou da ilustração. Essa é uma tarefa difícil para a criança que, no nível do pensamento concreto, não é capaz de representar por imagem interior o que ainda não realizou materialmente, como veremos no Capítulo 2.

Após essas considerações em relação à representação do relevo no contexto do ensino-aprendizagem do mapa, colocaremos o problema no seu campo de origem a fim de situar historicamente as soluções que foram dadas pela cartografia.

1.1. A REPRESENTAÇÃO DO RELEVO PELA CARTOGRAFIA (BREVE HISTÓRICO)

Para compreendermos melhor as dificuldades impostas pela representação do relevo no ensino-aprendizagem do mapa, é preciso buscar na história da cartografia a complexidade do problema e as soluções técnicas que foram encontradas. É com esse propósito que passaremos em revista a história da representação do relevo pela cartografia, o que faremos por uma compilação do que é apresentado sobre o assunto considerando principalmente três obras: CARBERÓ (1988), RAISZ (1969) e MARTINELLI (1991).

A representação do relevo só foi tecnicamente resolvida pelos cartógrafos muito recentemente, se levarmos em conta que a história da cartografia está ligada à história da própria humanidade e o primeiro mapa, propriamente dito, que se tem notícia é o de Anaximandro, que data do século VI a.C. (CARBERÓ, 1988:103).

Até o século XVII a cartografia estava mais voltada para a representação de grandes extensões da superfície terrestre e se debatia com problemas como a forma da Terra e sua projeção plana, as medidas de distâncias e a divisão entre águas e terras emersas. Neste contexto, a representação da terceira dimensão do terreno era irrelevante para os cartógrafos.

Apesar do significativo desenvolvimento da cartografia a partir do século XVI, em decorrência dos grandes descobrimentos, da invenção da imprensa e da redescoberta da “Geographia” de Ptolomeo (Grécia, 90 a 168 d.c.), cujo mapa-múndi foi resgatado e corrigido pelo holandês G. Mercator (1512-1594), poucos mapas apresentavam as elevações do terreno. As formas de “dentes de serra” (Figura 1) ou de “pão-de-açúcar” (Figura 2) para representar



Figura 1: O relevo por formas de “dentes de serra”.
Fonte: CORBERÓ, 1988:64.

cordilheiras e montanhas caracterizaram os poucos mapas dos séculos XVI e XVII que apresentavam essas ocorrências do terreno. Nesses mapas, a preocupação com a representação das maiores elevações do relevo se restringia à determinação da localização e da posição desses obstáculos naturais do terreno.

O avanço dos conhecimentos científicos, que permitiram a tomada das primeiras medidas altimétricas exatas, a busca das elevações do relevo como postos de



Figura 2: O relevo por formas de “pão-de-açúcar”.
Fonte: CARBERÓ, 1988:64.

observações para geógrafos e astrônomos e, principalmente, o interesse estratégico dos militares pelas áreas montanhosas na defesa e domínio do território, são fatores que direcionaram a cartografia para um maior detalhamento de áreas mais restritas. Com isso, no decorrer do século XVIII, a cartografia se volta para representações mais precisas das formas do relevo, nas quais os perfis rebatidos no plano e as perspectivas paisagísticas, vão sendo substituídas por técnicas mais sofisticadas embasadas na geometria e na matemática, através das quais se resolve o último dos grandes problemas da cartografia: a representação plana das formas e altitudes do relevo.

O hachuramento foi a técnica mais utilizada pelos cartógrafos para representar as elevações do terreno desde o final do século XVIII até a década de 1870. Os princípios desse sistema foram estabelecidos em 1799 por Lehmann, um major alemão, e consiste na definição de espessuras para as hachuras proporcionais às tangentes do declive das vertentes (Figura 3). Benoît (França) e outros cartógrafos também contribuíram com o desenvolvimento do sistema de hachuras, que se constituem em linhas curtas, paralelas, próximas entre si e acompanhando o sentido da declividade das vertentes, as quais

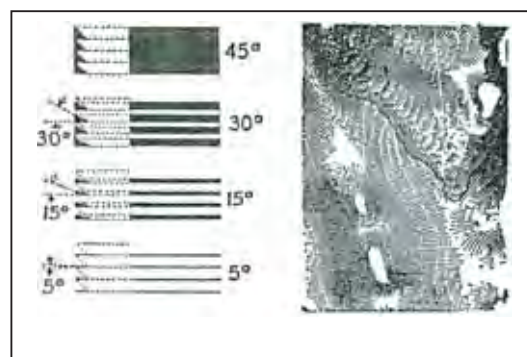


Figura 3: Sistema de hachuras de Lehmann.
Fonte: RAISZ, 1969:97.

aparecem no mapa tanto mais escuras quanto maior for a sua declividade, em razão da proporção entre a espessura da hachura e a tangente do declive.

Já em meados do século XIX o hachuramento foi empregado com uma variação do sombreado das hachuras, tornando-as mais escuras nas inclinações voltadas para o sul e o leste e mais claras nas vertentes de norte e oeste. O resultado é o efeito de uma iluminação oblíqua sobre o mapa a partir do noroeste. Nesses mapas, quanto mais clara aparece uma vertente orientada entre o norte e o oeste, maior é a sua inclinação. Por outro lado, nas vertentes orientadas entre o sul e o leste as maiores declividades serão mais escuras. Com essa técnica, procura-se realçar no mapa o efeito tridimensional do relevo. Os mapas da Suíça elaborados por Dufour, em meados do século passado, são os exemplos mais conhecidos dessa combinação das hachuras de Lehmann com a iluminação oblíqua (Figura 4).



Figura 4: Hachuras com iluminação oblíqua.
Fonte: RAISZ, 1969:98.

A aplicação da litografia à impressão de mapas, desenvolvida na segunda década do século passado, tornou possível uma nova técnica de representação do relevo: o sombreado plástico. Através dos tons de cinza, que antes não podiam ser reproduzidos, o sombreado plástico cria um efeito tridimensional mais realista que as hachuras, empregando meios-tons entre o branco e o preto para representar as diferentes intensidades de luz sobre as vertentes do relevo, associadas também à declividade.

Foi só a partir de 1870, com a invenção da impressão a cores, que se pôde empregar nos mapas a mais sofisticada e eficiente técnica de representação do relevo - as curvas de nível, em uso até os dias de hoje. Na verdade, as curvas de nível já eram empregadas na batimetria e chegaram a ser usadas no processo de elaboração de mapas em hachuras, mas não eram impressas nas cartas de áreas terrestres em virtude de se tornarem pouco legíveis quando sobrepostas aos demais elementos planimétricos do mapa em preto e branco.

O engenheiro holandês N. Cruquius foi quem usou pela primeira vez (em 1728 ou 1730) as curvas de nível para mostrar as profundidades do rio Marwed. Posteriormente, em

1737, essa técnica foi empregada por Buache para o mapeamento batmétrico do Canal da Mancha. Só em 1791 é que apareceu o primeiro mapa importante com curvas de nível, elaborado por Dupain-Triel no mapeamento da França. Entretanto, as curvas de nível só foram adotadas de forma definitiva nos mapas de relevo terrestre com o aperfeiçoamento da impressão colorida. Antes disso, utilizando os recursos da litografia, o Serviço de Levantamento da Artilharia Real Britânica combinou as curvas de nível com o sombreamento em tons de cinza e a iluminação oblíqua, tornando brancas as curvas na direção noroeste e pretas a sudoeste (Figura 5). O efeito obtido nesse conjunto de mapas, publicados a partir de 1860, foi de um relevo terraceado, como placas sobrepostas, motivo pelo qual a técnica não se difundiu, pesando ainda o fato de que antes que essa série de mapas estivesse pronta, a impressão colorida foi aperfeiçoada, tornando possível a inclusão das curvas de nível nas cartas. Com isso, em 1878, o Serviço de Levantamento Geológico dos Estados Unidos adotou um sistema convencional de cores para as cartas topográficas: curvas de nível em marrom, hidrografia em azul e elementos artificiais da planimetria em preto.



Figura 5: Curvas de nível combinadas com sombreamento.
Fonte: RAISZ, 1969:110.

As curvas de nível (Figura 6) são linhas que unem pontos de igual altitude em relação ao nível do mar, projetadas verticalmente sobre a carta e em altitudes equidistantes:

Por esse método de representação, interpretar o relevo é bastante simples, na medida em que sua construção está fundamentada em princípios geométricos constantes, fazendo com que a resultante para situações idênticas seja sempre a mesma. Por essa razão é possível estabelecer padrões de curvas de nível que estão associadas a formas de relevo reconhecíveis (BOCHICCHIO, 1989: 26).

As curvas de nível, dependendo da escala do mapa, permitem medir com precisão as altitudes do relevo e a declividade das vertentes, possibilitando ainda o reconhecimento de suas formas através da interpretação da configuração das linhas na carta e da construção de perfis topográficos, reconstituindo a vista lateral do terreno.

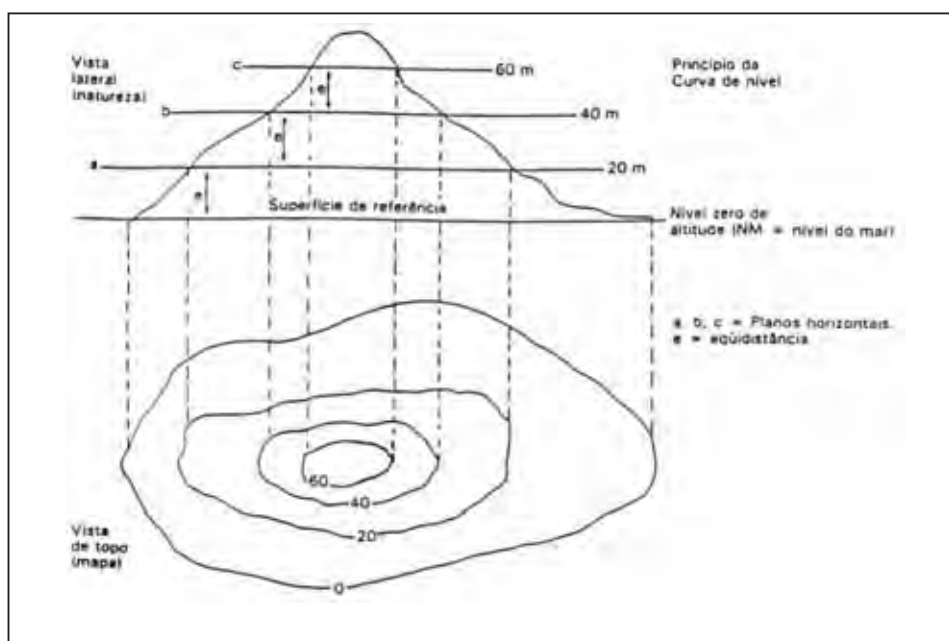


Figura 6: Esquema teórico da projeção das curvas de nível.

Fonte: BOCHICCHIO, 1989:25.

Nas cartas topográficas, quanto maior for a declividade do terreno, mais próximas são as curvas de nível, o que resulta num escurecimento nos trechos do mapa onde as vertentes são mais inclinadas. No entanto, o intervalo entre as cotas de altitude das curvas de nível varia conforme a escala do mapa, comprometendo o detalhamento do relevo nos mapas com escalas menores de 1:500 000. Nos mapas de pequena escala (de áreas grandes) a seqüência mais comum das cotas das curvas de nível é de 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000 e 5000 metros. Tais curvas de nível, com intervalos crescentes à medida que aumenta a altitude, generalizam muito a informação altimétrica e dificultam a visualização do relevo contínuo. Para suprir essa deficiência das curvas de nível nos mapas de pequena escala e nos casos em que se faz necessária a visualização do conjunto do relevo, desenvolveu-se a técnica de representação por cores hipsométricas. Essa técnica consiste em colorir com cores diferentes as áreas situadas dentro de um determinado intervalo de altitudes, ou seja, compreendidas na carta por duas curvas de nível que especificam a faixa de altitude determinada para o intervalo.

As primeiras experiências com coloração das faixas de altitudes datam de 1842 e são atribuídas por Raisz (1969, p. 41) ao general austríaco von Hauslab e a E. SydoW. Inicialmente, foram empregadas cores escuras para as terras baixas, o que tornou difícil a visualização dessas áreas, justamente as mais povoadas, motivo pelo qual se inverteu posteriormente a ordem das cores, atribuindo as cores mais escuras para as altitudes maiores.

Com o aperfeiçoamento da impressão colorida, adotou-se um sistema convencional de cores hipsométricas associadas às paisagens naturais: o verde para altitudes abaixo de 300m (RAISZ, 1969, p. 109) ou 500m (CARBERÓ, 1988, p. 69), os tons ocres para as altitudes médias e os vermelhos ou marrons para as maiores altitudes, sendo ainda usado, em alguns casos, o branco para as áreas acima de 3000 metros. Nesse sistema convencional, o verde está associado à vegetação mais densa dos vales e planícies férteis das partes mais baixas do relevo; o marrom às rochas expostas das montanhas; e o branco à neve dos picos mais elevados. Essa sequência de cores do verde ao marrom está de acordo com a perspectiva vertical assumida nos mapas e a percepção das cores com a variação da distância. O colorido de um objeto é percebido mais intensamente se este se encontrar próximo de nossos olhos e, ao contrário, quanto mais distante as cores, mais suaves serão percebidas. Desta forma, visto de cima, o relevo terrestre nos apareceria em cores mais brandas nas áreas baixas, ao passo que as maiores elevações se situariam mais próximas de nossos olhos e, por conseguinte, seriam percebidas em cores mais fortes, exceto os picos das grandes montanhas recobertos por neve.

As restrições feitas aos mapas hipsométricos se referem a dois aspectos do uso das cores convencionais. O primeiro é quanto à associação das cores às paisagens naturais determinadas pela altitude: nem todas as áreas baixas apresentam vegetação densa, como é o caso do deserto do Saara, cujas terras estão em maior parte abaixo dos 500 metros de altitude e boa parte está mesmo abaixo dos 200 metros; por outro lado, também há terras situadas em torno de 800 metros de altitude, ou até mais, e que são recobertas por densa vegetação, como é o caso da Mata Atlântica nas serras da Mantiqueira e do Mar, no sudeste brasileiro.

A segunda crítica que se faz aos mapas hipsométricos tradicionais diz respeito à uma interpretação visual equivocada do relevo provocada pelas mudanças bruscas das cores entre as faixas de altitudes, que pode resultar na percepção de um relevo abrupto. Para amenizar tais problemas, procura-se usar tons de verde menos brilhantes para as terras baixas e, com as técnicas modernas de impressão gráfica, tem-se usado cores intermediárias entre um matiz e outro, como o amarelo e o laranja entre o verde e o vermelho. Com isso, busca-se uma gradação de cores para melhor representar a continuidade do relevo. Entretanto, tais procedimentos ainda estão em desacordo com a concepção mais atual da cartografia como um sistema semiológico monossêmico, como veremos em continuação a este capítulo.

1.2. A HIPSOMETRIA NA PERSPECTIVA DA SEMIOLOGIA GRÁFICA

A concepção da cartografia temática como uma representação gráfica que integra um sistema semiológico monossêmico (um único significado) descentraliza a comunicação cartográfica das relações entre os signos e seus significados para centrá-la nas relações entre os significados dos signos. Ou seja, o mapa deixa o domínio dos códigos e convenções formais e passa para o campo das operações lógicas (FERREIRA & MARTINELLI, 1997b: 36), onde se destacam as relações fundamentais entre os objetos da representação: diversidade/similaridade ($\neq$), ordem (O) e proporção (Q). Tais relações devem ser transcritas, respectivamente, por uma diversidade visual, uma ordem visual e uma proporção visual. Essa transcrição se faz através de uma variável visual (cor, valor, granulação, tamanho, orientação e forma), cujas propriedades perceptivas sejam da mesma natureza das relações entre os objetos da representação ($\neq$, O, Q).

No caso específico dos mapas hipsométricos, devemos considerar duas variáveis visuais empregadas nesse tipo de representação do relevo: cor e valor. O mapa hipsométrico é uma representação coroplética (pela definição de áreas compreendidas pelas faixas de altitudes) construída sobre uma base isarítmica (de linhas com valores matemáticos determinados), cujas isolinhas são as curvas de nível (isoípsas para o relevo emerso e isóbatas para o relevo submerso).

Quando as cores e valores são empregados no mapa de modo a traduzirem visualmente a ordem das altitudes ou profundidades, a vantagem da coloração altimétrica (método coroplético), bem como da batimetria, é a visão imediata da distribuição do fenômeno, que responde às questões de conjunto, como: “Onde estão as áreas mais altas e as mais baixas?”. Essa é a principal característica dos mapas para “VER”, em oposição aos mapas para “LER” (BERTIN, 1988).

Quanto ao método isarítmico empregado na representação por curvas de nível, MARTINELLI (1991: 134) coloca que:

(...) apesar de contar com a definição exata de uma quantidade para cada ponto do mapa, o leitor tem somente a idéia de declividade, sem ter noção de elevação nem sentido do gradiente. Para assimilar essas noções ele será obrigado a descer ao nível elementar de leitura, contando as curvas e lendo os respectivos valores.

Essa leitura no nível elementar caracteriza o tipo de mapa para “LER”, que responde apenas questões como: “Qual é a altitude em tal lugar?”. Devemos acrescentar que, no caso específico das curvas de nível, em razão da maior proximidade das linhas em função da declividade, resultando no escurecimento das vertentes mais inclinadas, essa forma de representação também pode responder a uma questão de conjunto: “Onde estão as maiores e as menores declividades?” Mas, obviamente, para que a representação por curvas de nível possa responder a essa questão de conjunto, depende da relação entre a escala do mapa, a equidistância das curvas de nível e a morfologia da área mapeada. Por exemplo, em um mapa de escala grande onde a área representada é pequena e de relevo pouco movimentado ou com vertentes pouco inclinadas, as curvas de nível, pela equidistância habitualmente usada nos mapas, poderão responder muito pouco ou nada àquela única questão de conjunto que poderiam responder. Já pelo método coroplético, pode-se aplicar valores visuais que garantem a visualização do conjunto mesmo quando são poucas as faixas de altitudes determinadas a partir das curvas de nível.

A representação do relevo pelo método coroplético deve transcrever visualmente a sequência ordenada das faixas de altitudes, das mais baixas para as mais altas, através da ordenação de valores visuais, do mais claro para o mais escuro.

A ordenação natural das cores pode ser empregada como uma sequência ordenada de valores visuais. No entanto, deve-se considerar que as cores da faixa visível do espectro eletromagnético se dividem em duas ordens visuais opostas: do amarelo para os violetas (cores frias) e do amarelo para os vermelhos (cores quentes). Um outro aspecto, e talvez o mais importante, é que a percepção do valor predomina sobre a percepção dos matizes (cores espectrais puras). Assim, a sequência da ordenação natural das cores espectrais puras seria: amarelo, verde-claro, laranja, vermelho, azul-celeste e violeta (MARTINELLI, 1991: 26-27). Na distribuição das cores na faixa visível do espectro eletromagnético, as cores claras estão no meio da faixa e as escuras nas extremidades.

A variável visual cor é extremamente seletiva, ou seja, é facilmente isolada pelo olho humano. No entanto, a percepção das mesmas pode variar de um indivíduo para o outro, dependendo da acuidade dos mecanismos naturais da percepção humana, no caso, a visão, e da atuação das cores na emotividade de cada indivíduo.

No entanto, na concepção da semiologia gráfica, o mapa hipsométrico é um mapa temático e, enquanto tal, deve ser de caráter monossêmico (objetivo, livre de ambigüidades) e destinado à visão, empregando uma linguagem que exige apenas um instante de percepção. Dessa perspectiva sobre a cartografia temática, os mapas hipsométricos tradicionais, que

empregam as cores convencionais e aceitas internacionalmente, contrariam os princípios da semiologia gráfica: a seqüência tradicional das cores hipsométricas (verdes - amarelo - ocres ou laranjas - vermelhos - marrom) cria duas ordens visuais opostas (do amarelo para o verde e do amarelo para os vermelhos) para representar uma única ordem - as faixas de altitudes da menor para a maior e, portanto, “(...) estão em desacordo com a realidade que se deseja representar, ou seja, a relação de ordem entre as faixas de altitudes crescentes” (MARTINELLI, 1991:135-6).

A solução mais adequada para representar a ordem das faixas de altitudes crescentes seria a harmonia da escala monocromática, uma seqüência de valores visuais ordenados naturalmente, que possibilita melhor visualização do conjunto da informação mapeada e que, portanto, garante um documento mais eficiente e que atende melhor à definição da cartografia temática pela semiologia gráfica.

Essa questão tem uma implicação pedagógica no ensino-aprendizagem do mapa de relevo: os materiais didáticos disponíveis aos alunos e professores ainda estão muito presos às convenções tradicionais da cartografia. Mesmo alguns poucos atlas recentes que empregam os princípios da semiologia gráfica, conservam a escala policromática tradicional nos mapas hipsométricos, ainda que, em alguns casos, se procure ajustar a policromia ao conteúdo da informação variando a intensidade das cores hipsométricas convencionais para ordená-las visualmente¹³. Acreditamos que o ensino-aprendizagem da cartografia deva tratar do processo de produção de documentos cartográficos eficientes, segundo os métodos e princípios da semiologia gráfica, proporcionando ao aluno atividades que favoreçam o desenvolvimento do raciocínio lógico e do pensamento crítico pela cartografia temática, como o proposto por BERTIN & GIMENO (1982), BONIN (1982) e GIMENO (1991).

Após contextualizar a representação do relevo nos estudos sobre o ensino do mapa e na história da cartografia, cremos que é necessário agora aprofundar a abordagem do como a criança constrói intelectualmente a representação do espaço, ou seja, colocar a questão na perspectiva da aprendizagem.

¹³ Ver FERREIRA & MARTINELLI (1997a).

2. A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO PELA CRIANÇA

“O ideal da educação não é aprender ao máximo,
maximalizar os resultados, mas é antes de tudo aprender a
aprender; é aprender a se desenvolver e aprender a
continuar a se desenvolver depois da escola”.
(Jean Piaget, 1973:32)

Os estudos de Jean Piaget e seus colaboradores têm sido a principal referência teórica para a maioria dos trabalhos de pesquisa realizados sobre o ensino-aprendizagem do mapa e de noções, conceitos e habilidades espaciais. Isto porque os estudos piagetianos ofereceram uma ampla e profunda abordagem das questões relativas ao espaço no desenvolvimento infantil. Boardman¹, que analisa várias pesquisas sobre o ensino de mapas realizadas na Inglaterra, “afirma que Piaget proporcionou a única teoria que compreende o desenvolvimento da conceitualização espacial que pode ser diretamente aplicada ao estudo dos mapas” (ALMEIDA, 1994:68).

Não nos estenderemos numa apresentação detalhada da teoria de Piaget ou de seus experimentos sobre a representação do espaço, o que seria repetitivo e, portanto, um esforço desnecessário, uma vez que já foi feito exaustivamente por outros autores. Dentre estes, da bibliografia que utilizamos, destacamos os trabalhos de ALMEIDA (1994) e PAGANELLI (1982), onde as autoras fazem uma apresentação bastante rica das idéias de Piaget sobre a representação do espaço pela criança e discutem algumas de suas implicações no ensino-aprendizagem da cartografia em geografia. Além desses trabalhos acadêmicos, há outras publicações onde são apresentadas as principais idéias, teses e descobertas piagetianas, sobre a construção do conhecimento e o desenvolvimento geral da criança – como em KAMII & DEVRIES (1992), WADSWORTH (1989), PARRA (1983), RAPPAPORT (1981), BEARD (1973) e BREARLEY & HITCHFIELD (1973) – ou, mais especificamente, sobre a construção do espaço – como em ALMEIDA & PASSINI (1992) e PAGANELLI et al. (1985).

Assim sendo, vamos resgatar aqui apenas as linhas mais gerais do pensamento de Piaget, necessárias para contextualizar a representação do espaço no desenvolvimento infantil e os aspectos específicos da representação espacial em nosso trabalho, que são essencialmente aqueles relacionados ao espaço projetivo e euclidiano. Mais adiante, retomaremos esses e abordaremos outros aspectos teóricos à medida que formos relacionando-os com a leitura

¹ BOARADMAN, David (ed.). Handboock for geography teachers. Sheffield (UK), The Geographical Association, 1998.

crítica da bibliografia e identificando-os na apresentação da nossa pesquisa e na discussão dos seus resultados.

Na teoria piagetiana, o sujeito aprende para adaptar-se intelectualmente à realidade externa (meio físico e social). Para compreender o que ocorre na realidade externa e interagir com esta, o sujeito precisa organizá-la em sua mente, construindo esquemas mentais para abordar e assimilar essa realidade. Os esquemas de assimilação podem ser compreendidos enquanto seqüências organizadas de ações físicas ou mentais bem definidas, que podem ser traduzidas em idéias, conceitos, estratégias de raciocínio, ações motoras, habilidades diversas, naquilo que têm de generalizável, ou seja, que pode se aplicar a situações distintas. Se uma situação não pode ser assimilada pelos esquemas já disponíveis na sua estrutura cognitiva, o sujeito se desequilibra e, para reequilibrar-se, ou desiste ou precisa modificar seus esquemas para adaptar-se à situação nova, quando ocorre o que Piaget chamou de acomodação dos esquemas de assimilação. Na interação sujeito-objeto, a assimilação corresponde à ação do sujeito sobre o objeto, impondo-se a este e incorporando-o aos seus esquemas; na acomodação é o objeto da realidade externa que se impõe ao sujeito, que acomoda seus esquemas ao objeto. Acomodação e assimilação são processos complementares e solidários, uma vez que toda acomodação implica na reestruturação da assimilação e leva à construção de novos esquemas, enquanto que os esquemas já construídos não assimilam situações absolutamente sempre idênticas, mas são aplicados às situações semelhantes que geralmente acrescentam alguma informação nova à qual o esquema se ajusta.

O estado de adaptação intelectual do indivíduo se traduz no equilíbrio entre assimilação e acomodação, que atuam durante toda a vida e se colocam em movimento sempre que o sujeito precisa mobilizar seus esquemas mentais para responder às pressões do ambiente e alcançar novamente o estado de equilíbrio/adaptação. Nota-se que esse equilíbrio é extremamente dinâmico:

É que uma descoberta, uma noção nova, uma afirmação, etc., devem se equilibrar com as outras. É necessário todo um jogo de regulação e de compensações para atingir a coerência. Tomo a palavra ‘equilíbrio’, não num sentido estático, mas no sentido de uma equilibração progressiva, a equilibração sendo a compensação por reação do sujeito às perturbações exteriores, compensação que atinge a reversibilidade operatória, no fim desse desenvolvimento” (PIAGET, 1973:31).

As reequilibrações e reestruturações sucessivas por assimilações e acomodações das estruturas cognitivas do sujeito resultam no seu processo de desenvolvimento mental. Assim, o desenvolvimento mental pode ser entendido como uma construção do sujeito que busca alcançar formas de adaptação/equilíbrio sempre mais eficientes e de modo coerente com sua organização mental. Essa organização mental se modifica quando o indivíduo constrói estruturas cognitivas e desenvolve modos de funcionamento dessas estruturas que lhes asseguram a conquista de novas e melhores formas de compreender e interagir com a realidade, ou seja, formas superiores de equilíbrio/adaptação, cujo desenvolvimento tende para uma forma superior final, que é o pensamento operacional formal alcançado na adolescência e que se torna o raciocínio lógico do adulto:

A lógica do adolescente – e nossa lógica – é essencialmente uma lógica do discurso. Quer dizer que somos capazes – e o adolescente se torna capaz desde 12 ou 15 anos – de raciocinar sobre enunciados verbais, proposicionais; somos capazes de manipular hipóteses, de raciocinar a partir do ponto de vista de um outro, sem acreditar nas proposições sobre as quais raciocinamos. Somos capazes de manipulá-las de uma maneira formal e hipotético-dedutiva (PIAGET, 1973:23-4).

Nesta última forma superior de equilíbrio, o sujeito continua mobilizando seus esquemas de assimilação, aumentando seu conhecimento, desenvolvendo-se intelectualmente, mas o fará pelo mesmo mecanismo mental, ou seja, o pensamento operacional formal, também referido por Piaget como proposicional ou hipotético-dedutivo. Para alcançar essa forma de pensamento, é necessário um longo período de tempo, que se estende desde o nascimento do sujeito até a adolescência, num processo que evolui por etapas sucessivas. Piaget definiu quatro períodos do desenvolvimento mental da criança: sensório-motor (do nascimento até por volta dos 2 anos de idade); pré-operacional (dos 2 até os 7 ou 8 anos, aproximadamente); operacional-concreto (dos 7 ou 8 até os 11 ou 12 anos); e operacional formal (a partir dos 12 ou 15 anos). Cada um desses períodos comporta diferentes estágios, que se dividem em sub-estágios.

Apesar de indicar cortes etários aproximados para cada período ou estágio do desenvolvimento, Piaget enfatizou que essas idades são médias, relativas aos sujeitos com os quais trabalhou, com muitos colaboradores, em suas pesquisas. Afirmou que embora se possa

delimitar cronologicamente os estágios em uma dada população, essa cronologia é extremamente variável, pois não depende apenas da maturação do indivíduo, mas também de sua experiência anterior e, principalmente, do meio social, “que pode acelerar ou retardar o aparecimento de um estágio, ou mesmo impedir sua manifestação” (1973:50). Sobre essa questão, considera que o fundamental em relação aos estágios é a ordem de sucessão das aquisições, que é constante, ou seja, determinada conduta não aparece antes de outra. Cada estágio se caracteriza por uma estrutura de conjunto, que integra outras estruturas já construídas e que comportam a gênese (formação) da nova estrutura. Assim, as estruturas construídas em um estágio se tornam parte integrante das estruturas do estágio posterior. Desse modo, um estágio comporta sempre um nível de formação ou gênese, quando se processam as diferenciações sucessivas da estrutura anterior e preparação da seguinte, e um nível de acabamento, quando se atingem as formas de equilíbrio finais relativas a este estágio, que constituem as suas estruturas de conjunto.

O desenvolvimento mental da criança evolui apoiado primeiro na percepção e na motricidade. Segundo Piaget, a inteligência não é hereditária, ou seja, não se nasce dotado de capacidades mentais. A criança nasce dotada de certas estruturas biológicas (sensoriais e neurológicas), alguns reflexos (preensão, sucção, choro) e uma tendência para exercitar tais reflexos e organizar suas ações. Da maturação das estruturas neuro-sensoriais e da interação organismo-ambiente, os reflexos e ações motoras e perceptivas se modificam e resultam determinadas estruturas mentais que são construídas pelo sujeito, mas cujo modo de funcionamento é, para Piaget, herança biológica. Os primeiros esquemas ou padrões de comportamento construídos pelo recém-nascido são chamados esquemas sensório-motores, pois se formam a partir dos exercícios reflexos, das impressões sensoriais externas e internas da criança (movimentos e sons do ambiente, fome, dor, desconfortos) e das suas ações motoras (ver, pegar, manipular e encontrar objetos e partes do próprio corpo, como achar o bico do seio da mãe ou levar o dedo à boca).

Nesse primeiro período sensório-motor do desenvolvimento, a criança passa por seis estágios, nos quais evolui das atividades puramente reflexas, sem diferenciação ou coordenação (por exemplo, não consegue levar a mão à boca, mas suga qualquer objeto que chegue à sua boca, no primeiro mês de vida), para a aquisição dos primeiros hábitos e reações circulares “primárias” (relativas ao próprio corpo) com a coordenação mão-boca (colocar o dedo na boca para chupar), entre 1 e 4 meses. No terceiro estágio desse período (entre 4 meses e meio e 8-9 meses), se atinge a coordenação entre a visão e a apreensão (pegar o que vê ao seu alcance), o que possibilita o começo das reações relativas aos objetos manipulados

(reações circulares “secundárias”) e da coordenação dos diferentes espaços qualitativos (tátil, bucal, visual, cinestésico, etc.), até então heterogêneos, mas ainda sem o esquema do objeto permanente. É no quarto estágio sensório-motor (entre 8-9 e 11-12 meses) que a criança começa a coordenar dois esquemas de ação (por exemplo, pegar e soltar um objeto para vê-lo cair) e a construir a permanência dos objetos, quando esses passam a ter uma existência cognitiva além da existência física e a criança é capaz de reagir a um objeto tirado de seu campo de visão (ela procura um objeto escondido, mas ainda não coordena os deslocamentos e as localizações sucessivas e, por exemplo, procura o objeto onde encontrou antes mas não onde viu ser escondido em seguida), enquanto que antes do esquema do objeto permanente o que desaparecia da visão não tinha mais existência, como se fosse reabsorvido. O quinto estágio (entre 11-12 e 18 meses, mais ou menos) é marcado pela coordenação dos esquemas de ação por reação circular “terciária” (variação das condições por exploração e tateamento dirigidos), que leva à descoberta de meios novos através da experimentação; localização do objeto deslocado por coordenação da seqüência de deslocamentos perceptíveis; e o início da organização do “grupo prático dos deslocamentos”, que é a coordenação dos deslocamentos em um sistema total que possibilita à criança, por exemplo, após aprender a andar, sair de um ponto da casa, ir até outro e voltar ao primeiro (reversibilidade do grupo dos deslocamentos) ou fazer um caminho diferente para chegar com desvios ao mesmo ponto (associatividade do grupo). No último estágio do período sensório motor (de 18 a 24 meses, aproximadamente) o grupo prático dos deslocamentos se generaliza, ao qual são integrados alguns deslocamentos situados fora do campo perceptivo da criança; começa a interiorização dos muitos esquemas sensório-motores construídos com as experiências anteriores e que, já bem conhecidos, podem ser evocados e combinados mentalmente para solucionar problemas práticos sem realizar outras ações físicas, como nas explorações e tateamentos dirigidos do estágio anterior. Enfim, a criança começa a se tornar capaz de imaginar-se em ações simples já realizadas materialmente, de representar em pensamento esquemas de ações bem sucedidas antes e combiná-las mentalmente para alcançar um fim.

Esse começo de representação interna marca o fim do período sensório-motor, ao longo do qual a criança evolui de uma indiferenciação de ações descoordenadas e de um egocentrismo totais, em que não há outra referência estável e constante senão o próprio corpo, o qual não é percebido como um objeto entre os demais que a rodeiam, para uma organização gradual dos movimentos e dos deslocamentos que, pouco a pouco, se descentralizam do próprio corpo para integrarem um espaço no qual a criança se situa como mais um elemento dentre os outros objetos, que existem independentes de sua percepção imediata, e começa a

perceber-se enquanto um eu que é fonte de seus movimentos e de suas ações motivadas por desejos e necessidades.

O segundo período do desenvolvimento mental, o do pensamento pré-operatório, se inicia com o aparecimento da função simbólica (ou função semiótica, para os lingüistas, por referir-se não só a símbolos mas também a signos, como as palavras, letras e numerais), que é a capacidade de representar uma coisa por meio de outra coisa. A função simbólica resulta da diferenciação entre os significantes e os significados, que ocorre entre 1 e 2 anos de idade, aproximadamente, através da imitação, que inicialmente começa na presença do modelo e logo depois se torna imitação diferenciada, isto é, na ausência do modelo desde o início. A imitação diferenciada, para Piaget, “já constitui uma verdadeira ‘representação’” (1973:78), mas ainda no plano sensório-motor, pelo gesto, distinta da representação em pensamento, à qual dará origem em sua continuidade. A imitação, por ser a primeira a tornar-se diferenciada, impulsiona as demais formas de simbolismo ou de manifestação da função simbólica: o jogo de exercícios motores se torna jogo simbólico, de imaginação, pelo qual se representa alguma coisa por meio de um objeto ou de um gesto (por exemplo, brincar de “carrinho” com uma caixa de fósforos); a fala ou linguagem como sistema de sinais sociais; e a imagem mental, que para Piaget é uma imitação interiorizada. São essas diferentes formas da função simbólica que permitem a interiorização das ações, já iniciada no último estágio do período sensório-motor, e que tornam possível o pensamento, uma vez que para Piaget o pensamento é “um sistema de ação interiorizada e conduzindo a essas ações particulares que chamaremos ‘operações’, ações reversíveis e ações se coordenando umas com as outras em sistemas de conjunto...” (1973:21). Assim entendido, não há pensamento anterior à capacidade de representação interior ou mental por meio dos símbolos ou signos.

A interiorização das ações demanda um longo período do desenvolvimento mental da criança porque todas as ações já aprendidas no plano efetivo, material, desde o período sensório-motor, precisam ser reaprendidas no plano do pensamento, o que significa uma reestruturação, uma reconstrução no nível representativo. Um exemplo da complexidade dessa reestruturação é o grupo dos deslocamentos, alcançado no plano da ação ao final do período sensório-motor, mas que até por volta dos cinco anos a criança não consegue evocar em pensamento os mesmos deslocamentos que realiza diariamente. Em um experimento realizado por Piaget e uma colaboradora com crianças de 4-5 anos que iam e voltavam sozinhas para a escola, solicitaram que mostrassem o caminho que faziam por um jogo de construção, com alguns edifícios, ruas e outros elementos da paisagem conhecida. As crianças demonstraram que ainda possuíam apenas uma representação motora do trajeto, com

respostas verbais e gestuais do tipo: “Eu saio de minha casa, eu vou assim (gesto), depois assim (gesto), depois faço uma volta assim, depois chego à escola” (1973:22). É só após os 7 ou 8 anos, com as operações concretas, que o grupo dos deslocamentos, há muito estruturado no plano da ação prática, é reestruturado no pensamento representativo.

A representação comporta um aspecto figurativo e outro operatório. A representação figurativa enfatiza o caráter perceptivo e o simbólico (pela imagem mental) e se dirige às configurações, aos estados momentâneos. O aspecto operatório do pensamento enfatiza os atos da inteligência, é relativo às transformações e dirigido ao que modifica o objeto. São os aspectos figurativo e operatório do pensamento que se verificam nas provas clássicas de conservação, como no problema da conservação do número: após apresentar à criança duas fileiras com igual número de objetos, com o que ela concorda, afasta-se os objetos em uma das fileiras, diante da criança, e pergunta-se qual delas tem mais objetos. A criança em pensamento pré-operacional dirá que a fileira alongada tem mais objetos, pois pensa sobre as configurações de uma e de outra fileira como as percebe no momento; pensa sobre como lhe parece o estado momentâneo, mas não sobre a transformação ocorrida para estabelecer uma correspondência entre a forma inicial e a modificada. O pensamento pré-operacional, permanecendo preso à percepção, é irreversível, ou seja, não se movimenta no sentido inverso, revertendo as ações e anulando seus resultados até o ponto de partida, retornando, assim, à situação inicial não modificada. Nesse período do desenvolvimento mental, a criança ainda está presa a uma perspectiva egocêntrica e o seu ponto de vista é indiferenciado dos demais, quer dizer, ela acredita que todas as pessoas têm a mesma perspectiva das coisas e pensam como ela. O último dos três estágios desse período, de 5 anos e meio a 7 ou 8 anos em média, é uma fase intermediária entre a não conservação e a conservação, quando o pensamento representativo alcança formas semi-reversíveis e se inicia a articulação entre os estados e as transformações.

Com a interiorização, coordenação e reversibilidade crescentes, as ações vão se convertendo em operações, chegando-se então ao período operacional-concreto do desenvolvimento mental, quando, só então, a criança se torna capaz de raciocinar com lógica. Mas essa lógica é limitada ao que é real e manipulável, se dirige aos objetos, mas não às proposições ou enunciados verbais. Portanto, nesse período inicial das operações, a criança ainda depende da experiência direta com os objetos e é capaz de aplicar o raciocínio lógico apenas às situações relacionadas com as coisas reais que ela está experienciando ou tenha experienciado. O período operacional-concreto é marcado justamente pela construção de estruturas coordenadas e agrupadas em sistemas de conjunto e pela reversibilidade, o que

caracteriza as operações propriamente ditas. Essas construções de caráter lógico, estruturas de conjunto e reversíveis são, por exemplo, as operações da adição e da subtração, que são as mesmas operações, mas invertidas; são a classificação, a sucessão dos números e a seriação, que são sistemas totais cujas partes (uma classe lógica, um número, uma série) não existem isoladamente, isto é, só podem ser evocadas ou representadas pelo sistema total, o que supõe um jogo de relações e coordenações reversíveis entre partes e todo. Se não, como classificar gatos, cavalos e cachorros como mamíferos ou, no sentido inverso, aves como pardais, pombas, galinhas e, depois ainda, aves e mamíferos como animais? Agrupar os objetos em classes elementares e reverter uma classe superior aos agrupamentos iniciais (reversibilidade do agrupamento) supõe pensar simultaneamente sobre as partes e o todo em um sistema de conjunto. Entretanto, esses sistemas de conjunto ainda constituem apenas agrupamentos de certas estruturas elementares, que Piaget chamou agrupamentos concretos de classes e relações, e possibilitam somente uma classificação ou uma seriação em um determinado conjunto de objetos concretos.

As estruturas de conjunto construídas no período operacional-concreto possibilitam a aquisição das noções de conservação, uma vez que essas estruturas são coordenadas e reversíveis, o que permite estabelecer correspondência entre os estados momentâneos dos objetos (configurações) e as transformações sucessivas a que são submetidos. Com isso, por volta dos 7 anos de idade, aparecem, numa ordem de sucessão com uma constância razoável, as conservações de comprimento, número, área, massa, líquido, peso e, por último, de volume, já no final do período. Piaget considera que esse período das operações concretas pode ser dividido em dois estágios: um primeiro caracterizado por operações simples e um segundo no qual se atinge o acabamento de determinados sistemas de conjunto, particularmente no domínio do espaço e do tempo. No domínio espacial, é quando a criança alcança, por volta dos 9-10 anos, os sistemas de coordenadas ou de referências e a coordenação de conjunto das perspectivas, ou seja, as relações espaciais euclidianas e projetivas, que detalharemos logo adiante.

Com os agrupamentos das operações concretas, as estruturas cognitivas do sujeito começam a se organizar na direção de seu nível de equilíbrio mais estável e de campo mais extenso, culminando na rede combinatória e no chamado grupo das quatro transformações INRC. A combinatória é a nova estrutura de conjunto, formada pela “combinação” de partes ou elementos de um determinado conjunto, resultando em um “conjunto de conjuntos” que engendra a estrutura de rede combinatória. O grupo INRC constitui a coordenação ou combinação de quatro operações no raciocínio sobre dois sistemas simultaneamente:

operações idêntica ou direta (I) e sua negação ou inversa (N) em um sistema; a direta e a inversa no outro sistema como recíprocas do primeiro (R); e a negação dessa recíproca ou correlativa (NR=C). Esse grupo de transformações significa “a nova possibilidade de transformar uma operação em outra e estas operações de segundo grau são formais, pois não postulam – senão indiretamente – um material concreto” (BATTRO, 1976:158). A rede combinatória e o grupo das quatro transformações INRC são complementares e constituem a nova estrutura de conjunto (“conjuntos de conjuntos”) que integra todos os mecanismos operatórios do pensamento lógico-formal.

