

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC/SP**

Aida Carvalho Vita

**Análise Instrumental de uma Maquete Tátil para a
Aprendizagem de Probabilidade por Alunos Cegos**

DOUTORADO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

**SÃO PAULO
2012**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC/SP

Aida Carvalho Vita

**Análise Instrumental de uma Maquete Tátil para a
Aprendizagem de Probabilidade por Alunos Cegos**

*Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de **DOUTOR EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, sob a orientação da Professora Doutora Sandra Maria Pinto Magina.*

SÃO PAULO
2012

Banca Examinadora

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta Tese por processos de fotocopiadoras ou eletrônicos.

Assinatura _____ Local e Data _____

*“É apenas com o coração que se pode ver direito;
o essencial é invisível aos olhos”.*

Antoine de Saint Exupéry

AGRADECIMENTO

“É necessário corrigir a ótica emocional para tudo visualizar com alegria e gratidão”.

Joana de Angelis

Com este sentimento, agradeço à CAPES pelo apoio com a bolsa flexibilizada, à UESC por possibilitar o meu afastamento durante o curso, a tudo e a todos que foram fundamentais para a materialização deste sonho.

Obrigada!

A autora

RESUMO

VITA, A. C. Análise Instrumental de uma Maquete Tátil para a Aprendizagem de Probabilidade por Alunos Cegos. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2012.

Esta tese teve como objetivo identificar a potencialidade de um material didático (MD), do tipo maquete tátil, para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos. A pesquisa, de cunho qualitativo, investigou a concepção, construção e avaliação do MD e, para tal, procedeu com as adaptações necessárias para atender ao objetivo estabelecido. A fundamentação teórica utilizada adveio da Ergonomia Cognitiva, particularmente, da abordagem Instrumental de Rabardel. A maquete foi construída de forma sequenciada a partir de cinco protótipos (M1, M2, M3, M4, M5). Cada construção seguiu as cinco etapas da Metodologia do *Design Centrado no Usuário* (DCU). Foi utilizado a análise instrumental de cada protótipo as relações entre os quatro pólos do modelo das situações de atividades coletivas instrumentadas (S.A.C.I.), adaptado do modelo de Rabardel. Foram polos: aluno cego (S), maquete tátil (I), cbP (O), pesquisadores/especialistas (P). Após análise, o M5 foi validado como o I desta tese para a aprendizagem de cbP por alunos cegos. Este I, por sua vez, foi composto por: um tabuleiro, duzentos e quarenta cartas em EVA atoalhado e liso, sete colmeias ou artefatos de registro, trezentos brinquedos, um carrinho, duas tampas plásticas para sorteio e as tarefas. Participaram da pesquisa quatro alunos cegos da Educação de Jovens e Adultos, especificamente com cegueira adquirida, sendo um deles de São Paulo e três da Bahia. A potencialidade da maquete foi investigada a partir do conceito de usabilidade, ou seja, eficácia, eficiência e satisfação na perspectiva dos princípios de *design* de Nielsen. Os cbP foram abordados sob a ótica do modelo de letramento probabilístico proposto por Gal, na sequência de tarefas dentro da situação que denominamos *Os passeios aleatórios do Jefferson*. A maquete apresentou potencial para ser utilizada como MD no ambiente educacional, na aprendizagem de cbP. Ela foi considerada como eficiente por ser um instrumento facilmente moldável às adaptações curriculares para atender as necessidades dos alunos cegos na resolução das tarefas. Igualmente foi considerada eficaz por apresentar uma configuração que permitiu que alunos experientes ou inexperientes com maquetes desenvolvessem estratégias semelhantes na resolução das tarefas, demonstrando competência e ritmo crescente em seus movimentos sobre o tabuleiro e registros nas colmeias. O arranjo físico da maquete, com sua estética e *design* minimalista, apresentou um nível de usabilidade adequado para atender os alunos. Por fim, pode-se afirmar que a maquete se mostrou um MD coerente com as características físicas dos alunos que utilizam o tato para coletar as informações, os quais se disseram satisfeitos com sua utilização. Além disso, ela pareceu estar em conformidade com as dimensões pré-estabelecidas de forma eficiente, eficaz e satisfatória para a aprendizagem dos cbP, pois possibilitou aos alunos, por exemplo, demonstrar competência e proficiência no experimento aleatório e na construção de pictogramas. Entre as limitações, o MD não permitiu aos alunos agirem com autonomia durante o experimento. Para minimizar tal limitação, a pesquisadora desempenhou o papel de facilitadora entre o MD, o aluno e os cbP. Espera-se com este MD contribuir para o processo educacional inclusivo, ainda que se tenha consciência de que sua presença em sala de aula não garanta, por si só, a aprendizagem dos cbP.