Nesse último nível de equilíbrio, o das operações formais, o sujeito alcança o raciocínio abstrato e é capaz de pensar um problema considerando apenas as suas proposições e hipóteses e empregando lógica e raciocínio dedutivos. Adquire a capacidade de realizar mentalmente, ou seja, apenas em pensamento, ações ainda não praticadas concretamente e antecipar os resultados possíveis de tais ações, identificando, relacionando e combinando as variáveis envolvidas na questão, raciocinando sobre a forma como se configura o problema e sobre todas as transformações possíveis (operações formais). Antes, os dados da percepção de um objeto ou fato eram considerados de forma estática, resultando num falso absoluto em que a compreensão da realidade é limitada em sua aparência momentânea. Mesmo no estágio mais avançado do desenvolvimento cognitivo, a percepção continua existindo na gênese do raciocínio, mas não mais como a variável determinante do pensamento. A percepção é redefinida e superada pela reorganização do pensamento no nível abstrato das estruturas lógicas adquiridas com as operações formais. Assim, com a mobilidade e flexibilidade conquistadas pelo pensamento, os dados perceptivos podem ser coordenados com os mais variados aspectos da realidade, considerada em diferentes perspectivas e admitindo a abordagem de todos os “possíveis”, em termos de hipóteses.

A construção do espaço pela criança acompanha toda essa evolução do desenvolvimento mental de modo coerente com as demais construções e a sequência dos quatro grandes períodos identificados por Piaget. Nos primeiros meses de vida, a criança começa a construir o espaço pelo esquematismo sensório-motor (ações ligadas aos sentidos e aos movimentos próprios) e de forma imbricada com a construção do objeto. Já a representação do espaço só se inicia com o aparecimento da função simbólica no período pré-operatório, se desenvolve apoiada nas conquistas alcançadas antes no plano sensório-motor e evolui desse nível intuitivo para o operatório, primeiro concreto e depois formal.

Questões relativas ao espaço foram tratadas por Piaget em vários de seus trabalhos. Entretanto, nesse campo, sua principal obra é “A Representação do Espaço na Criança” (PIAGET & INHELDER, 1993). Dentre as dezenas de livros publicados por Piaget, esse é o mais extenso e um dos mais ricos em ensinamentos, segundo BATTRO (1976:204), destacando ainda que:

É preciso insistir sobre a finalidade do livro: trata-se do estudo da ‘intuição’ como fator simbólico na constituição da geometria objetiva do espaço. (...) Em realidade, o estudo da representação do espaço limita-se ao *desenho infantil* e é neste sentido restrito que Piaget descreve a evolução da representação. Analisa particularmente o *espaço gráfico* e, como sugeria Brunshwicg, estuda a prática do desenho na gênese da geometria.

O leitor não deve esperar uma teoria da representação, mas antes uma teoria da *intuição*. Sem dúvida, ambos conceitos estão intimamente relacionados (representação pela imagem = def. intuição representativa), mas neste livro o que se pretende é deslindar a participação da intuição na criação do espaço euclidiano do adulto.

Segundo Battro, Piaget explicita a sua teoria da representação em outras obras², enquanto que em “A Representação do Espaço na Criança” o termo é empregado em uma acepção secundária. Num sentido estrito, o termo “representação” para Piaget refere-se à função simbólica da imagem, à evocação da realidade ausente por uma imagem mental ou uma imagem-recordação. No sentido amplo, o termo “representação” refere-se à “representação conceitual”, numa acepção muito próxima de “pensamento” compreendido como ato de relacionar significações, no qual a inteligência emprega a função simbólica para integrar os esquemas sensoriais-motores a um sistema de esquemas conceituais. Nota-se então aqueles dois aspectos figurativo e operatório do pensamento representativo, que a teoria fundamental de Piaget distingui e dos quais falamos antes. Desse modo, a imagem constitui-se em uma imitação interior ou interiorizada do objeto ou da atividade sobre os objetos, ou seja, no primeiro caso, a imagem simboliza os objetos em seus estados ou configurações, ao passo que, no segundo caso, a imagem simboliza as ações do sujeito, isto é, as transformações

² Referência às obras: O nascimento da inteligência; A formação do símbolo na criança; A construção do real na criança; A imagem mental na criança; e Tratado de psicologia experimental, v. VII: A inteligência.

efetuadas sobre os objetos. Entretanto, em qualquer nível do pensamento representativo, a imagem permanece sempre como o “significante”, enquanto que o “significado” é atribuído pelas operações do pensamento. “É necessário compreender, com efeito, que uma operação não é a representação de uma transformação: ela é, em si mesma, uma transformação de objeto, mas que pode ser executada simbolicamente, o que não é absolutamente a mesma coisa. Uma operação permanece pois uma ação e não se reduz nem a uma figura, nem a um símbolo” (PIAGET, 1973:72-3). Por conseguinte, Piaget distingue as imagens de nível pré-operatório e as imagens de nível operatório e identifica dois tipos principais de imagens mentais: as imagens reprodutoras, que são evocações de objetos já conhecidos ou de ações bem sucedidas anteriormente; e as imagens antecipadoras, que acompanham a representação de um sucesso ainda não percebido, isto é, o resultado de ações bem sucedidas executadas apenas em pensamento. Do mesmo modo, considerando o aspecto operativo do pensamento representativo, Piaget ampliou o sentido do termo “intuição”, inicialmente identificado com imaginação ou pensamento por imagens, introduzindo em seus estudos posteriores sobre a intuição “a noção fundamental de ‘intuição articulada’ como uma **‘representação que se ocupa das transformações’**”³ (BATTRO, 1976:311-2).

Na teoria de Piaget, como visto na citação do parágrafo anterior, uma transformação operatória não se reduz à imagem. Mas a imagem tem um papel de destaque na intuição geométrica do espaço, uma vez que os conteúdos espaciais são representados por imagens sob formas igualmente espaciais, de modo que as transformações são operações espaciais. Contudo, “a imagem é, de uma vez, necessária à representação dos estados e insuficiente para a compreensão das transformações⁴”. Assim, apesar desse isomorfismo entre imagem e conteúdo operatório no domínio espacial, a intuição geométrica do espaço é uma intuição operatória, essencialmente ativa, mas em que a representação não substitui a ação, constituindo-se ela mesma uma atividade do pensamento. PIAGET & INHELDER (1993) demonstram, através de uma série de experimentos, que a criança constrói as noções de espaço a partir da estruturação do espaço perceptivo, num primeiro momento, para em seguida, apoiada nas estruturas anteriormente adquiridas, construir o espaço representativo a partir do momento em que a função simbólica possibilita a interiorização das ações. Segundo os autores, a representação espacial pressupõe a ação concreta sobre o espaço, a criança não é capaz de imaginar o resultado de uma ação qualquer sobre o espaço sem que antes a tenha

³ Grifo nosso para citação por Battro: PIAGET; INHELDER & SZEMINSKA. La géométrie spontanée de l'enfant. Paris, Presses Universitaires de France, 1948 (p. 340).

⁴ PIAGET & FRAISSE, P. (1963). Traité de psychology experimentale, v. VII. Paris, Presses Universitaires de France (p. 106). Citado por BATTRO (1976:306).

executado materialmente. Todas as formas de intuição espacial se apóiam em ações sobre o espaço, de modo que a representação espacial não pode ser dissociada do seu contexto ativo e não substitui verdadeiramente a ação:

Pode-se compreender, então, em que a representação espacial é uma ação interiorizada e não simplesmente a imaginação de um dado exterior qualquer, resultado de uma ação. A representação espacial não chega, efetivamente, a prever esse resultado, e mesmo a reconstituir o de uma ação anterior, senão tornando-se ela mesma ativa, isto é, operando sobre os objetos simbolizados como a ação opera sobre os objetos reais, ao invés de limitar-se a evocá-los. A esse respeito, ordenar em pensamento não é somente imaginar uma seqüência de objetos já ordenados, nem mesmo simplesmente representar a si mesmo em imagem a ação de ordená-los: é ordenar essa seqüência tão real e ativamente como se se tratasse de uma ação material, mas executando interiormente tal ação por meio de objetos simbolizados. (PIAGET & INHELDER, 1993:474-5)

A representação do espaço se desenvolve então por um processo que é conduzido pelas ações do sujeito, das atividades sensório-motoras elementares à representação intuitiva, às operações concretas e, finalmente, às operações hipotético-dedutivas. O espaço representativo comporta assim dois grandes períodos distintos: o intuitivo e o operatório. No período intuitivo, em um primeiro estágio de intuições elementares (entre 2 e 4 ou 5 anos, aproximadamente), as ações já realizadas efetivamente são interiorizadas graças ao aparecimento da função simbólica, que possibilita a evocação pela imaginação das ações conhecidas materialmente. O segundo estágio da intuição do espaço (de 4-5 a 7-8 anos) é o da articulação progressiva das intuições, graças à coordenação crescente das ações exteriores que repercute na coordenação interna dos seus esquemas. Esse processo de articulação das intuições que resulta na composição de esquemas coordenados, conduz à reversibilidade das ações interiorizadas na forma desses esquemas. As ações interiorizadas, coordenadas e reversíveis, como já vimos, convertem-se em operações, iniciando-se então (por volta dos 7-8 anos) o período operatório do espaço representativo, mas ainda no nível das operações concretas, que constituem a primeira forma de equilíbrio das ações interiorizadas. A coordenação das operações, por sua vez, se desenvolve e resulta na possibilidade de combinar

operações e transformar uma operação em outra (rede combinatória e grupo das quatro transformações INRC), permitindo pensar sobre vários sistemas simultaneamente, quando a representação do espaço atinge o nível operatório formal (a partir de 11 ou 12 anos, em média).

As operações concretas constitutivas do espaço são de natureza diferente das operações lógico-aritméticas de mesmo nível. As operações concretas de caráter lógico-aritmético tratam de objetos discretos, individuais, e se apóiam exclusivamente nas semelhanças e diferenças entre esses objetos para reuni-los em classes e em sistemas de conjuntos descontínuos e independentes das distâncias espaciais e temporais. Já as operações espaciais, no nível concreto, são de caráter infralógico ou espaço-temporal, o que não significa que sejam inferiores às operações lógico-aritméticas, mas que elas relacionam partes de um objeto que é um todo contínuo e são, portanto, formadoras da noção de objeto como tal. Os símbolos figurados (imagens mentais ou representações figuradas) que acompanham as operações infralógicas são mais adequados a elas do que as imagens que podem acompanhar a noção de uma classe nas operações de caráter lógico-aritmético, já que as operações infralógicas são constitutivas dos objetos como tais. As operações concretas sobre o espaço são de caráter intensivo (não quantificado) e constroem o objeto total a partir de suas qualidades e por encaixes de partes segundo as suas vizinhanças e ordens. “Tais operações, que se apóiam não mais nos encaixes de classes, mas nos encaixes de partes de um mesmo objeto total, substituem a noção de semelhança pela de vizinhança, a noção de diferença em geral pela de diferença de ordem ou de colocação (em particular pela de deslocamento) e a noção de número pela de medida” (PIAGET & INHELDER, 1993:470-1). Com as operações formais, termina a intuição e o pensamento inicia a “axiomatização” do espaço, isto é, a tradução das operações espaciais concretas, de caráter infralógico, em proposições hipotético-dedutivas, quando não se distinguem mais das operações lógico-aritméticas e integra-se a estas como um domínio especial: o do contínuo em oposição ao descontínuo.

Piaget e Inhelder distinguem, com base na geometria, três tipos principais de relações espaciais: as topológicas, as projetivas e as métricas (ou euclidianas). É o estabelecimento dessas relações entre os objetos espaciais que possibilitam à criança construir o espaço no plano perceptivo ou sensório-motor e depois chegar à sua representação. O espaço perceptivo é construído mais rapidamente que o espaço representativo, mas a criança do período sensório-motor não consegue reconstituir por representação as relações espaciais percebidas no contato direto com os objetos.

O espaço perceptivo e a passagem para o espaço representativo foram investigados por Piaget e Inhelder através da estereognosia (percepção tátil de objetos situados fora do campo de visão) e pelo desenho. Nos experimentos realizados observaram que as crianças discriminam corretamente formas geométricas simples bem antes de conseguirem reproduzi-las graficamente por desenho ou construí-las com varetas. A criança, por exemplo, tateia um objeto quadrado sem vê-lo e em seguida reconhece o quadrado entre várias formas que lhes são apresentadas, mas ao desenhar reproduz uma forma semelhante ao círculo. De modo parecido, uma figura composta por um triângulo interior e tangenciando um círculo é reproduzida em desenho como um círculo no interior de outro maior. Nessas observações, nota-se que noções geométricas elementares de superfícies, retas, ângulos, etc., já presentes nas figuras construídas no espaço perceptivo, são ignoradas pelo espaço representativo inicial, prevalecendo nas primeiras representações as relações de figuras abertas ou fechadas, dentro ou fora, junto ou separado, etc., enfim, são as relações espaciais topológicas que predominam no início do espaço representativo, embora características euclidianas e projetivas do espaço já sejam percebidas pela criança. Conclui-se daí que o espaço não é algo dado imediatamente pela percepção, mas é construído pela atividade do sujeito, na qual a motricidade desempenha um papel importante, primeiro na atividade perceptiva (exploração tátil ou visual das formas) e depois como componente necessário para elaborar a imagem representativa, ou seja, reconstruir mentalmente os dados da percepção.

As relações espaciais topológicas, são as mais elementares para a construção e a representação do espaço e não consideram ângulos, distâncias retas e formas rígidas, mas são definidas por relações qualitativas de vizinhança, separação, ordem, circunscrição (ou envolvimento) e continuidade inerentes aos objetos do espaço. A relação espacial de vizinhança é a mais elementar da estrutura perceptiva e corresponde à “proximidade” entre os elementos percebidos em um mesmo campo. É a partir das vizinhanças, cuja função de proximidade evolui com a idade e estende a relação de vizinhança para elementos mais distantes no campo perceptivo, que surgem nos primeiros estágios da construção do espaço as demais relações topológicas elementares: a separação é estabelecida entre dois elementos vizinhos, mas espacialmente distintos, o que corresponde à percepção analítica que possibilita dissociar os elementos dentro de uma totalidade sincrética, percebida antes sem separações nítidas entre as vizinhanças; em seguida, a percepção estabelece a relação de ordem numa seqüência de elementos vizinhos e separados; a circunscrição a uma dimensão (alinhamento) é dada quando um elemento é percebido “entre” outros dois vizinhos numa seqüência, a duas dimensões quando um elemento é percebido rodeado ou envolvido por outros, e a três

dimensões quando há percepção relacionada à interioridade (um objeto numa caixa fechada), evoluindo de modo complexo, principalmente em relação às três dimensões do espaço; e, por fim, a relação de continuidade, que sintetiza todas as outras, é percebida no período sensório-motor pelos deslocamentos seguidos entre um e outro elemento de um mesmo campo perceptivo. Essas relações topológicas, inicialmente estabelecidas entre objetos do espaço mais imediato, se desenvolvem com a ampliação dos limites do campo perceptivo, o progresso da análise e a complexidade crescente dos conjuntos a serem percebidos.

O predomínio dessas relações elementares caracteriza um espaço topológico como um “espaço do objeto”, isto é, não existe ainda um espaço total, a título de continente, que englobe todos os objetos em uma única estrutura, mas, ao contrário, o espaço topológico é interior a cada objeto e as relações espaciais elementares são estabelecidas sempre entre um e outro objetos do mesmo campo espacial. Uma vez estruturado o espaço topológico no plano representativo, a criança consegue, por exemplo, no desenho da sala de aula, colocar corretamente todos os objetos segundo suas posições na sala relacionando tais colocações uma a uma: a lousa na frente da sala; a mesa na frente da lousa; o armário ao lado da porta; etc. Essa correspondência biunívoca e bicontínua (termo a termo) entre os objetos é a única operação possível para as relações topológicas e resulta nas “homeomorfias” – analogia de estruturas entre as figuras, tratando-se de “uma análise que se coloca do ponto de vista de cada objeto figural considerado em si mesmo e não de um sistema de conjunto que as organizaria em um único todo estruturado segundo uma mesma coordenação espacial” (PIAGET & INHELDER, 1993:167). É essa homeomorfia que dá a equivalência entre figuras no espaço topológico: duas figuras são equivalentes quando uma é homeomorfa à outra. A criança alcança as operações concretas no espaço (em torno dos 7 anos) a partir de relações intensivas de vizinhança, separação, ordem e envolvimento, atingindo, por último (só por volta de 11 ou 12 anos), o contínuo como síntese de todas as outras relações espaciais topológicas.

As relações de vizinhança e separação são relações muito gerais dadas antes de qualquer construção operatória do espaço, antes mesmo das próprias operações topológicas. Já as relações de ordem resultam em operações aditivas de colocação que geram as seqüências ordenadas, enquanto que as relações de envolvimento dão lugar às operações multiplicativas de correspondência que originam as homeomorfias qualitativas elementares⁵. Essas operações

⁵ As relações de envolvimento ou enlaçamento foram estudadas por Piaget e Inhelder em experimentos com três tipos de nós em cordões, variando-os em verdadeiros e falsos, apertados e afrouxados. A criança deveria reproduzir e reconhecer os vários nós apresentados em diferentes configurações (correspondência biunívoca e bicontínua), constituindo-se tal operação em uma forma de transformação topológica (homeomorfismo).

de colocações e de correspondências são equivalentes das operações de seriação no domínio da lógica das relações, uma vez que se apoiam unicamente em relações que prolongam as vizinhanças. Mas há ainda as operações de partição (que prolongam as “separações” iniciais) e as de reunião das partes separadas, que no domínio espacial correspondem, respectivamente, às operações de dissociação e de reunião das classes no domínio da lógica. As operações de partição e de reunião das partes, se estendidas ao infinito, têm sua forma final na decomposição do contínuo em pontos vizinhos e separados e na sua recomposição a partir desses pontos, “cuja construção representa o complemento necessário das operações de ordem e de envolvimento e torna-se, portanto, indispensável ao aperfeiçoamento do espaço topológico qualitativo” (PIAGET & INHELDER, 1993:141).

As operações envolvendo as noções do ponto e do contínuo foram investigadas por Piaget e Inhelder empregando técnicas em que as crianças deveriam: dado um quadrado, desenhar o menor quadrado possível (operação de seriação: intercalar mentalmente uma série de grandezas entre o quadrado inicial e o último possível) e desenhar o maior quadrado possível em uma folha quadrada (seriação sob a forma de encaixamento das grandezas); dada uma reta ou uma figura (um quadrado ou um triângulo), deveria desenhar a linha ou a figura cada vez menor por seccionamentos sucessivos e, uma vez alcançado o limite gráfico (o menor desenho possível), era conduzida pelo interrogatório a imaginar que continuava a divisão “com o pensamento, até o fim”, e indagada sobre como se apresentaria – se há forma, qual seria – a parte última (decomposição do contínuo por partição ou divisão infinita até o ponto); e depois, dados dois pontos iniciais ou desenhados alguns numa sequência, deveria fazer intercalar sucessivamente nos intervalos outros quantos pontos fossem possíveis, questionando a criança se para ela isto constituiria ao final uma linha (recomposição do contínuo).

Em tais experimentos, Piaget e Inhelder constataram que no estágio III, por volta dos 6 ou 7 anos, paralelamente à aquisição das operações concretas de ordem e de envolvimento, as crianças alcançam a reversibilidade das operações de seriação e divisão, mas as divisões ou operações de partição ainda são limitadas ao visível e ao manipulável, não se generalizam ao infinito; o ponto não é geometricamente concebido sem superfície e em número infinito; a recomposição do todo a partir de seus elementos é concebida por reciprocidade reversível com a partição, mas trata-se ainda de um contínuo intuitivo, cujos elementos são descontínuos, configurando-se aí uma contradição ainda insolúvel para a criança. É só em um estágio IV (entre 11 e 12 anos, aproximadamente), já no domínio das operações formais, que a criança atinge a síntese do contínuo: a partição é ilimitada; os pontos

não têm forma ou superfície e são homogêneos entre si, independente do todo que integram; a composição, como operação inversa da partição infinita, também é ilimitada e no pensamento não há mais contradição entre o descontínuo dos elementos e o contínuo do todo. Essa última construção do espaço topológico é tardia porque o contínuo consiste na reunião das operações que prosseguem de modo ilimitado em duas direções complementares: a separação intelectual entre pontos vizinhos prossegue indefinidamente devida à divisão operatória e, por outro lado, toda vizinhança de um ponto é suscetível de ser preenchida por novos pontos.

Em resumo, as imediações ordenadas (envolvimento a uma dimensão para a linha: lacunas situadas ‘entre’ os pontos; ou a duas dimensões para as superfícies: lacunas ‘em volta’ do ponto) são tornadas pontos ao mesmo tempo vizinhos e intelectualmente separáveis, o que assegura a síntese entre as quatro relações de vizinhança, de separação, de ordem e de envolvimento já adquiridas no estágio III, mas não componíveis entre si nesse nível por ausência de divisões ou encaixes ilimitados (PIAGET & INHELDER, 1993:163).

A noção do contínuo generaliza as operações de divisão enquanto separação intelectual dos pontos vizinhos, o que concilia as relações de vizinhança e de separação, e generaliza também, enquanto preenche as vizinhanças de cada ponto, as operações de ordem e de envolvimento para as linhas, superfícies e espaços a três dimensões. Esse acabamento da construção das noções topológicas pela síntese do contínuo só se torna possível no nível do pensamento lógico-formal, pelo qual se é capaz de conceber o contínuo como um todo formado por pontos invisíveis e hipotéticos, somente dedutíveis e componíveis intelectualmente.

O espaço topológico constitui a subestrutura necessária para a construção do espaço projetivo e do espaço euclidiano, que são distintos, mas construídos ao mesmo tempo e de modo solidário. As relações espaciais projetivas se referem às projeções resultantes das diferentes perspectivas ou pontos de vista sobre o espaço e permitem situar os objetos uns em relação aos outros segundo um sistema de referência móvel, que nada mais é que a coordenação de conjunto das perspectivas, o que constitui o espaço projetivo. Depreende-se então que as relações projetivas asseguram a equivalência entre figuras pela possibilidade de mudança das formas em função das perspectivas, ou seja, pelas transformações projetivas. O espaço projetivo acrescenta-se então ao topológico pela necessidade de coordenar os objetos

ou os elementos de um objeto uns em relação aos outros segundo um determinado ponto de vista, o que pressupõe a diferenciação desse ponto de vista particular e a sua coordenação com as inúmeras perspectivas possíveis. Já as relações espaciais euclidianas (ou métricas) permitem situar os objetos uns em relação aos outros segundo um sistema de referência fixo que constitui as coordenadas ou sistema de eixos orientados segundo as duas dimensões do plano ou as três dimensões do espaço. A equivalência entre figuras segundo as relações euclidianas é condicionada à igualdade matemática das figuras. A construção do sistema de coordenadas parte da conservação das superfícies e das distâncias, o que só é possível com a estruturação simultânea das relações projetivas: “a conservação das distâncias e das superfícies implica, evidentemente, a reciprocidade ou a simetria da perspectiva” (PAGANELLI, 1982:74). A coordenação dos objetos e suas configurações segundo as perspectivas (espaço projetivo) ou o sistema de eixos (espaço euclidiano) exigem a conservação das retas, ângulos, paralelas, curvas, distâncias, etc. Trata-se, enfim, de estruturas mais complexas que são construídas juntas e mais lentamente que o espaço topológico porque pressupõem as relações topológicas.

Ainda no nível da inteligência perceptiva, com a construção do esquema do objeto permanente e a descentralização progressiva do espaço sensório-motor por coordenação crescente das ações, a criança já manipula certas relações projetivas e euclidianas necessárias para a constituição das constâncias da forma e da grandeza dos objetos. Essas relações, inicialmente relativas à forma e às dimensões dos objetos, progredem liberando-se dos objetos entre si, o que se atesta no final desse período pela extensão do “grupo” dos deslocamentos a um número crescente de posições sucessivas e a movimentos não percebidos diretamente, o que permite, no decorrer do segundo ano de vida, a análise dos deslocamentos visíveis, das posições, das relações de continente e conteúdo, das rotações e inversões de objetos, uns em relação aos outros e não mais apenas em relação ao próprio corpo (PIAGET & INHELDER, 1993:27). Entretanto, será necessário ainda um longo período de tempo para que se chegue aos sistemas de conjunto das perspectivas e das coordenadas.

A reta é a noção mais elementar para a construção tanto do espaço projetivo quanto do espaço euclidiano e sua representação é condição fundamental para a estruturação dos sistemas de perspectivas (as retas orientadas segundo todas as direções e em relação aos pontos de vista) e de coordenadas (as retas em paralelas, distâncias, ângulos, etc.).

A intuição da reta tem sua origem perceptiva na ação de seguir com a mão ou com o olho sem mudar a direção. Entretanto, definida geometricamente como a reunião de dois pontos por uma sequência de outros pontos intercalados retilinearmente, a reta não é uma

noção topológica, como a linha, e na sua representação intervêm relações projetivas (conservação da reta em relação a uma perspectiva, que engendra a conservação de uma direção no espaço) e euclidianas (deslocamentos, distâncias e medidas). Por esta razão, apesar de perceber a reta desde muito cedo, é só por volta dos 7 anos que, pela ação de “mirar”, a criança consegue representar a reta projetiva (a seqüência retilínea dos pontos segundo uma perspectiva) e euclidiana (trajeto mais curto entre dois pontos) para preencher o intervalo entre dois pontos (A e Z) sobre uma mesa retangular ou redonda, aludindo ao alinhamento de “postes para construir uma linha telefônica bem reta ao longo de uma estrada também perfeitamente reta” (Figura 7).

Piaget e Inhelder, mais seus colaboradores, investigaram a construção do espaço projetivo por vários experimentos, cujas observações são extremamente ricas em detalhes sobre como a criança chega progressivamente à representação das perspectivas. Alguns desses experimentos e observações, vamos retomar mais adiante, relacionando-os à evolução e aos traços do desenho infantil, o qual abordaremos em itens específicos deste capítulo pelo interesse especial em nosso trabalho. Por hora, cremos que, além do que já foi dito até aqui, o essencial dessas investigações sobre o espaço projetivo é que em todos os experimentos observou-se que a representação e a coordenação das perspectivas pressupõem a liberação do egocentrismo por um processo de descentração que se inicia com a descoberta do ponto de vista próprio. Inicialmente, a criança refere tudo ao seu próprio ponto de vista, mas do qual não tem consciência porque o ponto de

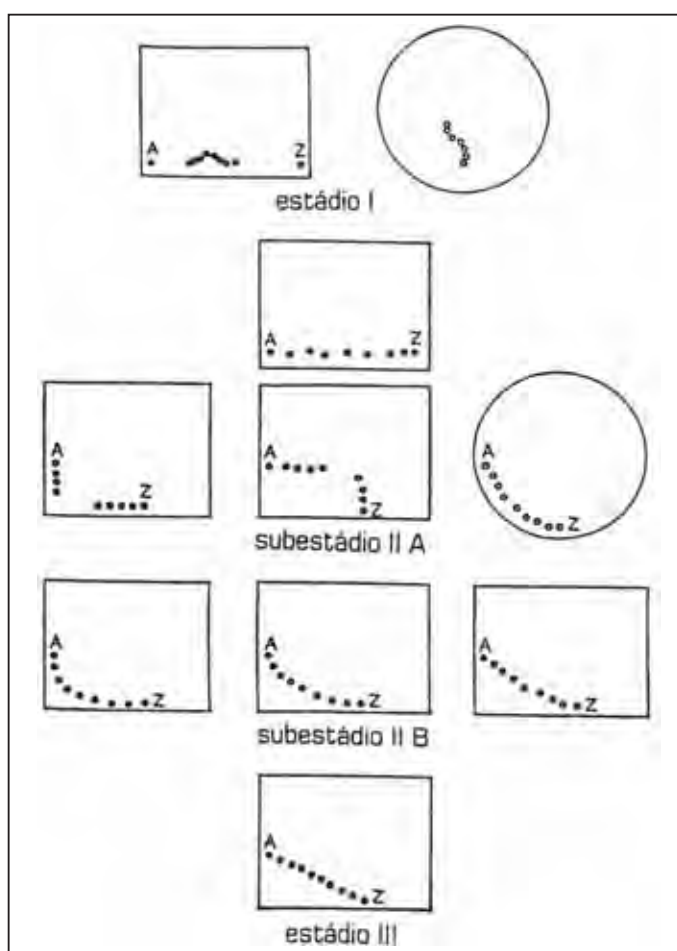


Figura 7: A evolução da construção da reta projetiva.
Fonte: PIAGET & INHELDER, 1993:172.

vista próprio permanece indiferenciado dos demais, o que significa que, em verdade, não se trata de representação propriamente dita da sua perspectiva enquanto o ponto de vista próprio não existir para o sujeito como uma perspectiva particular dentre o conjunto de todas as outras perspectivas. Quando o ponto de vista próprio se torna diferenciado, ou, quando se descobre que existem diferentes pontos de vista, por volta dos 7 ou 8 anos, o problema consiste então em se determinar como são essas outras perspectivas sobre o espaço, isto é, estabelecer as relações projetivas no espaço ligando entre si as inúmeras projeções e as perspectivas correspondentes. O pensamento inicia então uma nova empreitada que demanda mais alguns anos de desenvolvimento até que, por volta dos 10 ou 11 anos de idade, a coordenação de conjunto das perspectivas chega ao seu nível de acabamento. Essa coordenação das perspectivas exige uma construção de conjunto que permita ao mesmo tempo relacionar os objetos entre si por um sistema de coordenadas e relacionar os pontos de vista entre si por uma coordenação das relações projetivas que correspondem às diversas perspectivas possíveis (PIAGET & INHELDER, 1993:224). Sem essa elaboração paralela do espaço projetivo e do espaço euclidiano não é possível conservar as formas e posições absolutas dos objetos (relações euclidianas) para submete-las às transformações relativas às perspectivas (relações projetivas).

Na estruturação do espaço projetivo intervêm as noções fundamentais de *direita-esquerda*, *frente-atrás* e *em cima-embaixo* (ou *acima-abaixo*). Essas noções são elaboradas a partir do esquema corporal, que se constrói na relação motora e perceptiva do sujeito com o meio: “O corpo tem lados e partes – que também têm lados – com funções diferentes e que atuam sobre o meio de forma a permitir um certo domínio espacial através da ação e do movimento” (ALMEIDA, 1994:27). O relacionamento entre as partes do corpo e deste com o espaço pelas ações do sujeito, resulta na lateralização tanto do corpo como do espaço. Essa lateralização ocorre a partir do espaço postural, que estrutura um eixo de vetores partindo do corpo para o espaço tridimensional nas direções frente-atrás, direita-esquerda e acima-abaixo. Com o processo de descentração, o sujeito começa a dissociar esse eixo de vetores do próprio corpo e projetá-lo gradualmente no espaço e nos objetos. Assim, por esse processo de lateralização do espaço postural ao espaço circundante, o esquema corporal se transforma em um sistema de referência para localização e orientação no espaço. Mas os referenciais de localização e orientação definidos a partir do esquema corporal precisam ser coordenados entre si e com as perspectivas sobre o espaço, uma vez que apenas as direções acima-abaixo são absolutas, enquanto que os referenciais de direita-esquerda são condicionados aos de frente-atrás, o que já exige uma coordenação entre esses dois eixos, e quando projetados do

esquema corporal no espaço, precisam ainda ser coordenados com a perspectiva do sujeito em relação aos objetos, o que, como já vimos, não se trata apenas de determinar o ponto de vista próprio, mas de coordenação das perspectivas. Por isso, a criança, que desde aproximadamente os 5 ou 6 anos de idade compreende que tem uma direita e uma esquerda, só consegue distingui-las com precisão no próprio corpo por volta dos 8 e 9 anos, para depois conseguir identificar por inversão a direita e a esquerda em alguém à sua frente, enquanto que a noção de direita-esquerda relativa só é atingida em torno dos 11 anos, quando a criança se torna capaz de empregar essas referências para situar tanto os objetos em relação à direita e à esquerda uns dos outros como em relação à sua direita e à sua esquerda próprias.

O relacionamento das perspectivas envolvendo os referenciais de direita-esquerda e frente-atrás aparece nos estudos de Piaget e Inhelder em um experimento no qual empregaram um modelo tridimensional de um maciço de três montanhas, o qual a criança deveria representar antecipando os pontos de vista de um observador colocado em A, B, C e D em torno do modelo (Figura 8). Essa antecipação dos pontos de vista exige operações que estabeleçam correspondência entre cada posição do observador e as relações direita-esquerda e frente-atrás entre as três montanhas, ao mesmo tempo que relacionem as diferentes perspectivas do observador em função dos deslocamentos para realizar as transformações no sistema de relações direita-esquerda e frente-atrás entre as montanhas. Notou-se que no início do estágio III (de 7-8 a 9 anos em média), a criança compreende que as relações internas entre as três montanhas sofrem transformações com a mudança do ponto de vista, mas só conseguem realizar com sucesso tais transformações nas relações frente e atrás, que se tornam reversíveis mais rápido que as de esquerda e direita. No subestádio IIIB (por volta dos 10 ou 11 anos), as relações direita-esquerda se tornam reversíveis e só aí a criança consegue realizar as transformações necessárias para antecipar os pontos de vista.

Se a coordenação de conjunto das perspectivas marca o nível de acabamento da estruturação do espaço projetivo, o sistema de coordenadas é o ponto de chegada das relações euclidianas. Mas o sistema de eixos ou coordenadas não é dado pela mera percepção do

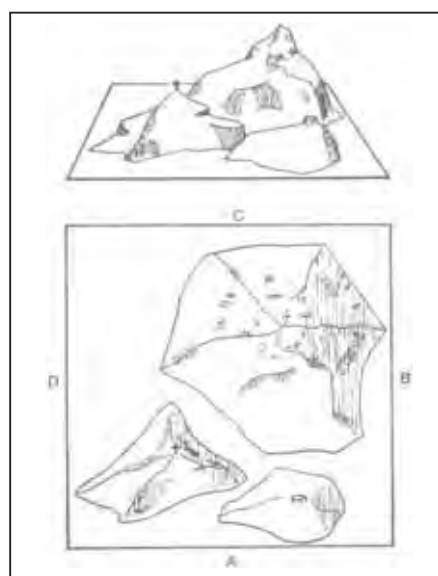


Figura 8: As “três montanhas” do experimento clássico.
Fonte: PIAGET & INHELDER, 1993:225.

esquema corporal ou da horizontal e da vertical como referências naturais, ao contrário, é construído lentamente, passo a passo, a partir de aquisições como as noções e conservações de distância, comprimento, superfície, paralelismo, ângulo e proporção.

Piaget e Inhelder iniciam o estudo da estruturação do espaço euclidiano abordando o paralelismo e as proporções e semelhanças por consistirem em coordenações menos complexas que o sistema de conjunto das coordenadas e fazerem a transição entre as noções projetivas e as noções métricas, além de serem essenciais na construção do espaço e aparecerem no desenvolvimento do desenho infantil. A questão percepção-representação novamente é colocada: o fato de uma criança distinguir perceptivamente um quadrado por volta dos 2 anos de idade e desenhá-lo aos 4 anos não significa que tenha uma noção operatória (ou intuitiva) do paralelismo entre os lados do quadrado. Quanto à figura em si, argumentam que o quadrado não é a mais adequada para estudar a construção operatória do paralelismo pela criança, pois o quadrado e o retângulo possuem apenas ângulos retos e o traçado de paralelas verticais e horizontais (como são percebidos habitualmente os lados dessas figuras) é mais fácil e não implica a capacidade de conservar o paralelismo entre duas linhas oblíquas, como em um losango. Daí que o losango só é desenhado pela criança sem paralelismo preciso aos 6 anos em média e com precisão sistemática ao redor dos 7 anos. Mas a questão central não é a figura estática, e sim as transformações das figuras.

A cópia correta de um losango não prova, com efeito, a posse de uma representação exata das paralelas, pois numa tal cópia pode permanecer a questão das percepções e das motricidades, ao passo que a representação supõe a intuição de modificações possíveis. A representação das paralelas implica, pois, um sistema de operações que assegura certas transformações, mesmo conservando o paralelismo (PIAGET & INHELDER, 1993:320).

Considerando que, entre as noções projetivas e as semelhanças, os geômetras distinguem as noções de “afinidade”, que se caracterizam pela conservação das paralelas e da reta simples, mas sem a conservação dos ângulos (semelhanças) e das distâncias (deslocamentos e métrica euclidiana), investigaram as reações das crianças diante das transformações “afins” do losango em um instrumento denominado “Tesoura de Nüremberg” (Figura 9). A criança deveria antecipar as formas dos losangos em função das transformações da “tesoura”, conservando o paralelismo dos lados opostos do losango durante as

transformações. Observou-se que o primeiro progresso (subestádio IIA) é a reprodução simples do losango, sem qualquer antecipação das transformações; num subestádio seguinte (IIB), inicia uma articulação da intuição que permite apenas uma compreensão global e incompleta de que os losangos aumentarão e depois diminuirão; no nível IIIA (início das operações concretas, aos 7 ou 8 anos) o losango é estruturado com exatidão, com conservação do paralelismo dos lados opostos e invariância do comprimento dos lados,

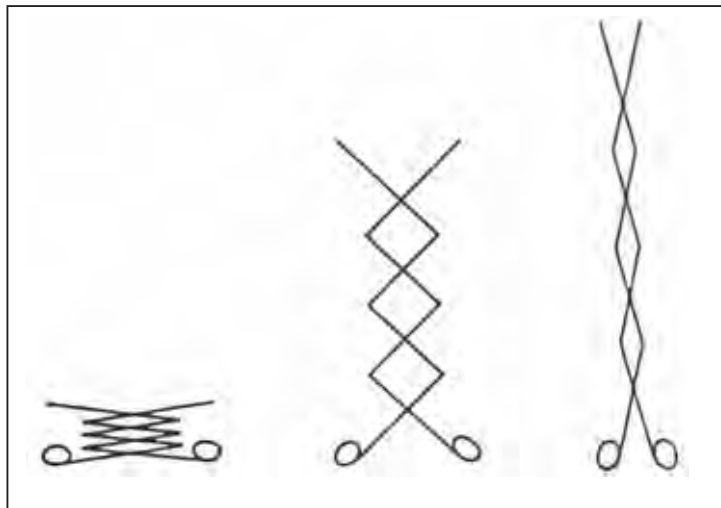


Figura 9: As transformações “afins” do losango na “Tesoura de Nüremberg”. Fonte: PIAGET & INHELDER, 1993:321.

resultado da compreensão da relação entre aumento da largura e diminuição da altura; nos níveis IIIB e VI o progresso consiste na formulação clara das relações estabelecidas fundada na consciência das transformações da figura.

Analisando suas observações, os autores adiantam o próximo capítulo da obra e colocam que o paralelismo é elaborado junto com a noção de ângulo, o que interpretam como natural, “...pois duas retas formam entre si um ângulo tão logo elas cessem de ser paralelas...; mas resulta dessa complementaridade que a noção de ângulo não poderia, portanto, preceder a de paralelas nem servir de medida à inclinação comum de duas oblíquas” (ibidem, p. 333). Apoiados em outro estudo realizado por um colaborador sobre o paralelismo, os autores afirmam que o paralelismo, particularmente entre linhas oblíquas, é difícil de ser concebido mesmo em figura fechada e bem estruturada como o losango. Essa dificuldade foi verificada também no campo perceptivo: mesmo adultos exercitados apresentam erros na percepção das paralelas. Os autores afirmam que a noção do paralelismo entre linhas inclinadas (como nos lados do losango) é elaborada com o auxílio das operações do pensamento, que corrigem e aperfeiçoam gradualmente a percepção, e não o contrário, enquanto que só nos casos das retas horizontais ou verticais a percepção correta das paralelas é anterior à sua noção. A noção de paralelismo entre linhas simples é elaborada a partir da representação operatória da reta que, como vimos, é alcançada pela intervenção da perspectiva e engendra a noção de conservação de uma direção no espaço e, logo, pode-se conceber essa mesma direção como comum a

outras retas. Já o paralelismo nas transformações “afins” do losango é elaborado pela compreensão do conjunto dessas transformações, que implica compreender que um mesmo losango pode ser modificado em seus ângulos e no comprimento respectivo de suas diagonais (aparecendo inclusive sob a forma de um quadrado), mas conservando o comprimento dos seus lados, quando o paralelismo dos lados opostos passa a desempenhar o papel de invariante operatório que permite construir as transformações no sistema, ou seja, é uma elaboração do pensamento operatório. Desde a representação da figura do losango – que pressupõe a construção das retas oblíquas – do paralelismo entre quaisquer retas (verticais, horizontais ou oblíquas) até a conservação do caráter paralelo dos lados do losango, todas essas noções implicam a direção no espaço e são correlativas a um mecanismo operatório comum que é, justamente, o início de coordenação das direções, constituído pelas noções de reta e de paralelas e que terminará com a construção dos sistemas de coordenadas propriamente ditas.

Tendo verificado antes as noções projetivas, depois as transformações “afins” do losango dentre às noções de afinidade (que conservam as retas e as paralelas, mas não ainda os ângulos), Piaget e Inhelder seguem a ordem geométrica de construção do espaço e passam ao estudo das noções de ângulo, semelhanças e proporções do grupo das semelhanças (com conservação dos ângulos), situado na geometria precisamente entre as noções de afinidade e os deslocamentos (que além dos ângulos, das paralelas e das retas, conservam também as distâncias), para investigar como a criança, com as noções prévias de retas e de paralelas, chega às noções complementares citadas do grupo de semelhanças. Para tal, julgaram conveniente estudar como a criança reconhece as semelhanças de dois triângulos encaixados a partir do paralelismo de seus lados e como passa desse paralelismo dos lados para a igualdade dos ângulos (transição entre as afinidades e as semelhanças), generalizando em seguida o estudo das semelhanças a outras comparações de triângulos e à comparação de retângulos. Empregou-se o desenho pela criança e a manipulação de figuras recortadas em papelão para, por encaixes e transposições, compará-las ou desenhá-las como semelhantes e proporcionais. Em linhas gerais, obtiveram desse estudo, para semelhanças e proporções nos triângulos e nos retângulos, os seguintes estádios:

Estádio II (de 4-5 a 6 ou 6 ½ anos) – não considera no desenho o paralelismo dos lados nem a correspondência dos ângulos do triângulo, nas comparações perceptivas de triângulos encaixados aumenta a altura do triângulo variável; na manipulação das figuras, as comparações são feitas sem correspondência direta dos ângulos nem superposição sistemática das figuras. Em um subestádio IIB (6 a 7 anos e meio) o desenho do triângulo encaixado chega a um paralelismo intuitivo em alguns casos privilegiados (em particular nos triângulos

com lados pouco inclinados), inicia-se a análise da inclinação dos lados, mas na manipulação não se descobre ainda a comparação por superposição das figuras. O retângulo, ao longo desse estágio, é aumentado no comprimento e a criança faz uma transposição da forma do conjunto e não das relações dimensionais; a análise é incompleta e apoiada em apenas uma dimensão (o comprimento) que privilegia, como sendo o retângulo um quadrado alongado; a noção de proporcionalidade parece não ter significado para a criança.

Estádio III (7-8 a 9-10 anos) – Subestádio IIIA: no desenho, descoberta do paralelismo dos lados dos triângulos encaixados; o raciocínio passa a dirigir a percepção nas comparações; na manipulação, descobre espontaneamente a sobreposição das figuras e procura fundamentar a semelhança dos triângulos sobrepostos na igualdade dos ângulos. Quanto ao retângulo, a centração sobre o comprimento, no estágio anterior, cede lugar a um relacionamento intencional das duas dimensões da figura, mas privilegiando uma delas (altura ou comprimento), enquanto que no desenho o comprimento ainda é exagerado; há tentativas de medida, mas com erros por falta de compreensão de que se trata de proporção e não de tamanho absoluto. Subestádio IIIB: no desenho do triângulo, a comparação se apóia simultaneamente no paralelismo dos lados e nas relações dimensionais simples (1 a 2); na manipulação das figuras, o esforço se dirige à correspondência dos três ângulos e ao paralelismo dos lados. Para o retângulo a ser aumentado, apóia-se o aumento nos dois lados e busca suas relações, mas ambos são aumentados em qualidades iguais ou vizinhas (por exemplo, 2 cm a mais em cada lado), seguindo-se correções do desenho a partir das impressões perceptivas, quando julgamento perceptivo e método de cálculo se conflitam. O estágio todo se caracteriza pela construção de um sistema de regulações referentes às relações dimensionais e não mais à forma qualitativa geral.

Estádio IV (11-12 anos) – O raciocínio se libera da influência do julgamento perceptivo e é alcançada a proporcionalidade de todas as relações dimensionais entre os triângulos e entre os retângulos.

Em síntese, a semelhança dos triângulos fundada no paralelismo dos lados já se esboça no nível IIB e se equilibra no nível IIIA, enquanto que essa semelhança fundada na igualdade dos ângulos começa a se esboçar no nível IIIA e se equilibra no subestádio IIIB, o mesmo em que se inicia a noção métrica das proporções, a qual atinge seu equilíbrio no estágio IV. Define-se, então, a ordem de sucessão na construção das semelhanças e das proporções: o paralelismo dos lados do triângulo (IIIA), igualdade dos ângulos (IIIB) e proporções métricas (IV).

A gênese dos sistemas de eixos ou coordenadas, que marca o acabamento da estruturação do espaço euclidiano, foi investigada por Piaget e Inhelder através do estudo das noções de horizontal e de vertical como um sistema de referência natural, dado pelo meio externo, mas que o sujeito precisa estruturar como sistema de referência. A esse respeito, lembram também que a idéia de que o sistema postural fornece um espaço já coordenado é um “dos mais completos mal-entendidos que obscureceram a teoria da intuição geométrica” (ibidem, p. 396). Mais uma vez, seus experimentos comprovam que as noções espaciais são elaboradas muito mais pelas operações do pensamento do que pela simples percepção, mesmo quando aparecem evidentes para a percepção, como a horizontalidade do nível da água ou a verticalidade de um fio de prumo em um vidro inclinado. Para prever essa verticalidade e essa horizontalidade, o sujeito precisa coordenar as relações interiores ao vidro (a superfície da água ou o fio de prumo e as laterais do vidro durante as inclinações) com um referencial

externo fixo (por exemplo, a superfície da mesa), em operações que envolvem paralelismo e perpendicularismo, que pressupõem todas as noções anteriores (retas, paralelas, ângulos, etc.) e sobre as quais se estrutura o sistema de coordenadas. Para não recairmos seguidamente numa descrição exhaustiva de estádios e subestádios, reproduzimos a ilustração (Figura 10) dos autores que, sem dúvida, expressa com maior riqueza do que as palavras o modo como evolui a representação da horizontal e da vertical pela criança, acrescentando apenas que é em um subestádio IIIB, por volta dos 9 anos, que essas noções se equilibram e podem então ser antecipadas por representação.

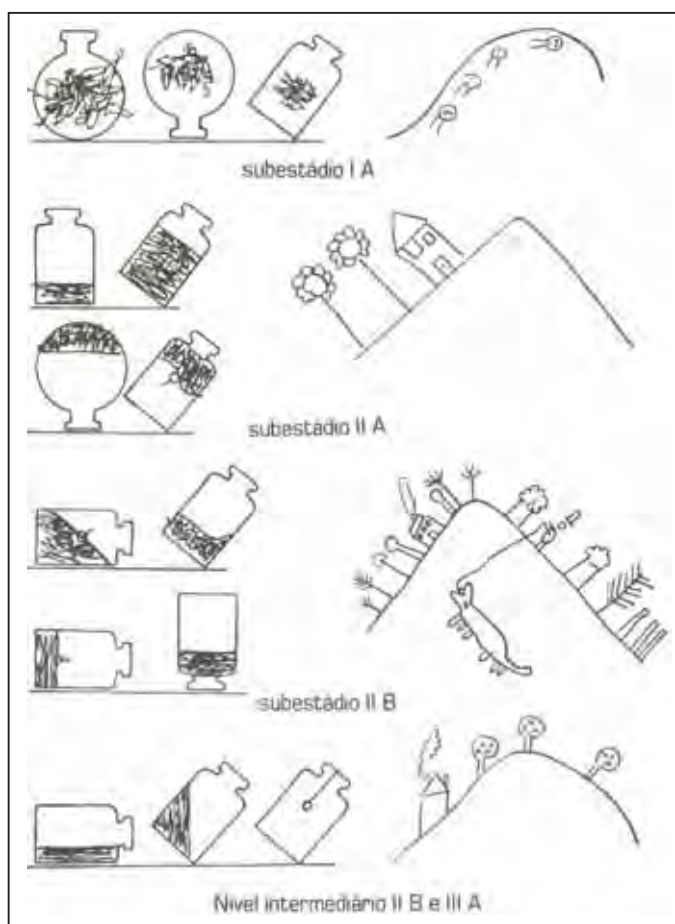


Figura 10: Estádios do desenvolvimento da horizontal e da vertical. Fonte: PIAGET & INHELDER, 1993:401.

Ainda sobre construção do sistema de coordenadas, considerando que a horizontal e a vertical são dadas pelo meio físico como eixos do sistema natural de referência, os autores realizaram um outro conjunto de experimentos para verificar a utilização espontânea pela criança de quaisquer sistemas de referência externos à figura considerada. Uma das técnicas usadas consistia em solicitar que a criança reproduzisse um arranjo irregular de fichas telefônicas sobre a mesa sendo que, após o primeiro ensaio da criança, davam-lhes algumas tiras retas de papel para que usassem como meios de referência. Observaram que é preciso um IV estágio, que se inicia por volta dos 11 ou 12 anos, para que sejam construídos verdadeiros sistemas convencionais de referência que permitam considerar simultaneamente as posições e as distâncias.

Em suas conclusões sobre o estudo das coordenadas, Piaget e Inhelder estabelecem a correlação entre a elaboração simultânea das noções projetivas e euclidianas e afirmam: “A idade média de 9 anos, situada no meio do estágio das operações concretas, marca, pois, um momento decisivo na construção do espaço: o do acabamento da ossatura própria dos sistemas de conjunto euclidiano e projetivo” (ibidem, p. 437).

Os últimos experimentos relatados visaram verificar a hipótese de que o espaço projetivo e o espaço euclidiano se constituem correlativamente, após se ter constatado que a construção dos sistemas naturais de coordenadas é sincronizada com a coordenação geral dos pontos de vista. O meio escolhido para tal verificação foi justamente a construção de um “mapa”, entendido como um esquema topográfico metódico, cuja elaboração os autores consideram “uma conduta tão importante, tanto do ponto de vista do desenvolvimento dos desenhos geométricos na criança, quanto do da evolução histórica da geometria em seus inícios ...” (ibidem, p. 439). O problema colocado para a criança, na primeira técnica, consistia em situar em um modelo um boneco colocado em outro modelo idêntico, mas “espelhado” (rotacionado a 180°), para evitar que a posição fosse determinada unicamente em relação ao próprio corpo do sujeito, obrigando-o a coordenar os “pontos de vista” projetivos e ao mesmo tempo as relações euclidianas. A segunda técnica consistia em desenhar em uma folha reduzida e em uma perspectiva determinada o modelo de uma aldeia apresentado ou, para as crianças menores e como instrumento de controle, reproduzir o modelo com objetos reais. Nota-se que nessas provas, para estabelecer com precisão as relações espaciais, os sujeitos deveriam mobilizar todas as noções estudadas antes, desde as vizinhanças, ordens, etc., as inversões de direita-esquerda e frente-atrás, as proporções, até a coordenação das perspectivas e os sistemas de referência.

Os resultados obtidos comprovaram todas as observações anteriores. No estágio I, são as relações topológicas que dominam a representação e, ao longo dos estágios II e III, as coordenações projetivas e euclidianas são construídas paralelamente, apoiando-se umas nas outras. Na prova com os modelos “espelhados”, o sucesso geral em todas as relações necessárias para situar o boneco é alcançado por volta dos 7-8 anos, com a compreensão do efeito da rotação nas relações direita-esquerda e frente-atrás e a coordenação entre o sistema interior dos objetos com o sistema exterior tomado pelas duas dimensões do quadro da base do modelo. Os autores atestam que nessa prova a coordenação do conjunto foi alcançada antes, em relação à coordenação dos pontos de vista nas provas com as três montanhas e com as coordenadas verticais e horizontais, porque tratava-se de um único objeto a ser colocado em um conjunto organizado e submetido a uma única meia-rotação de 180°. Na segunda prova, o plano esquematizado e as coordenadas métricas só são estruturados também no estágio IV, por volta dos 11 ou 12 anos. Os autores acrescentam que os sujeitos do estágio IV que foram interrogados demonstraram possuir noções elaboradas individualmente e noções adquiridas pelo ensino escolar. Nos exemplos citados, aparecem expressões dos sujeitos como “desenho em perspectiva”, “diminuir os tamanhos numa certa escala”, “é um quarto ($\frac{1}{4}$) para tudo”, “é preciso olhar de cima e ver tudo o que tem ali”, “é preciso medir também as distâncias maiores na mesma proporção”, e estratégias como dobrar a folha em quatro para marcar eixos coordenados. Sobre essas observações, citaremos o trecho abaixo, tal como fez ALMEDIA (1994:57) da obra em francês, por compreendermos que traduz a relação entre a psicologia genética e a pedagogia:

Vê-se o quanto os conhecimentos escolares que transparecem nessas respostas são integrados no conjunto das noções das quais conhecemos a gênese através das análises precedentes: afinal, nenhuma aquisição é possível a não ser por assimilação a esquemas prévios, e, do mesmo modo que a criança desenha bem antes de receber lições de desenho, ela também constrói, no curso de suas atividades diversas, um conjunto de noções relacionadas às coordenadas, às perspectivas e às semelhanças ou proporções, que lhe permitem cristalizar, numa certa idade, esse sistema de operações efetivas ao redor de elementos novos introduzidos em seu espírito pelo ensino (PIAGET & INHELDER, 1993:466).

No curso desses estudos sobre a construção do espaço pela criança, Piaget e Inhelder empregaram o desenho como representação espacial e dedicaram-se também na análise da evolução do desenho infantil. É desta abordagem do desenho na representação do espaço que trataremos na continuidade deste capítulo.

2.1. O DESENHO COMO REPRESENTAÇÃO ESPACIAL

Nos estudos do primeiro capítulo da obra de PIAGET & INHELDER (1993), nos quais trataram do espaço perceptivo, da passagem ao espaço representativo e da intuição das formas pela percepção estereognóstica, concluiu-se que: a construção do espaço perceptivo se inicia pelas relações topológicas elementares e evolui para as relações projetivas e euclidianas; que a passagem da percepção à representação figurada (ou intuição representativa e não mais perceptiva) supõe uma reconstrução das relações elaboradas pela percepção e uma continuidade funcional entre a construção nova e a anterior; e que essa reconstrução se faz também das qualidades topológicas (formas abertas ou fechadas) para as formas euclidianas. Essa mesma ordem de sucessão das aquisições da percepção e da intuição representativa seria desnecessária, argumentam os autores, em se considerando que o espaço representativo poderia se iniciar por coordenações euclidianas e projetivas (constância da forma e da grandeza) e das relações de conjunto (dimensões coordenadas em função dos deslocamentos objetivos) já pré-figuradas no espaço perceptivo. Desse modo, a representação intuitiva poderia ter invertido a ordem da gênese real verificada no espaço perceptivo, tal como se fez na construção histórica dos conceitos topológicos, projetivos e euclidianos pela ciência geométrica, que se fundou primeiro pela geometria euclidiana, concebendo depois a geometria projetiva (entre os séculos XVII e XIX) e, por último, a topologia, como uma concepção moderna na geometria. Posto isto, os autores colocam a necessidade de se verificar se o espaço representativo segue as mesmas fases do espaço perceptivo e se no plano da intuição figurada ocorre uma reconstrução primeiro das relações topológicas, seguida de uma reelaboração das noções projetivas e métricas, resultando por fim na construção dos sistemas de conjunto das coordenações perspectivas e de coordenadas. É essa a hipótese central que conduz todos os estudos apresentados na obra e que, como vimos, ao final se comprovou.

Considerando que para reconstituir a ordem genética real do espaço representativo seria preciso dissociar a percepção e a representação e, no interior do espaço representativo, dissociar o aspecto figurativo ou o simbólico e as noções elaboradas pelo sujeito, Piaget e

Inhelder escolheram a análise do desenho para continuar o estudo das relações elementares que intervêm no desenvolvimento do espaço representativo. Quanto às objeções ao emprego do desenho como indicador do desenvolvimento da representação espacial, colocam o seguinte:

Stern, Decroly e outros demonstraram que a estrutura de um desenho, como por exemplo o que diz respeito à terceira dimensão, nem sempre traduz a estrutura da representação.⁶ Com efeito, é claro que, supondo uma técnica particular, o desenho estará mais em atraso sobre a representação na medida em que os conjuntos forem mais complexos e mais difíceis de figurar. Assim, a exploração do espaço infantil unicamente pela análise do desenho seria efetivamente bem temerária. Mas se essa análise é controlada com outros procedimentos, e sobretudo se nos limitarmos aos caracteres gerais dos grafismos que se apóiam em figuras usuais e simples, não há dúvida de que o desenho constitui um certo modo de representação espacial: o ‘espaço gráfico’ é uma das formas do espaço representativo e L. Brunshvicg explicava mesmo a gênese da geometria pela prática do desenhista⁷ (PIAGET & INHELDER, 1993:62).

O desenho espontâneo da criança é analisado por Piaget e Inhelder a partir dos períodos de evolução descritos por Luquet, cuja obra, segundo PAGANELLI (1982:81-2), é de 1913 e pertence a uma das três correntes de estudos diferentes, mas convergentes, sobre o desenho infantil que se delinearam na psicologia a partir de 1880. A obra de Luquet, juntamente com outras duas – a de Kerchenstein, de 1905, e a de Rouma, também de 1913 – da mesma corrente de estudos que procurava descrever o desenvolvimento do grafismo infantil por períodos de evolução, tornou-se clássica⁸.

Os períodos da evolução do desenho infantil definidos por Luquet são quatro, os quais descreveremos sucintamente conforme as apresentações feitas por PAGANELLI (1982:82-3) e por ALMEIDA (1994:132):

⁶ Cf. POULLIARD, Journal de Psychol. 1924, p. 88. (referência a Stern e Decroly).

⁷ Les étapes de la philosophie mathématique, 2. ed. Alean, 1922. pp. 500-3. (referência a L. Brunshvicg).

⁸ LUQUET, G. H. (1935). Le dessin enfantin. Paris, Librairie Félix Alcan.

- **Gênese do desenho intencional** (até 3 anos) – quando, de simples garatujas sem a intenção de representar algo, a criança passa a atribuir um ou mais significados aos traços feitos no papel, dando ao “desenho” um nome, ou mais nomes que significam coisas completamente diferentes.

- **Incapacidade sintética** (3 a 5 anos) – a criança tem a intenção de representar um modelo qualquer, mas seu desenho é muito diferente do que quer representar devido à falta de coordenação dos movimentos gráficos e ao fato de sua atenção ser limitada e descontínua, o que não lhe permite perceber todos os detalhes e, ao mesmo tempo, esquecer outros percebidos; exagera as proporções e as relações de colocação entre os objetos.

- **Realismo intelectual** (6 a 9 anos) – a criança desenha o que sabe que existe no modelo e não o que está vendo do mesmo, omitindo alguns detalhes visíveis e acrescentando outros que não são vistos no modelo; representa os objetos com perspectivas incoerentes e incomuns (“mistura de pontos de vista”, “transparências”, “rebatimentos” e “desdobramentos” de superfícies do objeto sobre o plano).

- **Realismo visual** (a partir dos 9 ou 10 anos) – o desenho da criança se aproxima progressivamente do desenho do adulto, definindo uma melhora gradual das perspectivas, proporções, medidas e distâncias nas relações entre os objetos representados.

Piaget e Inhelder analisam a evolução do desenho espontâneo da criança a partir do período da “incapacidade sintética” e reinterpretam, sob a ótica das relações espaciais topológicas, projetivas e euclidianas, as três últimas etapas do desenvolvimento do desenho infantil descritas por Luquet.

No estágio da “incapacidade sintética”, são comuns, entre as crianças menores, os desenhos de figuras humanas sem tronco, com os membros ligados diretamente à cabeça, ou com os órgãos faciais incompletos, ou deslocados, ou colocados invertidos na ordem vertical. Essa característica do desenho, que Luquet atribuiu à incapacidade motora e à atenção restrita e descontínua da criança, para PIAGET E INHELDER se deve mais pela ausência dos instrumentos de representação espacial e não tem qualquer relação com a percepção, pois a criança nesse período do desenvolvimento percebe nas pessoas à sua volta a figura humana em sua estrutura vertical, o rosto com dois olhos acima de um nariz, etc.: “O desenho é uma representação, isto é, supõe a construção de uma imagem bem distinta da percepção, e nada prova que as relações espaciais de que esta imagem é feita sejam do mesmo nível das relações que a percepção correspondente testemunha” (ibidem, p. 63). Mesmo nos casos em que o desenho pode ser menos complexo que a imagem visual interior (representação), ou seja,

quando a representação gráfica está atrasada em relação à representação pela imagem interior, os autores põem em questão se essa imagem interna, supostamente mais adiantada que o desenho, alcançaria de fato os caracteres projetivos e euclidianos (paralelismo dos lados, ângulos, etc.). O fato de que as crianças com cerca de 3 anos e meio não conseguiram diferenciar um círculo de um quadrado ou um triângulo pela exploração tátil (percepção estereognóstica das formas), sugere, segundo os autores, que as características observadas nos desenhos não se restringem a uma dificuldade técnica específica do grafismo. Essas características estariam, então, ligadas ao modo como está estruturada a representação espacial na criança e, portanto, o desenho permite constatar o caráter espontâneo de estruturas próprias da representação, e essa constatação, afirmam, só pode ser analisada detalhadamente submetendo-a a experimentos: “... a evolução do desenho fornece o quadro geral no seio do qual poderão situar-se as análises ulteriores” (ibidem, p. 64).

O desenho característico do período de “incapacidade sintética” se revela, para Piaget e Inhelder, como uma representação do espaço que não considera as relações projetivas nem euclidianas e constitui apenas o início da construção das relações topológicas no espaço representativo. A “**vizinhança**” aparece na proximidade entre os elementos, mas não em detalhes nas figuras complexas, como nos membros ligados à cabeça e o tronco em outro lugar na figura humana. A “**separação**” aparece na distinção entre os elementos desenhados. Como as relações de vizinhança e de separação são elaboradas apenas nas figuras simples, as relações de **ordem**, por constituir-se síntese daquelas duas, apenas se inicia nesse período e, quando há muitos elementos, falta coordenação e o resultado é as inversões de direita-esquerda, frente-atrás e acima-abaixo, e é essa falta de coordenação que exprime a “incapacidade sintética”. As relações de “**envolvimento**” são melhor definidas nas figuras simples pelo fechamento de uma forma e pela interioridade ou exterioridade entre duas figuras, mas recaem em erros constantes quando se trata de figuras complexas e, por exemplo, detalhes do interior da figura são colocados sem o envolvimento, como os olhos fora do rosto. As relações de **continuidade** e de **descontinuidade** são marcadas apenas em linhas gerais e constituem uma característica da incapacidade sintética que é a justaposição dos elementos nas figuras complexas em oposição à sua ligação contínua, e os exemplos dados são de um cavaleiro suspenso sobre o cavalo e de um chapéu acima de uma cabeça.

Se o desenho do período da “incapacidade sintética” permite constatar o início da construção das relações topológicas pela representação, o desenho do “realismo intelectual” revela o acabamento das relações topológicas e o início da elaboração das relações projetivas e euclidianas. No nível intuitivo, o desenho do “realismo intelectual” é outra vez uma

representação de caráter essencialmente topológico, o que, para PIAGET E INHELDER, se deve ao fato de tratar-se de um espaço ainda não estruturado quanto às relações projetivas e euclidianas, mas essas já se diferenciam no interior do conjunto topológico e aparecem nas retas, ângulos e formas geométricas simples (mas sem medidas nem proporções precisas) e nos “rebatimentos” e “mistura de pontos de vista” (elaboração de perspectivas sem coordenação entre as mesmas). Como ainda não há coordenação de conjunto das perspectivas e nem sistemas de referência ou coordenadas, as relações projetivas e euclidianas que se iniciam tornam-se incoerentes em suas conexões e, nos casos em que se conflitam, as relações topológicas se impõem sobre as novas relações porque admitem o caráter elástico e deformável dos objetos. Daí resulta os “rebatimentos”, “desdobramentos”, “mistura de pontos de vista” que caracterizam esse período e colocam em conflito as relações projetivas e as euclidianas:

Por exemplo, quando a criança desenha uma cabeça de perfil com dois olhos, ou um cavaleiro de perfil com duas pernas, ou um conjunto de casas visto de todas as espécies de pontos de vista ao mesmo tempo, há contradição tanto com a estrutura euclidiana quanto com a estrutura projetiva: o objeto é deformado como se fosse plástico e as distâncias ou, a fortiori, as coordenadas, não desempenham mais papel, a não ser as perspectivas (ibidem, p. 67).

O último período da evolução do desenho infantil, o do “realismo visual”, caracterizado pela observação coerente das perspectivas, das proporções, das medidas e das distâncias na representação, tem para Piaget e Inhelder um triplo interesse. Primeiro: seu aparecimento tardio demonstra o caráter ulterior das intuições representativas projetivas e euclidianas. Segundo: evidencia que as relações projetivas e as euclidianas são construídas ao mesmo tempo, constituindo dois sistemas distintos, solidários e que se apóiam um no outro. E, principalmente, em terceiro lugar, o “realismo visual”, por suas diferenças com o “realismo intelectual”, mostra a natureza das relações projetivas e euclidianas em oposição às relações topológicas. A construção das relações topológicas é uma construção progressiva e centrada na figura em questão sem relação com as outras. As relações projetivas, que determinam e conservam as posições reais entre as figuras (umas em relação às outras), e as relações euclidianas, que determinam e conservam as distâncias recíprocas entre as figuras (sistema de coordenadas), se constroem como sistemas de conjunto.

Nessa análise do desenho espontâneo, introduzindo as relações espaciais topológicas, projetivas e euclidianas na interpretação de Luquet para o desenho infantil, Piaget e Inhelder delimitaram aquele “quadro geral” fornecido pelo grafismo natural das crianças, do qual extraíram as hipóteses para a construção do espaço representativo e as submeteram à verificação experimental, cujas conclusões já apresentamos. Como se colocaram desde o início em relação ao desenho, quando empregam a representação gráfica, os autores fazem com o acompanhamento de outras técnicas para controlar e sustentar suas afirmações sobre a representação do espaço pela criança.

Em um dos experimentos sobre o espaço projetivo com o desenho e uma técnica de controle, pode-se observar o caso em que há indícios de que o espaço gráfico está atrasado em relação à representação pela imagem interior. Para verificar a representação das perspectivas simples em relação a um objeto, pediram à criança que desenhasse como uma boneca diante de um objeto como um disco ou uma agulha os veria quando eram girados a 90° ou até 180° de rotação, depois, que escolhessem dentre vários desenhos prontos qual seria o correspondente ao ponto de vista da boneca. Pediram ainda que desenhassem um trilho de trem ou um caminho longo com árvores nos lados para observar se a perspectiva aparecia e como na representação de duas paralelas que se aproximam progressivamente pelo efeito da distância na percepção. Do mesmo modo, a criança deveria depois escolher um dos desenhos prontos que lhes eram apresentados. As crianças do nível IIB (por volta dos 6 anos) começavam apenas a diferenciar os pontos de vista no próprio desenho, mas já escolhiam o desenho correto dentre os que lhes apresentavam. Nesse caso, a representação do espaço pode de fato estar mais adiantada do que o desenho, mas se deve considerar também a dificuldade da representação da perspectiva mesma e não apenas aquela própria do grafismo.

Por outro lado, no conjunto dos experimentos realizados, observou-se que o desenho acompanhava o nível de elaboração da representação do espaço verificada por outra técnica. Por exemplo, na reprodução por desenho de formas geométricas simples ou figuras compostas por diferentes combinações dessas formas, Piaget e Inhelder constataram que quando a criança conseguia desenhar um quadrado com ângulos retos, conseguia também construí-lo corretamente com varetas. Essas observações, além de evidenciarem o caráter ativo da representação espacial, também habilitam o desenho como um instrumento com certo grau de validade para se analisar a representação do espaço pela criança e, de resto, as técnicas de controle têm mesmo sempre a função de garantir a validade de qualquer instrumento.

O desenho seria também um instrumento apropriado para as pesquisas sobre o ensino-aprendizagem dos mapas pela sua natureza comum à da cartografia, que é a representação gráfica do espaço.

Mas sentimos que é necessário ainda abordar o desenho numa perspectiva mais ampla que nos forneça critérios e uma terminologia específica do conhecimento sobre o grafismo infantil, de modo que possamos analisar as produções gráficas distinguindo e descrevendo com maior clareza os aspectos relativos à representação do espaço e aqueles relacionados à técnica própria do desenho e à expressão da arte. É o que procuraremos fazer em seguida.

2.2. A ABORDAGEM DO DESENHO INFANTIL POR GOODNOW

Em trabalho no qual apresenta uma série de estudos sobre desenhos infantis realizados por ela e por outros pesquisadores, Jacqueline GOODNOW (1979) reafirma a importância das investigações dessa natureza para se compreender melhor a criança e o seu desenvolvimento geral. Identifica diferentes razões do interesse pelos desenhos infantis, principalmente por parte dos psicólogos, nas últimas décadas. Entre essas fontes de interesse, estão “(...) o consenso final de que eles (os desenhos) são sem dúvida mais ‘naturais’ que imitativos - que eles emergem de dentro” (p. 10); a “crescente tomada de consciência de que grande parte do pensamento e comunicação ocupa o lugar visual” (p.11); e a necessidade de se relevar tanto as questões referentes à epistemologia do conhecimento, tais como as que orientaram as pesquisas de Piaget e seus colaboradores - o “saber que”, quanto aquelas que nos permitam compreender a natureza da ação - o “saber como”, ou seja, a transposição de um saber adquirido para uma ação prática.

Cada um desses pontos tem especial interesse para a educação cartográfica, pois permitem abordar o caráter ativo da aprendizagem, situar as representações gráficas no domínio do conhecimento visuo-espacial e, neste campo, enfocar a importância do desenvolvimento de capacidades e habilidades para a representação espacial, a qual exige aprendizagens específicas, sobretudo se quisermos alçá-la ao nível formal da linguagem cartográfica enquanto um sistema convencional estabelecido pelo conhecimento socialmente acumulado.

Adaptando alguns exemplos dados por Jacqueline Goodnow para ilustrar a importância dos estudos piagetianos, podemos expressar essas considerações em nosso

trabalho da seguinte forma: acabamos por *saber que* os objetos não mudam absolutamente de forma ou de lugar quando observados de pontos de vista diferentes, embora mudem as formas aparentes e as posições relativas em função do ponto de vista do observador. A aplicação desse conhecimento em uma ação prática refere-se ao *saber como*. No nosso caso, trata-se do saber como representar graficamente o relevo empregando a perspectiva vertical. Os estudos sobre o grafismo infantil já nos permitem compreender várias características do desenho e suas relações com os saberes adquiridos, como veremos mais adiante. No entanto, resta-nos verificar se e como esses aspectos conhecidos do desenho se aplicam às condições específicas da representação do relevo com que trabalhamos.

Jacqueline Goodnow chama a atenção para a necessidade de se superar a fragmentação do conhecimento sobre o grafismo infantil:

Desenhar figuras, copiar formas geométricas, imprimir números ou letras do alfabeto, copiar ou fazer esboços, tudo é considerado desenho e todos têm características comuns, mas são tipicamente referenciados a áreas diferentes; ‘artes’, ‘escrita’ e ‘geografia’. Se nós não conseguirmos encontrar conceitos que as liguem entre si, então estaremos muito longe de compreender qualquer uma delas (p. 14-5).

Segundo a autora, grande parte das idéias que se têm sobre os desenhos infantis ainda carece de análise mais aprofundada e de verificação, o que nos conduz à questão do “testar”. Quanto a isso, a concepção metodológica correntemente aceita é de que se testa uma idéia para se verificar sua veracidade e julgar esta “observando com que facilidade pode uma idéia apresentar e estabelecer relações entre acontecimentos, ou com que facilidade pode ela prever novos acontecimentos” (p.15). A esta concepção, Goodnow contrapõe, de forma positiva, uma “visão utilitária” das idéias que predomina “na prática” da verificação de hipóteses: “mesmo que seja falsa ou parcialmente verdadeira, está-se interessado em saber se ela (a idéia testada) levanta ou não novas perguntas, novas maneiras de encarar os fenômenos de forma a observar as coisas noutro prisma ou a apercebermo-nos de algo que anteriormente nos escapava” (p.15). A autora não questiona a validade da experimentação para se testar a veracidade ou a utilidade das hipóteses quanto à sua eficácia para levantar outras questões ou abrir novas perspectivas ao investigador. No entanto, coloca que essa não é a única verificação possível e que os estudos sobre os trabalhos gráficos infantis carecem de “uma segunda análise sobre o modo de examinar se estamos capacitados para prever quando

determinados tipos de desenhos vão ocorrer, ou se desenvolvermos certos tipos de desenhos através do estabelecimento de algumas condições” (p. 16).

É esse segundo tipo de análise que julgamos mais adequada para nosso estudo, por entendermos que é dela que podem emergir as contribuições que buscamos para o ensino-aprendizagem dos mapas de relevo. Saber como o aluno representa o relevo desenhando em diferentes condições, pode nos ajudar não só a identificar e prever a ocorrência de determinados padrões como também pode nos auxiliar na escolha das situações de ensino mais adequadas para a aprendizagem que objetivamos.

A autora identifica três linhas de trabalho da psicologia em relação aos desenhos infantis: a análise de padrões, a atenção à seqüência e o estudo de equivalentes. Essas três linhas de trabalho procuram relacionar o desenho com outros comportamentos e não são de todo isoladas entre si. A todo estudo em qualquer dessas linhas de trabalho, segundo Goodnow, impõe-se a questão da descrição, em termos de semelhanças e diferenças entre uma e outra produção, como meio necessário para se estabelecer relações entre as observações registradas e destas com outras variáveis, como idade, sexo, experiência, familiaridade com o tema, conteúdo da representação, grau de dificuldade da tarefa, contexto da produção, etc.

Para cada uma das linhas de trabalho identificadas, Jacqueline Goodnow aborda uma série de aspectos do desenho infantil já conhecidos por esses enfoques e, sempre que possível, relaciona-os a outros estudos realizados em áreas distintas, como psicologia, artes e letras. Apesar da riqueza das contribuições do seu trabalho como um todo, vamos nos ater aqui apenas aos pontos que julgamos estarem implicados mais diretamente com a pesquisa que realizamos. Nesse sentido, o que mais nos interessa dessa obra são os referenciais metodológicos para a análise e a interpretação da produção gráfica dos alunos numa abordagem que nos permita situar esse tipo específico de representação do espaço em relação a outros aspectos já conhecidos do grafismo infantil.

2.2.1. A ANÁLISE DE PADRÕES

Os desenhos podem ser considerados padrões espaciais, constituídos por elementos ou unidades ligadas entre si por relações diversas, formando arranjos ou composições. Um padrão é definido pelas unidades que o compõem, sua organização ou estrutura e as relações entre as unidades. Na análise de padrões, Goodnow aponta a descrição como o principal desafio, ou seja, o de se descrever um determinado padrão em termos que

especifiquem as suas diferenças comparado a um outro. A identificação de diferenças entre padrões pode centrar-se nas unidades, nas relações entre estas, na sua organização e, ainda, nos aspectos que possam ser definidos como subjacentes a tais padrões.

Um aspecto do desenho infantil citado por Goodnow e que tem especial interesse para nosso trabalho é o emprego de uma “linha-chão” ou linha de base como ponto de referência em torno do qual se organiza um padrão. Os rebatimentos de casas para um lado e para outro das linhas que representam as ruas ou estradas no desenho, numa mistura de pontos de vista que inclui mesmo casas “de pernas para o ar”, é um padrão típico decorrente da referência à linha mais próxima de uma unidade como linha de base para essa unidade. Essa é uma característica bem conhecida dos desenhos feitos por crianças no período que Luquet chamou de realismo intelectual. Para PIAGET e INHELDER (1993), como já vimos, a natureza dessa característica do grafismo infantil repousa no estabelecimento de referenciais presos às relações topológicas entre os objetos. Se tais referenciais permitem à criança chegar às colocações corretas dos objetos considerando suas relações de vizinhança, separação, ordem, etc., não compõem um sistema geral que integre ao mesmo tempo todos os objetos e seus relacionamentos, de modo que um elemento possa ser relacionado de forma coerente com quaisquer outros próximos ou distantes em função de um mesmo ponto de referência.

A mudança dos pontos de referência mais imediatos e parciais no desenho, que consideram apenas a relação entre um elemento e o seu vizinho, para referenciais mais distantes e gerais que englobem relações duplas ou múltiplas entre elementos de um mesmo campo, pressupõe a coordenação do conjunto desses elementos e de seus relacionamentos em um sistema total. A construção dos sistemas de coordenação de conjunto depende do desenvolvimento do que Piaget chamou “operações”, atividade mental descrita por GOODNOW como “a capacidade de executar mudanças ou transformações mais ao nível do psíquico do que da realidade física - imaginar o efeito da transformação e antecipar o resultado. Em resumo, o olho apercebe-se unicamente de uma relação, a mente tem que se preocupar com as restantes” (ibidem, p. 21).

No trabalho de Goodnow, uma questão fundamental é o porque das crianças preferirem ou selecionarem certas unidades, em detrimento de outras, e organizá-las de um determinado modo no padrão. Nessa perspectiva, seu interesse maior na investigação dos pontos de referência empregados pelas crianças está na seqüência da produção do desenho, onde cada ação serve como ponto de referência para o passo seguinte. Entretanto, as análises de padrões na maioria dos estudos apresentados na obra enfocam as diferenças entre padrões

em termos de tipo e número de unidades e do modo como essas unidades estão ligadas entre si no desenho. Essas variações das unidades de um padrão podem ser assim especificadas:

a) **Tipo** - pontos, linhas, polígonos, manchas, garatujas, formas pictóricas ou abstratas. As linhas, por exemplo, podem ser retas ou curvas; contínuas ou interrompidas; verticais, horizontais ou inclinadas. Os polígonos podem ser círculos, quadrados, triângulos, ovais; etc.

b) **Número** - número de vezes que um determinado tipo de unidade é empregado no desenho, como uma ou mais linhas retas, uma ou mais curvas, um ou mais círculos.

c) **Modo como se ligam entre si** - as unidades podem ser delimitadas por linhas próprias ou compostas por uma linha de contorno comum; podem tangenciar-se ou estar mais ou menos afastadas umas das outras; podem ser sobrepostas ou cada uma ocupar seu espaço próprio.

Estudos realizados por Rudolf Arnheim, Rhoda Kellogg e Drora Booth, centrados na produção gráfica infantil e na sua evolução de um estágio para outro do desenvolvimento, são apresentados por Goodnow como contribuições importantes para a descrição adequada de padrões espaciais em termos de seleção, organização e arranjo das unidades do desenho e para a especificação de alguns dos seus princípios subjacentes.

Arnheim⁹ considera que os desenhos são equivalentes e não réplicas dos modelos originais, dos quais apresentam apenas algumas propriedades. Para ele, a seleção e o arranjo das unidades para compor um equivalente são orientados pela identificação de uma estrutura básica do original e as unidades selecionadas são aspectos essenciais da forma reconhecida do original. O exemplo citado é a verticalidade da figura humana, a estrutura básica percebida visualmente e expressa no desenho de uma pessoa, feito por criança, quando detalhes do plano horizontal são menos essenciais e, portanto, freqüentemente desprezados. O predomínio de uma estrutura básica do original no desenho resulta numa economia de formas, ou seja, de tipos de unidades empregadas, o que também pode estar relacionado com o alcance do repertório conceitual, do vocabulário gráfico e do pensamento visual do sujeito. Nesse sentido, a economia de formas pode significar a descoberta da similaridade, da possibilidade de um mesmo tipo de unidade poder ser empregada para representar várias coisas, e a conquista de um modo de se organizar a complexidade, simplificar as coisas. Em resumo, os desenhos são equivalentes gráficos que possuem conteúdo conceitual sobre seus originais fundado na percepção e no pensamento visuais do sujeito.

⁹ARNHEIM, Rudolf. Art and visual perception. Berkeley, University of California Press, 1954.
 _____. Visual thinking. Berkeley, University of California, 1969.

Se essas idéias de Arnheim podem nos ajudar a analisar e interpretar os desenhos infantis, elas também nos sugerem que a educação cartográfica deva preocupar-se tanto com a representação em si quanto, e talvez antes e mesmo mais, com o objeto da representação. Se o que e como o sujeito representa é orientado pelo que vê e pelo como organiza em pensamento o que vê do objeto, então a representação gráfica é subordinada ao objeto pelo modo como o sujeito o apreende. Isso nos coloca a necessidade de se orientar o ensino-aprendizagem do mapa por idéias, conceitos ou relações que possibilitem identificar e organizar os aspectos fundamentais do objeto de forma adequada ao conhecimento e à representação. O domínio conceitual na educação cartográfica nos parece essencial, sobretudo quando o objeto da representação não possui existência concreta como forma visual e cuja espacialidade só se apreende pela própria representação, como nos casos de taxas de analfabetismo, tipos climáticos, densidade demográfica, níveis de desenvolvimento econômico, entre outros.

Para Rhoda Kellogg¹⁰, a busca constante de ordem e equilíbrio numa forma e a incorporação de traços dos estádios anteriores do desenvolvimento são os dois aspectos subjacentes à escolha e ao arranjo das unidades pelas crianças no desenho. Ao alcançar as formas simples, após o estágio das garatujas, a criança passa a combinar pares ou agregar três ou mais dessas formas em muitas experimentações. Entretanto, tendem a preferir e repetir apenas aquelas com boa forma visual e bom equilíbrio. Kellogg entende que a procura de equilíbrio e organização em todas as coisas é própria da natureza humana e que “existe uma ordem visual primária em todas as mentes”¹¹. As unidades preferidas e repetidas em um estágio do desenvolvimento podem ser incorporadas como partes dos desenhos posteriores ou influenciar o arranjo geral de suas unidades. Assim, as radiais ou mandálias descobertas como boas formas visuais e de bom equilíbrio como “flores” ou “sol”, podem depois aparecer como partes do desenho de uma figura humana, empregadas em cabeças redondas rodeadas por cabelos espetados ou mesmo em mãos e pés igualmente redondos com dedos esticados em toda a volta. Por outro lado, de uma mesma forma “radial” ou “sol” do estágio anterior pode derivar o arranjo das unidades de uma figura humana, na qual as linhas dos cabelos e dos membros rotacionam o círculo da cabeça.

Essas idéias de Kellogg são consideradas muito polêmicas por GOODNOW, que aponta a necessidade de mais estudos para se testá-las com maior número de desenhos em relação aos progressos de cada criança, e coloca duas possibilidades:

¹⁰ KELLOGG, Rhoda. *Analyzing Children's art*. Palo Alto, California, National Press, 1960.

¹¹ A idéia de que a organização e a busca permanente de equilíbrio são inerentes à natureza humana, como vimos antes, foi originalmente formulada por Piaget.

Talvez que uma última forma possa parecer-se à primeira porque derivou desta, mas as duas podem muito bem ser idênticas porque ambas se baseiam no mesmo princípio - os princípios que determinam o que é agradável num certo tipo de desenho podem não se aplicar a outros desenhos - indiferentemente do que vem em primeiro lugar (p. 46).

O trabalho de Kellog é considerado por Goodnow em sua importância para a concepção dos desenhos como composição por unidades e para a abordagem da questão da seleção e arranjos particulares de unidades pelas crianças. Mas a idéia de Kellog sobre a influência dos estádios anteriores no desenho é para nós mais importante, pois esse princípio nos parece bem próximo de pelo menos um dos três critérios definidos por Piaget para a divisão do desenvolvimento mental em períodos ou estádios: “as estruturas de conjunto (que caracterizam um estágio do desenvolvimento) são integrativas e não se substituem umas às outras: cada uma resulta da precedente, integrando-a na qualidade de estrutura subordinada, e prepara a seguinte, integrando-a mais cedo ou mais tarde” (PIAGET e INHELDER, 1974: 131-2). O outro princípio subjacente à seleção e ao arranjo das unidades no desenho identificado por Kellog, a busca de ordem e equilíbrio numa forma, também pode estar associado ao mesmo princípio de formação das estruturas mentais que o sujeito constrói para organizar o mundo, inicialmente caótico, com o qual interage. É justamente essa a função das estruturas mentais para Piaget: “A necessidade da estrutura é ligada à necessidade de coerência interior e de organização, sem o que é a anarquia interior, é a desordem, a incoerência” (in BRINGUIER, 1978:61).

Drora Booth¹² compartilha a idéia de que a procura de ordem em tudo é um aspecto marcante da natureza humana e que se manifesta também na nossa produção gráfica. Booth estuda mais especificamente os esboços no grafismo infantil, uma produção gráfica sem a intenção de reproduzir os traços reconhecíveis de um modelo original em particular (objeto ou pessoa). Realizou um estudo com crianças de 4 e 5 anos de uma pré-escola na Austrália e observou que os trabalhos gráficos produzidos por elas durante um ano, sem qualquer orientação para que representassem algo específico, podiam ser classificados em três categorias e evoluíam, mais freqüentemente, da garatuja à topologia (cores separadas estilo massas ou manchas sem ordem claramente definida) e desta ao padrão (signos com ordem).

¹² BOOTH, Drora. Pattern-painting by the young child: a cognitive developmental approach. Med tehesis, University of Sidney, 1974.