Palavras-Chave: Análise Instrumental, Maquete Tátil, Alunos Cegos, Conceitos básicos de Probabilidade.

ABSTRACT

VITA, A. C. Instrumental Analysis of a Tactile-Type Model for Learning Probability of Blind Students. Thesis (Ph.D. in Mathematics Education). Catholic University of São Paulo, Brazil, 2012.

This thesis aimed to identify the potential of didactic material (DM), the tactile-type model, for blind students' learning of basic concepts of Probability (bcP). The qualitative research investigated the design, construction and evaluation of MD and for this purpose we proceeded with the curricular adaptations necessary to meet the established objective. The theoretical framework was derived from cognitive ergonomics, particularly the Rabardel instrumental approach. The model was constructed as sequence from five prototypes (M1, M2, M3, M4, M5). Each followed the five steps of user-centred design (UCD) methodology. The relations among the four poles of the collective activities of instrumented situations (CAIS) model, adapted from Rabardel's model, were used as an instrumental analysis of each prototype's. There were poles of this model: blind student (**S**), tactile model (**I**), bcP (**O**) researchers/specialists (**P**). After conclusion of the analysis, M5 was validated as the (**I**) of this thesis for learning bcP by blind students. This, in turn, was composed of a board, two hundred and forty letters EVA terry and flat, seven hives, three hundred toys, a stroller, two plastic covers (terry and flat) to sort and tasks. The participants were four students with acquired blindness, one from São Paulo and three from Bahia. The investigation of the model's capability was based on the concept of usability, i.e. effectiveness, efficiency and satisfaction, in accordance with Nielsen's design principles. The bcP were approached from the perspective of the probabilistic literacy model proposed by Gal to solve a sequence of tasks in the situation known as Jefferson's random walks. The model has the potential to be used as a DM in the educational environment, especially in learning bcP. It was considered to be an efficient tool for moulding curricular adaptations to meet the needs of blind students in solving tasks. It was also considered effective for presenting a configuration that allowed experienced students or beginners to develop similar strategies for solving the tasks, demonstrating skills and increasing speed of movement on the board and records in hives. The physical arrangement of the model, with its aesthetic and minimalist design, showed a level of usability adequate to meet the students' needs. Finally, the model proved to be an MD compatible with the physical characteristics of the students, who used touch to gather information and said they were satisfied with the model. Moreover, it seemed to be in accordance with the predetermined dimensions of efficiency, effectiveness and satisfaction in terms of learning bcP. It enabled the students, for example, to demonstrate competence and proficiency in the random experiment and the construction of pictograms. Regarding limitations encountered, the MD did not allow students to act with autonomy during the experiment. To minimize this limitation, the researcher played the role of facilitator between the MD, the student and the bcP. It is hoped that this DM will contribute to inclusive education, even though its presence in the classroom does not guarantee by itself the learning of bcP.

Keywords: Instrumental Analysis, Tactile Model, Blind Students, Basic Concepts of Probability.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1.....	25
Revisão de Literatura: de olho nas adaptações curriculares.....	25
1.1 Adaptações curriculares e os alunos cegos.....	26
1.1.1 Adaptações e o código braile.....	27
1.1.2 Adaptações e o soroban.....	31
1.2 Adaptação de artefatos e o ensino ou aprendizagem Matemática do aluno cego.....	33
1.2.1 A pesquisa de Feronato.....	33
1.2.2 A pesquisa de Fernandes.....	36
1.2.3 A pesquisa de Adrezzo.....	44
CAPÍTULO 2.....	47
Fundamentação teórica: de olho no instrumento da atividade.....	47
2.1 Ergonomia.....	48
2.2 Ergonomia Cognitiva.....	54
2.3 Teoria da Instrumentação.....	57
2.3.1 O modelo S.A.I.	59
2.3.2 O modelo S.A.C.I.	61
2.4 O modelo S.A.C.I. Adaptado à tese.....	63
2.4.1 O polo sujeito da atividade (S): aluno cego.....	64
2.4.2 O polo Instrumento (I): maquete tátil	68
2.4.3 O polo objeto de estudo (O): conceitos básicos de Probabilidade.....	81
2.4.4 O polo outros sujeitos (P): pesquisador/especialista.....	90

Apêndice E - Cálculo das probabilidades de visita de cada amigo do Jefferson.....	232
ANEXOS.....	233
Anexo 01 - Atividade: <i>Os Passeios Aleatórios da Mônica</i>	233
Anexo 02 - Termo de Responsabilidade da Instituição.....	238
Anexo 03 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	239

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Célula de 12 pontos (Charles Barbier) e de 6 pontos (Louis Braille).....	28
Figura 1.2 - <i>Soroban</i> brasileiro adaptado.....	31
Figura 1.3 - Gráficos estatísticos no Multiplano.....	35
Figura 1.4 - Protótipos 1 e 2 (primeira ferramenta).....	38
Figura 1.5 - Protótipos 1 e 2 (segunda ferramenta)	40
Figura 1.6 - Forma final da ferramenta de desenho.....	40
Figura 1.7 - Ferramenta para estudo de área e de perímetro.....	43
Figura 1.8 - As embalagens.....	44
Figura 1.9 - Imãs e prancha de metal.....	45
Figura 2.1 - Modelo das situações de atividades instrumentadas (S.A.I.).....	60
Figura 2.2 - Modelo das situações de atividades coletivas instrumentadas (S.A.C.I.).....	62
Figura 2.3 - Modelo S.A.C.I. adaptado à tese.....	63
Figura 2.4 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado à tese	64
Figura 2.5 - Bairro da sequência <i>Os Passeios Aleatórios do Jefferson</i>	76
Figura 2.6 - Detalhes do cartaz da sequência <i>Os Passeios Aleatórios da Mônica</i>	76
Figura 2.7 - Tampas para sorteio.....	77
Figura 2.8 - Artefatos de registro.....	78
Figura 2.9 - Tabela de Distribuição de Freqüência - TDF.....	79
Figura 2.10 - Placa de cortiça.....	86
Figura 2.11 - Aluno construindo gráfico de barras.....	87
Figura 3.1 - Tabuleiro do protótipo tátil M1.....	102
Figura 3.2 - Tabuleiro do protótipo tátil M2.....	103
Figura 3.3 - Tampas para sorteio e os presentes dos amigos.....	104
Figura 3.4 - Protótipo tátil M3.....	105

Figura 3.5 - Tabuleiro do protótipo tátil M4.....	106
Figura 3.6 - A colméia, as cartas e os brinquedos.....	107
Figura 3.7 - Protótipo tátil M5.....	108
Figura 3.8 - Ficha 1 (F1).....	110
Figura 3.9 - Ficha 2 (F2).....	114
Figura 3.10 - Ficha 3 (F3).....	118
Figura 3.11 - Ficha 4 (F4).....	120
Figura 3.12 - Esquema do <i>design</i> do estudo.....	121
Figura 3.13 - Detalhamento dos estudos.....	124
Figura 4.1 - As fases de construção dos protótipos.....	130
Figura 4.2 - Cartaz de <i>Os Passeios Aleatórios da Mônica</i>	132
Figura 4.3 - Traçado das esquinas das quadras e dos passeios.....	134
Figura 4.4 - Molde da quadra e do passeio.....	135
Figura 4.5 - Planificação de um Modelo de Edificação.....	136
Figura 4.6 - Material recortado.....	136
Figura 4.7 - Colagem de quadras, passeios e ruas.....	137
Figura 4.8 - Colagem do EVA na base do tabuleiro.....	137
Figura 4.9 - Desníveis no tabuleiro do protótipo M1.....	138
Figura 4.10 - Tabuleiro do protótipo tátil M1.....	139
Figura 4.11 - Posicionamento das casas no cartaz e no tabuleiro de M1.....	140
Figura 4.12 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado na análise de M1.....	142
Figura 4.13 - Tabuleiro do protótipo tátil M2.....	145
Figura 4.14 - S1 colando as etiquetas em Braille.....	148
Figura 4.15 - Praça escolhida por S1.....	150
Figura 4.16 - Reconhecimento tátil de M2 por S1.....	151
Figura 4.17 - Sair da casa do Jefferson e chegar em uma praça.....	152
Figura 4.18 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado na análise de M2.....	155
Figura 4.19 - Tabuleiro do protótipo tátil M3.....	157
Figura 4.20 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado na análise de M3.....	160
Figura 4.21 - Protótipo tátil M4.....	162
Figura 4.22 - Reconhecimento tátil do tabuleiro por S2.....	166
Figura 4.23 - Reconhecimento tátil do tabuleiro por S3.....	166
Figura 4.24 - S2 reconhecendo a forma do bairro.....	168
Figura 4.25 - S2 medindo o tabuleiro.....	168
Figura 4.26 - S3 reconhecendo a forma do bairro.....	169