Notou-se, entretanto, que essa evolução é marcada por avanços e retrocessos conforme as idéias, cores e técnicas exploradas pelas crianças. Essa é, para nós, uma observação importante, pois sugere que um determinado padrão espacial alcançado pela criança numa produção gráfica pode não se sustentar em uma outra situação em que mudam o conteúdo e os meios empregados na produção, quando, então, o padrão pode variar para níveis mais ou menos estruturados espacialmente. A influência dos instrumentos usados na produção gráfica também é citada na apresentação das idéias de Rudolf Arnheim, mas restrita aos tipos de unidades produzidas, isto é, o emprego de lápis, dedo, esponja, pincel fino ou grosso, pode resultar numa maior ou menor produção de pontos, linhas ou manchas. No mesmo estudo, Drora Booth observou também que as linhas são usadas pelas crianças antes dos pontos e que a primeira forma de ordem é o emprego da repetição de uma linha, surgindo só depois rotações em torno de um ponto (como na forma “sol”) e reflexões (duplicação espelhada de elementos, como em dois alinhamentos paralelos de pontos), sendo que estas últimas formas de ordem surgem primeiro em torno de uma linha horizontal ou vertical e só posteriormente em relação a uma diagonal. Para Booth, observações como essas registradas na produção gráfica das crianças são transformações realizadas por elas nas unidades e no seu arranjo.

Goodnow considera essa abordagem dos padrões como transformações realizadas pelas crianças uma “novidade” do trabalho de Booth que permite associar o grafismo infantil à teoria piagetiana sobre o desenvolvimento intelectual. A capacidade para promover transformações nas unidades e no arranjo de um padrão seria, para Booth, uma aquisição semelhante à do conhecimento para Piaget, cuja teoria geral, nas palavras de Goodnow, tem como um princípio básico que “o conhecimento consiste na aprendizagem das transformações e dos seus efeitos” (p. 48). Do mesmo modo, os padrões alcançados pela criança na sua produção gráfica resultariam de aprendizagens relativas ao emprego da variação das formas e de suas combinações em diferentes arranjos, entre outras aprendizagens, considerando que, conforme afirma Goodnow, “a capacidade de descobrir e usar transformações na arte e na ciência pode de fato depender do desenvolvimento intelectual comum” (p.49).

Mas a relação entre o desenho e o desenvolvimento intelectual já foi bem explicitada pelo próprio Piaget e seus colaboradores ao demonstrarem que os estágios identificados por Luquet na evolução do desenho infantil correspondem à evolução da geometria espontânea da criança e que “a evolução do desenho é solidária com toda a estruturação do espaço, conforme os diferentes estádios desse desenvolvimento. Não é, pois, muito para admirar que o desenho da criança tenha podido servir de teste de desenvolvimento intelectual” (PIAGET e INHELDER, 1974: 58-9). Posto isto, podemos acrescentar que a

concepção dos padrões como transformações realizadas pelas crianças, na abordagem por Drora Booth, comporta a análise dos desenhos segundo os conceitos de gênese e estrutura na teoria piagetiana. A descoberta de uma forma e depois de outra e, mais tarde, o emprego de ambas em arranjos que em seguida se tornam mais complexos, como verificou Booth no estudo citado antes, é análogo aos mecanismos de formação das estruturas mentais descritos por Piaget:

Uma gênese é a formação de uma estrutura: mas é ela mesma um potencial da estrutura. Se não percebemos que a estrutura é sempre um sistema de transformações - indo do mais simples ao mais complexo -, impedimos que se compreenda a passagem de uma estrutura a outra (...) ... a estrutura inicial vai se inserir nas estruturas ulteriores, graças a uma gênese, porque ela é sistema de transformações. E a gênese supõe a estrutura porque ela jamais constitui um começo absoluto, mas parte sempre de uma estrutura mais simples. (...) A gênese é a formação de funções. E a estrutura é a sua organização (in BRINGUIER, 1978 : 59).

Ainda sobre o trabalho de Booth, Goodnow destaca sua importância pelo valor que atribui aos esboços ou “arte decorativa”, citando T. Munro, o qual afirma que “com o avançar da idade, o gosto sensual pela cor, forma e linha na sua beleza própria é sacrificado ao interesse dominante em representar certos tipos de temas e em executá-los com a mais elevada realística acuidade”.¹³ Nestas colocações críticas em relação ao papel que a educação tem exercido no campo das artes, encontramos um paralelo na preocupação de Tomoko PAGANELLI com a formalização de uma educação cartográfica que possa significar a negação de representações mais naturais como expressão, meio e fonte de conhecimento sobre o espaço:

Ao apressar a introdução de uma cartografia sistemática “infantil”, não estaremos deixando de lado indicações sobre a representação espacial e sua construção ou abandonando uma tradição geográfica do desenho, do croquis, legada pelos primeiros viajantes, tradição que o

¹³ MUNRO, T. “Children’s art abilities: studies at the Cleveland Museum of Art”. In E. W. Eisner e D. W. Ecker (eds), *Readings in Art Education*. Londres, Ginn-Blaisdell, 1966:173.

filme e a fotografia não substituem porque esta envolve uma relação corporal com os objetos, do ver, do traçar, do formar/deformar, de um tipo de apropriação, de uma educação sensório-sensível? (ANAIS, 1995 : 51).

A análise dos padrões gráficos nos desenhos é ainda abordada por Goodnow quanto ao tipo e natureza das fronteiras, separações e espaços entre as unidades, ou seja, o modo como se ligam entre si. Uma linha fronteira pode ser do tipo contorno envolvente, quando duas ou mais unidades são combinadas numa mesma área contornada por uma única linha, ou fronteira em ligação, quando duas unidades são separadas por uma linha fronteira que define duas áreas distintas, que, mesmo ligadas por uma fronteira comum, mantêm-se independentes.

Alguns estudos realizados tanto com desenhos de formas simples quanto com formas complexas, como figuras humanas, sugerem que as fronteiras e separações entre as unidades tendem a diminuir com a idade, até que, por volta dos sete anos, as crianças passam a empregar cada vez mais as linhas envolventes para as figuras. No caso de formas simples, como o quadrado, a construção linha por linha evolui para o uso de linha contínua. Contudo, essa relação entre o uso de linhas envolventes e a idade é vista com precaução por Goodnow, considerando que: nos EUA verificou-se que a construção de figuras simples por uma linha contínua assiste a um crescimento seguido de uma queda; em um só dia uma mesma criança pode desenhar de várias maneiras, empregando diversas técnicas; e as unidades e arranjos podem variar também em função do objetivo definido para o desenho, como em casos de figuras humanas desenhadas com maior grau de detalhamento e complexidade quando para representar uma pessoa em particular, e de forma extremamente mais simples quando incluídas num desenho que tem por objetivo principal mostrar um acontecimento, uma cena.

Por outro lado, a autora argumenta também que o emprego de contornos envolventes é um aspecto importante do padrão se considerado uma habilidade mais intelectual que pode significar que a criança chegou a construir mentalmente inter-relações entre as partes da figura, em vez de uma lista dessas partes separadas uma a uma. Mas, na interpretação do desenho infantil que Piaget e Inhelder fazem segundo os períodos da evolução estabelecidos por Luquet, podemos encontrar uma relação mais plausível entre a habilidade para o uso de linhas envolventes, a idade e o desenvolvimento intelectual.

No estágio da incapacidade sintética, entre 3 e 5 anos, aproximadamente, as relações topológicas de continuidade e descontinuidade são alcançadas apenas em linhas

gerais e, nas figuras complexas, caracterizam-se pela justaposição dos elementos. É só no estágio seguinte, o realismo intelectual, entre 6 e 9 anos, com a capacidade de síntese gráfica e o primado das relações topológicas elementares, que a representação da continuidade em figuras complexas atinge a ligação contínua dos elementos. Sem essa conquista, não há como conceber a representação de uma figura constituída de certo número de partes ligadas e organizadas num todo contínuo. É nesta perspectiva que a habilidade para empregar contornos envolventes nos desenhos pode ser encarada como uma construção intelectual, que consistiria na transformação da representação das continuidades entre as partes por fronteiras em ligação para a representação do contínuo da figura por uma linha que engloba suas partes num todo ou em conjuntos mais amplos que as partes antes agregadas uma a uma. Desse modo, pode-se dizer, a priori, que o uso de linhas envolventes no desenho é uma representação mais avançada das continuidades, uma síntese das ligações contínuas por fronteiras comuns entre partes, a qual não é de todo abandonada, coexistindo ambas as formas de representação, empregadas de modo seletivo, após construídas no mesmo período da evolução do desenho, ou seja, no realismo intelectual.

“As crianças mais novas - afirma Goodnow - operam com dois princípios gerais: a cada um a sua fronteira, a cada qual o seu espaço próprio” (p. 51). Pelo primeiro princípio, cada unidade ou parte do desenho deve ser inteiramente delimitada por uma linha fronteira, ou seja, não comporta a concepção das partes combinadas numa só unidade delimitada por uma fronteira única, isto é, um contorno envolvente. Pelo segundo princípio, a área de cada unidade ou parte é um espaço já ocupado, cuja fronteira não deve ser violada, não aceitando, portanto, o cruzamento de linhas e a sobreposição de partes ou unidades.

Esses dois princípios seriam subjacentes também a outros aspectos característicos dos desenhos infantis. A omissão de partes, como os braços da figura humana, poderia ocorrer quando o espaço é considerado “psicologicamente saturado” para a criança, ou seja, não há mais espaço disponível para incluir outras partes sem violar as fronteiras e os espaços próprios já delimitados. Por outro lado, quando a questão é incluir partes e o lugar onde habitualmente deveriam ficar já está ocupado, uma solução comum seria deslocá-las para onde houver maior espaço disponível. No entendimento de Goodnow, seria esse o caso de um traço típico do desenho espontâneo no período do realismo intelectual, que Luquet chamou “rebatimento”, mais especificamente, quando a criança desenha um objeto em parte visto de cima e outras partes como que desdobradas e rebatidas de lado no mesmo plano horizontal.

Goodnow cita uma experiência de Freeman¹⁴, em que uma criança desenhou um cavalo com duas pernas abaixo e as outras duas acima do corpo, tendo, em seguida, recebido o desenho incompleto do cavalo montado por um cavaleiro, cuja figura a criança completou colocando, desta vez, as quatro pernas abaixo do corpo do cavalo. Para a autora, esse tipo de desenho ocorre pelo fato da criança não identificar que apenas a parte inferior da folha simboliza o chão, como no uso convencional do espaço do papel pelos adultos, mas também em razão de já estar ocupado o espaço onde usualmente deveria colocar determinada parte. Já vimos como Luquet e Piaget interpretam esse desenho característico do realismo intelectual. Mas os argumentos de Goodnow também são bastante interessantes, sobretudo na maneira como os submete às situações experimentais.

Em um dos experimentos realizados pela autora, em parceria com Roslyn Dawes, um grupo de cem crianças, entre três e sete anos, recebeu o desenho de um único vagão de trem, representado por um retângulo sobre dois círculos que ocupavam quase toda a parte de baixo. As crianças foram solicitadas a acrescentar as outras duas rodas no vagão. Uma hipótese era a de que as rodas seriam colocadas no maior espaço disponível da figura, partindo do pressuposto de que “nos desenhos espontâneos as soluções de sobreposição são raras” (p. 64). Foram várias as soluções apresentadas pelas crianças: redução do tamanho ou modificação da forma das rodas para incluí-las junto das outras duas; colocação em uma das laterais do retângulo; colocação acima do retângulo, o que a autora chama, com aspas, de “perspectiva aérea”; e a modificação da própria figura dada, com o acréscimo de outras partes ou de mais um vagão, para comportar as quatro rodas abaixo e no mesmo alinhamento. Tais soluções, para a autora, são meios que as crianças encontram para evitar a sobreposição, que apareceu em apenas um dos cem desenhos do experimento. A autora vincula as respostas dadas pelas crianças a aspectos típicos do comportamento em resolução de problemas, como o abandono de um objetivo (por exemplo, manter as quatro rodas sobre o “mesmo chão”) para se alcançar outro (acrescentar mais duas rodas).

As modificações da figura dada, como ao acrescentar mais um vagão ou outras partes ao já existente, são para Goodnow “soluções encantadoras especialmente características da resolução de problemas. O problema foi ultrapassado pela redefinição das imposições iniciais, dos termos ou premissas iniciais que criam a limitação. Com efeito, o problema foi redefinido e a dificuldade dissipou-se” (p. 64-5).

¹⁴ FREEMAN, N. H. “Process and product in children’s drawing”. *Perception*, 1972, 1 : 123-40.

2.2.2. A SEQUÊNCIA DO DESENHO

O estudo da sequência empregada pela criança na produção gráfica pode ajudar a esclarecer alguns aspectos do padrão e a compreender melhor o desenvolvimento de estratégias ou habilidades pela criança, uma vez que, ao desenhar, ela realiza uma série de ações envolvendo alternativas que implicam maior ou menor dificuldade para os passos seguintes. A orientação dada a uma unidade, a sua posição na sequência da produção ou a direção seguida no traçado ao desenhar afetam a continuidade do desenho. Explicitar as consequências de uma sequência, uma orientação ou uma direção dadas ao trabalho gráfico e o modo como são tratadas pelas crianças ajuda a compreender como os primeiros passos influenciam o resultado final e a explicar certas características do grafismo infantil.

A omissão de partes de uma figura, como vimos na análise dos padrões gráficos, pode ser consequência do respeito pela criança ao princípio de não violar fronteiras e espaços próprios já delimitados, mas pode também resultar da sequência em que as unidades são inseridas na produção gráfica. Uma parte pode ser omitida por não lhe restar espaço próprio porque não foi incluída antes na sequência do desenho. Em outros casos, a omissão pode se dever a uma sequência pouco ordenada, em que as unidades vão sendo acrescentadas numa ordem difusa que propicia o esquecimento de uma ou outra parte quando o resultado final não é atentamente inspecionado ou do qual não se tinha de início uma definição clara.

As sequências nos trabalhos gráficos das crianças são tratadas por Goodnow em relação aos desenhos livres e aos desenhos orientados, sendo que estes últimos são empregados como instrumentos para se testar experimentalmente hipóteses surgidas das observações dos desenhos livres. Os estudos são centrados fundamentalmente em desenhos de figuras humanas e as sequências são descritas em termos de esquerda-direita, de pares, radiais, de cima para baixo e do centro aos acessórios. Notou-se que as crianças pré-escolares usam preferencialmente uma ordem direita-esquerda, ao passo que na escola a sequência esquerda-direita é mais usada, o que talvez indique a influência da aprendizagem da escrita, o mesmo se verificando no desenho de círculos traçados no sentido horário por pré-escolares e no sentido contrário pelos escolares. Se essa relação existe de fato, as sequências nos desenhos seriam diferentes em culturas com escritas que seguem uma outra ordem, o que, segundo a autora, ainda não se tem conhecimento de algum estudo com tal preocupação.

As sequências de pares nos desenhos de figuras humanas, em que são acrescentados juntos os olhos, as orelhas, os braços, as pernas, etc., numa ordem direita-esquerda ou esquerda-direita, podem ter origem associada ao esquema corporal, mais

precisamente ao início das noções das partes do corpo e da lateralidade. No mesmo tipo de desenhos, as seqüências radiais, no sentido horário ou anti-horário, reforçam a idéia de Rhoda Kellogg de que as figuras humanas compostas por círculo e duas ou quatro retas (“cabeça” e “membros”) derivam das formas de “sol” de um estágio anterior, que se aplicaria tanto à forma quanto à seqüência desse tipo de figura humana. Goodnow levanta essa possibilidade ao ter verificado em um experimento, com ressalva à amostra reduzida, a tendência para maior emprego da ordem radial nos desenhos feitos pelas crianças menores.

A ordem de cima para baixo, segundo se verificou em alguns estudos, não é seguida pelas crianças em todas as figuras humanas nos desenhos iniciais, o que sugere que tal seqüência seja adotada com a experiência no trabalho gráfico. Goodnow divide as ordens de cima para baixo em duas seqüências distintas: uma totalmente de cima para baixo, em que os detalhes são acrescentados às respectivas partes quando estas são incluídas na ordem da seqüência, cuja estratégia é “acabar à medida que avança”; a outra seqüência de cima para baixo obedece à estratégia “voltar atrás para acabar”, na qual os pormenores são acrescentados num retorno à figura. Distinguir essas duas estratégias, para Goodnow, é importante porque os detalhes aos quais normalmente se retorna são aqueles mais fáceis de se esquecer. “Retomar detalhes significa que temos que ultrapassar a sensação de ter acabado. E também significa, lançando um olhar crítico sobre a parte do trabalho acabado, verificar se constam todas as partes que deveriam lá estar. E para isto é necessário, por um lado, ter uma imagem precisa e clara do que irá ser o trabalho final, ou uma lista efetiva para verificação dos pormenores” (p.76).

Devemos acrescentar que para concluir um desenho em função de “uma imagem precisa e clara” do que seria o mesmo antes de acabá-lo, depende muito mais do nível operatório do sujeito do que da imagem propriamente dita, uma vez que as imagens mentais só se tornam antecipadoras pelas operações do pensamento, as quais resultam das ações do sujeito que, interiorizadas, são simbolizadas e não substituídas pela imagem (PIAGET e



Figura 11: Os três tipos mais frequentes de transparências no desenho de “uma pessoa com casaco comprido”: a) “linha envolvente”; b) “linha-sobre-linha”; c) “rabiscar sobre”.

Fonte: GOODNOW (1979:78)

INHELDER, 1974 : 69 e 1993: 476).

Quando os desenhos são mais complexos que as figuras humanas compostas essencialmente por um círculo e duas ou quatro retas, a seqüência pode ser agrupada em unidades mais amplas compreendidas por um núcleo central e seus acessórios. Goodnow apresenta como exemplo de seqüência centro-acessórios as figuras humanas com vestuário, que suscitam interesse especial pela ocorrência das “transparências” nos desenhos produzidos pelas crianças. Belle Mann e Elyse Lehman¹⁵ analisaram cerca de duzentos desenhos de figuras humanas com vestuário feitos por crianças com idade entre 4 e 9 anos, registrando-se a ocorrência de transparências em cerca de um terço das produções gráficas. As autoras classificaram os tipos de “transparências” e sua relação com a idade das crianças, sendo exemplos dos tipos mais freqüentes apresentados na ilustração que reproduzimos na Figura 11: as “linhas envolventes” superimpostas foram registradas em 67% dos casos e predomina entre as crianças de maior idade; depois segue o tipo “linha-sobre-linha”, mais empregado pelas crianças com idade intermediária na faixa etária abrangida pelo estudo; e em terceiro, o “rabisco”, comum entre os menores. Em todos os casos, o corpo era sempre desenhado primeiro e depois o vestuário. Essa seqüência é para Goodnow uma explicação possível para as transparências nos desenhos infantis, uma vez que o vestuário é desenhado depois e sobre o corpo já traçado, sem que este seja suprimido.

A autora, argumentando sobre a insatisfação de crianças com as transparências em seus trabalhos gráficos no referido estudo, afirma: “Essas crianças sentiram claramente que havia um problema a resolver. No entanto, a maioria delas não notou que a solução adulta requeria um plano antecipado, ou então foram incapazes de executar uma modificação maior que era necessária no corpo das suas figuras padrão” (p. 80).

Cabem aqui duas observações críticas. Primeiro, se a explicação para as transparências pela seqüência corpo-vestuário pode fazer algum sentido nos desenhos de figuras humanas, como parece pelo que a logo foi exposto, essa não é uma explicação geral que possa ser aceita de imediato para outros casos típicos de transparências, como o mobiliário e os habitantes no interior da casa ou os exemplos de Luquet, citados por PIAGET e INHELDER (1993:66), os alimentos num estômago, um pato dentro do ovo, batatas no solo. Como se explicaria tais transparências pela seqüência no desenho? Permanecendo num dos exemplos citados, teríamos que nos contentarmos com uma explicação do seguinte tipo: a criança desenha primeiro o pato e em seguida o ovo envolvendo-o, sem suprimir depois o

¹⁵ MANN, B. S. e LEHMAN, E. B. “Transparencies in children’s human figure drawings: a developmental approach”. Studies in Art Education, 1976 (in press).

primeiro? E por quê a criança suprimiria o que não seria visível, depois de desenhá-lo? O argumento de Luquet sobre as transparências em geral, que no realismo intelectual “a criança desenha o que sabe sobre o objeto e não apenas o que vê” (ALMEIDA, 1994:132), ou seja, o caráter conceitual predomina sobre a perspectiva, ainda nos proporciona a explicação mais convincente para esse aspecto do desenho infantil¹⁶. Piaget e Inhelder atribuem as transparências nos desenhos espontâneos também à importância dada pela criança nesse período às relações de companhia, de envolvimento e de interioridade.

A nossa segunda observação se refere à conclusão de Goodnow de que, no referido estudo de Mann e Lehman, a maioria das crianças que manifestaram insatisfação com as transparências em seus desenhos, não se deram conta da necessidade de um plano antecipado ou não foram capazes de realizar no desenho as mudanças que o problema exigia para não recair nas transparências. Esta constatação, por si só, não explica a incapacidade ou dificuldade das crianças para resolver o problema proposto. Para isso, a referência aos períodos do desenvolvimento mental das crianças nos parece imprescindível, uma vez que os sujeitos estudados encontravam-se entre 4 e 9 anos de idade, ou seja, uma faixa etária muito ampla que compreende diferentes estádios tanto do período pré-operatório quanto do operatório-concreto. Pelo que já se sabe, as crianças do período pré-operatório não poderiam executar, no desenho, as transformações que o problema exigia, por serem incapazes de coordenar mentalmente as ações necessárias para antecipar o resultado de tais transformações.

Embora não desconsidere os estudos piagetianos, ao menos da forma como o faz com a obra clássica de Luquet, Goodnow não relaciona a produção gráfica das crianças com a capacidade operatória dos sujeitos, mesmo quando essa relação aparece por demais evidente, como no caso acima. Só o faz quando aborda a mudança dos pontos de referência empregados pelas crianças no desenho, da qual já tratamos na análise de padrões. A abordagem da seqüência no desenho, desprovida do conceito piagetiano de operações mentais, tal como faz Goodnow, pode conduzir a uma interpretação da representação gráfica como uma série de passos onde um primeiro determina o próximo, mas qualquer passo não é influenciado em nada pelo posterior. Essa idéia não comporta a possibilidade de “voltar atrás para corrigir um passo”, ou seja, não admite a reversibilidade. Nessa perspectiva, toda a atividade

¹⁶ É surpreendente que Goodnow não considere em seu trabalho as contribuições de Luquet para o estudo dos desenhos infantis. Em nenhum momento, a autora cita a obra clássica sobre o grafismo infantil que Piaget e seus colaboradores tomam como referencial e ponto de partida para aprofundar e ampliar o conhecimento a cerca dos desenhos infantis como representações espaciais. Goodnow não cita Luquet mesmo quando, discorrendo sobre o interesse pelos desenhos infantis, afirma que os estudos realizados na década de 1930, que permitiram “descrever a mudança como uma transição de desenhar ‘o que se vê’ a desenhar ‘o que sabemos que deveria estar lá’”, refletiam “uma crença - não mais sustentada - de que ‘ver’ e ‘saber’ são qualitativamente diferentes” (p.14).

representativa é reduzida a uma série de ações que só se relacionam aos pares, na ordem direta e única da seqüência (uma anterior com a sua subsequente) e cujo problema central é por onde se começa. É assim que Goodnow dá grande ênfase para a importância do primeiro passo no sucesso geral da tarefa. Na verdade, se um primeiro passo bem dado pode ajudar, isto, por si só, não garante que no próximo, muito menos até o último passo, se tenha algum êxito. Piaget e Inhelder (1993), nos experimentos que descrevem em todo o capítulo 10, demonstraram que o sujeito pode iniciar com sucesso a representação gráfica do desdobramento de sólidos geométricos e não concluí-la de modo satisfatório por não conseguir coordenar até o fim todas as ações para imaginar corretamente seus resultados, ou seja, realizar por completo uma operação. É justamente a passagem da ação simples, que não depende de coordenação com outras, para a operação, “que consiste num sistema de ações coordenadas entre si de modo transitivo e reversível” (ibidem, p. 307), que permite ao sujeito dar o primeiro passo no papel já considerando os próximos, que também são antes imaginados e coordenados e corrigidos em pensamento. É desse modo que se pode efetivamente agir segundo um plano antecipado.

Mesmo uma ação simples só pode ser imaginada após ter sido experienciada em realidade, o que caracteriza uma antecipação no nível concreto, ou seja, uma operação ainda apoiada no objeto e na experiência. A antecipação necessária para um plano de ação ainda não vivenciada concretamente exige operações no nível formal do pensamento abstrato.

2.2.3. OS EQUIVALENTES CONVENCIONAIS

Goodnow não emprega especificamente o conceito piagetiano de função simbólica, mas se refere a ele ao considerar que “uma grande parte da nossa aprendizagem consiste em saber que uma coisa pode ‘simbolizar’ outra ao ser considerada ‘a mesma’ que outra (...). Parte dela - a aprendizagem das palavras, fotografias, e vários contornos no papel que ‘simbolizam’ ou ‘correspondem’ a outros objetos ou acontecimentos - é designada de aprendizagem de equivalentes” (pp 29-30).

A autora divide a área de estudo sobre a aprendizagem de equivalentes em duas vertentes: a da “percepção de equivalentes”, que envolve essencialmente a aprendizagem da leitura e da interpretação dos equivalentes, ou seja, o domínio das relações de correspondência entre significados e significantes nas diferentes linguagens (fala, escrita, música, matemática, fotografia, cartografia, etc.); e a da “produção ou invenção de equivalentes”, centrada no modo como o sujeito cria, modifica e amplia o seu repertório de equivalentes para

significados nos mais diversos campos. É esta segunda linha de estudo que Goodnow enfatiza como extensiva aos desenhos infantis, nos quais se pode observar a invenção de novos equivalentes e o modo como estes se desenvolvem.

A observação da produção de equivalentes, como nos desenhos, pode centrar-se na identificação de traços específicos da produção de um determinado equivalente ou em aspectos mais gerais presentes na criação e no modo como os equivalentes se distinguem. Para o primeiro caso, o exemplo dado por Goodnow é a possibilidade de se estudar “as idades em que as crianças efetuam mudanças nos equivalentes que usam para a luz, sombras, profundidade, movimento, tempo, sentimento e assim por diante” (p. 135). A autora se detém no exemplo da representação da profundidade nos desenhos, sugerindo um estudo que possa identificar “a idade em que as crianças indicam a profundidade colocando um objeto por cima ou atrás de outro, mudando o tamanho usual do objeto distante, ou diminuindo um objeto próximo” (idem). Um estudo bastante interessante sobre essa questão foi realizado por TELMO (1986), do qual trataremos no próximo item deste capítulo. Os estudos apresentados por Goodnow tratam de outros quatro aspectos importantes da aprendizagem de equivalentes gráficos: *aprendizagem do que deve ser incluído; aprendizagem do equivalente ortodoxo; a concordância com um ponto de vista; e a modificação dos velhos equivalentes*.

O que se deve incluir ou omitir num equivalente gráfico, de que forma incluir e como se deve relacionar o que é incluído, pode variar com as convenções de cada tempo e de cada cultura. Contudo, a inclusão, a forma e o relacionamento entre o que se inclui é uma questão com a qual todas as crianças se deparam na aprendizagem de equivalentes. Goodnow privilegia o mapa - “um equivalente ‘científico’ ” - como instrumento para se investigar as inclusões e omissões e nos instiga com interrogações: “Quem deverá decidir sobre a melhor interpretação do termo ‘um MAPA’? Como saberão os alunos o que deve ser incluído? O que incluem eles?” (pp 137-8).

Em um estudo realizado com crianças australianas de seis e sete anos de idade, Roslyn Dawes e Jacqueline Goodnow deram aos sujeitos um mapa da Austrália com a divisão político-administrativa, os ambientes naturais identificados por cores e nomes e uma legenda com ilustrações de aves e animais australianos e os respectivos tipos de ambientes que habitam. Solicitaram às crianças que copiassem tal mapa para verificar quais características seriam incluídas e onde as colocariam. Constataram casos bastante distintos: destaque para a cidade onde moravam (única identificada) e o estado (incorretamente maior que os outros); transporte das ilustrações da legenda para o interior do mapa, algumas com colocações corretas, muitas outras deslocadas do centro para a linha contorno do mapa e ainda outras

acrescidas de inclusões livres, como casas e pessoas; e alguns casos em que a reprodução era mais próxima do original, quanto à posição da fauna na legenda e a estrutura do mapa. Verificaram ainda casos em que a fauna foi representada em posições corretas no interior do mapa, mas com desenhos de traços bastante rudimentares. Tais constatações, para a autora, levantam uma questão para novas investigações: “Os conhecimentos das inclusões e relações usuais não se desenvolve a par com a habilidade de produzir ‘boas’ formas. O conceito e a habilidade executiva são diferentes aspectos do desenvolvimento” (p. 141). As observações feitas pela autora revelam que os mapas infantis variam na inclusão e na relação entre as partes incluídas e sugerem que a relação entre as partes mostra diferenças entre indivíduos e entre idades.

A relação entre partes é explorada por Goodnow a partir de um estudo no qual crianças australianas entre 5 e 11 anos foram solicitadas a “desenhar um mapa do caminho de casa para escola”. A autora chama de “gravuras” os elementos pictóricos presentes nos desenhos infantis, o que, pela convenção atual, os distingo dos “mapas”, os quais, ao contrário dos mapas antigos, só apresentam “gravuras” como detalhes extras, sobretudo nos mapas turísticos. Exemplos das respostas das crianças à solicitação feita são reproduzidos na Figura 12, onde nota-se, na relação entre partes, aspectos já discutidos da representação infantil do espaço, como no exemplo (a), em que os elementos (casa - criança - escola) são apenas justapostos num alinhamento. Em (b), os elementos já aparecem ligados pela linha do

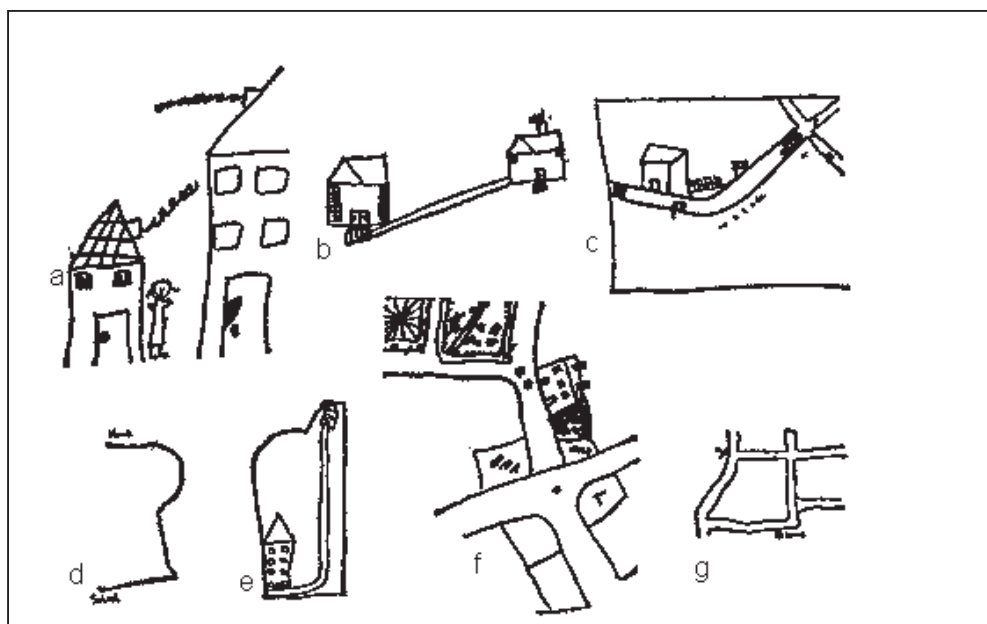


Figura 12: Respostas de crianças australianas de 5 a 11 anos à solicitação “desenhar um mapa do caminho de casa para a escola”.
Fonte: GOODNOW (1979:142)

percurso; em (c) há indicação de direção e, em (f) e (g), é incluída uma rede de caminhos do conjunto de um recorte espacial mais amplo.

Goodnow conclui que, de modo geral, com o avanço da idade, verifica-se uma tendência a diminuir os elementos pictóricos e a aumentar a inclusão da direção e do arranjo geral em um conjunto espacial mais amplo, sendo rara a indicação da distância. Mas afirma que há também casos em que essas características dos desenhos são mais avançadas ou mais defasadas em relação à idade da criança, o que sugere que “o interesse e a experiência são fatores importantes”, citando um estudo¹⁷ em que se demonstrou que crianças do Nepal sem muita experiência em mapas ainda os fazem de forma pictórica numa idade em que, nos Estados Unidos, as crianças já utilizam convenções adultas (p.144). A autora reproduz, desse estudo, um desenho de uma criança de cinco anos do Nepal e outro de uma criança de 11 anos dos Estados Unidos, bastante diferentes entre si, sendo o da criança norte-americana, notoriamente mais avançado. Entretanto, a diferença de idades entre as duas crianças compromete a afirmação feita sobre o que se constatou no referido estudo. Contudo, deve se levar em conta a influência cultural e o papel do sistema educacional e da escolaridade na representação espacial pela criança. Sabe-se, por exemplo, que na Inglaterra as crianças são iniciadas na representação cartográfica logo que ingressam na escola, e que no Brasil isso é feito, via de regra, só a partir do quinto ano da escolaridade.

Goodnow comenta ainda os chamados “mapas cognitivos” (ou “mapas mentais”) como meio de se explorar as relações numa representação gráfica. Nesse caso, a organização do “mapa” é orientada pelas “landmarks”, ou seja, aquilo que é mais significativo para o sujeito segundo um “viver a geografia”. Nos exemplos dados, duas crianças de oito anos desenharam o caminho casa-escola incluindo escadarias, subidas e descidas do percurso, entre outros elementos. A autora sugere que esses “mapas” são mais interessantes que os convencionais para os psicólogos da percepção ambiental e “parecem depender da intenção de recordar, em ter participado ativamente no processo de atravessar” (pp145-6).

Na maioria dos casos, um original pode ser representado por mais de um equivalente, ou seja, diferentes significantes podem ser empregados para um mesmo significado: a copa de uma árvore pode ser um círculo, uma mancha, uma garatuja ou uma forma arredondada e fechada composta por linhas curvas como pequenos montes a dar a idéia de volume. Do mesmo modo, um equivalente pode ser usado para mais de um original, por exemplo, um círculo pode significar uma cabeça humana, uma flor, um sol, um buraco, um olho, um nariz. Os desenhos, como equivalentes gráficos, são ambíguos, pois variam não só

¹⁷ DART, F. E. e PRADHAN, P. L. “The cross-cultural teaching of science”. Science, 1967, 155 : 649-56.

na forma como são incluídas as propriedades, mas também na seleção destas e no modo como se estabelecem as relações entre as mesmas. Essa variação depende do objeto ou acontecimento representados, do contexto, do autor ou do público, que “pode requerer uma grande quantidade de informação antes de reconhecer e aceitar um desenho, enquanto outra audiência pode estar, segundo os termos de E. H. Gombrich, mais preparada a ‘aceitar uma sugestão’¹⁸. (...) Essa ambigüidade é um traço importante não só nos desenhos infantis de figuras humanas, mas também no desenvolvimento de esboços, modelos e diagramas” (p.31).

Por outro lado, apesar de se poder representar algo de várias maneiras, existem equivalentes que são mais usados do que outros para significar um determinado original e, portanto, são mais aceitáveis segundo a convenção da época. Esses equivalentes, que se transformam ao longo do tempo com as mudanças das convenções, podem ser mais ortodoxos ou menos, dependendo do grau com que são aceitas possíveis variações no equivalente de modo que este continue aceitável como significante do mesmo original.

Esses aspectos da produção de equivalentes convencionais se verificam na representação do relevo pela cartografia: das formas pictóricas rebatidas sobre o plano nos mapas antigos, evoluiu para as hachuras e os sombreamentos e, mais tarde, passou-se a empregar as curvas de nível e, depois ainda, a coloração hipsométrica. A convenção atual é o emprego de curvas de nível nos mapas de grande escala e a coloração hipsométrica nos de pequena escala. Pode se dizer que as cores tradicionais da hipsometria são um equivalente ortodoxo da cartografia, pois, mesmo diante das críticas pela semiologia gráfica, persistem na produção dos mapas. O ajuste da intensidade dessas cores convencionais para adequá-las à idéia de ordem visual, como se tem visto em algumas publicações didáticas mais recentes, nada mais é que a resistência à mudança diante da constatação da necessidade de mudar, ou é a conformação com o grau de variação que a ortodoxia cartográfica consente para esse equivalente.

As considerações do parágrafo anterior são muito pertinentes para o ensino-aprendizagem dos mapas de relevo e consoantes à afirmação de Goodnow de que “aprender uma forma ortodoxa pode trazer uma imensa quantidade de aprendizagem sobre o que é melhor, o que é possível, e o que não tem quaisquer hipóteses” (p. 150). Os estudos apresentados sobre aprendizagem de equivalentes ortodoxos se referem à notação musical. Miriam Stambak estudou como as crianças marcam o som equivalente a um conjunto de pontos, com (..); (. .); (.. ..); ou (.. . ..). Constatou que a compreensão do princípio da representação de um intervalo musical mais breve por um intervalo espacial menor aumenta

¹⁸ GOMBRICH, E. H. *Art and ilusion*. Londres, Phaidon, 1960.

com a idade (2% aos seis anos, 54% aos oito, 96% aos doze anos) e descobriu uma diferença entre a compreensão do símbolo (conhecimento do equivalente) e a capacidade de compreender mensagens longas, reforçando a idéia de que “o conceito (conhecimento do equivalente) e a habilidade executiva (tradução em ação) mostram estar longe de ser idênticas” (p. 148). Goodnow realizou estudo semelhante, pedindo que as próprias crianças representassem as séries ouvidas com um ponto para cada toque da esquerda para a direita da página. Verificou um tipo de equivalente de “ação” entre os primeiros a surgir, quando a criança faz uma pausa entre o registro do primeiro e do segundo grupo de som, mas representa os dois agrupamentos sem qualquer distinção espacial. Outros equivalentes descobertos foram a variação de tamanho entre os dois agrupamentos sem intervalo espacial; o intervalo espacial combinado com a variação de tamanho ou a posição dos agrupamentos na página. Sobre essas duas últimas formas - dois equivalentes para um único significado na mesma representação, ou seja, posição ou intervalo ou tamanho e intervalo, Goodnow chama de “suplementos” e constatou que estes são abandonados pelas crianças por volta dos seis anos, quando passam a empregar um único equivalente convencional. Esse é um aspecto particular da aprendizagem de equivalentes convencionais que parece ser subjacente às intenções do ensino ministrado, o que, para a autora, se assemelha a um “currículo oculto”.

O uso de um único equivalente convencional envolve ainda a descoberta de que um mesmo significado pode ser representado por outras formas convencionais. Os dados da autora sugerem que é a partir dos sete anos de idade que pode florescer essa consciência de que é possível se fazer de outro modo, o que amplia a aprendizagem para além do equivalente ortodoxo, estendendo-a a uma série de possibilidades.

A concordância com um ponto de vista na aprendizagem de equivalentes gráficos trata-se da conservação da perspectiva, que Goodnow considera uma forma de ligação entre as partes de um desenho e que é convencionalizada pela cultura. Conservar um mesmo ponto de vista em todo o desenho e empregar a perspectiva para representar as coisas como elas se parecem de um determinado ponto de vista é a convenção usual da nossa cultura, mas não é a única. Entretanto, lembra que “precisamos ter consciência que a maioria das pessoas operam nos limites do que é comum numa cultura, e que a aquisição de que o ponto de vista aceite faz parte da aprendizagem e invenção que a criança empreende” (p.152).

A autora destaca uma situação experimental em que a solicitação feita às crianças permite observar como e se a prática que já dominam influenciam na aprendizagem de novas formas de representação que envolvem certo grau de dificuldade por exigirem invenção e seleção de outros equivalentes convencionais. Foi com esta intenção que Roslyn Dawes e Goodnow pediram a um grupo de crianças que desenhassem a escola vista de cima, quando se sabe que habitualmente desenhavam as figuras de “lado”. Outra vez, reproduzimos as ilustrações da obra de Goodnow. Os desenhos produzidos pelas crianças variam de representações mais conceituais, que expressam o significado da ação de observar a escola vista do ar (Fig. 13), para desenhos na perspectiva oblíqua em que o prédio já aparece diferente, visto a 45°, e, finalmente, como se fosse visto exatamente de cima, dentre os quais, a evolução consiste no abandono dos traços pictóricos do telhado para se alcançar o modelo de uma planta baixa (Fig. 14). “Geralmente esta progressão ocorre à medida que as crianças se

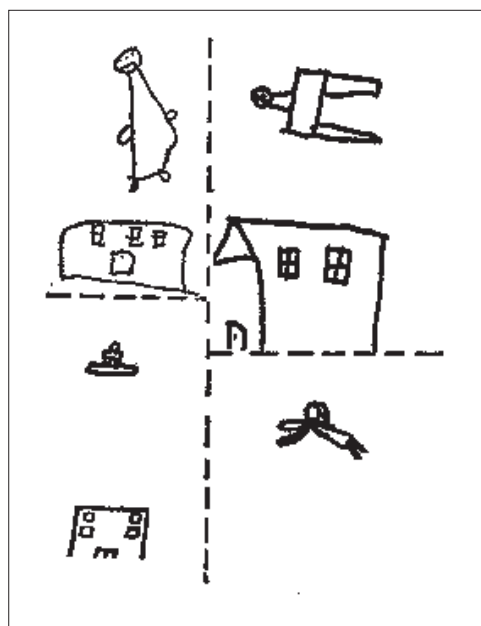


Figura 13: Desenhos da “escola vista de cima” que expressam mais o significado atribuído pela criança à solicitação feita
Fonte: GOODNOW, 1979 : 153.

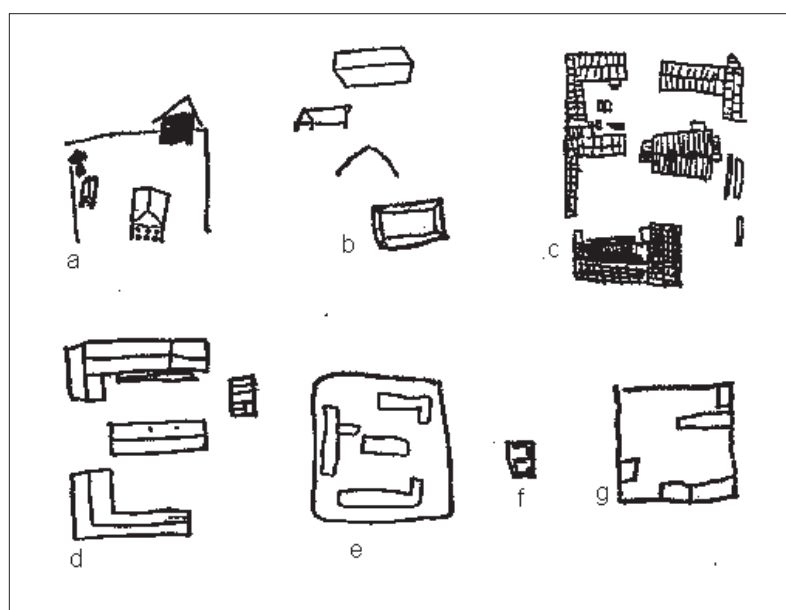


Figura 14:
Representações da escola vista de cima projetivamente mais avançadas.
Fonte: GOODNOW, 1979 : 154.

desenvolvem embora com algumas notáveis exceções: por exemplo (e) e (g) pelos dez anos de idade, mas (f) é de um rapaz de cinco anos” (p. 153).

No entanto, há outras soluções que se destacam pela dificuldade em se abandonar uma linha horizontal na folha como equivalente para o chão. Exemplos dessas soluções são dados na Figura 15, os quais Goodnow interpreta como tentativas das crianças para mostrarem que do alto podem ver tanto o telhado como a escola e dois ou mais de seus lados, o que, conservando uma linha horizontal como chão, só pode ser feito ligando-se todas as linhas à única base ou abrindo-se os lados do prédio “como se fossem páginas de um livro” (p. 155). Como já vimos, para Luquet trata-se da mistura de pontos de vista, com rebatimentos ou desdobramentos de partes sobre o plano, o que Piaget atribui à ausência de coordenação completa das perspectivas na representação do espaço projetivo. Quando a criança consegue romper com o equivalente único para a linha de chão, ou seja, uma linha horizontal, abrem-se então novas possibilidades, como nos exemplos da Fig. 16, em que o prédio é todo desdobrado com inclusão de mais laterais (6a), que Goodnow chama “prédios imaginativos”, ou o emprego de linhas inclinadas para as paredes laterais em ângulo com o telhado e a frente do prédio numa perspectiva oblíqua (6b). Adiantando um pouco nosso próximo item, o uso de linhas inclinadas para representar as laterais das edificações é uma das formas como evolui a representação da profundidade nos desenhos infantis.

A representação de uma perspectiva do ar, observa Goodnow, é um problema difícil para as crianças por três razões: “Primeiro tem-se que reconhecer que o mundo terá uma aparência diferente. Em seguida é necessário descobrir de que forma será

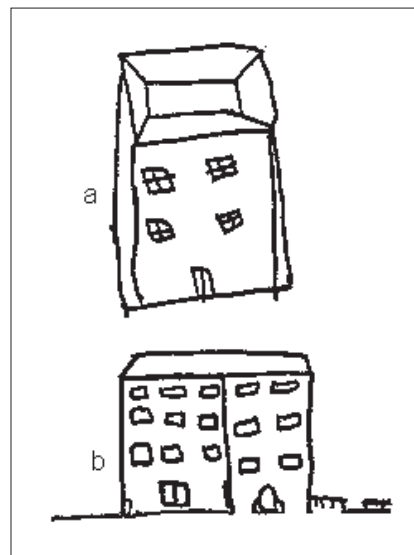


Figura 15: Mistura de pontos de vista e desdobramentos atribuídos à conservação de uma única linha de base horizontal, no desenho da escola vista de cima.

Fonte: GOODNOW, 1979:155.

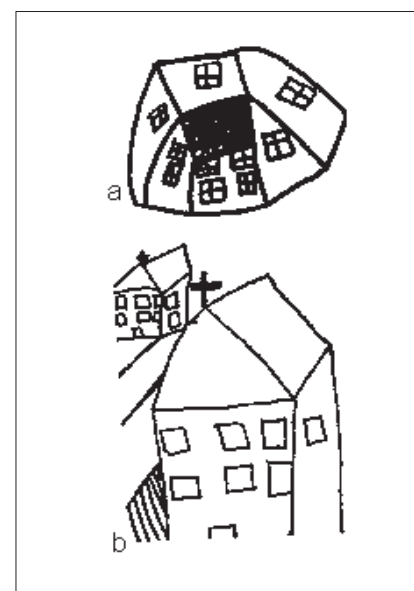


Figura 16: Exemplos da escola “vista de cima” quando se abandona a horizontal como único equivalente para o chão.

Fonte: GOODNOW (1979:156).

ele diferente e finalmente terá que descobrir um meio de mostrar no papel o que sabe - um meio que deva ser aceite pelos outros” (pp 153-4). Devemos acrescentar que tais dificuldades, sobretudo as duas primeiras, se impõem a toda representação das perspectivas, como demonstraram os estudos piagetianos sobre a construção do espaço projetivo. Um ponto particularmente importante destacado por Goodnow é a dificuldade em se representar graficamente o domínio intelectual que se tem do espaço projetivo de forma que tal representação seja aceita pelos outros. Essa questão, além da habilidade com a técnica própria do desenho, envolve o caráter interacional da representação gráfica ao colocar a consideração dos outros, o que constitui um pressuposto fundamental de toda forma de comunicação. É desse modo também, socialmente contextualizada, que a aprendizagem de equivalentes convencionais abrange mais que o conhecimento do equivalente propriamente dito. Se a representação gráfica das perspectivas segundo um ponto de vista é definida culturalmente e se a aquisição do ponto de vista aceito pela convenção da cultura é parte da aprendizagem da criança, como afirma Goodnow, então é preciso dar à interação no grupo social a sua devida importância para o processo de ensino-aprendizagem. É a interação com os outros que proporciona ao sujeito parâmetros para ajustamento de suas práticas aos padrões socialmente aceitos e para balizar aquela “imensa quantidade de aprendizagem sobre o que é melhor, o que é possível, e o que não tem quaisquer hipóteses” (p. 150).

A dificuldade na mudança dos equivalentes é atribuída por Goodnow a duas razões possíveis. A primeira é “talvez porque o uso de novos pontos de referência requer uma mudança intelectual em geral”, em conformidade com o pensamento piagetiano, segundo o qual as crianças “progridem ao longo de uma série de passos, A a B, B a C, C a D, e não por uma compreensão global”, nas palavras de Goodnow (p. 156), citando a relação entre chaminés e telhados ou casas e estradas nos desenhos de crianças mais novas, onde a linha de base adotada é a linha mais próxima e não uma única orientação para a horizontal e outra para a vertical em todo o desenho. A segunda razão apontada pela autora “parece ser a dificuldade ou facilidade de outra alternativa ao equivalente velho”. Em um exemplo dos rebatimentos das casas para os lados da rua, Goodnow afirma que “não existe espaço fácil para colocar a casa ‘do outro lado da rua’ ” (p. 157), ao que devemos acrescentar que a solução adulta exige o domínio da representação de vários planos de profundidade no desenho, com sobreposição de partes, conservação das horizontais e verticais e coordenação do conjunto das perspectivas em relação a um ponto de vista. A relutância em se abandonar uma linha horizontal como único equivalente para o chão reside na ambigüidade que se cria quando uma posição horizontal no papel não significa mais unicamente o chão, mas pode ter diferentes

significados: “Pode simbolizar a parte mais alta do chão (como uma montanha), ou algo mais alto no ar (como no cimo de um prédio), para o chão, que esteja mais distante do observador, ou para que esteja mais distante e mais alto” (idem). Desse modo, o velho equivalente único para o chão é mais seguro.

Alguns aspectos das mudanças nos desenhos infantis já são conhecidos. As crianças menores só atribuem significados diferentes para suas garatujas verbalmente, dando-lhes apenas nomes diferentes. Quando começam a produzir desenhos diferentes para significados diferentes, geralmente partem de uma “fórmula” que já dominam para imprimir à esta pequenas variações. É assim que figuras humanas iguais só mudam de tamanho para representar a família, ou o acréscimo de pequenos detalhes a uma forma humana, como mais duas pernas, uma tromba ou a colocação na horizontal, passam a representar animais.

A investigação sobre como ocorrem as mudanças nos desenhos infantis, ou seja, como surgem os novos equivalentes gráficos, pode ser feita, segundo Goodnow, de duas maneiras. A primeira é através de desenhos repetidos, solicitando à criança que desenhe, a intervalos regulares de tempo, um mesmo objeto que a criança desenhe espontaneamente e verificar os tipos de mudança que ocorrem. A outra forma é estimular a mudança, solicitando algo que não seja incluído com frequência nos desenhos espontâneos das crianças. Em um estudo empregando desenhos repetidos de “uma pessoa” feitos por crianças de uma pré-escola de Sydney, na maioria filhos de imigrantes com baixo nível sócio-econômico, Goodnow e Roslyn Dawes colecionaram quatro desenhos de cada criança ao longo de 12 semanas. Verificaram que o maior número de mudanças ocorreram na posição ou número dos “acessórios” e, de um total de 138 desenhos, menos de trinta apresentaram mudanças no modo como era construído o núcleo principal. Dentre estes, descobriram que uma forma de imprimir uma mudança maior é “jogar com os acessórios”, como quando se constrói um núcleo sólido para o tronco ao incluir uma linha reta atravessando na horizontal as duas pernas que, no desenho anterior, partiam diretamente da cabeça da figura sem tronco.

O outro modo de se investigar como ocorrem as mudanças nos equivalentes gráficos em desenhos infantis, ou seja, encorajando a mudança pela solicitação de algo novo, foi usado pelas mesmas pesquisadoras em outros dois estudos com crianças entre cinco e dez anos de idade, às quais pediu-se que desenhassem figuras humanas em movimento. Em um dos estudos, solicitaram-se os desenhos de uma pessoa andando devagar e de outra correndo depressa. Observaram que as crianças mais novas representam a mudança de velocidade modificando primeiro apenas a abertura entre as pernas da figura, depois também a posição dos braços, mais tarde “ondulando” cabelos, roupas e incluindo linhas onduladas como a

indicar o deslocamento do ar. Mas em todos esses casos o tronco da figura permanece rigidamente reto em relação ao chão. Só entre os nove e dez anos de idade é que se registrou mudança no eixo da figura, que é inclinada para a frente para mostrar maior velocidade que aquela que anda devagar e permanece com seu eixo vertical reto ao chão. No outro estudo, a solicitação feita às crianças busca justamente observar que soluções apresentam quando o movimento a ser representado exige abandonar o eixo único e reto da figura humana para desenhá-la encurvada ao apanhar uma bola no chão. A seqüência das mudanças registradas foi a seguinte: simples aproximação entre bola e pessoa sem qualquer modificação da figura; modificação na bola (colocada diretamente na mão da figura reta ou “saindo” do chão numa seqüência de várias bolas até a mão da figura) ou no braço da figura (que se alonga até a bola no chão); inclinação do corpo para a frente mas conservando um eixo único para tronco e pernas; dobramento da figura como um V ou U invertidos, mas ainda com as pernas retas; e, finalmente, modificação das pernas, com dobramento dos joelhos, e todo o corpo da figura é construído não mais preso a um único eixo, mas seguindo alinhamentos em várias direções.

A partir de seus estudos sobre as mudanças nos equivalentes gráficos, onde e como ocorrem com maior ou menor resistência, Goodnow afirma:

Em geral, consideramos que as crianças produzem mudanças com mais facilidade onde possam simplesmente acrescentar um pormenor extra, sem abandonarem um qualquer princípio geral tal como o princípio de não invadir espaço pertencente a outro pormenor, ou o princípio em arranjar as partes numa dada ordem ou num dado eixo. As mudanças mais difíceis parecem ser as que envolvem o abandonar de um princípio que normalmente governa o modo como se compõe os vários pormenores (p. 175).

Essas considerações estão relacionadas com o mapa de relevo, que exige o abandono completo dos referenciais de acima e abaixo, usualmente empregados em relação às partes inferior e superior da folha, para se adotar um equivalente ortodoxo pelo qual a parte mais alta pode estar justamente onde, pelo referencial antigo, era a mais baixa no papel.

Para finalizar essa revisão sobre o espaço no desenho infantil, abordaremos na seqüência uma pesquisa sobre a representação da terceira dimensão nos desenhos de casas por crianças portuguesas, cuja autora comenta outros estudos sobre o assunto publicados principalmente em países de língua inglesa.

2.3. A TERCEIRA DIMENSÃO NO DESENHO INFANTIL

A pesquisadora portuguesa Isabel Cottinelli TELMO (1986) realizou um estudo sobre a representação da terceira dimensão nos desenhos da escola feitos por crianças de 7 a 12 anos da cidade de Lisboa e seus arredores. Segundo a autora, os desenhos de casas - designação genérica para os desenhos de edifícios de qualquer tipo, têm sido objeto de muitos estudos realizados por diferentes pesquisadores desde o início deste século. Esses estudos, de modo geral, abordam os desenhos de casas enfocando os seus aspectos afetivos ou conceituais. É esse último enfoque que nos interessa mais nesse momento, sobretudo os estudos que tratam dos conceitos espaciais que as crianças possuem e revelam em seus desenhos.

De acordo com as pesquisas realizadas, afirma Telmo, no processo de desenvolvimento das crianças, os desenhos de casas surgem após os de figuras humanas e, em linhas gerais, a casa desenhada apresenta a seguinte evolução: uma forma fechada, nas primeiras representações, progride gradualmente para um retângulo e um telhado triangular, com portas e janelas como pequenos retângulos, sendo que às vezes só as janelas são incluídas irregularmente na parede frontal e, quando aparece uma chaminé, é colocada perpendicular ao telhado; depois, as casas começam a variar de acordo com diferentes funções (lojas, supermercados, etc.), quando aparecem também as transparências para mostrarem cenas e cenários do interior; mais tarde, são incluídas paredes laterais e outras águas do telhado; e, por volta dos 9 ou 10 anos de idade, a criança já desenha grande diversidade de casas, com número adequado de paredes, janelas, portas e planos do telhado.

Aos vários estudos já realizados empregando os desenhos de casas como instrumentos de medida dos conceitos espaciais das crianças, Telmo acrescenta o argumento de Piaget e Inhelder de que a evolução do desenho acompanha todo o desenvolvimento da estruturação do espaço em seus diferentes estádios. Em um estudo realizado por Kerr¹⁹, verificou-se um maior número de crianças com idade mais avançada que desenhavam casas na forma de um cubo ou outro sólido geométrico, enquanto que as mais novas desenhavam apenas a face frontal da casa. Dentre os sujeitos de 13 a 14 anos, 60% desenhavam a casa com forma “cúbica”, mas apenas 70% desses desenhos incluíam linhas oblíquas para representar a profundidade espacial.

¹⁹ KERR, M. . “Children’s drawings of houses”. British Journal of Medical Psychology, 1936, 16, p. 206-218.

A casa “cúbica” foi também estudada posteriormente por Lewis²⁰, que classificou os desenhos em cinco estádios diferentes: 1) uma face quadrada isolada; 2) pontos de vista misturados, nenhuma indicação de profundidade; 3) pontos de vista misturados, indícios de indicação de profundidade; 4) profundidade representada por lados paralelos; 5) profundidade representada por lados convergentes. Destes cinco estádios, Lewis considerou apenas o primeiro (crianças entre 5 e 8 anos) e o quarto (entre 12 e 13 anos de idade) como mais evidentes, enquanto que os desenhos de crianças entre 8 e 12 anos apresentavam indicação da profundidade por linhas oblíquas ou paralelas mas cujos traços eram difíceis de distinguir.

Nos estudos que realizou, Ives observou a inclusão de uma fachada lateral nas casas desenhadas por 75% das crianças entre 5 e 6 anos de idade²¹. Outras pesquisas sobre o aparecimento e desenvolvimento da representação da terceira dimensão nos desenhos infantis de casas, segundo Telmo, mostraram que as crianças colocam primeiro as casas alinhadas numa única linha de base. Depois, passam a empregar várias linhas de base, colocadas em diferentes posições na vertical do papel, quando começam também a modificar o tamanho das casas, fazendo-as menores nas linhas de base mais elevadas e maiores as que são colocadas mais abaixo no papel para mostrar o efeito da distância. Com o emprego de múltiplas linhas de base, aparecem também os rebatimentos a partir das linhas das quadras, ruas ou estradas em relação às quais são dadas as posições das casas. Outra forma das crianças representarem no papel o efeito da distância é sobrepondo parcialmente as casas para indicar os diferentes planos de profundidade do espaço tridimensional. Miljkovitch²² empregou vinte e um itens para medir a construção do espaço no teste “Desenho de uma aldeia”, constatando, em consonância com outros autores, que é por volta dos 6 ou 7 anos que as crianças revelam em seus desenhos elementos de geometria topológica (rebatimentos, transparências, etc.) e que os elementos da geometria projetiva (perspectivas) só se verificam nos desenhos de crianças a partir dos 10 anos de idade, sendo que todos os sujeitos com 12 anos aos quais foi aplicado o referido teste tentaram representar a perspectiva no desenho.

Telmo considera que “um ponto crítico no estudo dos desenhos infantis de casas é o aparecimento da representação da terceira dimensão, que se pensa ocorrer entre os 9 e 10 anos e está ligado à mudança das capacidades cognitivas fundamentais” (p. 21). Essa mudança das capacidades cognitivas trata-se, precisamente, da diferenciação e coordenação

²⁰ LEWIS, H.. “Developmental stages in children’s representations of spatial relations in drawing”. *Studies in Art Education*, 1962, v. 3 - n. 2, (.69-70); e “Spatial representation in drawing as a correlate of development and a basis for picture preference”. *Journal of Genetic Psychology*, March 1963, 102, p. 95-107.

²¹ IVES, S. W.. “The use of orientation in children’s drawings of familiar objects: principles versus percepts.” *British Journal of Educational Psychology*, November 1980, v. 50. n. 3, p. 295-6.

²² MILJKOVITCH, M.. “Development of the representation of space in normal children: the draw of vilage”. Ottawa, Ontario: Canada Council, 1979.

progressivas dos pontos de vista, o que torna possível para a criança a representação das perspectivas segundo as três dimensões do espaço. Esse argumento de Piaget e Inhelder, citados pela autora, é, segundo a mesma, sustentado também por outros estudos que demonstraram que a representação da terceira dimensão pelas crianças aparece tanto nos desenhos de memória quanto nos de observação. Telmo cita as pesquisas realizadas por Burton²³ e Smith²⁴, que estudaram as diferenças entre desenhos de memória e de observação de um mesmo modelo feitos por crianças entre 7 e 11 anos e verificaram que: os desenhos de observação apresentavam mais detalhes do assunto representado e as crianças maiores incluíam vários pontos de vista; os desenhos de memória eram menos detalhados e incluíam uma única orientação; e, com Burton, as crianças preferiram desenhar observando o modelo e acharam difícil representar a terceira dimensão.

Para Piaget, as transformações na capacidade representativa da criança refletem os conceitos já construídos intelectualmente por ela e o desenho com perspectiva depende mais do domínio de regras abstratas da geometria que não têm relação com os conceitos que a criança possui sobre o objeto da representação. A essas idéias de Piaget, Telmo contrapõe os argumentos de Burton e Smith de que “as idéias que as crianças têm do mundo em conjunto com o modo como conceptualizam os materiais vão influenciar as formas que elas representam nos desenhos” (p. 22). A autora exemplifica com o estudo de Burton, que observou que os sujeitos de 10 a 16 anos que compreendiam o conceito de pontos de vista em relação à figura humana só representavam graficamente os pontos de vista que imaginavam quando conseguiam conceitualizar que se pode manipular ângulo, curva, largura e luz na linha para representar a terceira dimensão no plano. Para Telmo, essas observações indicam que a capacidade da criança para desenhar com perspectiva decorre da interação entre a concepção de terceira dimensão e a concepção do meio gráfico empregado. As constatações de Burton e Smith nos parecem relacionadas com a mesma dificuldade em transpor um saber adquirido (o “saber que”) para uma ação prática (o “saber como”) e o desenvolvimento da habilidade executiva, de que fala Jacqueline Goodnow, e com a concepção de Drora Booth de que as mudanças nos padrões gráficos produzidos pelas crianças são transformações por elas realizadas em decorrência de aprendizagens diversas, como aquelas relativas ao emprego da variação das formas e de suas combinações em diferentes arranjos.

As pesquisas realizadas sobre a representação do espaço pela criança, afirma Telmo, demonstram que o aumento da sua capacidade para representar a terceira dimensão no

²³ BURTON, J.. Representing objects from memory and from observation. School Arts, January 1982.

²⁴ SMITH, N.. Drawing conclusions: do children draw from observation. Art Education, September 1983, v. 36, n. 5, p. 22-25.

desenho está relacionado com o processo geral do desenvolvimento infantil. Contudo, Telmo compreende que as crianças constroem dois conceitos diferentes de espaço tridimensional: a representação do espaço no objeto e a representação do objeto no espaço. Esses dois conceitos, segundo a pesquisadora, não são suficientemente tratados na literatura existente e, menos ainda, esclarecida a relação entre ambos no processo de desenvolvimento da criança.

Piaget e Inhelder (1993), por considerar o problema das perspectivas fundamental para a psicologia do espaço, o dissociam em duas questões distintas, que são investigadas isoladamente para, depois, correlacionarem os diferentes estádios observados nos vários experimentos realizados com as crianças. Assim, estudam primeiro as perspectivas elementares em relação a um único objeto isolado e, só depois, as perspectivas complexas em relação a um conjunto de objetos. Na primeira parte do estudo, com objetos isolados, Piaget e Inhelder constataram que as perspectivas correspondentes a um ponto de vista em relação ao objeto são identificadas corretamente pelas crianças por volta dos seis anos de idade quando escolhem dentre vários desenhos prontos que lhes são apresentados, mas, quando desenhavam os mesmos objetos do mesmo ponto de vista, só alcançam a representação adequada das formas projetivas dos objetos por volta dos nove anos. Essa constatação, para Telmo, “parece reforçar o argumento de Burton que as crianças sabem mais acerca de pontos de vista do que mostram ao representá-los por meio de uma linha numa superfície plana” (p. 23). A segunda questão sobre a representação das perspectivas investigada por Piaget e Inhelder trata-se da diferenciação e coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos, que estudaram no experimento clássico com uma maquete composta por três montanhas. As crianças deveriam antecipar como as montanhas seriam vistas por um observador em diferentes posições em torno da maquete. Piaget e Inhelder não pediram às crianças que desenhassem os diferentes pontos de vista do conjunto de montanhas, mas deram-lhes cartões representando os três objetos para que montassem a “fotografia” que poderia ser tirada pelo observador (uma boneca) colocada em uma determinada posição, ou escolhessem dentre vários arranjos qual correspondia à “foto” tirada pelo observador e, na terceira técnica, colocassem o observador na posição correspondente a um determinado arranjo dos cartões apresentado pelos pesquisadores.

Como Piaget e Inhelder não investigaram diretamente a relação entre os conceitos de espaço tridimensional no objeto e dos objetos no espaço tridimensional no desenho e não especificam qual deles surge primeiro no desenvolvimento infantil, na interpretação de Telmo, esta busca nos procedimentos de pesquisa daqueles autores as idéias implícitas dos mesmos sobre os dois conceitos de espaço tridimensional. No fato de não terem empregado o

desenho no experimento sobre a diferenciação e coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos (as três montanhas), Telmo vê a possibilidade dos autores considerarem que “se as crianças podem coordenar os pontos de vista em seu pensamento, também podem representar graficamente esta coordenação” (p. 23-24). Telmo argumenta ainda que, se para Piaget e Inhelder a representação da terceira dimensão nasce da diferenciação e coordenação dos pontos de vista, então os conceitos de espaço tridimensional em relação ao objeto e aos objetos no espaço surgem paralelamente e são simultaneamente representados no desenho.

Sobre essas inferências de Telmo, primeiro é preciso lembrar que Piaget e Inhelder empregaram o desenho em vários momentos de seus estudos, referindo-se às dificuldades de caráter técnico próprias da representação gráfica e, para controlar tais dificuldades, empregam o desenho juntamente com outras técnicas auxiliares, como, por exemplo, a escolha pela criança dentre vários desenhos prontos que lhes são apresentados. Na citação dos autores no início do segundo título deste capítulo (ver p. 51), está claro que os mesmos consideram a possibilidade da criança saber em representação mais sobre perspectivas do que consegue desenhar quando não se trata de algo simples e fácil, como é o caso das projeções, o que efetivamente se comprovou no referido experimento sobre a representação da forma projetiva de um objeto.

Quanto aos conceitos de espaço tridimensional no objeto e dos objetos no espaço tridimensional, que Telmo entende estar implícito na obra de Piaget e Inhelder que esses conceitos surgem e se desenvolvem paralelamente e são simultaneamente representados no desenho, os próprios autores, ao relacionarem os estádios encontrados nos estudos das perspectivas, não deixam dúvidas quanto suas idéias. Ao constatarem que, no estudo das perspectivas simples em relação a um objeto que é rotacionado em diferentes graus, a criança do estágio II não é capaz de considerar em sua representação a própria perspectiva sob a qual percebe o objeto, enquanto que na coordenação de conjunto das perspectivas em relação a vários objetos a criança do mesmo estágio II considera unicamente o seu próprio ponto de vista, afirmam que nesse fato não há nenhuma contradição, uma vez que só se toma consciência do ponto de vista próprio quando o mesmo se torna diferenciado dos demais. Portanto, nas respostas das crianças do referido estágio, não há nenhuma representação perspectiva, tratando-se apenas de uma intuição egocêntrica, que se verifica também no desenho do período do “realismo intelectual”, quando a criança, ainda incapaz de representar as perspectivas, atribui ao objeto uma forma invariante. Por outro lado, acrescentam Piaget e Inhelder, a coordenação do ponto de vista próprio com os outros possibilita à criança

reconstituir o ponto de vista dos outros e diferenciar o seu próprio, quando será então capaz de dominar as relações perspectivas elementares e alcançar, ao mesmo tempo, a coordenação de conjunto, as perspectivas em relação a um objeto isolado e as projeções (no caso da sombra de um objeto).

O ensinamento essencial dessas correlações significa, portanto, que a construção das relações projetivas elementares supõe uma coordenação do conjunto dos pontos de vista, porque, se tais relações são sempre relativas a um ponto de vista determinado, tornou-se bem claro, (...), que um ponto de vista não poderia existir em estado isolado, mas supõe necessariamente a construção de um sistema total ou coordenação de todos os pontos de vista (...) (PIAGET & INHELDER, 1993 : 257).

Após relacionarem o modo como evolui o domínio das perspectivas no plano representativo e, alguns anos antes, no nível sensório-motor (este estudado na obra “A Construção do Real na Criança”), Piaget e Inhelder concluem que “não existem relações projetivas isoladas, já que a essência mesma do espaço projetivo é a procura na coordenação sensório-motriz, depois operatória, dos pontos de vista” (ibidem, p. 260).

Telmo não considera esses argumentos de Piaget e Inhelder e acredita que, ao estudarem as perspectivas primeiro em objetos isolados e depois em um conjunto de objetos solidários, pode estar implícita a idéia dos autores de que o conceito de espaço tridimensional no objeto aparece antes do conceito de terceira dimensão nos objetos no espaço. Por outro lado, essa hipótese parece mais pertinente ao estudo realizado por Mitchelmore²⁵, que comparou os traços indicativos da representação da terceira dimensão nos desenhos de sólidos geométricos e nos desenhos dos mesmos sólidos (cubo, cilindro, pirâmide e cone) no espaço. Nesse estudo, Mitchelmore definiu quatro estádios da representação da terceira dimensão nos desenhos dos sólidos e destes no espaço. Embora não esclareça a relação entre os dois conceitos e qual aparece primeiro, o estudo, segundo TELMO, “sugere que o primeiro conceito de espaço projetivo aparece na representação das faces laterais de um objecto e que este aparecimento é paralelo à relação topológica entre os objectos. Só mais tarde surgem os vários planos para representar os objectos no espaço” (pp 24-5). No quadro abaixo,

²⁵ MITCHELMOR, M.. “Prediction of developmental stages in the representation of regular space figures”, Journal for Research in Mathematics Education, Ohio, March 1980; e “Cross-cultural research on concepts of space and geometry. Ministry of Education, Jamaica.

organizamos os estádios definidos por Mitchelmore e apresentados por Telmo, separando as características de cada estágio segundo aqueles dois conceitos de espaço tridimensional.

Quadro I - ESTÁDIOS DA REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO TRIDIMENSIONAL NO DESENHO DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

ESTÁDIOS	Conceitos de Espaço Tridimensional	
	ESPAÇO NO OBJETO	OBJETOS NO ESPAÇO
1	Figura representada apenas pela face frontal.	Objetos no espaço não relacionados entre si.
2	Várias faces representadas no sólido sem perspectiva correta.	Relação topológica correta entre os objetos.
3	Algumas faces do sólido representadas com perspectiva.	Várias linhas de base, sobreposição e diferença de tamanho
4	Desenho correto do sólido com linhas paralelas ou convergentes.	Representação correta da perspectiva.

Segundo M. Mitchelmore. In: TELMO (1986:24).
Elaborado por: Sérgio Luiz Miranda

A partir dessas observações, Telmo levanta as hipóteses de que a representação da terceira dimensão no desenho de casas aparece antes nas paredes laterais e depois nos diferentes planos em que a casa está inserida, e que a representação do espaço na casa é anterior à estratégia da redução do tamanho para representar a distância entre as casas no espaço. A pesquisadora portuguesa realizou um estudo-piloto para investigar se há relação entre o desenvolvimento da representação da terceira dimensão no objeto e a representação dos objetos no espaço tridimensional e, se existir, como se pode descrever essa relação. O experimento foi realizado com 36 crianças de 8, 10 e 12 anos de idade, de duas escolas da cidade de Lisboa e uma da zona rural, sendo 6 meninos e 6 meninas de cada escola. As crianças fizeram primeiro um desenho de memória da escola com as casas vizinhas e, depois, desenharam a escola e as casas observando-as. Os critérios para classificação dos desenhos foram definidos de acordo com os traços considerados por outros investigadores como significativos da representação do espaço nos desenhos infantis, tais como a inclusão das laterais do objeto, emprego de uma ou mais linhas de base, uso de linhas inclinadas, modificação de tamanho e sobreposição. Na análise dos resultados, verificou-se que alguns critérios definidos antes eram inúteis para a classificação, pois não apareceram em nenhum dos desenhos produzidos pelo grupo, como a parte de trás da casa, três ou quatro paredes e três ou quatro águas do telhado.

A representação do espaço no objeto foi analisada em relação à frente da casa, às paredes e ao telhado. Na análise da representação da casa no espaço, considerou-se a introdução de uma ou várias linhas de base, a sobreposição, a modificação de tamanho e a posição da casa em relação à linha de base. Os dados foram ainda analisados quanto às idades e ao sexo das crianças, aos contextos de memória e de observação e às localizações das escolas (urbana ou rural).

A análise dos dados relativos à representação do espaço na casa revelou que: a introdução da terceira dimensão na representação está relacionada de modo significativo com o aumento da idade; a representação da terceira dimensão na face frontal e no telhado da casa ocorre paralelamente; o espaço tridimensional na representação das paredes parece surgir mais tarde com a habilidade de inclinar a linha de base da parede; os desenhos de observação feitos pelas crianças de 12 anos apresentam mais traços da terceira dimensão do que os desenhos de memória; não há diferenças significativas quanto ao sexo; há pequenas diferenças nos desenhos da frente da casa entre crianças de mesma idade das zonas urbana e rural, diferenças essas mais evidentes no grupo das crianças de 12 anos, dentre as quais, as da zona rural incluem mais sinais do espaço tridimensional nos desenhos da frente da casa.

Na representação da casa no espaço, todos os traços da terceira dimensão observados aumentam com a idade. O emprego de várias linhas de base verticais e horizontais, mais comum entre as crianças de 8 anos, também aparece muito aos 10 anos, mas juntamente com a inclinação de algumas linhas para mostrar a tridimensionalidade do espaço, e aos 12 anos a representação de vários planos espaciais se torna mais evidente. Para mostrar no papel o



Figura 17: Traços da terceira dimensão no desenho das casas: inclinação do telhado, várias linhas de base e redução do tamanho das casas distantes.

Fonte: TELMO. 1986:55.

efeito da distância entre os objetos no espaço tridimensional, as crianças de 8 anos usam mais a modificação do tamanho das casas (Figura 17), enquanto que aos 12 anos o recurso mais usado é o da sobreposição das casas (Figura 18). Quanto à posição da casa em relação à linha de base, todas as crianças de 8 e 10 anos de idade colocaram a casa verticalmente, enquanto

que só foram observadas linhas inclinadas em relação à linha de base em apenas 25% dos desenhos das crianças de 12 anos.

O agrupamento dos desenhos de observação e de memória e a comparação entre os que apresentaram algum traço de representação da terceira dimensão (sobreposição, modificação de tamanho, múltiplas linhas de base e

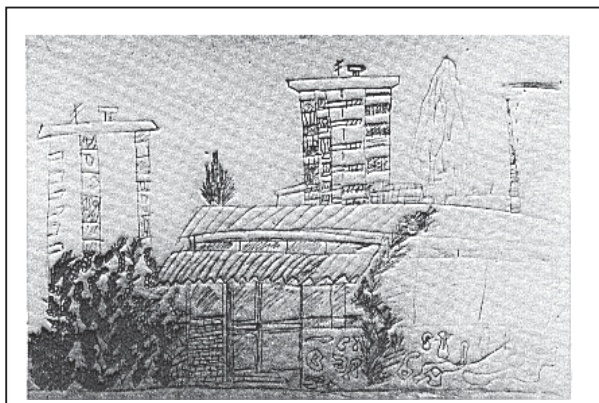


Figura 18: A terceira dimensão por sobreposição dos elementos no desenho.

Fonte: TELMO, 1986:68

posição oblíqua da casa em relação à linha de base) e aqueles que não apresentaram nenhum desses sinais na representação da casa no espaço, revelaram uma relação significativa entre a idade e o aumento da representação do espaço tridimensional. Quanto aos efeitos da memória e da observação, notou-se que a diferença entre os desenhos produzidos nas duas situações só é significativa para o grupo das crianças de 12 anos, que apresentam mais traços da representação do espaço tridimensional nos desenhos de observação. Os efeitos do sexo nos desenhos só foram significativos para os grupos de 10 e 12 anos, nos quais os meninos incluíram mais traços da tridimensionalidade do espaço do que as meninas. Os dados sobre a influência da localização da escola revelaram que as crianças de 8 anos da zona rural fizeram mais tentativas de representação do espaço tridimensional do que aquelas de mesma idade da zona urbana, enquanto que entre os grupos de 10 e 12 anos, são as da cidade que representam mais os efeitos da terceira dimensão.

A autora comparou os dados sobre a representação do espaço na casa e da casa no espaço e verificou que, no conjunto dos desenhos da amostra, há uma relação significativa entre esses dois conceitos de espaço tridimensional. Mas, analisados os dados quanto aos três grupos etários, a prova estatística aplicada pela autora não mostrou relação significativa que possa indicar qual dos dois conceitos aparece primeiro, embora os números absolutos tenham sugerido que as crianças incluem mais traços da terceira dimensão nos desenhos da casa no espaço antes de os empregarem no espaço na casa. Por outro lado, ao comparar a representação da terceira dimensão nos desenhos da escola e das casas adjacentes, constatou-se novamente uma relação significativa entre a idade e a representação da terceira dimensão. Observou-se ainda que as crianças menores incluem efeitos da tridimensionalidade ou na escola ou nas casas vizinhas, mas não em ambas, enquanto que as mais velhas, mais

precisamente as de 12 anos, o fazem de forma mais coerente tanto no desenho da escola quanto no das casas dos arredores, além de todas desse grupo etário terem incluído traços da terceira dimensão em seus desenhos. Esses resultados não permitem afirmar que o conceito de espaço tridimensional aparece primeiro nas casas no espaço e depois no espaço na casa, como sugeriram os números absolutos para os grupos etários, o que contrariaria a hipótese original do estudo, ou seja, de que a criança representa o espaço na casa antes da casa no espaço, a qual Telmo não descarta, uma vez que “os dados recolhidos não são suficientemente convincentes para refutar esta suposição” (p. 45).

Embora, como a própria autora afirma, a amostra analisada no estudo seja muito restrita para afirmações conclusivas a esse respeito, pensamos que esses resultados podem também corroborar aquelas idéias de Piaget e Inhelder de que tratamos a pouco, ou seja, que não existem relações projetivas isoláveis e que a criança, ao se tornar progressivamente mais capaz de diferenciar o próprio ponto de vista e coordená-lo com os demais, alcança **ao mesmo tempo** o domínio das relações projetivas elementares, as perspectivas em relação a um objeto isolado e a coordenação de conjunto. Em outras palavras, a representação do espaço tridimensional se desenvolve de fato paralelamente nos objetos e nos objetos no espaço, ampliando-se o seu campo de aplicação e se tornando mais consistente à medida que a criança se desenvolve. É desse modo que, nos resultados encontrados por Telmo, as crianças mais novas empregam traços da tridimensionalidade do espaço ora no desenho da escola, ora no das casas vizinhas e, ainda, nas casas no espaço, e as mais velhas os incluem de forma mais consistente e mais generalizada para os dois tipos de edificações.

A comparação dos dados sobre a representação do espaço na casa e da casa no espaço feita por Telmo mostrou ainda que: os efeitos da observação são mais marcantes nos desenhos das casas no espaço para o grupo etário de 12 anos; a localização da escola tem maior influência na representação das casas no espaço entre as crianças de 8 anos da zona rural e nas mais velhas da zona urbana; o sexo também influencia mais a representação das casas no espaço pelos meninos, que incluem antes que as meninas os efeitos da distância, principalmente no grupo etário dos 12 anos. Mas os resultados aferidos sobre os efeitos desses fatores também não podem ser tomados como conclusivos em virtude da insuficiência da amostragem, lembra a autora.

Os resultados gerais do estudo realizado por Telmo confirmam o que outros autores verificaram anteriormente. A representação da terceira dimensão nos desenhos infantis surge por volta dos 7 anos e aumenta com a idade, sendo que os traços do espaço tridimensional surgem mais cedo e aparece com mais frequência nos desenhos de observação,

principalmente a partir dos 10 anos. Todas as crianças de 12 anos investigadas por Telmo incluíram um ou mais traços do espaço tridimensional nos seus desenhos, como no estudo de Miljkovitch com o teste “Desenho de uma Aldeia”. A representação da terceira dimensão do espaço na casa, sugerem os resultados aferidos por Telmo, aparecem primeiro na inclinação do telhado e depois das paredes. Já na representação das casas no espaço tridimensional, a ordem parece ser o surgimento primeiro das linhas de base múltiplas (horizontais e verticais), a redução de tamanho, depois a sobreposição e, mais tarde ainda, a inclinação das linhas de base para mostrar a profundidade. Telmo observa que a representação da terceira dimensão pela inclinação das linhas das paredes da casa depende da capacidade de desenhar um plano de chão oblíquo, o que só ocorre muito tarde no processo de desenvolvimento das crianças, refletindo-se no modo como elas desenhavam ou inclinam uma parede no espaço tridimensional (Figura 19). Deste modo, explica-se porque foram poucos os registros de linhas inclinadas nas paredes laterais da casa, uma vez que essa habilidade depende de outra que surge mais tarde, ou seja, a inclinação da linha de base.



Figura 19: Efeito da dificuldade de inclinar a linha de base: a parede lateral não acompanha a inclinação no telhado.
Fonte: TELMO, 1986:53.

Tendo verificado que as crianças empregam primeiro a redução de tamanho e depois a sobreposição para representar os objetos distantes no espaço tridimensional, Telmo admite como razoável a possibilidade das crianças aprenderem primeiro que a distância afeta a percepção do tamanho dos objetos e depois coordenarem essa informação, passando a sobrepor os objetos quando compreendem que a profundidade em um objeto isolado não é contrariada pela sobreposição no desenho, quando aceita a idéia de que os objetos desenhados sobrepostos contêm ainda a parte de trás, apesar de escondida. Mais uma vez, nos parece que são úteis aqui os conceitos de “realismo intelectual” e “realismo visual” apresentados por Luquet. Os estudos de Cox²⁶ e de Freeman²⁷, citados por Telmo, também mostraram que as crianças só usam a sobreposição nos seus desenhos a partir dos 9 ou 10 anos.

²⁶ COX, M. V., Spacial depth relationships in young children's drawings. *Journal of Experimental Child Psychology*, December 1978, v. 26, n.o 3, p. 551-554.

²⁷ FREEMAN, N., How young children try to plan drawings. In Butterworth, G., (Edit.) *The Child's Representation of the World*, New York and London: Plenum Press, 1977.

Segundo os resultados obtidos por Telmo, os dois conceitos sobre a representação da terceira dimensão – o espaço nos objetos e os objetos no espaço, se desenvolvem paralelamente e se estruturam de forma diversa a partir da percepção de diferentes aspectos do ambiente. Esse argumento baseia-se na observação de como a representação dos objetos no espaço tridimensional pela criança evolui de uma única linha de base horizontal para linhas de base múltiplas (incluindo verticais), depois para redução de tamanho e para a sobreposição, enquanto que, simultaneamente, o espaço na casa evolui nos desenhos partindo das fachadas frontais para as laterais, depois para as fachadas rebatidas e, por último, as inclinadas. Tendo verificado que todas as crianças mais velhas de seu estudo mostraram nos seus desenhos os dois conceitos espaciais, Telmo afirma que “aos 12 anos, o conceito da representação dos objectos distantes está estruturado através do uso de múltiplos planos e sobreposição, enquanto o conceito de espaço tridimensional, na casa, está estruturado através do uso das faces laterais e inclinadas” (p. 56). A autora conclui que a representação do espaço tridimensional pela criança talvez não ocorra de forma tão direta como sugeriram outros estudos e “essa pode bem consistir em vários conceitos diferentes organizados em diferentes níveis de complexidade” (p. 58).

Considerando que só observou a representação da terceira dimensão nas paredes laterais da casa após o aparecimento dos diferentes planos e da redução de tamanho, enquanto que no estudo realizado por Mitchelmore as linhas de base múltiplas, a variação de tamanho e as faces laterais em perspectiva apareceram ao mesmo tempo nos desenhos de sólidos geométricos, Telmo argumenta que esses resultados diferentes nos dois estudos podem ser em consequência da influência do conteúdo da representação. A autora afirma que “as respostas das crianças aos objetos inanimados tais como cubos, cilindros e outros (no estudo de Mitchelmore), podem ser diferentes das suas respostas aos edifícios que constituem a sua escola” (p. 60).

É interessante essa observação de Telmo uma vez que, para a autora, os desenhos de casas são importantes como medida de conceitos espaciais pelo caráter afetivo que as casas têm para as crianças. De acordo com outros autores, principalmente Burton e Smith, que sugerem que os aspectos afetivos em relação ao objeto da representação influenciam o modo como as crianças estruturam a terceira dimensão no desenho e, juntamente com Lowenfeld²⁸, afirmam que “o aumento de complexidade nos desenhos infantis é influenciado pelas conotações afectivas do assunto que está no centro dos seus esforços”, segundo Telmo (p. 63),

²⁸ LOWENFELD, V., LAMBERT-BRITTAIN, W., Creative and mental growth, (6th Edition). New York, Macmillan Publ. Co. Inc., 1966.

era de se esperar que o espaço tridimensional aparecesse antes e melhor estruturado nos desenhos de casas empregados no estudo de Telmo do que nos desenhos de sólidos geométricos investigados por Mitchelmore. No entanto, verificou-se o contrário. Isso talvez porque a influência maior ou mais importante não seja mesmo a afetiva, mas a de caráter físico e geométrico, também considerada por Telmo, que lembra que os objetos usados por Mitchelmore eram menores e todas as suas partes podiam ser observadas com facilidade pelas crianças. “Por outro lado, uma escola e sua localização representam, para a criança, grandes objetos e têm uma profusão de sinais espaciais (...). Assim, há base para se supor que o conteúdo dos dois estudos influenciou o modo como as crianças representaram o espaço” (p. 60).

A diferença nos resultados dos dois estudos pode reforçar o argumento de Piaget de que, nas palavras de Telmo (p. 25), “... com a idade, o conteúdo afetivo do assunto é ultrapassado por conceitos mais lógicos”. Assim, pode-se supor que os desenhos dos sólidos geométricos, de certo menos significativos afetivamente para as crianças do que a escola e as casas do seu entorno, apresentaram-se antes mais estruturados espacialmente em razão da seletividade das formas e da dimensão dos objetos, que possibilitaram às crianças melhor coordenação perspectiva justamente porque era menor o número de relações a serem estabelecidas entre partes e entre objetos e que podiam ser vistos em conjunto. Desse modo, as crianças do estudo de Mitchelmore, cujos desenhos foram classificados no estágio 3, alcançaram a representação da terceira dimensão já empregando simultaneamente as linhas de base múltiplas, a sobreposição, a redução de tamanho e a perspectiva nas faces laterais dos sólidos. Em outras palavras, o experimento de Mitchelmore contou com as mesmas vantagens dos modelos tridimensionais empregados como procedimentos didáticos no ensino-aprendizagem da representação cartográfica do espaço.

Além da influência do conteúdo da representação, Telmo acrescenta que a dificuldade em se especificar claramente qual dos dois conceitos de espaço tridimensional surge primeiro pode estar também no fato de que “as crianças têm mais sinais exteriores acerca do seu ambiente do que da sua própria escola”, uma vez que ficam mais tempo dentro dela e, no caminho, adquirem grande conhecimento físico e perceptivo sobre o entorno da mesma. “Como as percepções derivam de um conhecimento físico, isto pode explicar o motivo pelo qual a representação das casas à distância aparece em primeiro lugar no desenvolvimento, segundo os resultados deste estudo” (p. 60).

O argumento acima baseia-se na observação de que as crianças de 8 anos do meio rural, precocemente, representaram as casas do entorno da escola em diferentes planos, com

múltiplas linhas de base e modificação de tamanho, o que não se verificou no mesmo grupo etário do meio urbano. Para Telmo, isso talvez porque a escola rural era pequena, situada numa área plana, as casas próximas eram pequenas e isoladas, as crianças moravam perto e iam a pé para a escola. A escola da cidade onde se verificou menos traços do efeito tridimensional nos desenhos, ao contrário, ficava no alto de um morro, era grande e composta por vários edifícios, próximos uns dos outros e com vários andares, e as crianças iam em veículos que as deixavam do lado de dentro dos portões da escola. Desse modo, essas crianças não tinham uma visão clara e isolada da escola, como aquelas da zona rural.

Por outro lado, as crianças de 12 anos de uma das escolas da cidade incluíram nos desenhos mais traços da distância entre as casas do que as de mesma idade da escola rural. Isto pode se explicar pelo fato daquela escola urbana ser rodeada de edifícios altos, que são percebidos na paisagem em planos sucessivos e sobrepostos parcialmente pela escola, enquanto que na zona rural a escola estava inserida em um vasto campo de cultivo. “Se é verdade que as crianças de 12 anos são mais susceptíveis aos sinais directos de observação, então a presença dos edifícios junto à escola pode explicar a razão da maior evidência da terceira dimensão nos desenhos das crianças da Fernando Pessoa” (p. 65).

Na última parte da discussão dos resultados de seu estudo, Telmo discorre sobre a coordenação de perspectivas e afirma que o modo como as crianças manipulam as formas de representação da terceira dimensão nos objetos (manipulando as partes da casa) e nos objetos no espaço (manipulando as linhas de base, a redução de tamanho e a sobreposição), reflete a sua habilidade em diferenciar pontos de vista espaciais. “Contudo, os resultados deste estudo parecem mostrar que, apesar das crianças mostrarem poderem conceber vários pontos de vista diferentes, estão longe de os saber coordenar dentro de um único sistema de perspectivas” (p. 69).

Já se sabe que um passo importante para a representação da terceira dimensão é o aparecimento da capacidade de manipular linhas inclinadas no desenho de um objeto ou de parte dele. O estudo de Telmo mostrou que os dois conceitos espaciais investigados – espaço nos objetos e objetos no espaço – implicam a habilidade de manipular no desenho as linhas inclinadas nos lados de objetos ou nos planos de base e que a inclinação de lados e planos de base aumenta com a idade. Contudo, observou-se que as crianças maiores que inclinaram planos e faces no desenho, usavam também faces e planos horizontais ou verticais, o que é mais característico dos menores. “Assim, os conceitos infantis de espaço consistem numa mistura de efeitos tri e bidimensionais”, conclui Telmo (p. 69). Acrescentando que nenhum dos sujeitos de seu estudo conseguiu inclinar faces e planos no desenho de modo consistente

em relação a um ponto de fuga (ou fugente), a autora recorre ao pensamento de Piaget, segundo o qual, a coordenação dos pontos de vista de modo coerente com um sistema único de perspectivas é uma construção gradual, que evolui por etapas, passando pela capacidade crescente de diferenciar e representar pontos de vista diferentes. Para Telmo, seus resultados mostraram que “as crianças fazem diferenciações complexas nas suas idéias de representação que são como um prelúdio ou base para um pensamento espacial mais complexamente coordenado. É importante reconhecer que um sistema coordenado aparece senão mais tarde no processo de desenvolvimento” (ibidem).

Ao expor as implicações de seu trabalho na Educação em Portugal, contextualizado no sistema educacional e na formação de professores, Telmo faz alguns apontamentos úteis diante da necessidade de se ampliar os conhecimentos dos professores sobre os desenhos infantis e os conceitos espaciais no processo de desenvolvimento da criança. Tais apontamentos nos parecem pertinentes também para a nossa realidade educacional, além de tratarem de aspectos mais universais da cognição do espaço que dizem respeito ao nosso trabalho.

O estudo dos desenhos infantis possibilita ao professor compreender como surgem determinados conceitos e de que modo são representados por materiais gráficos. O conceito de espaço projetivo, que se desenvolve entre os 7 e 12 anos de idade, com o surgimento da capacidade de diferenciar e coordenar progressivamente os vários pontos de vista, pode ser observado nas linhas e arranjos de linhas que as crianças empregam para representar a terceira dimensão, a qual surge e se desenvolve nos desenhos por etapas sucessivas. Para Telmo, o seu estudo mostrou que o desenvolvimento do conceito de espaço projetivo está subjacente à emergência dos conceitos de espaço no objeto e dos objetos no espaço. O desenvolvimento destes dois conceitos é paralelo e segue diferentes níveis de complexidade, visíveis nas características do desenho.

A autora enfatiza a importância dos professores compreenderem a seqüência das fases e os níveis de complexidade da representação da terceira dimensão nos desenhos, como no caso do emprego primeiro das múltiplas linhas de base, depois da redução do tamanho e, depois ainda, da sobreposição, compreendendo que esta última forma é mais complexa, mas que tem sua gênese na capacidade de reduzir o tamanho das casas distantes. Dentre as implicações que Telmo vê do seu estudo no ensino, destacamos as seguintes:

- Os conhecimentos que possuem sobre o desenvolvimento infantil devem ser usados pelos professores para **planejar o ensino de modo que possa**

apoiar o desenvolvimento das crianças, por exemplo, explorando a **importância da observação para crianças a partir dos 10 anos**, introduzindo temas diversos ou sugerindo a **observação de objetos ou do ambiente a partir de ângulos não habituais, como vistas de cima, de baixo, ou corte**, etc;

- As **lições devem poder constituir um desafio** às capacidades da criança representar a terceira dimensão.

A partir do estudo da literatura que apresentamos e das considerações feitas até aqui, delineamos a pesquisa que apresentaremos no capítulo seguinte.

3. A PESQUISA

Pelo exposto nos capítulos anteriores, compreende-se que o processo de ensino-aprendizagem dos mapas de relevo na escola deve começar pela noção de curvas de nível, que é a base cartográfica dos mapas hipsométricos. Essa noção deve ser abordada primeiro em representações tridimensionais e, só depois, passar para o plano bidimensional. Essa passagem do concreto ao abstrato, deve ser feita de forma problematizada e que possibilite ao aluno situações em que, respeitando o nível do seu desenvolvimento intelectual, possa observar, pensar, propor, apresentar, comparar e discutir soluções para o seguinte problema: **como representar no plano as formas e altitudes do relevo visto de cima?**

As respostas que a cartografia deu a essa questão ao longo da sua história, já sabemos quais foram e o quanto a solução mais eficiente demorou a ser formulada pelos cartógrafos, que continuam aperfeiçoando-a sistematicamente, recorrendo às novas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica, gerando cartas, imagens e... modelos tridimensionais virtuais.

Mas, e nossos alunos? Como resolveriam esse problema?

O conhecimento sobre o desenho infantil e a construção do espaço representativo pela criança nos fornece um quadro teórico que permite enfocar as questões do ensino pela perspectiva da criança. Estudos sobre o processo de ensino-aprendizagem do mapa têm nos modelos tridimensionais um ponto de convergência, embora os caminhos que percorram para esse ponto possam ser diferentes.

Os modelos e simulações não são novidades na Didática que, há algum tempo, já reconhece sua importância para colocar o sujeito em contato com aqueles objetos do conhecimento que são difíceis ou impossíveis de serem trazidos para a sala de aula ou, sobretudo, quando são materialmente inalcançáveis.

Na década de 60, já se afirmava a necessidade e as vantagens desses procedimentos didáticos para se ensinar – e aprender – melhor (PARRA, 1967), quando também as maquetes de relevo já eram sugeridas entre os “recursos audiovisuais na didática da Geografia” (BIASI, 1966) e a construção desses modelos aparece também nos livros técnicos de cartografia (LIBAULT, 1975:327).

Sabemos que o uso de modelos e simulações é passível de crítica pelo fato de poderem resultar numa compreensão errônea, pelo aluno, do que ocorre na realidade. No entanto, pensamos que os modelos e simulações, enquanto **representações** dos objetos ou fenômenos da realidade, podem cumprir também o papel de proporcionar o desenvolvimento da função simbólica em níveis gradualmente mais abstratos, desde que empregados com os cuidados de garantir que a criança compreenda que se trata de uma representação. Nem sempre é possível restituir em realidade o objeto abordado por esses procedimentos, os quais permanecem enquanto abstrações.

Devemos lembrar que a ciência também emprega modelos e simulações para formular teorias, das quais deriva muito do conhecimento hipotético acumulado pela humanidade. Nas situações didáticas, as limitações podem ocorrer também em função da realidade pedagógica e/ou sócio-econômica da escola, que pode dificultar aos professores e alunos o acesso aos objetos de conhecimento através, por exemplo, de laboratórios bem equipados, estudos do meio, excursões didáticas, etc. Daí, outra utilidade/necessidade dos procedimentos didáticos com modelos e simulações.

Quando nas situações de ensino-aprendizagem o objeto do conhecimento é uma técnica ou um método – por exemplo, o levantamento de curvas de nível no terreno ou seu traçado nos mapas – que se deseja ou se precisa abordar por modelos ou simulações, cremos que, metodologicamente, deve fazer parte do procedimento buscar colocar no plano da realidade o modo como esse conhecimento é elaborado pelos especialistas – no nosso exemplo, os cartógrafos – buscando outros recursos como fotografias, vídeos, textos, exposições orais, visitas didáticas, etc. No ensino-aprendizagem da representação do relevo por curvas de nível, o ideal mais modesto seria talvez os procedimentos com fotografias aéreas e estereoscópio, mas sabemos o quanto esses recursos são ainda inacessíveis para a imensa maioria de nossas escolas.

O que deve orientar as escolhas em relação aos procedimentos com modelos e simulações é o grau de aproximação com a realidade, tal como consideramos em relação às atividades que empregam a “projeção de curvas de nível” traçadas sobre modelos tridimensionais (ver p. 12). A validade desses procedimentos deve ser colocada em função da sua eficiência didática, submetida à verificação experimental, ou seja, à pesquisa.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

Delineamos a presente pesquisa com a finalidade de verificar se um modelo tridimensional da área onde está situada a escola pode proporcionar aos alunos o desenvolvimento de formas mais avançadas de representação gráfica do relevo e engendrar a noção de curva de nível. Para tal verificação, definimos como procedimentos a observação e o registro de como o aluno representa graficamente o relevo na perspectiva vertical, após atividades de iniciação cartográfica em relação aos aspectos fundamentais de uma planta-baixa, e nas seguintes situações em:

1. Observação de campo;
2. Observação da maquete;
3. Discussão em grupo da projeção do relevo em uma folha de celofane sobre a maquete;
4. Observação da maquete após introduzida a sistematização da noção de curva de nível por atividades de ensino-aprendizagem.

Avaliamos que a produção gráfica dos alunos nas situações acima definidas constituir-se-iam em instrumentos adequados para a pesquisa. Os critérios estabelecidos para análise dessa produção gráfica foram a indicação da variação de altitude e o emprego de linhas de base na representação do relevo na perspectiva vertical.

Julgamos que seria uma 5.a série do ensino fundamental apropriada para a realização da pesquisa porque, nessa altura da escolaridade, os alunos estão em uma faixa de idade na qual, teoricamente, ocorre a passagem do pensamento operacional-concreto para o formal e a equilibração das relações espaciais projetivas e euclidianas. Podemos então observar se já seria possível, nesse momento do desenvolvimento mental e da escolaridade da

criança, iniciar a passagem dos modelos tridimensionais para a representação do relevo no plano.

Como as curvas de nível só permitem uma leitura da carta em nível elementar, ou apenas a visualização de conjunto das áreas de maiores ou menores declividades (ver p. 20), a interpretação do relevo nas cartas topográficas pode se apoiar na relação entre a morfologia e a drenagem, que possibilita identificar as áreas mais elevadas e as mais baixas pelas nascentes e confluências dos rios; a orientação das vertentes pela direção dos cursos d'água; as planícies e várzeas ou as vertentes mais ou menos íngremes pelo traçado mais sinuoso ou mais retilíneo dos rios. Essa relação entre morfologia e drenagem permite a elaboração de um quadro conceitual para a interpretação do relevo mapeado, não mais em termos de alto e baixo, subida ou descida, mas se referindo a vales, topos, interflúvios, divisores de água, bacias hidrográficas, etc. Enfim, a interpretação do mapa não depende apenas dos conhecimentos cartográficos, mas também do quadro conceitual relativo ao objeto da representação, sem o qual o mapa não tem significado. Partindo desse pressuposto, concluímos que o ensino-aprendizagem do mapa de relevo deveria abordar desde o início a noção de relevo em sua relação com a drenagem. Definimos então que a escola ideal para o desenvolvimento da pesquisa deveria se situar em uma área cuja topografia favorecesse a abordagem da relação entre morfologia e drenagem.

Identificamos inicialmente quatro escolas da periferia da cidade de Rio Claro (SP), situadas em fundo de vale, próximas a córregos com trechos não canalizados. A EEEF “Prof. Délcio Báccaro”, no Bairro Inocoop, foi a primeira que visitamos para expor nosso plano de trabalho. Lá encontramos os outros critérios que definimos para a escolha: a aceitação da nossa proposta pelos professores, coordenadora pedagógica e direção da escola, além de contar com classes de 5.a séries com pequena defasagem idade/série e que ainda não tivessem desenvolvido atividades de ensino-aprendizagem sobre mapas de relevo.

A escola se localiza na zona oeste da cidade em um bairro de classe média baixa, e atende a população de vários outros bairros novos que surgiram nas duas últimas décadas e crescem rapidamente com a expansão urbana, sendo a maioria deles formados por conjuntos habitacionais construídos para população de baixa renda. O terreno onde a escola foi construída tem um desnível de aproximadamente 5 metros em relação à rua de trás e um outro menor entre o prédio e o estacionamento. O bairro ocupa as vertentes de declividade acentuada de um trecho do vale do córrego da Servidão (Figura 20), o qual atravessa a cidade e recebe grande parte do esgoto doméstico. A escola situa-se na margem direita do córrego, onde é canalizado em um trecho de quatro quadras, mas chega, na esquina da escola, e segue

após o bairro a céu aberto (Figura 21). O topo da vertente onde está a escola é o divisor de águas do interflúvio com o rio Corumbataí, de onde se pode avistar seu vale e, mais distante, uma formação de “cuestas”, já no município de Ipeúna (ao fundo na Figura 20).



Figura 20: Localização da escola e topografia do bairro.



Figura 21: Trecho do córrego da Servidão na frente da escola.

Para definir qual seria a faixa etária esperada para uma 5.a série, elaboramos uma tabela com as idades ao longo da escolaridade até o final da 5.a série, essa detalhada em meses (Anexo 1).

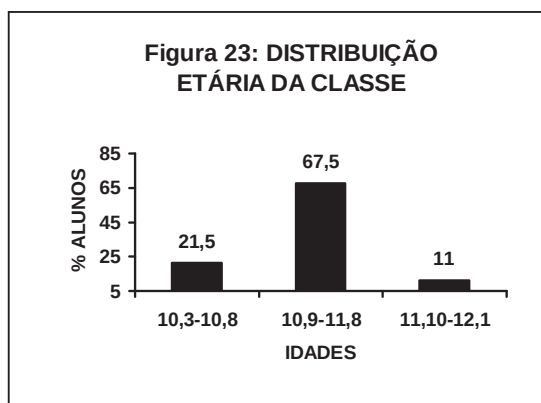
Para garantir que os alunos pudessem compreender o que solicitaríamos sobre a representação do relevo, decidimos desenvolver antes as atividades de iniciação cartográfica propostas por ALMEIDA (1994). A representação do relevo deveria ser introduzida após o desenvolvimento das noções básicas sobre o mapa. Elaboramos uma seqüência de atividades e construímos uma maquete da área onde está a escola (Figura 22), nas escalas 1:5000 (horizontal) e 1:1000 (vertical).



Figura 22: Maquete do bairro e arredores

Desenvolvemos um experimento piloto na escola, no período de 30/09 a 07/12/98. Através desse experimento pudemos testar os procedimentos e adequá-los.

Programamos a nova intervenção para iniciar no mês de março quando a faixa etária esperada dos alunos era de 10,9 a 11,8 anos. Seleccionamos a classe que apresentou a maior parte dos alunos entre essas idades, cuja distribuição se vê no gráfico da Figura 23. Quanto à distribuição por gênero, as meninas correspondiam a 43%



da classe e, os meninos, 57%. A classe, 5.a série “C”, era do período da manhã e possuía 37 alunos matriculados. Nossa intervenção junto à classe se estendeu de 25/3/99 a 20/4/99.

Após as atividades de iniciação cartográfica, foi usada uma planta do bairro (escala 1:5000) em observação de campo nos arredores da escola, quando os alunos deveriam orientá-la seguindo alguns referenciais do lugar identificados na planta e localizar nesta os elementos indicados na legenda (Anexo 2). Observou-se a direção do rio e colocou-se: “Por que o rio corre nesta direção?”. Daí passamos para o escoamento das águas das chuvas pelas ruas íngremes do bairro e seu destino, o fundo do vale e o córrego. Os alunos indicaram com setas na planta do bairro a direção da drenagem nas vertentes e no rio. Dessas observações da topografia do lugar e sua relação com a drenagem (escoamento superficial), introduziu-se a questão da representação da altitude do relevo a partir da planta baixa do bairro: “Nessa planta dá para saber onde é baixo e onde é alto e qual é a direção em que a água da chuva escorre? Para saber isso pela carta, o que ela precisa mostrar?”

Discutidas essas questões, colocamos o nosso problema: “Como representar o relevo visto de cima?” O aluno foi solicitado a responder desenhando o relevo sobre um esquema topográfico da área, na escala 1:5000 (Anexo 3), sabendo que nesse esquema os elementos aparecem vistos de cima como na projeção da maquete da sala de aula e na planta do bairro. Fizeram isso de um ponto elevado de onde se podia observar o vale do córrego da Servidão e o bairro. Em seguida, dirigiu-se ao topo do interflúvio, de onde observou-se o vale do rio Corumbataí e discutiu-se o escoamento das águas no bairro para dois vales diferentes, a partir de um divisor de águas, sobre o qual se encontravam.

Na sala de aula, a noção de relevo e a relação entre morfologia e drenagem foram retomadas no estudo da maquete dos arredores do bairro. No corte lateral da maquete mostrou-se o modelado do relevo (vista lateral). Num perfil esquemático (Anexo 4), os alunos identificaram os vales, o divisor de águas e indicaram o escoamento superficial. Em seguida, colocou-se novamente a questão da representação plana do relevo na perspectiva vertical. Colocamos um máscara de papelão sobre a maquete para que se observasse apenas a parte que correspondia à área representada no esquema topográfico, sobre o qual os alunos desenharam o relevo da área, agora visto na maquete.

Na seqüência, trabalhamos com pequenos grupos, de 4 ou 5 alunos, em uma sala separada, onde discutiram e apresentaram propostas de solução para projetar o relevo da maquete em uma folha de celofane como haviam feito com a maquete da sala de aula.

Na aula seguinte, cada grupo preparou uma apresentação e explicou para a classe como o seu desenho sobre o celofane representava o relevo da maquete visto de cima. Só

depois, apresentamos as curvas de nível representadas na maquete por fios de lã, às quais nos referimos inicialmente como “linhas de altitudes”. A projeção vertical dessas linhas no celofane foi comparada com as diferentes propostas apresentadas pelos grupos. Apresentamos então uma carta topográfica simplificada da área, na qual comparou-se a configuração das curvas de nível com o modelado do relevo na maquete. Após identificarem a variação de altitudes entre curvas vizinhas (eqüidistância), os alunos completaram as cotas das curvas onde essas não estavam indicadas na carta.

Perguntado se sabiam o que era nível, muitos alunos se referiram ao instrumento usado por pedreiros, o qual adotamos para explorar na atividade seguinte. Com um nível fixado em um suporte triangular de madeira, efetuou-se marcações no terreno da escola para se determinar uma linha em nível (Figura 24), conforme procedimento apresentado por SANTOS (1983), cujo artigo reproduzimos no Anexo 5. Em seguida, fez-se nova saída a campo, agora com a carta topográfica da área (Anexo 5a), na qual os alunos identificaram altitudes de alguns elementos do lugar, compararam a configuração das curvas de nível na carta com o relevo observado e indicaram a direção da drenagem com setas.



Figura 24: Marcação de linhas em nível no terreno da escola.

Na síntese do trabalho realizado pela classe em torno do problema colocado, tratou-se de como o relevo é representado por curvas de nível a partir de fotografias aéreas.

Para terminar a intervenção, solicitou-se que os alunos fizessem sobre o esquema topográfico um último desenho do relevo da área visto de cima na maquete.

Fizemos um quadro resumo das atividades realizadas e os principais tópicos tratados, o qual pode ser consultado no Anexo 6.



Figura 25: Grupo estuda a projeção do relevo da maquete.

4. DISCUSSÃO

Faremos primeiro uma discussão dos resultados obtidos com os desenhos individuais produzidos nas três situações: observação de campo, observação da maquete antes da abordagem da curva de nível e observação da mesma maquete ao final da nossa intervenção. Faremos uma caracterização geral dos traços mais típicos dos desenhos produzidos individualmente em cada uma das três situações, destacando alguns exemplos e, ao final disso, apresentaremos as seqüências da produção de três alunos para que se possa comparar os resultados obtidos em cada situação e avaliar os efeitos dos procedimentos com modelos tridimensionais. Por último, apresentaremos e discutiremos os desenhos da projeção da maquete sobre o celofane feitos pelos grupos.

No conjunto dos desenhos produzidos durante a observação de campo (primeira situação), o traço mais característico é a referência à parte inferior da folha como linha de base para os morretes rebatidos. Alguns desses morros são apoiados nas linhas que representam as vias de circulação no esquema topográfico. Aparecem elementos pictóricos como árvores, sol e nuvens, mas sem proporção com os elementos já representados em escala no esquema topográfico. A perspectiva vertical aparece nas copas de árvores em três desenhos e, em vários outros, nos telhados de casas ou quadras, mas em todos os casos não há proporção com o que já está representado. Além dos morros rebatidos, que não correspondem à forma do relevo da área, a variação de altitude aparece em apenas um desenho por setas que indicam a direção da drenagem em vários pontos das vertentes. Em outros três desenhos são escritas as palavras “alto” no topo do interflúvio e “baixo” no fundo do vale, próximo ao córrego.

Na segunda situação, observando a maquete da área, houve registro de elementos pictóricos em apenas um desenho, ao passo que aparecem muitos com as quadras do bairro na perspectiva vertical e proporcionais aos elementos já incluídos. Em vários desenhos o relevo ainda é representado por morretes com a base voltada para a parte inferior da folha, mas aparecem formas mais abstratas: linhas e planos inclinados para mostrar o encaixe do vale; linhas que acompanham a declividade das vertentes; setas indicando a direção da drenagem; linhas acompanhando o fundo de vale e outras seguindo pelas partes mais altas em cada vertente; e morros rebatidos para um lado e para outro do fundo do vale (Figuras 26 e 27). Seguramente, os desenhos são qualitativamente mais avançados que os primeiros.

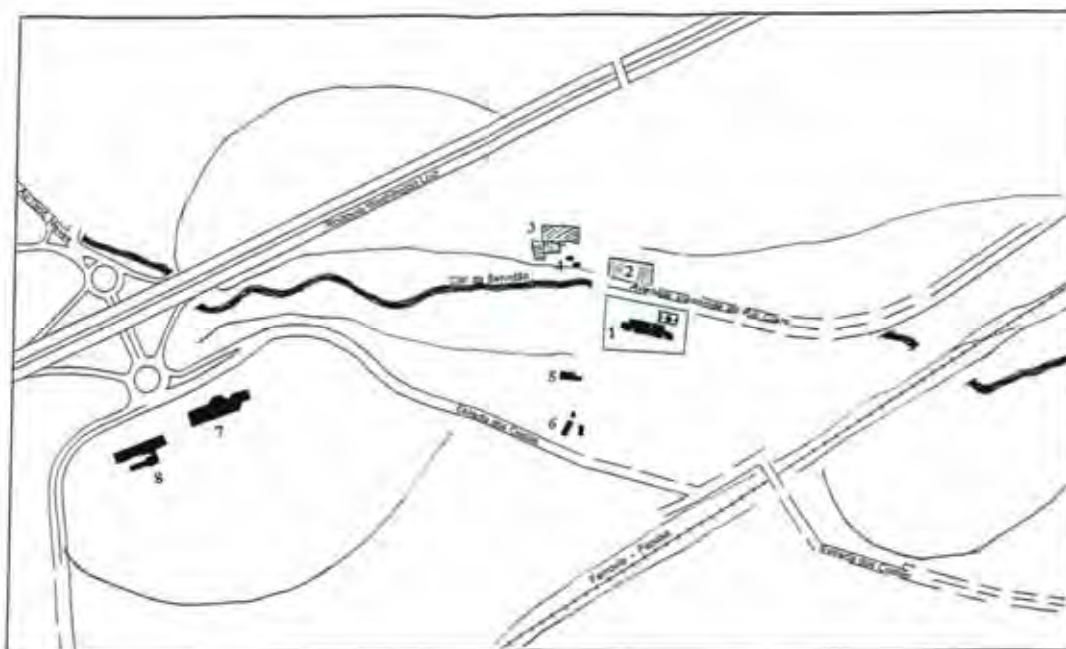


Figura 26: Exemplo de desenho mais avançado na primeira observação da maquete.

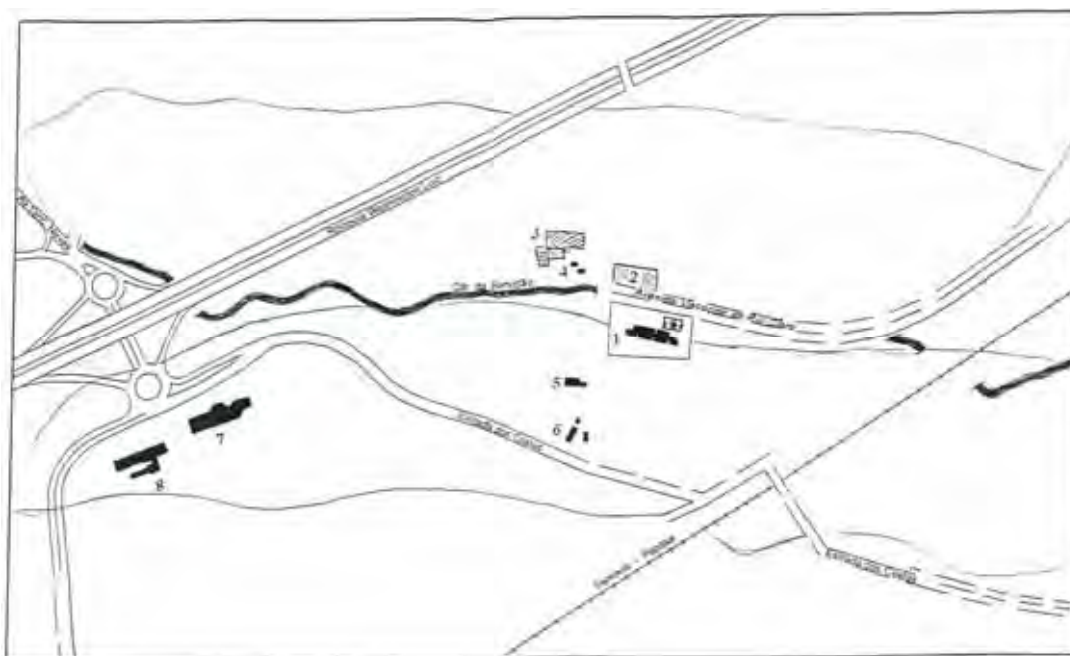


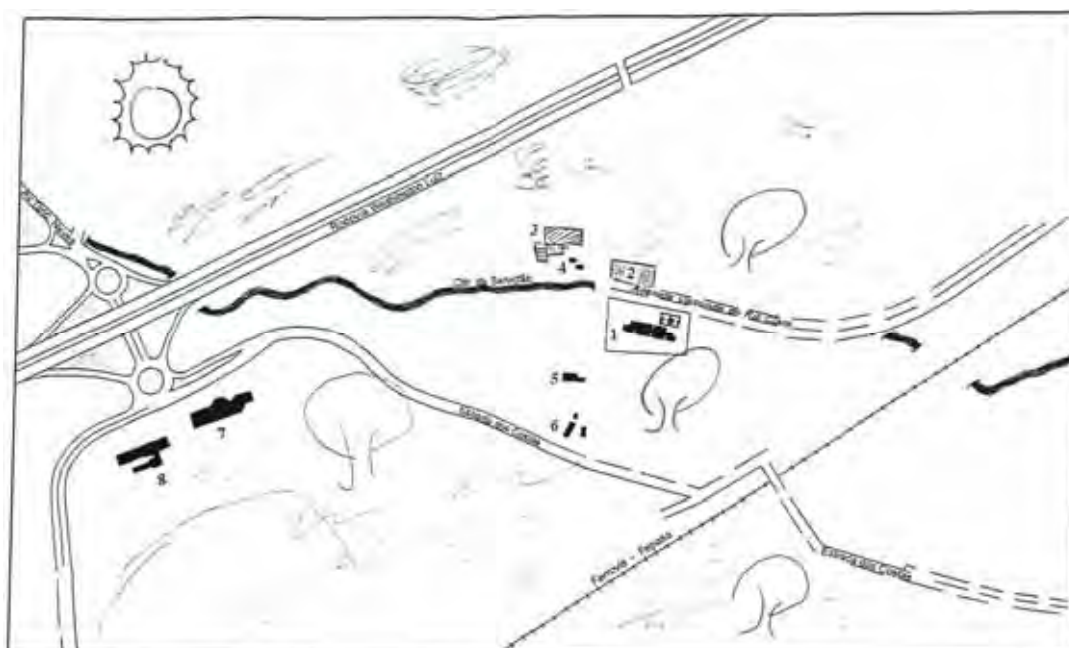
Figura 27: Linhas para fundo do vale e topos.

Os desenhos produzidos na terceira situação, ou seja, em observação do modelo tridimensional e após atividades abordando a noção de curvas nível, caracterizam-se em sua maioria, por linhas que seguem a orientação do córrego e por contornos do topo e das vertentes, como que seccionados. A variação da altitude é indicada, sobretudo por setas apontando do alto para baixo, acompanhando a direção da drenagem. Na maioria dos desenhos não há mais referência a uma linha de base, seja em relação ao enquadre na parte inferior da folha ou em relação a qualquer outra linha já traçada no esquema topográfico dado. Mas há ainda alguns casos de rebatimentos apoiados na linha inferior da folha ou no traçado das vias de circulação. Em outros poucos, combina-se mais de um recurso gráfico, e às vezes no mesmo trecho da área. Mas, de forma geral, predomina nesses desenhos a idéia de linhas que contornam o relevo em níveis sucessivos. Em um caso, a aluna chega a atribuir “cotas” de altitude para as linhas que, se não conservam os mesmos valores em toda a área, são ordenadas de modo coerente em trechos separados na representação.

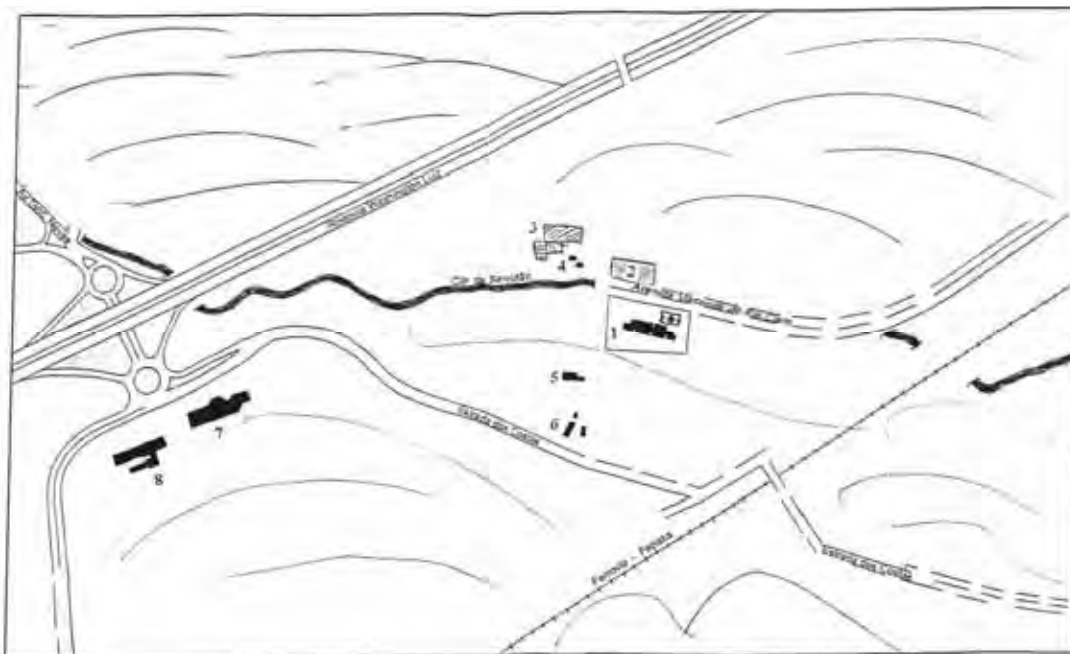
Vejamos então três seqüências dos desenhos produzidos por três alunos, representativas dos tipos de cada uma das situações e das mudanças efetuadas pelos alunos de uma situação para outra.

ALUNO A:

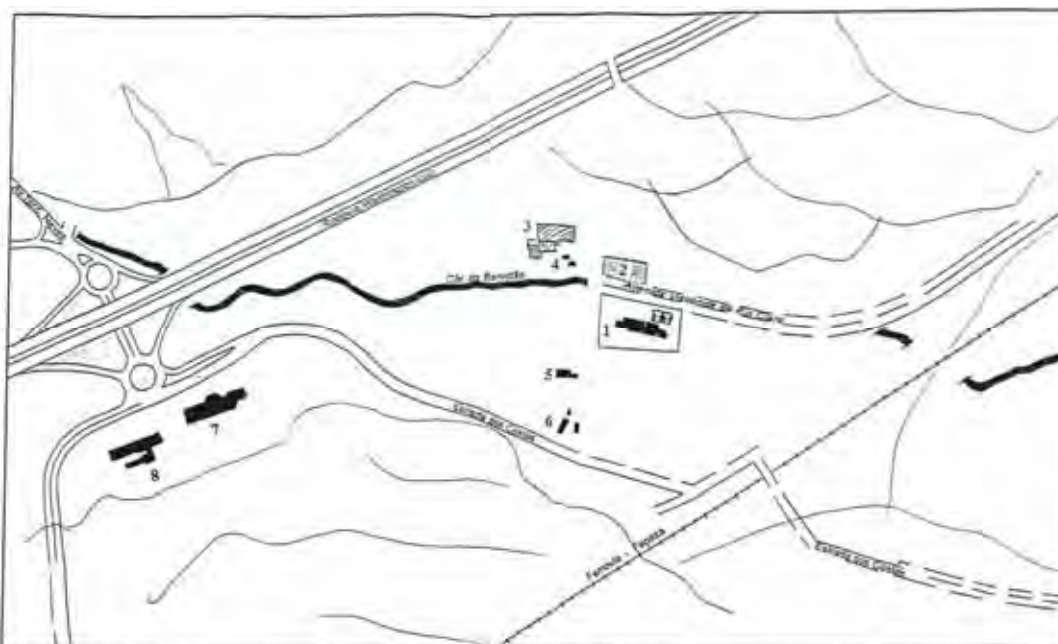
1.o desenho: Os elementos pictóricos são desproporcionais em relação ao que é dado no esquema topográfico. O relevo aparece sob a forma de um único morro no canto inferior esquerdo da folha, assentado na linha do enquadre do plano de base.



2.o desenho: O relevo ainda é representado por morrinhos rebatidos e com bases voltadas para a parte inferior da folha, mas são mais suaves e recobrem toda a área, onde não aparece mais qualquer elemento pictórico.

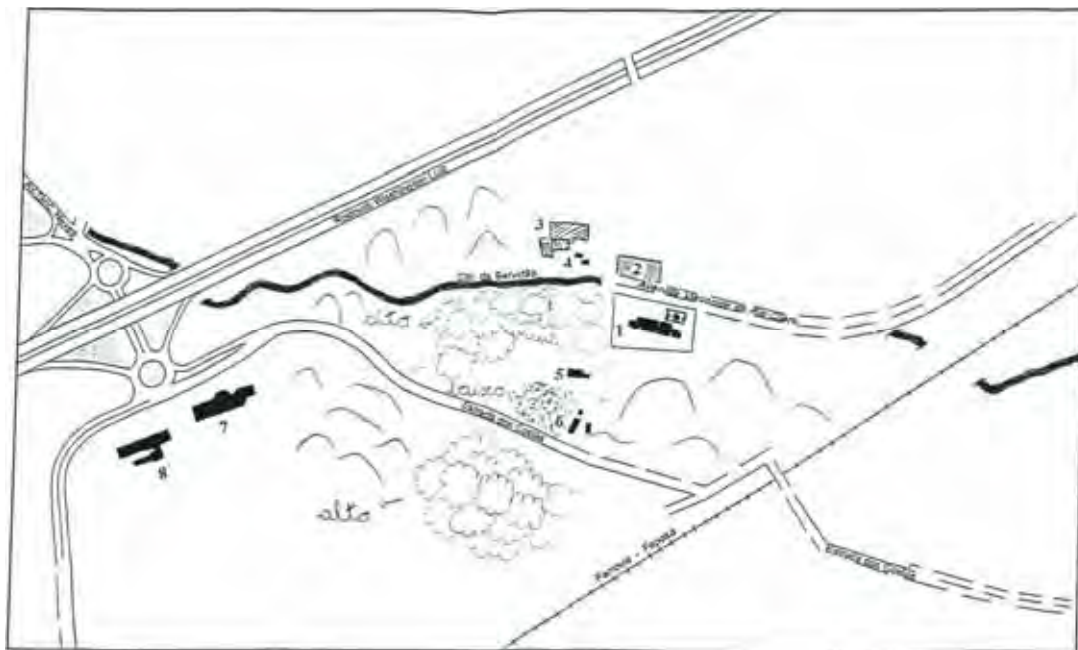


3.o desenho: À primeira vista, pode-se pensar que se trata ainda de morros rebatidos, mas observando a parte superior da folha, nota-se que se se tratasse de rebatimentos, os morros estariam “de ponta cabeça”. Na verdade, trata-se de planos de altitudes cujo traçado acompanha a morfologia da área e, na parte superior direita, há inclusive sobreposição desses níveis.

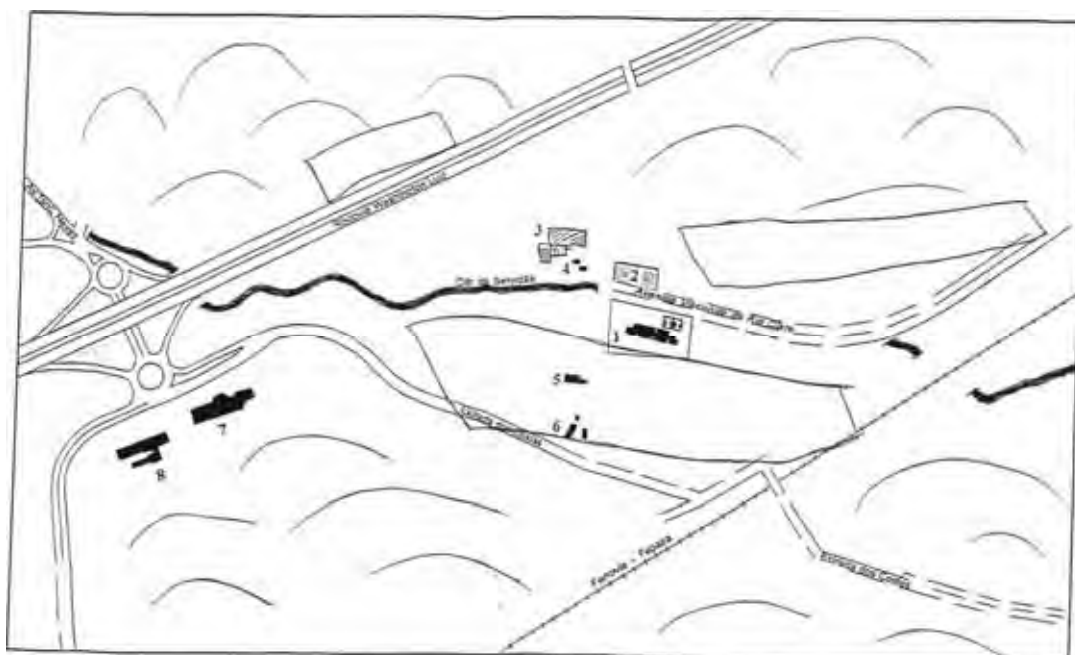


ALUNA B

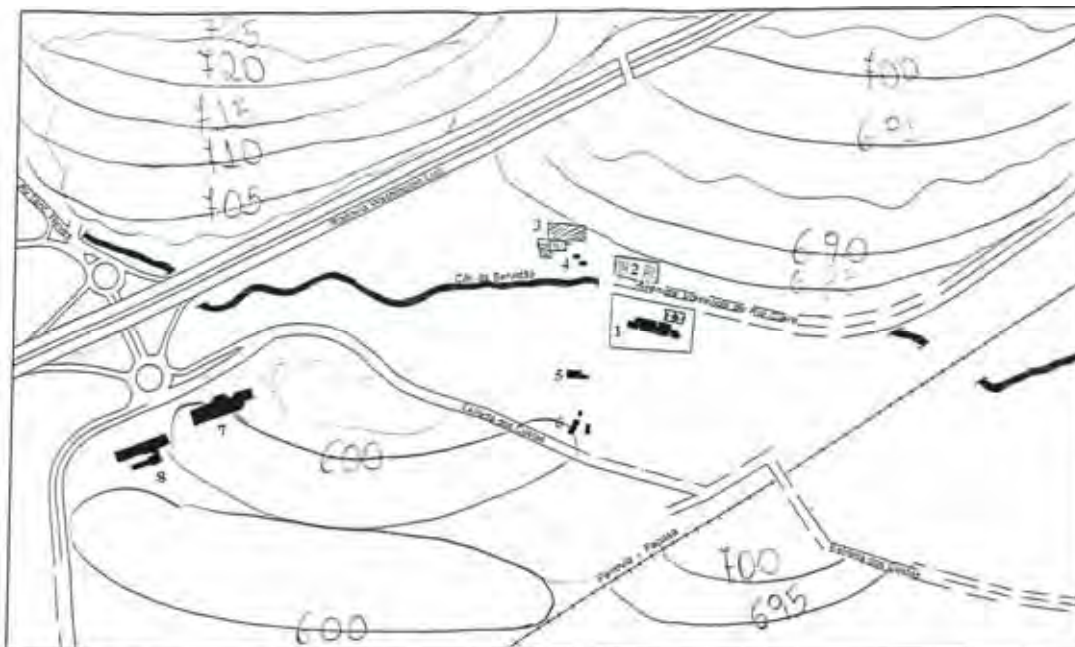
1.o desenho: O relevo aparece por palavras escritas e por morrinhos, todos com a mesma orientação: a parte inferior da folha. Mas a vegetação é representada na perspectiva vertical.



2.o desenho: Só o relevo é incluído no desenho. Os morrinhos permanecem e presos ao referencial da folha, mas agora recobrem toda a área. Juntamente aos morros rebatidos, as vertentes do vale são representadas por planos inclinados.

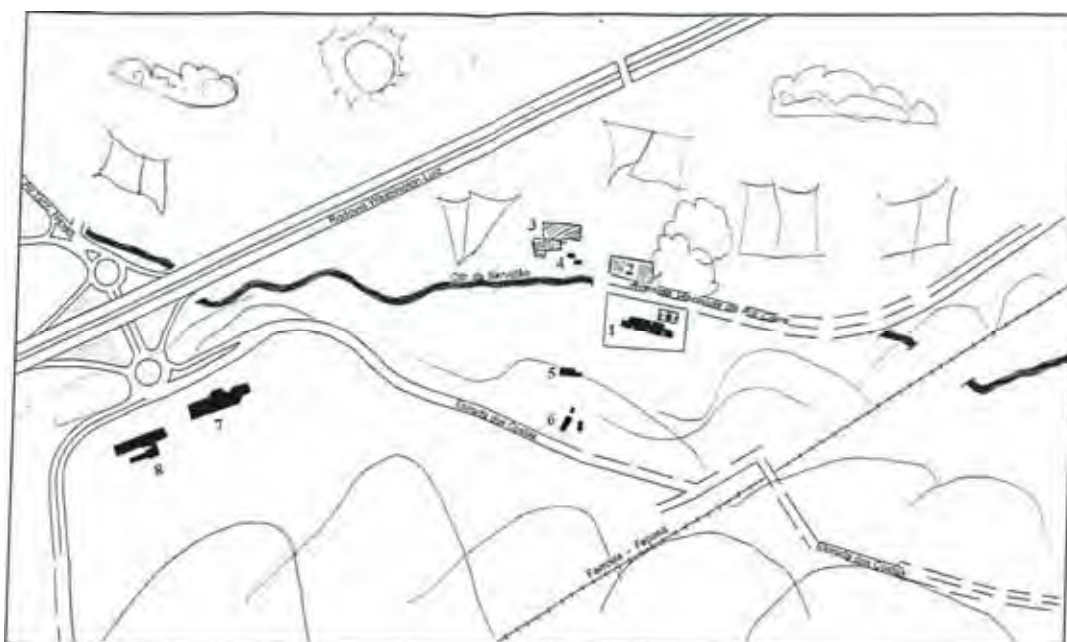


3.o desenho: “curvas de nível” agrupadas por trechos da área, mas que correspondem à variação de altitudes em cada um deles.

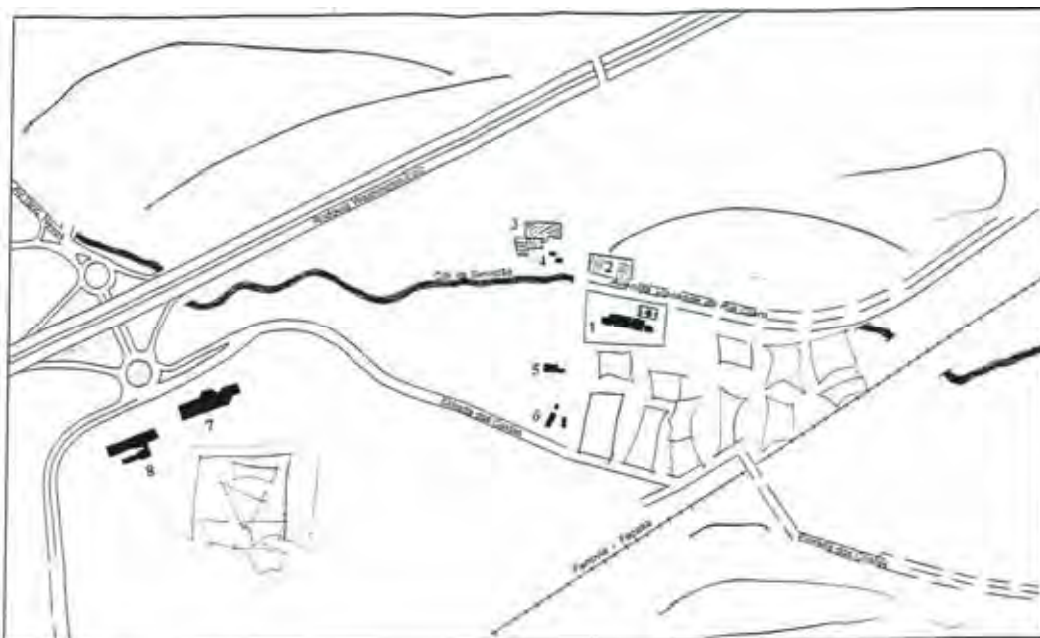


ALUNO C

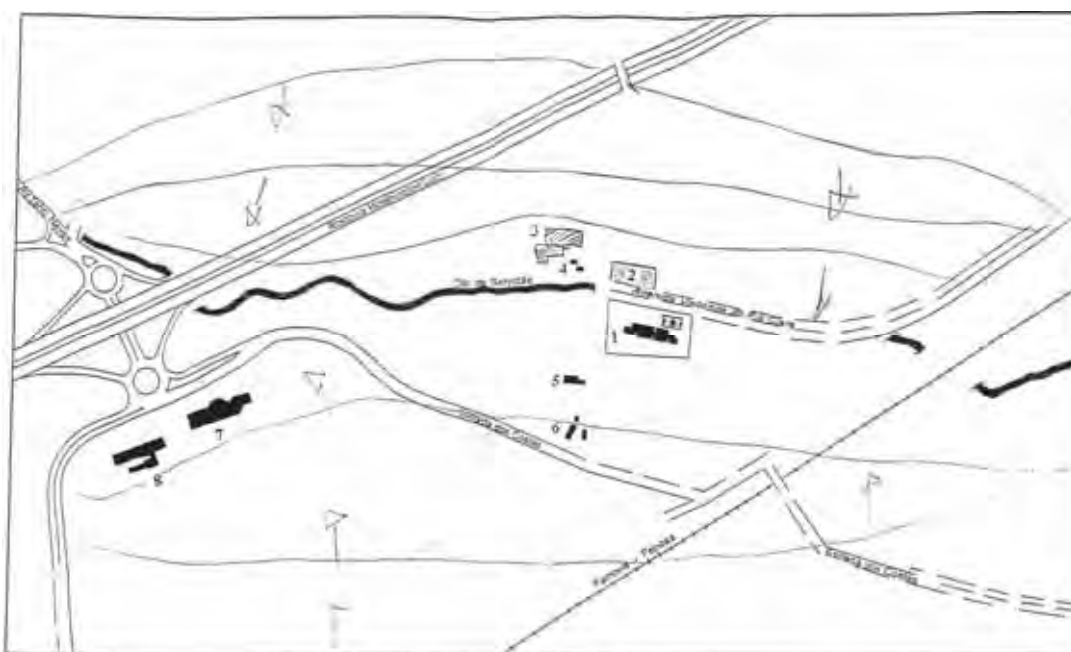
1.o desenho: os morrinhos são colocados também apoiados na ferrovia e na estrada. Os demais elementos acrescentados são proporcionais entre si, mas não com aqueles dados no plano de base. As árvores e os telhados das casas conservam o ponto de vista vertical.



2.o desenho: O relevo aparece em poucas linhas, ainda guardando a forma de morros com a base para a parte inferior da folha. As quadras são proporcionais ao plano de base.



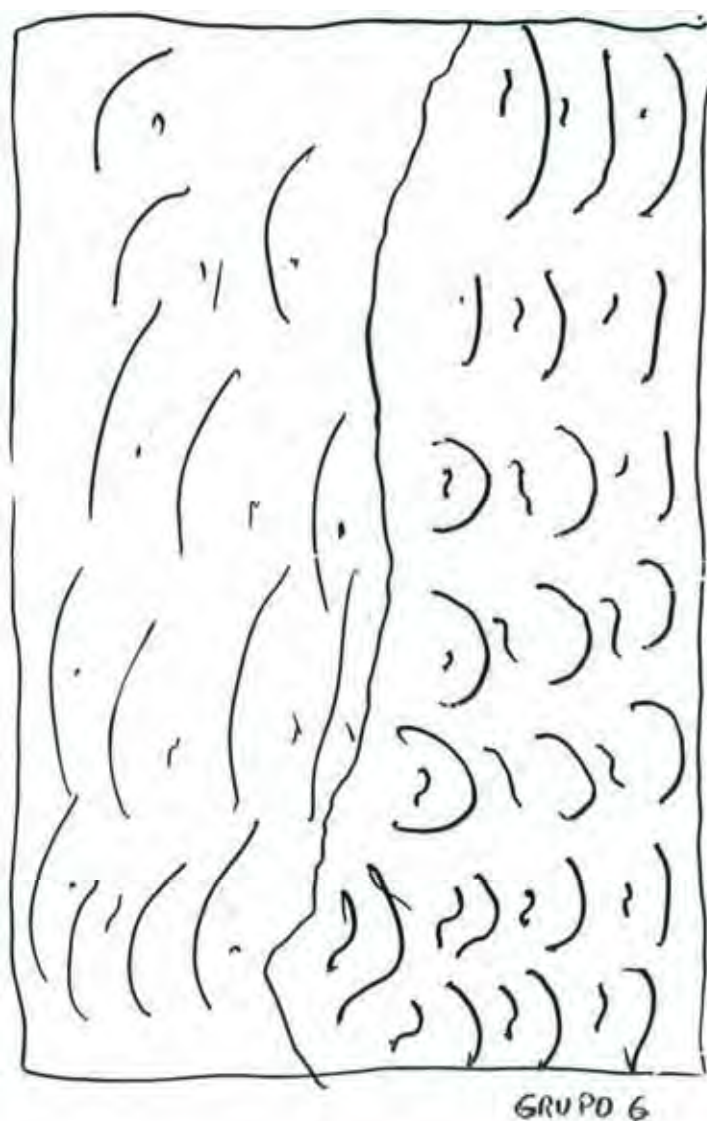
3.o desenho: não há mais linha de base nem a inclusão de outros elementos; o relevo é representado por linhas paralelas que têm o rio como nível de base e a variação de altitude entre essas linhas é indicada por setas associadas à direção da drenagem.



Nas três seqüências apresentadas, percebe-se uma nítida diferença entre os desenhos de observação de campo e os de observação do modelo tridimensional. O terceiro desenho tem a influência das atividades realizadas e mostra uma reestruturação significativa da representação, comparado com os dois anteriores. Mas o segundo desenho também apresenta diferenças com o primeiro, sobretudo o da Aluna A, e essa mudança só pode ser atribuída ao modelo tridimensional.

As projeções do relevo da maquete sobre o celofane, feitas pelos grupos e antes da abordagem da noção de curvas de nível pelas atividades de ensino, mostram formas muito mais abstratas que as do segundo desenho. Apresentaremos, na mesma ordem, aquelas produzidas pelos grupos dos quais participaram os mesmos alunos A, B e C, que produziram as seqüências dos desenhos comentados.

GRUPO 6: Para o grupo, durante a discussão da projeção, a forma que encontraram para representar o relevo da maquete visto de cima não corresponde a rebatimentos, mas as “descidas” a partir do ponto da vertente sobre o qual colocam a caneta. Não aceitavam outra possibilidade de representar a variação de altitude que não fosse essa. Mas o grupo toma como referência o córrego para a base dos morros, o que significa uma mudança de referencial importante, porque é assumido a partir do relacionamento entre a morfologia da área e a drenagem. O texto que o grupo redigiu para preparar a apresentação da projeção para os colegas, expressa idéias claras sobre a relação entre a morfologia e a drenagem, mas não tanto em relação à representação do relevo.



Grupo 6
 Nesse grupo eu tinha 6, Tatiana³¹, Daniela³⁰,
 e eu, pois a³.
 Nós fizemos uma figura do rio e
 mostramos que a escola do Rio Bacara
 estava muito longe.
 Nós não podíamos ir lá porque era longe.
 A água da chuva vem do telhado da
 escola, desce até o rio, e os currais
 e os muros subiram até o posto
 de gasolina também, e a água
 ali ali.
 Nós ali, não era na terra da dos
 outros, era mesmo dentro da água,
 a água desce até no vale do rio
 com a água.
 Aqui fizemos uma forma de rio
 fizemos o rio que está ali, e
 os erros meus, fizemos aqui
 a água desce de lá até aqui.

Figura 37:
 Desenho do
 grupo 6 e
 apresentação
 escrita

GRUPO 1: O grupo discute o problema partindo das observações feitas na projeção da maquete da sala de aula, quando uma das constatações sobre as perspectivas e as representações tridimensionais e planas, foi a de que “de cima as coisas são diferentes”. Essa compreensão permite ao grupo aceitar a representação do relevo na perspectiva vertical sob sua forma projetiva. Contornam os topos e fazem planos inclinados para as vertentes dos vales. Observa-se que não atravessam linhas traçadas na maquete, dividindo a área em duas, como no topo separado pela estrada, no canto inferior direito. Na apresentação à classe, foram objetivos em expressar por desenho o que compreenderam sobre pontos de vista no mapa, colocando a vista lateral de um morro (“errado”) e a sua forma na perspectiva vertical (“certo”).

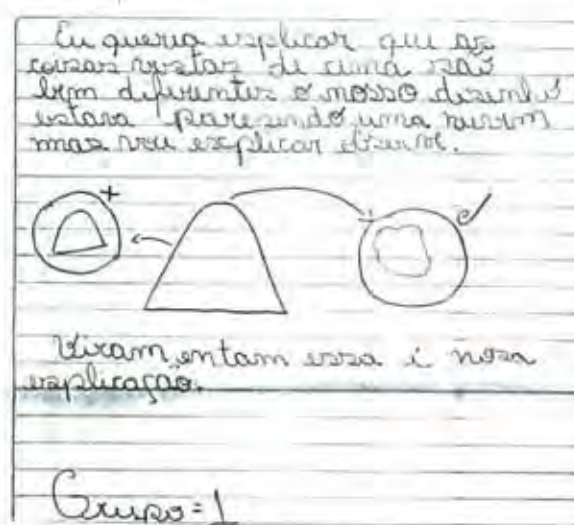
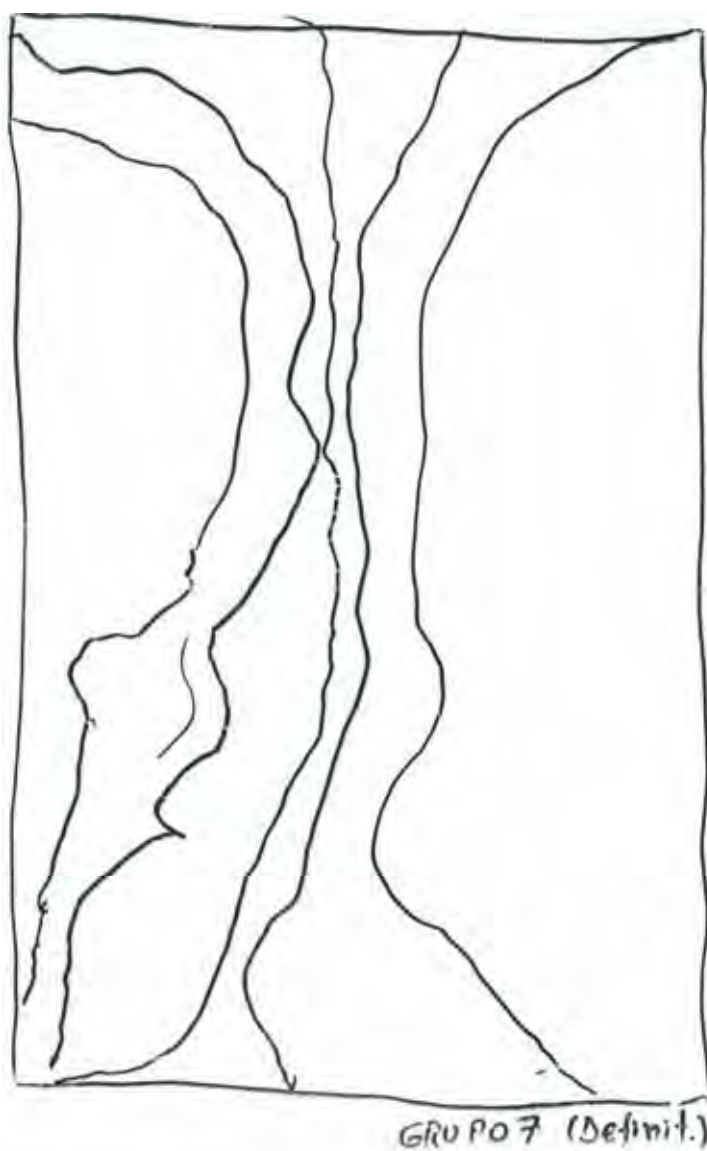


Figura 38:
Desenho do grupo 1 e apresentação escrita

GRUPO 7: Após traçar o contorno de uma vertente e depois da outra, o grupo descobriu que poderia seguir com uma única linha pelo fundo do vale, acompanhando o córrego, a qual representaria a parte baixa. Depois dessa descoberta, concluíram que um dos contornos traçados estava “errado” porque a linha começava do topo e descia para o fundo do vale, o que contrariava a descoberta anterior. Estava surgindo a noção de curvas de nível, por um processo parecido ao registrado com um outro grupo (4), mas que ficou restrito às linhas do fundo do vale. O grupo 7 foi um dos que mais se envolveram na solução do problema e trabalharam em cooperação durante todo o tempo em que discutiam. No entanto, o texto que produziu para preparar sua apresentação à classe, expressa como chegaram a algo, mas não o quê exatamente. Isso porque decidimos não prosseguir o interrogatório com o grupo e, com todos, procurávamos não dar pistas sobre a adequação da proposta final do grupo, para submetê-la à confrontação com as dos outros grupos na classe.



GRUPO 7 (Definit.)

Grupo 7
 Juliana C. Amanda, Alexandre, Ruth e
 Natalia

~~substituir o o relevo da cidade~~
~~do bairro por~~
~~fazendo do no cargo da sena~~
~~clis.~~
~~Cima do cargo da b. munda para~~
~~a f. munda~~
~~o pais de para a f. munda sem~~
~~o relevo da estrada de C. m.~~
 Tem o relevo da Palmeiras

Aqui é quando os bairro misto
 ao lado no conseguiram chegar a
~~o relevo da~~ sendo na maquete o
 desenho de cima.

Figura 39:
 Desenho do grupo
 7 e apresentação
 escrita

A comparação entre esses três grupos revela formas muito distintas de se conceber a projeção plana do relevo na perspectiva vertical, algumas muito complexas, as quais os alunos alcançaram em função do procedimento com o modelo tridimensional. Colocamos os desenhos das projeções dos demais grupos no Anexo 7, dentre os quais observa-se que os grupos 2 e 8 não conseguiram apresentar uma solução para a projeção do relevo e ficaram presos ao traçado das vias de circulação. O grupo 8 chega a expressar que “existe um jeito”, mas que não sabem qual é.

A análise qualitativa da produção gráfica dos alunos revelou uma mudança significativa na representação do relevo do primeiro para o último desenho. Após terminada nossa intervenção, retornamos à escola para uma entrevista que pretendemos empregar em um trabalho futuro. Entrevistamos 11 alunos (30%) da classe e, desses, apenas uma menina citou que havia trabalhado com mapa de relevo antes, mas não soube especificar como, apenas que a professora da 4.a série trabalhava com mapas do Brasil, do Estado de São Paulo e do Município. Metade desses alunos afirmaram que nunca trabalharam com qualquer mapa durante o ensino de 1.a a 4.a séries; outros 3 só haviam trabalhado com o mapa do Brasil para “pintar os estados”. O trabalho com a maquete da sala de aula foi feito antes por duas alunas do grupo de entrevistados, que lembraram com detalhes o como fizeram, mas só uma delas chegou à etapa da planta em escala.

Diante disso, cremos que se pode atribuir aos procedimentos com modelos tridimensionais os progressos alcançados pela maioria dos alunos nas representações espaciais que apresentaram ao final da intervenção em sala de aula.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa chegou, como sua principal contribuição, à constatação de que alunos que estavam iniciando a quinta série - recém saídos de um ensino de 1.a a 4.a séries que, para a maioria, proporcionou muito pouco ou nada de aprendizagem sobre mapas - apresentaram uma evolução significativa no modo como representam, no desenho, o relevo sob a perspectiva vertical. Esse progresso decorreu da compreensão da relação entre a morfologia e a drenagem da área, e consiste na mudança dos referenciais de alto e baixo presos às partes inferior (abaixo) e superior (acima) da folha para tomar como referência um curso d'água, que, na geomorfologia, corresponde ao nível de base local. A linha de base passa a ser o rio e as vertentes são rebatidas para um e outro lado das margens desse rio onde, se não há correspondência com a perspectiva vertical, há com a variação de altitude, partindo do rio para os topos das vertentes do vale.

Mas a evolução da representação gráfica do relevo a partir da observação do seu modelo tridimensional, não pára aí. Os alunos mais avançados na representação espacial chegam a abandonar a referência ao curso d'água como uma linha de base, para tomá-lo como um nível de base e colocar, para um lado e para o outro, linhas que correspondem a níveis de altitudes, marcando o início da abstração das curvas de nível como planos que seccionam o relevo em diferentes níveis.

Esses alunos mais avançados, após atividades de ensino-aprendizagem que introduziram as curvas de nível como uma solução técnica para o mapa de relevo, além de proporcionarem estudos de campo e da maquete, apresentam uma representação gráfica do relevo melhor organizada, expressando mesmo uma estruturação euclidiana da representação do espaço com a quantificação das linhas que correspondem à ordem dos níveis de altitudes.

Abaixo desse nível mais avançado de representação da terceira dimensão do relevo, ou seja, a noção do nível de base e a intuição das curvas de nível, apareceram representações em que são usados vários referenciais no mesmo desenho, como o rio, as vias de circulação e a linha inferior do enquadre da folha, com “morros” rebatidos. Esse tipo de representação, nos parece, deve caracterizar “desequilíbrio” do modo como a criança organizava antes sua representação gráfica. Ao dar-se conta de que a parte inferior da folha não serve mais como referencial, passa a buscar outro que garanta a organização da representação de modo coerente, que seria, então, o rio como linha de base.

Essas diferenças nas mudanças da forma de representação da terceira dimensão no desenho do relevo, que atribuímos aos procedimentos com o modelo tridimensional, nos

remetem às observações de Jacqueline Goodnow sobre as transformações nos equivalentes gráficos (ver p. 82), e à conclusão de Telmo sobre a representação da terceira dimensão, que citamos antes (ver último parágrafo da p. 97), embasada também nos estudos de Piaget.

Os aspectos observados nos desenhos do relevo sob a perspectiva vertical - como os tipos de rebatimentos dos morros a partir de várias linhas de base, as linhas e planos inclinados para representar a terceira dimensão nas vertentes do relevo, a conservação ou “mistura” dos pontos de vista, a noção de curvas de nível como planos que seccionam o relevo em diferentes níveis e o início da quantificação - correspondem a diferentes níveis de estruturação das relações espaciais projetivas e euclidianas que os estudos de Piaget e Inhelder demonstraram.

As constatações que esta pesquisa proporcionou mostram, primeiramente, que um modelo tridimensional favorece o desenvolvimento de formas mais avançadas de representação plana do relevo pelos alunos e pode, pela reflexão, engendrar a noção de curvas de nível. Em decorrência disso, compreende-se que os modelos tridimensionais, empregados para fazer a passagem para as representações bidimensionais, podem proporcionar procedimentos mais eficientes de ensino-aprendizagem do mapa de relevo. Depreende-se ainda que pode-se abordar a noção de curvas de nível com crianças da 5.a série do Ensino Fundamental, respeitando-se os diferentes níveis de representação espacial dos alunos, o que deve ser conduzido pelo professor através de atividades que proporcionem situações em que os alunos possam desenvolver formas mais elaboradas de representar o espaço. Para isso, as pesquisas sobre a representação do espaço pela criança e o ensino-aprendizagem do mapa ainda têm muito a contribuir.

A partir dos resultados desta pesquisa, caberia verificar se crianças em situação semelhante chegariam a essa intuição da curva de nível por outros procedimentos de ensino-aprendizagem da representação plana do relevo, por exemplo, empregando-se apenas representações bidimensionais, como na maioria das publicações didáticas, ou introduzindo primeiro o mapa para depois se construir o modelo.

Caberia ainda verificar a influência dos elementos planimétricos (principalmente as vias de circulação) incluídos na maquete, o que poderia ser feito com um modelo representando apenas o relevo e a hidrografia e, se muito, alguns pontos de referência, por exemplo, a escola. Supõe-se que a ausência de outros elementos lineares que não a hidrografia no modelo tridimensional, poderia conduzir o aluno a estabelecer mais rapidamente os referenciais aos níveis de base da área ou das várias vertentes, a partir da relação entre

morfologia e drenagem, para em seguida chegar à noção de curvas de nível como planos de diferentes altitudes.

Uma terceira questão decorrente desta pesquisa, e talvez a mais interessante ou mesmo importante para o processo de ensino-aprendizagem do mapa de relevo, seria a identificação de uma possível ordem de sucessão na forma como a criança concebe a representação gráfica da variação de altitudes do relevo na perspectiva vertical, até chegar à idéia de planos superpostos que seccionam o relevo em diferentes níveis, situando nesse processo a gênese da noção de curvas de nível. Isso possibilitaria o delineamento mais preciso de procedimentos com modelos tridimensionais mais adequados aos níveis de desenvolvimento dos alunos ao longo da escolaridade, e, portanto, mais eficientes para o ensino-aprendizagem do mapa de relevo.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, Maria Célia e MASETTO, Marcos Tarcísio (1987). O Professor Universitário em Aula: prática e princípios teóricos. 6.a ed.. São Paulo, MG Ed. Associados.

ALMEIDA, Rosângela Doin de & PASSINI, Elza Yasuko (1992). O Espaço Geográfico: Ensino e Representação. 4.a ed.. Série Repensando o Ensino. São Paulo, Contexto.

ALMEIDA, Rosângela Doin de (1994). Uma proposta Metodológica para a Compreensão de Mapas Geográficos. Tese de doutorado. USP, Faculdade de Educação. São Paulo.

ALMEIDA, R. D.; SANCHEZ, M. e PICARELLI, A. (1996). Atividades Cartográficas. 4 v. São Paulo, Atual.

ANAIS (1995). Colóquio Cartografia para Crianças, 1, Rio Claro. Anais. São Paulo-Rio Claro, Laboratório de Ensino de Geografia do Dept.o de Educação do IB-Unesp-Rio Claro e Laboratório de Ensino e Material Didático do Dept.o de Geografia da FFLCH-USP.

ANAIS (1997). Colóquio Cartografia para Crianças, 2, Anais. In: Geografia & Ensino, 6(1): 9-121. Belo Horizonte, Dept.o de Geografia, Instituto Geociência – UFMG.

ANAIS (1999). Colóquio Cartografia para Crianças, 3. Anais. São Paulo, AGB.

ANDRÉ, Marli E. D. A. e LUDKE, Hemengarda (1986). A pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU.

BALCHIN, W.G.V. (1978). Graficacia. Trad. Livia de Oliveira Geografia, v. 3, n. 5:1-13.

BATTRO, Antonio M. (1976). O Pensamento de Jean Piaget. Trad.: Lino de Macedo. Rio de Janeiro, Editora Forense Universitária Ltda. Título Original: El Pensamiento de Jean Piaget. Antonio M. Battro, 1969.

BEARD, Ruth M. (1973). Como a Criança Pensa: a Psicologia de Piaget e suas Aplicações Educacionais. Trad.: Aydano Arruda. 3.a ed.. São Paulo, IBRASA. Título original: Na Outline of Piaget's Developmental Psychology for Students and Teachers, 1969.

BERTIN, J. e GIMENO, R. (1982). A lição de cartografia na escola elementar. Trad. Antonio Teixeira Neto. Boletim Goiano de Geografia, 2(1):35-56.

BERTIN, J. (1988). Ver ou ler. Trad. Margarida M. de Andrade. Seleção de Textos, 18:45-60. Cartografia Temática. São Paulo, AGB.

BIASE, M. de (1966). Construção de mapas em relevo: a utilização de recursos audiovisuais na didática da geografia. Orientação, 2:30-32.

BOCHICCHIO, V. R. (1989). Atlas atual: geografia (manual do professor). São Paulo, Atual.

BONIN, S. (1982). Novas perspectivas para o ensino de cartografia. Trad. Antonio Teixeira Neto. Boletim Goiano de Geografia, 2(1):73-87.

BOARDMAN, D. (ed.) (1988). Handbook for geography teachers. Sheffield (UK), The Geographical Association.

BRASIL (País) (1998). Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: geografia. Brasília, MEC/SEF.

BREARLEY, Molly & HITCHFIELD, Elizabeth (1973). Guia Prático para Entender Piaget. Trad.: Aydano Arruda. São Paulo, IBRASA. Título Original: A Teacher's Guide to Reading Piaget, 1968.

BRINGUIER, Jean-Claude (1978). Conversando com Jean Piaget. Trad. Maria José Guedes. Rio de Janeiro-São Paulo, Difel. Título Original: Conversations Libres avec Jean Piaget, 1977.

CARBERÓ, M. V. et. al. (1988). Trabajar mapas. Barcelona, Alhambra.

CECCHET, Jandira Maria (1982). Iniciação Cognitiva do Mapa. Dissertação de Mestrado. Unesp: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro - SP.

COLL, César (1998). Psicologia e Currículo. Uma Aproximação Psicopedagógica à Elaboração do Currículo Escolar. 3.a ed. Trad. Cláudia Shilling. São Paulo, Ática. Título original: Psicologia y Currículum.

COLL, César et al. (1998). O construtivismo na sala de aula. São Paulo, Ática. Trad. Cláudia Schilling. Título original: El Constructivismo en el aula.

DUARTE, Paulo Araújo (1991). Cartografia Temática. Florianópolis, Ed. da UFSC.

ECO, Umberto (1989). Como se faz uma tese. São Paulo, Perspectiva.

FERREIRA, Graça M. L. e MARTINELLI, M. (1992). Geografia em Mapas. Col. Didática. São Paulo, Moderna.

FERREIRA, Graça M. L. e MARTINELLI, M. (1997a). Moderno atlas geográfico. São Paulo, Moderna.

FERREIRA, Graça M. L. e MARTINELLI, M. (1997b). Os atlas geográficos para crianças: a alfabetização de sua linguagem. Anais: II Colóquio Cartografia para Crianças. In: Geografia & Ensino, 6(1): 35-9.

GIMENO, R. (1991). Uma abordagem da cartografia na escola elementar. Trad. Maria Luiza M. M. Pereira. Boletim Goiano de Geografia, 11(1):104-25.

GOODNOW, Jacqueline (1979). Desenho de Crianças. Trad.: Maria Goreti Henriques. 1.a ed.. Lisboa, Moraes Editores. Título Original: Children's Drawing, 1977.

KAMII, Constance & DEVRIES, Rheta (1992). Piaget para Educação Pré-Escolar. 2.a ed.. Trad.: Maria Alice Bade Danesi. Porto Alegre, Artes Médicas. Título original: Piaget for Early Education.

LACOSTE, Y. (1989). A geografia: isso serve em primeiro lugar para fazer a guerra. Campinas, Papirus.

LAKATO, M. Eva e MARCONI, Marina de A. (1982). Metodologia científica. 1.a ed.. São Paulo, Atlas.

LIBAULT, A. (1975). Geocartografia. São Paulo, Nacional-USP.

MACHADO, L.M.C.Ph. e OLIVEIRA, L. de (1980). Como adolescentes percebem geograficamente o espaço através de pré-mapas. Geografia, Rio Claro, 5(9-10):49-66.

MARTINELLI, M. (1991). Curso de cartografia temática. São Paulo, Contexto.

MEIRA, L. (s.d.). Análise microgenética e videografia: ferramentas de pesquisa em psicologia cognitiva. Universidade Federal de Pernambuco (mimeo.)

MEZZARANA, E. G. (1976). As Relações Espaciais: elaboração de algumas tarefas operatórias para alunos do nível I do 1.o grau. Relatório de estágio de Aperfeiçoamento apresentado ao Dpto. de Educação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro.

MOREIRA, Marco Antonio (1985). Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos. São Paulo, Ed. Moraes.

OLIVEIRA, L. (1978). Estudo metodológico e cognitivo do mapa. Série Teses e Monografias, 32. Tese de livre docência. Rio Claro, IGCE-Unesp.

PAGANELLI, Tomoko et al. (1985). A noção de espaço e de tempo – O Mapa e o Gráfico”. Orientação, 6:21-48.

PAGANELLI, Tomoko I. (1982). Para a Construção do Espaço Geográfico na Criança. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Depto. De Psicologia da Educação do Instituto de Estudos Avançados da Fundação Getúlio Vargas.

PARRA, Nélío (1967). Ensine Melhor com Modelos. Col. Educação Primária: Recursos e Técnicas de Ensino. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico.

PARRA, Nélío (1983). O Adolescente segundo Piaget. São Paulo, Pioneira.

PIAGET, Jean & INHELDER, Barbüel (1974). A Psicologia da Criança. Trad.: Octávio Mendes Cajado. 3.a ed.. São Paulo, Difel. Título Original: La Psychologie de l'Enfant. Col. "Que sais-je?", n. 369. Paris, Presses Universitaires de France.

PIAGET, Jean & INHELDER, Barbüel (1993). A Representação do Espaço na Criança. Trad. de Bernardina Machado de Albuquerque. Porto Alegre, Artes Médicas. Tít. Original: La Représentation de l'Espace chez l'Enfant. Paris, Presses Universitaires de France, 1981.

PIAGET, Jean (1973). Problemas de Psicologia Genética. Trad.: Célia E. A. Di Piero. 1.a ed.. Rio de Janeiro, Forense.

RAISZ, E. (1969). Cartografia geral. Trad. Neide M. Schneider e Péricles A. M. Neves. Rio de Janeiro, Científica.

RAPPAPORT, Clara Regina (1981). "Modelo Piagetiano". In: Rappaport, C. R. (coord.): Psicologia do Desenvolvimento. Vol. 1. Teoria do Desenvolvimento; Conceitos Fundamentais. São Paulo, EPU.

RUA, João et. al. (1993). Para ensinar geografia. Rio de Janeiro, Access.

SANTOS, F. M. dos (1983). Procedimento simples para marcação de curvas de nível no campo. Geografia e Ensino, Belo Horizonte, 1(4):82-7.

SANTOS, Márcia D. dos (1990). O sistema gráfico de signos e a construção de mapas temáticos por escolares. Dissertação de mestrado. Rio Claro, IGCE-Unesp.

SÃO PAULO (Estado) (1988). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. Proposta curricular para o ensino de geografia; 1.o grau. São Paulo, SE/CENP.

SEVERINO, A. Joaquim (1990). Metodologia do trabalho científico. 16.a ed., col. Educação Contemporânea. São Paulo, Cortez-Autores Associados.

SILVA, Miriam A. Bueno da (1998). A Cartografia e o Ensino de Geografia na Escola Fundamental: Um Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, Depto. de Geografia do Instituto de Geo-Ciências da Universidade Federal de Minas Gerais.

SIMIELLI, M. E. et. al. (1992) Do plano ao tridimensional: a maquete como recurso didático. Boletim Paulista de Geografia, 70:5-21.

SIMIELLI, M. E. (1993). Primeiros mapas. Col. Didática. 4.v. São Paulo, Ática.

TELMO, Isabel C. (1986). A Criança e a Representação do Espaço: um estudo do desenvolvimento da representação da terceira dimensão nos desenhos de casas feitos por crianças dos 7 aos 12 anos. Col. Biblioteca do Educador Profissional, 99. Lisboa, Livros Horizonte.

WADSWORTH, Barry J. (1989). Piaget para o Professor da Pré-Escola e 1.o Grau. Trad.: Marília Zanella Sanvicente. 3.a ed.. São Paulo, Pioneira. Título original: Piaget for the Classroom Teacher, 1978.

ANEXO 1

Tabela: Faixa etária esperada para alunos de 5.a série

FAIXA ETÁRIA ESPERADA PARA ALUNOS DE 5.a SÉRIE*

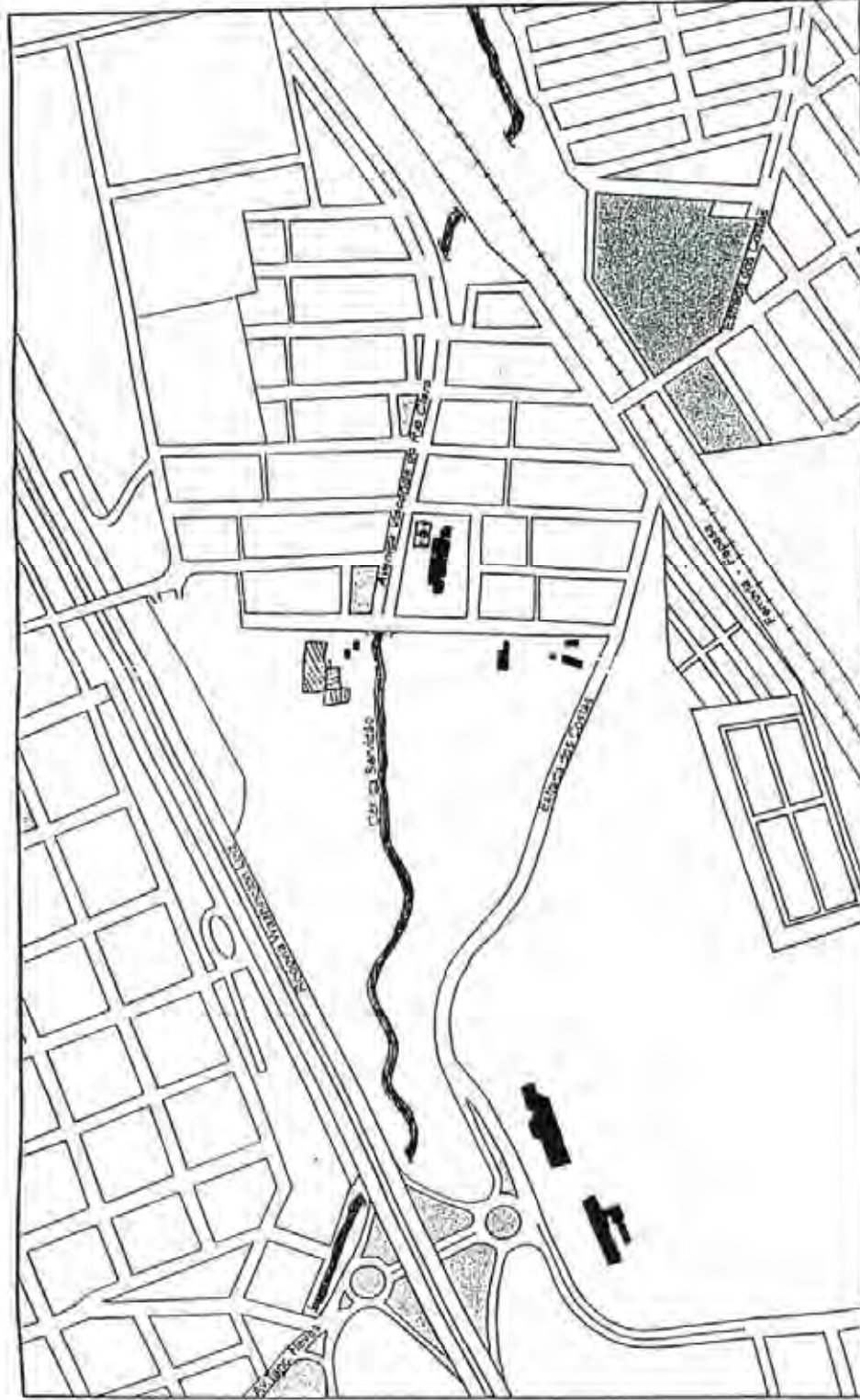
MÊS EM QUE COMPLETA 7 ANOS	IDADE EM MARÇO NAS SÉRIES DO 1.º CICLO				IDADE DURANTE O ANO LETIVO NA 5.a SÉRIE									
	1.a	2.a	3.a	4.a	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
JANEIRO	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11
FEVEREIRO	7,1	8,1	9,1	10,1	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10
MARÇO	7	8	9	10	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9
ABRIL	6,11	7,11	8,11	9,11	10,11	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8
MAIO	6,10	7,10	8,10	9,10	10,10	10,11	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7
JUNHO	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	10,10	10,11	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6
JULHO	7,8	8,8	9,9	10,9	11,8	11,9	11,10	11,11	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5
AGOSTO	7,7	8,7	9,7	10,7	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	12	12,1	12,2	12,3	12,4
SETEMBRO	7,6	8,6	9,6	10,6	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	12	12,1	12,2	12,3
OUTUBRO	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	12	12,1	12,2
NOVEMBRO	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	12	12,1
DEZEMBRO	7,3	8,3	9,3	10,3	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	12

* Considerando matrícula na 1.a série para alunos que completam 7 anos de idade até 30 de junho e chegam à 5.a série sem histórico de retenção.

ANEXO 2

Planta do Bairro Inocoop e Arredores

BAIRRO INOCOOP E ARREDORES - RIO CLARO (SP)



Fuente: Prefectura Municipal de Bío Bío, Escuela 110039. Adaptación: Sergio Luis Miranda, 1993.

Escuela I 5000



NOME	No.	SERIE	DATA
.....			

ANEXO 3

Esquema Topográfico

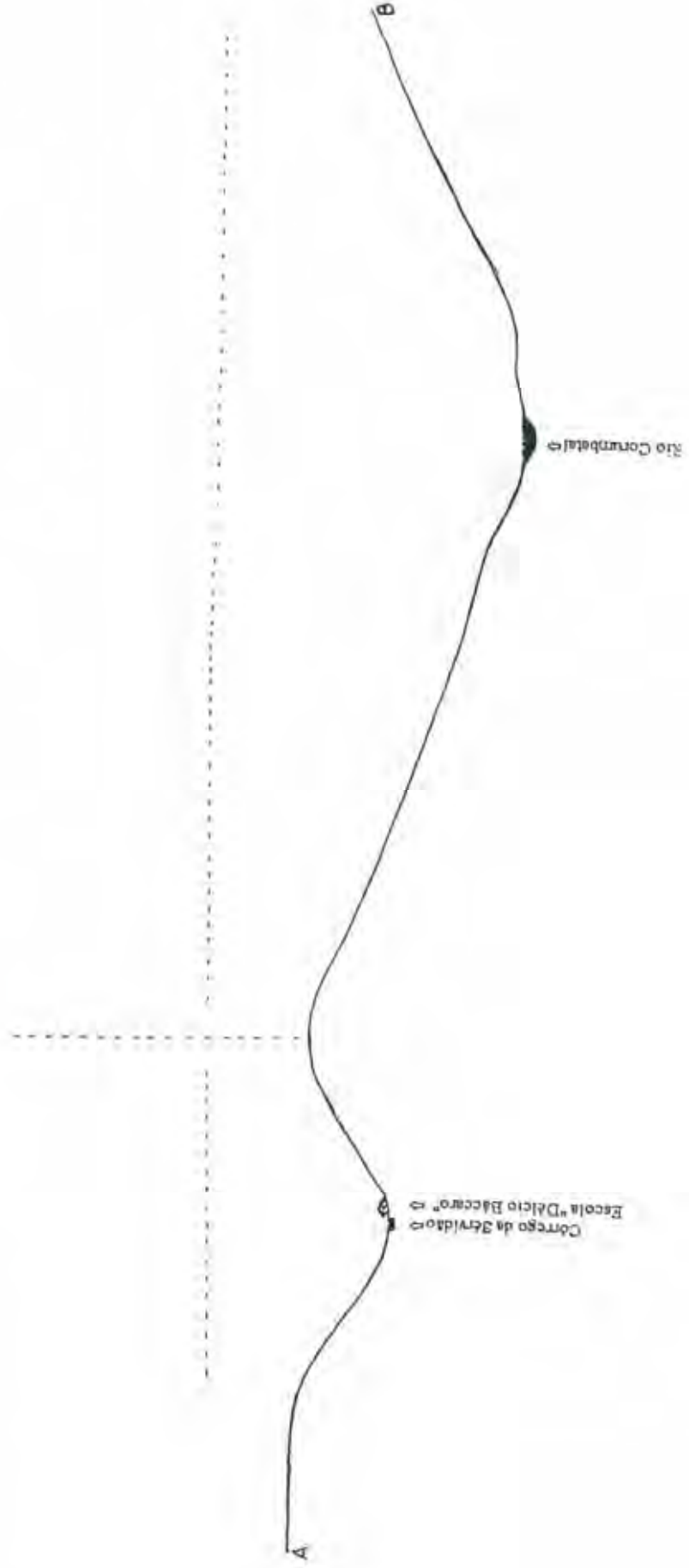
ANEXO 4

Perfil Topográfico Esquemático

NOME N.º 5.ª SÉRIE DATA/...../.....

Atividade de Geografia
ESQUEMA DE PERFIL TOPOGRÁFICO

1. O esquema abaixo é um desenho reduzido do perfil topográfico marcado na maquete com o barbante. Observe o perfil no desenho e no relevo da maquete.
2. Desenhe setas representando o escoamento das águas sobre o chão ao longo deste perfil do relevo.
3. Escreva nas linhas tracejadas sobre o perfil onde ficam: a) Vale do Corumbatuí b) Vale do Cór. da Servidão c) Divisor de Águas



ANEXO 5

Artigo: “Procedimentos simples para marcação de curvas de nível no campo”
SANTOS (1983)

PROCEDIMENTO SIMPLES PARA MARCAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL NO CAMPO

Fabiano marques dos Santos *

No número dois da Revista Geografia e Ensino foi dito que a Revista se propunha a veicular informações sobre construção de instrumentos simples para uso dos professores durante suas aulas. Os procedimentos aqui desenvolvidos podem ser facilmente utilizados no ambiente de nossas escolas de 1º e 2º graus. Servem para enriquecer um dos conceitos mais comuns nas aulas de Geografia, a *altitude*.

Todo professor de Geografia de 1º e 2º graus fala das *curvas de nível* durante suas aulas sobre representação do relevo e sobre as técnicas utilizadas na agricultura.

No entanto, por vários motivos, o aluno não aprende, na prática, a marcar curvas de nível sobre um terreno. Os dois motivos principais são: o aluno (principalmente o de 1º grau) não tem os pré-requisitos de matemática para empregar métodos topográficos mais elaborados; além disso, geralmente nossas escolas não dispõem do equipamento topográfico exigido.

Sugerimos, aqui, duas maneiras simples de marcar curvas de nível. É possível ensiná-las aos alunos, nas imediações da escola, ou distante dela, durante as excursões. Provavelmente os alunos poderão ter a oportunidade de utilizar esse conhecimento na sua vida prática. Mesmo que isso não venha a ocorrer, pelo menos a demonstração servirá para que o aluno entenda mais facilmente o que vem a ser a curva de nível.

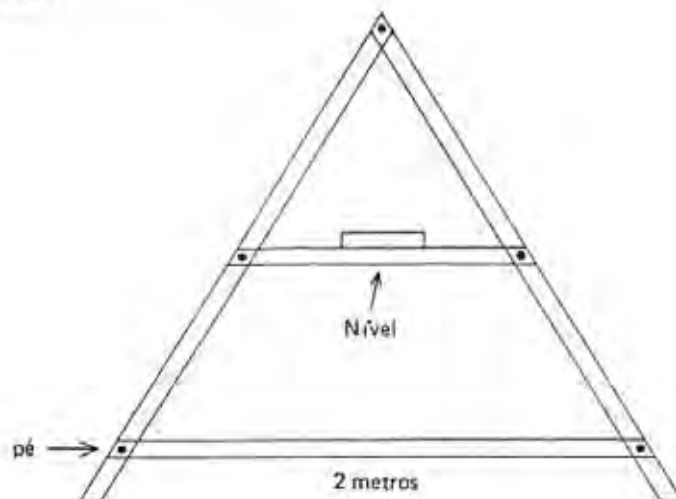
PROCEDIMENTO NÚMERO UM

MATERIAL — Constrói-se um triângulo equilátero em que se coloca um

* Doutor pela UFMG; Professor Adjunto do Departamento de Geografia da IGC/UFMG.
Revista Geografia e Ensino, Belo Horizonte, 1(4): 82-87, nov. 1983.

nível comum, desses utilizados pelos pedreiros. A dimensão pode ser variada, 1 ou 2 metros. O triângulo pode ser de madeira (Figura 1).

Figura 1.

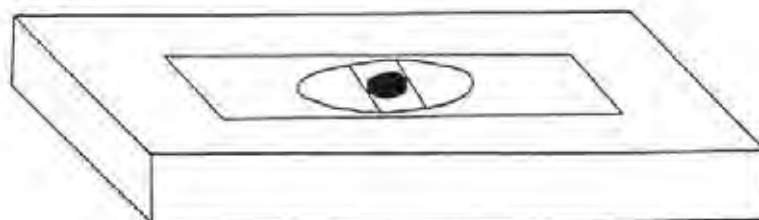


O nível é parafusado ou colado em uma peça fixa, paralela ao lado do triângulo que fica virado para baixo.

Os lados do triângulo em que se fixa a peça com o nível devem ter uma ponta (pé) de 5 cm, a fim de evitar que pequenas irregularidades do terreno dificultem a operação. Além do triângulo são necessários alguns piquetes e uma ferramenta para fixá-los.

PROCEDIMENTO – Toma-se um ponto qualquer do terreno como início, onde se finca um piquete (ponto 1). Coloca-se o triângulo na vertical, com um dos pés junto ao ponto número um. Desloca-se o pé do triângulo que *não está* no ponto número um, até que se consiga que a bolha do nível fique no centro das duas marcas (Figura 2).

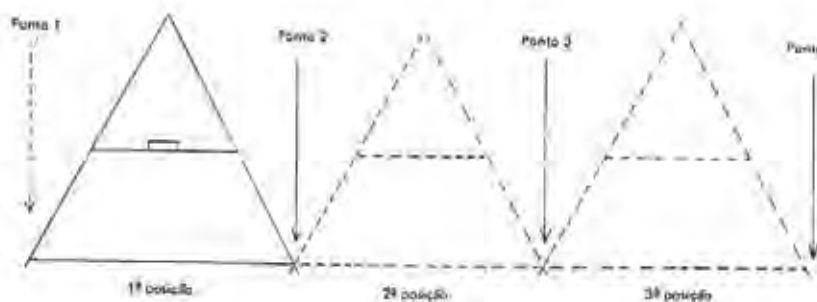
Figura 2.



Estando a bolha no centro das duas marcas, isso significa que os dois pés do triângulo estão em nível, isto é, na mesma altitude. Fínca-se no solo o segundo piquete (ponto 2).

A linha que une os dois piquetes já é uma linha em nível. Para continuá-la basta mudar a posição do triângulo, deslocando-se o pé que estava sobre o ponto um, fazendo aproximadamente uma meia volta (mais ou menos 180 graus), procurando-se o ajustamento da bolha no centro das duas marcas. Fínca-se então o piquete número três (Figura 3).

Figura 3.



Procede-se assim sucessivamente até a distância desejada. Reunindo-se com um cordão os diversos piquetes, tem-se a visualização de uma linha em nível, que poderá ser uma curva, dependendo do terreno escolhido (Figura 4).

Figura 4.



Na vida prática, frequentemente é preciso que a curva de nível tenha um ligeiro caimento (inclinação), para permitir o escoamento do excesso de água; uma vala acima de uma área cultivada pode evitar a erosão e deve ser feita com uma leve inclinação. Uma rede de esgoto ou um pátio devem ter também uma certa declividade, evitando que a água fique parada.

Para se conseguir dar essa pequena declividade, um dos pés do triângulo deverá ser maior que o outro, de acordo com a inclinação desejada. Se esta for de 2 por cento, teremos, num triângulo de 2 metros de lado:

2 metros = 200 centímetros; 2% de 200 cm são 4 cm.

Figura 5.



Portanto, um dos pés deverá ter 4 cm a mais que o outro (Figura 5). Para que a linha seja progressivamente mais baixa, o pé mais comprido do triângulo deverá ser sempre aquele que se desloca para marcar um novo piquete.

Esse procedimento pode ser feito por apenas uma pessoa. Contudo, uma dupla pode fazer aumentar a produtividade do trabalho.

PROCEDIMENTO NÚMERO DOIS

MATERIAL — Apenas uma mangueira de plástico transparente (com 10, com 20 ou mais metros) cheia de água, duas ripas de um metro cada uma, com uma marca a 90 cm de altura e alguns piquetes.

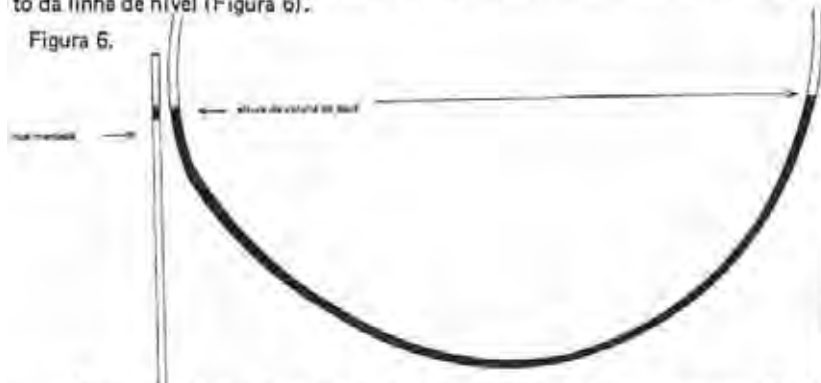
A mangueira deverá ser enchida de água de modo que não haja bolhas de ar no seu interior. Consegue-se isso, enchendo-se a mangueira depois de esticá-la. Se a água for colorida, a leitura fica mais fácil. Para colorir, pode-se usar anilina ou pós de refrescos, mais fáceis de encontrar.

PROCEDIMENTO — Escolhe-se o ponto inicial; firma-se aí uma das varas, encostando-se nela uma das pontas da mangueira de forma que a coluna de água fique a 90 cm. Uma pessoa segura a mangueira nessa posição, enquanto outra pessoa desloca-se, levando a outra ponta da mangueira para a distância desejada. Durante esse deslocamento as duas pessoas devem tampar com os polegares as extremidades da mangueira para evitar que caia água.

A segunda pessoa deve calcular com o olhar o ponto mais ou menos de mesma altitude que o ponto inicial, encostando sucessivamente a ponta da ripa no chão e tentando fazer que o nível da água fique na altura da marca de 90 cm. As duas pessoas devem se comunicar para que, em certo momento, as duas pontas da mangueira, já destampadas, estejam com a coluna de água junto às marcas de 90 cm das duas ripas. Conseguindo isso, significa que os dois pontos estão na mesma alti-

tude. Esses pontos são marcados com piquete; eles determinam o primeiro segmento da linha de nível (Figura 6).

Figura 6.



Procede-se da mesma maneira para a marcação dos pontos seguintes. É possível que, na marcação dos primeiros pontos, por falta de prática, haja algum derramamento de água. Pode-se levar um recipiente de água, para o caso de ser necessário completar a quantidade.

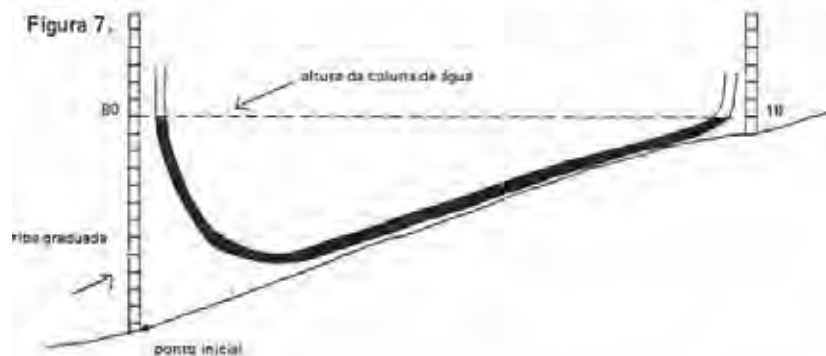
Dependendo do serviço a ser feito e dependendo também do terreno, pode ser mais aconselhável usar o triângulo ou a mangueira.

UMA OUTRA UTILIDADE DO NÍVEL DE MANGUEIRA

A mangueira cheia de água poderá servir, também, para se medir a diferença de altitude (de nível) entre dois pontos de uma encosta. Nesse caso, as duas ripas deverão ter graduação, podendo ser de 10 em 10 cm, de 5 em 5, ou menos.

A primeira pessoa segura a ripa e faz a coluna de água coincidir com uma marca, digamos, a marca de 80 cm. A segunda pessoa sobe um pouco na encosta e observa a que altura da ripa corresponde a coluna de água. Se esta estiver a 10 cm, significa que a diferença de nível é de 70 cm porque 80 menos 10 é igual a 70 (Figura 7).

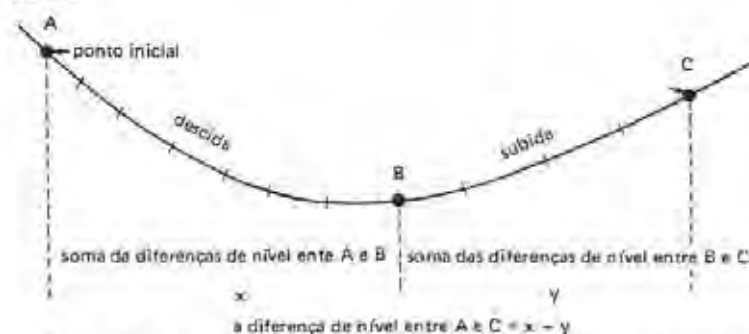
Figura 7.



Pode-se repetir a operação, subindo-se pela encosta, em etapas sucessivas, até o ponto desejado, sempre anotando as diferenças entre os pontos intermediários. A soma dessas diferenças mostrará o desnível que há entre o ponto inicial e o final.

Se o problema for medir a diferença de nível entre pontos situados em encostas diferentes, procede-se de modo inverso, somando-se as diferenças de nível na descida de uma encosta e fazendo-se a diferença dessa soma com a soma das diferenças de nível anotadas na subida, como mostra a figura 8.

Figura 8



É preciso deixar claro que, para realizar nivelamentos em obras de grande importância, existem técnicas e instrumentos muito mais sofisticados, precisos e de melhor produtividade.

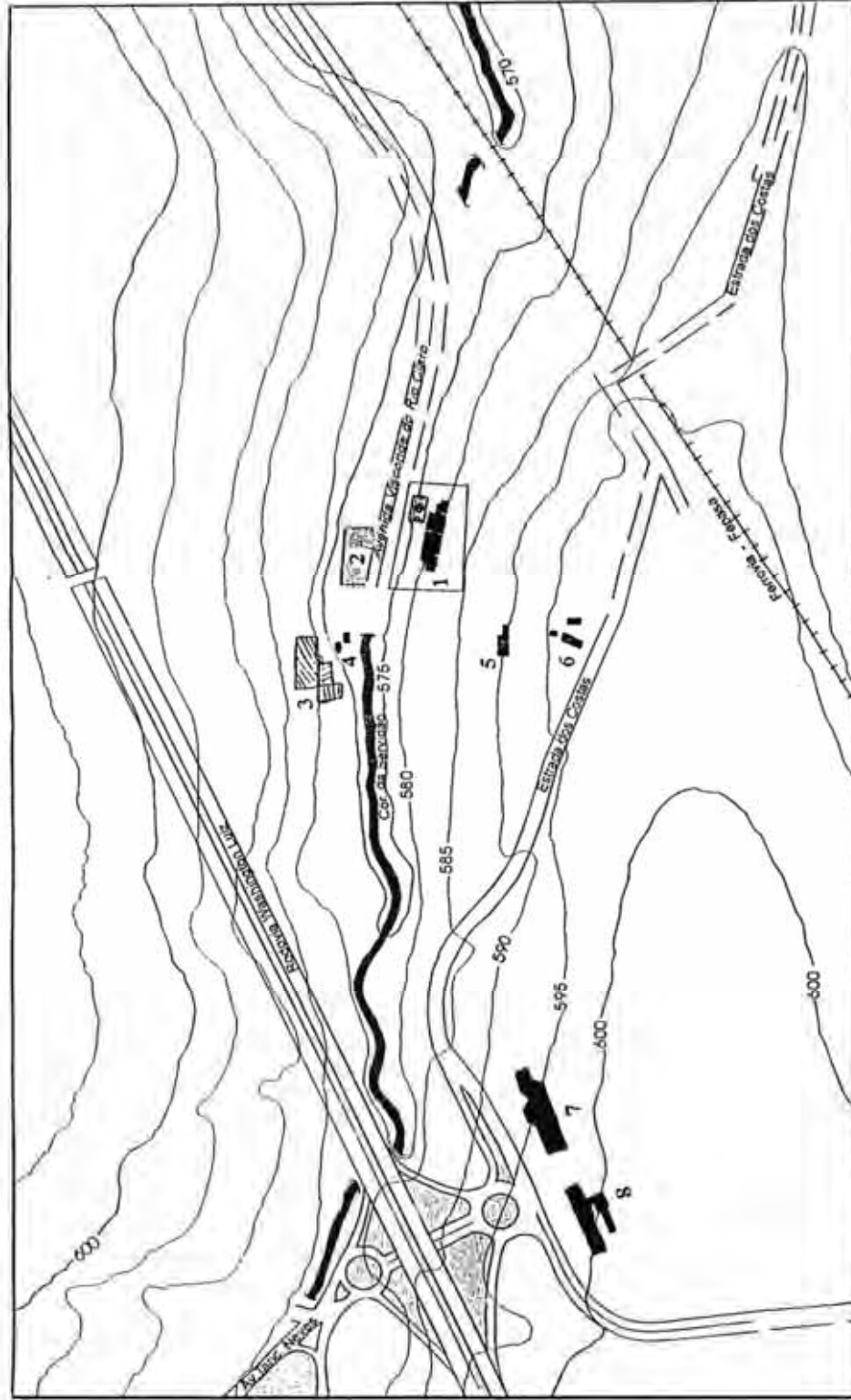
BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BORGES, A.C. *Topografia*. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1977.
- CARDÃO, C. *Topografia*. Belo Horizonte, Edições Arquitetura e Engenharia, 1970.
- DOMINGUES, F.A.A. *Topografia e Astronomia de Posição*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1979.
- ESPARTEL, L. *Curso de Topografia*. Porto Alegre, Editora Globo, 1973.
- ESPARTEL, L. & LUDERITZ, J. *Caderneta de Campo*. Porto Alegre, Editora Globo, 1975.
- FONSECA, R.S. *Elementos de Desenho Topográfico*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1973.
- FREITAS, J.C.P. *Topografia, Notas de Aulas*. Belo Horizonte, Grêmio de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 1973.

ANEXO 5a

Carta topográfica simplificada do bairro e arredores

RELEVO DO BAIRRO INOCOOP E ARREDORES - RIO CLARO (SP)



LEGENDA

- 1 Escola "Delfino Baccaro"
- 2 Praça
- 3 Horta
- 4 Pesque-pague
- 5 Capela
- 6 Posto de gasolina
- 7 Viviane - Fria
- 8 Hotel



Escala 1 : 5000

ANEXO 6
Quadro síntese das atividades realizadas

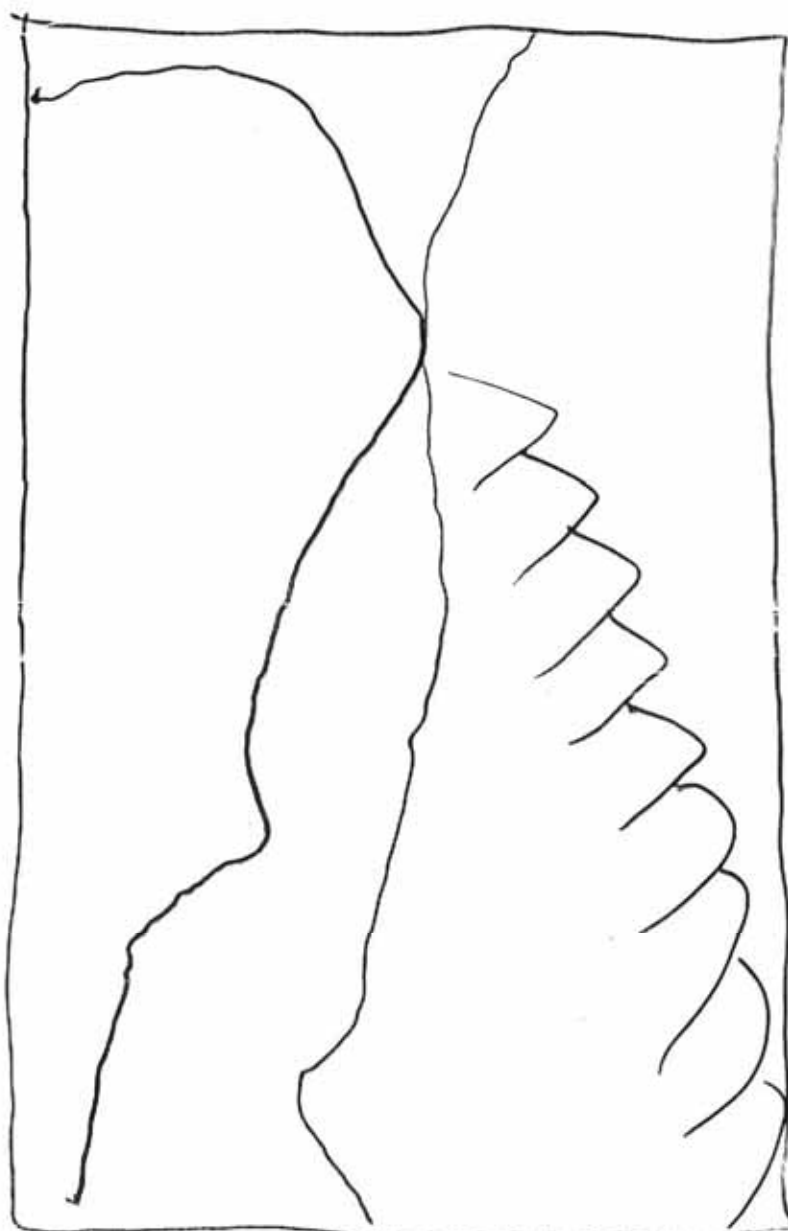
QUADRO SÍNTESE DAS ATIVIDADES REALIZADAS

H.s aulas	TÓPICOS DAS ATIVIDADES
1	1. Lateralidade: no próprio corpo, no corpo de um colega de frente e de costas, no espaço da sala, no desenho do corpo de frente e de costas.
1	2. Localização: referenciais do esquema corporal; quadrantes na sala de aula. 3. Perspectivas: pontos de vista na sala de aula; perspectiva vertical.
2	4. Representação tridimensional: construção de maquetes da sala de aula; localização e posição dos elementos da sala no modelo.
2	5. Perspectivas: observação da maquete nas perspectivas lateral, oblíqua e vertical. 6. Projeção: decalque da maquete da sala sobre celofane na perspectiva vertical. 7. Dimensões do espaço: comparação entre a maquete, sua projeção e a sala; representações em 2 ou 3 dimensões 8. Proporção: comparação entre distâncias, áreas e número de elementos na sala e nas maquetes.
1	9. Avaliação: desenho da sala de aula na perspectiva vertical em um plano de base delimitado na folha.
3	10. Planta do bairro: perspectiva vertical; orientação / localização; legenda 11. Estudo de campo: a) Planta do bairro: orientação / localização b) Drenagem: escoamento superficial; cursos d'água (nascente, córrego, ribeirão e rio); relação entre morfologia e direção da drenagem; divisor de águas. c) Noção de relevo: vale; elevação. d) Como representar o relevo visto de cima no mapa? e) Desenho: representação do relevo na perspectiva vertical sobre um esquema topográfico.
2	12. Estudo da maquete dos arredores do bairro: a) orientação / localização da maquete na cidade e de elementos na maquete; relevo; perfis do relevo (perspectiva lateral); hidrografia; relação morfologia-direção da drenagem; divisor de águas; perspectiva vertical na maquete. d) Desenho: representação do relevo da maquete na perspectiva vertical sobre o esquema topográfico.
8	13. Projeção do relevo da maquete em grupo (laboratório) a) Discussão pelo grupo e interrogatório. b) Desenho: projeção do relevo da maquete sobre celofane pelo grupo.

2	14. Comparação das projeções do relevo em celofane: preparação e apresentação pelos grupos (com apoio na maquete).
2	15. Discussão das projeções do relevo em celofane: comparação e discussão quanto à perspectiva e a representação das formas e altitudes do relevo. 16. Noção de curva de nível: apresentação da maquete com curvas de nível representadas por fios de lã e apresentadas como “linhas de altitude”; demonstração da projeção das linhas sobre o celofane; comparação entre essa projeção e as apresentadas pelos grupos;
3	17. Carta topográfica dos arredores do bairro: localização-orientação; cotas de altitudes; equidistância das curvas de nível; comparação entre as curvas de nível da carta com o relevo da maquete. 18. Curvas de nível no campo: marcação de linha em nível, no terreno da escola, com instrumento usado por pedreiros (nível) preso a um cavalete. 19. Carta topográfica no campo: localização-orientação; comparação entre as curvas de nível da carta com o relevo no campo; identificação de altitudes no campo usando a carta; indicação da direção da drenagem na carta;
1	20. Encerramento: Como representar o relevo visto de cima? a) Síntese: Como os cartógrafos fazem esses mapas. b) Desenho: representação do relevo da maquete na perspectiva vertical sobre o esquema topográfico.
6	21. Entrevistas individuais: conhecimento prático da área de estudo; experiências anteriores com mapas e maquetes; argumentação em relação aos desenhos produzidos; compreensão das curvas de nível na carta topográfica.

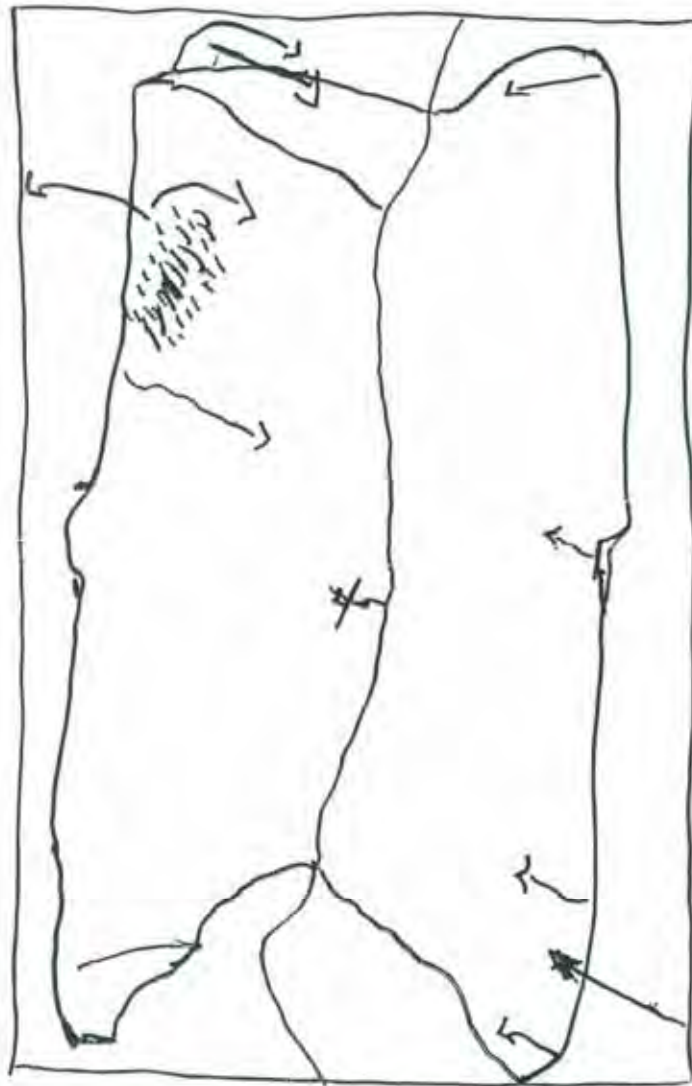
ANEXO 7

Projeções do relevo da maquete pelos demais grupos



GRUPO 2

Assunto	Resumo do grupo 2	Data	12/07/99
O papel celofane não está visto de cima e sim de lado. O corte seria ser visto de cima não de lado.			
João m^o 38 6°C Dirlei m^o 36 5°C João m^o 16 5°C Mariana m^o 28 5°C Juliana da Silva m^o 19 5°C Prof. Sérgio			



GRUPO 3

Data: 13/04/99

1- Estas setas que nós fizemos
e para mostrar que a água
da chuva cai para baixo.

2- Esta listras azul e para most
que a água do serrido, que
vai da chuva cai para o le
go.

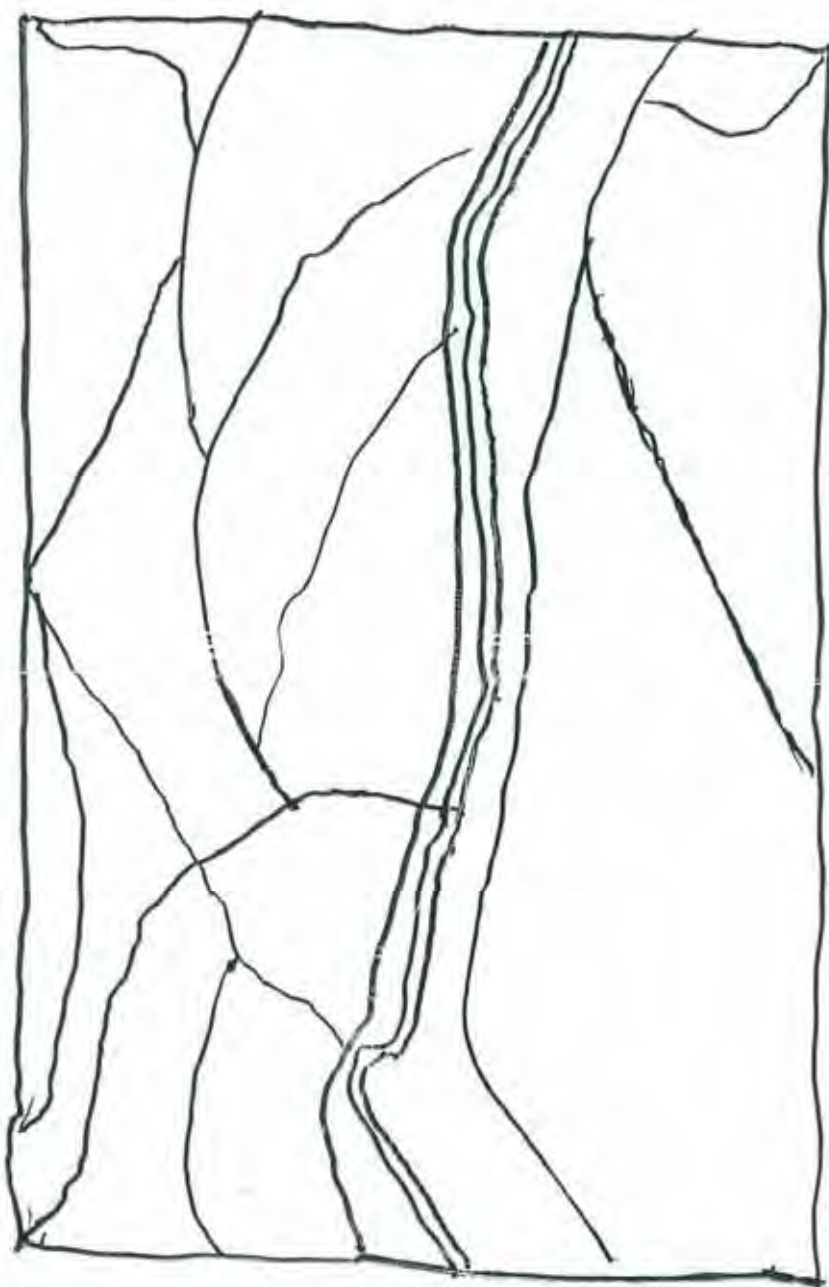
3- Estas listras pretas, e para
mostrar que a água e para baixo.

4- Por que a gente mesmo no
vale e copamos.

Grupo 3. —

alunos: Katuxa,
Guco,
Soliane,
Lucas.

50- Prof. Sergio.

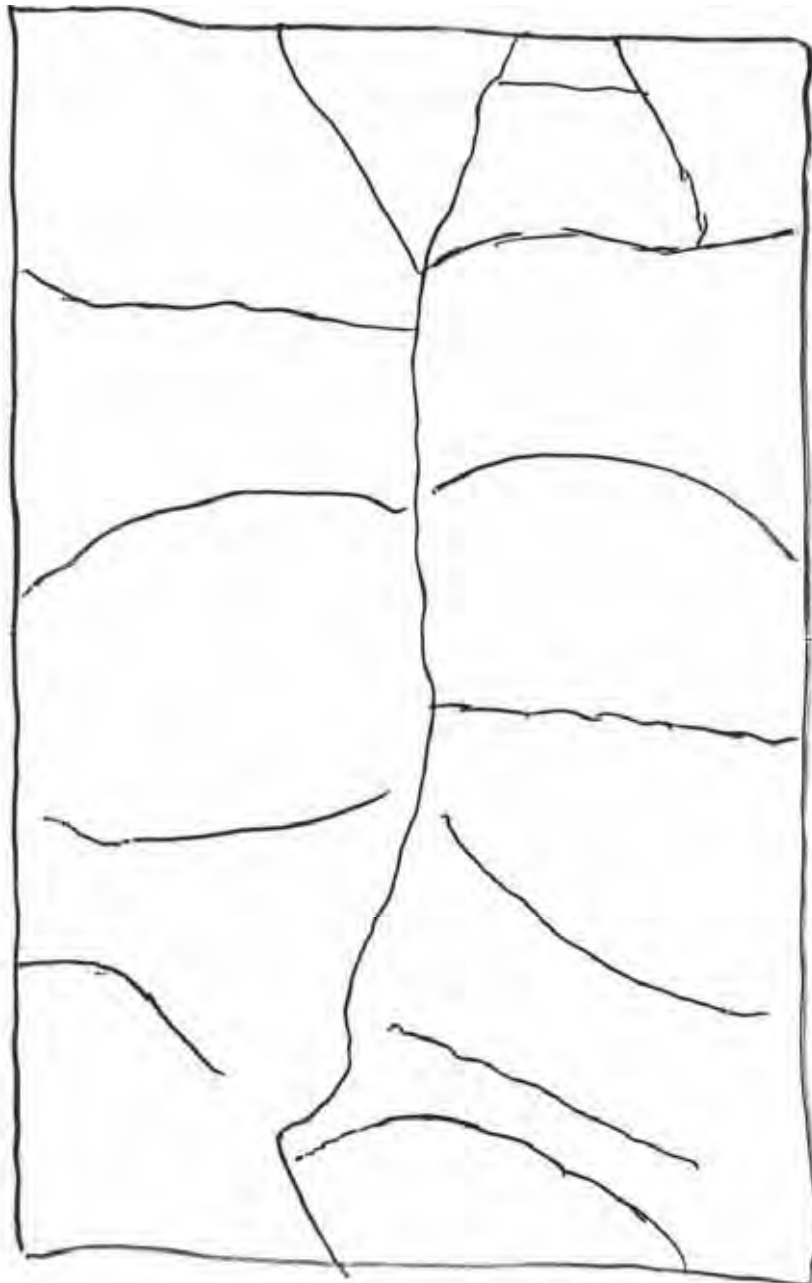


GRUPO 4 (Definit.)

n.º 40,34,24,29.

Primeira figura na carta da Serenidade
e agente observamos a forma da rede,
depois que se passou a ser observada a rede.
A gente firmes a rede, depois mais
figuras na forma da rede, agente
tentou explicar com o desenho, antes a
linha da rede.

Grupo 4 50

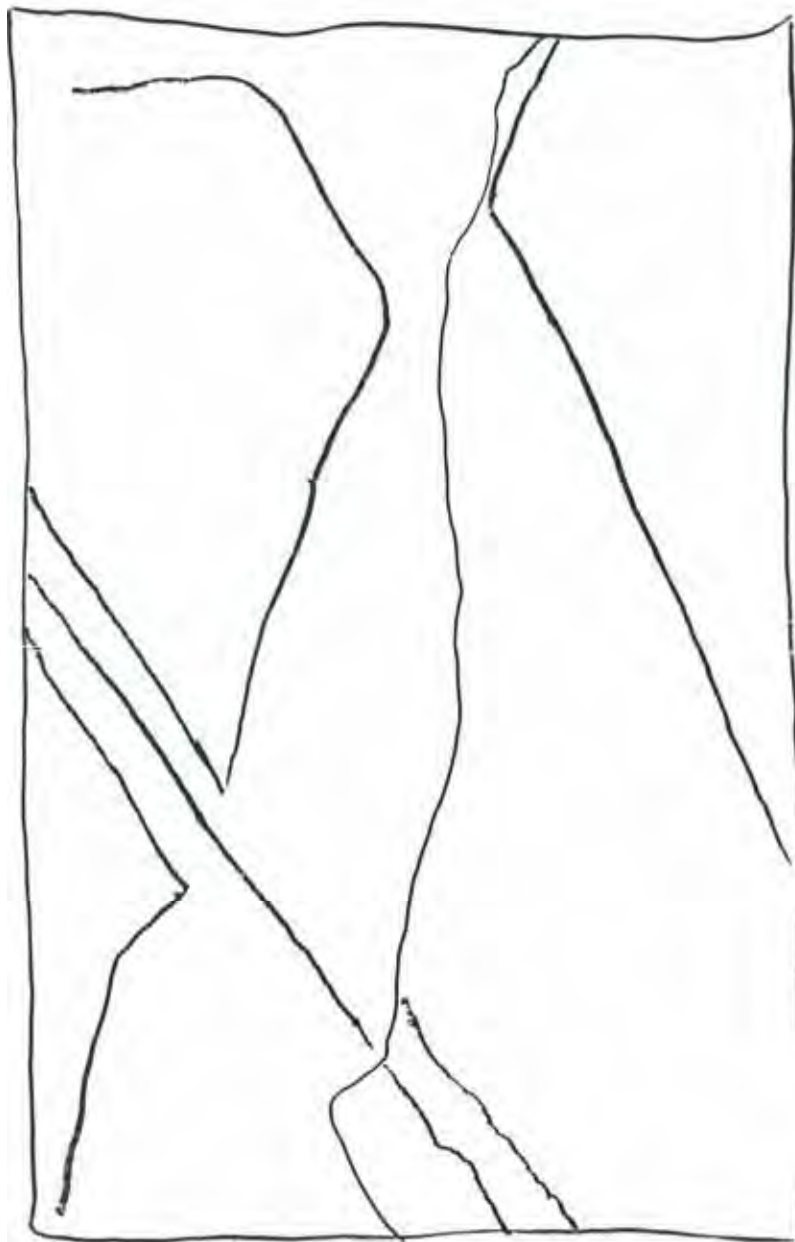


GRUPO 5

grupo 5

Patricia, Donald, Yana, Fabiano ^{02/04/99}
 nos fizemos ~~a~~ do relevo visto de cima
 da maquete.

- O divisor é um lugar alto mais.
- Ele serve para dividir as águas do
- correço da Serpeí da e do rio camum
- bitai.
- fizemos formas do morro para quando
- a chuva lá vai correr para o divisor de
- águas



GRUPO 8

Grupo 8

Bruno Sérgio Luis Fernandes nº 25

Wagner de Matos Nunes nº 41

Está apresentando a linha de ferro
a pista

O coronel batou

um pedaço onde fica (onde foi) o hotel e a
pista/

FIAT

e a pista

não deu para mostrar mostrar a raquete verde
tem um falo mas a finta não sabe fazer
a raquete verde