Figura 4.27 - S2 localizando as casas dos amigos.....	170
Figura 4.28 - S3 localizando as casas dos amigos.....	170
Figura 4.29 - S2 lendo em Braille o nome dos amigos.....	171
Figura 4.30 - S3 lendo em Braille o nome dos amigos.....	172
Figura 4.31 - S2 fazendo a leitura tátil da tampa para o sorteio.....	173
Figura 4.32 - S3 fazendo a leitura tátil da tampa para o sorteio.....	173
Figura 4.33 - S2 fazendo o reconhecimento tátil da colméia.....	174
Figura 4.34 - S3 fazendo o reconhecimento tátil da colméia.....	175
Figura 4.35 - S2 em contato com os cbP por meio de M4.....	177
Figura 4.36 - S3 em contato com os cbP por meio de M4.....	179
Figura 4.37 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado na análise de M4.....	181
Figura 4.38 - Tabuleiro do protótipo tátil M5.....	182
Figura 4.39 - O experimento de S2.....	192
Figura 4.40 - O experimento de S3.....	193
Figura 4.41 - Registro de uma das visitas do experimento de S4.....	193
Figura 4.42 - Primeiro gráfico construído por S2.....	194
Figura 4.43 - Pictograma corretamente construído por S2.....	195
Figura 4.44 - Pictograma construído por S3.....	195
Figura 4.45 - Imagem de S4 construindo o seu primeiro gráfico.....	196
Figura 4.46 - Registro de S2 para todos os caminhos possíveis para visitar os amigos.....	199
Figura 4.47 - Pictograma dos caminhos possíveis feito por S2.....	199
Figura 4.48 - Relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado na análise de M5.....	202

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Ciclo do projeto centrado no usuário..... 93

APRESENTAÇÃO

“Ser cego é apenas uma das muitas formas corporais de estar no mundo, mas como qualquer estilo de vida, um cego necessita de condições sociais favoráveis para levar avante seu modo de viver a vida” (DINIZ, 2007).

Conduzimos esta pesquisa com o desafio de colaborar com o processo de inclusão escolar de alunos com cegueira adquirida (alunos cegos)¹ e, conforme epígrafe em destaque, contribuir para a criação de condições sociais favoráveis a esses alunos. E é nesse sentido que objetivamos identificar a potencialidade de um material didático (MD) do tipo maquete tátil para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos.

Sem equívocos e sem receio de exagerar, tornou-se imperativo, enquanto formadores no Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), na Bahia, investir nesse processo inclusivo. Nossa trabalho pedagógico é caracteristicamente demarcado pela produção de material didático (MD), isto é, “qualquer tipo de instrumento útil ao processo de ensino-aprendizagem” (LORENZATO, 2006, p. 18). Além disso, temos nos mantido atentos à busca de procedimentos que permitam explorar didaticamente os conceitos matemáticos com esses instrumentos. Entretanto, para nós se tornou

¹ Na sequência deste texto, utilizamos o termo aluno cego significando o aluno com cegueira adquirida. Com este mesmo sentido encontramos na literatura consultada os termos: cego (TANTI, 2006; VENTORINI, 2007; FERNANDES, 2008a); invisual (VENTORINI, 2007); sem acuidade visual – s.a.v. (FERNANDES, 2004; ADREZZO, 2005) e sem acuidade visual dentro dos padrões normais – SAVDPN (FERNANDES, 2008).

muito difícil, nesses últimos anos, atender às demandas de formação, incluindo os MD voltados à aprendizagem dos alunos com alguma deficiência².

Neste sentido, optamos por ingressar como pesquisadora no *Projeto de Pesquisa Teias da Inclusão*³ (TEIAS), formado por professores/pesquisadores da referida Universidade, em parceria com professores de escolas básica e inclusivas, situadas no âmbito de influência da UESC. Este projeto investigou a utilização de diversos artefatos⁴ no ensino e aprendizagem da Matemática dos alunos cegos, surdos e com síndrome de Down. Dentre esses três eixos de investigação, dedicamo-nos, exclusivamente, à aprendizagem das operações fundamentais por alunos cegos utilizando o soroban⁵, o que nos instigou a conhecer cada vez mais as particularidades desse público.

No plano mais específico da Educação Matemática, pela qual mantemos estreito interesse, há uma carência de estudos voltados para a aprendizagem de Matemática dos alunos cegos em escola regular. Em particular, destacamos os cbP.

O ensino de conceitos probabilísticos a alunos cegos no âmbito escolar vem ao encontro da epígrafe de Diniz (2007), citada nessa apresentação, no que se refere à necessidade de propiciarmos condições sociais favoráveis aos mesmos, uma vez que, no cotidiano, frequentemente as pessoas estão diante de situações que são de natureza aleatória. Ocorrem ao acaso e geram um grau de incerteza quanto ao seu resultado, exigindo, assim, do cidadão, conhecimentos probabilísticos que lhe possibilitem estimar as reais probabilidades de ocorrência de um determinado evento.

² Adotamos os termos aluno ou pessoa com alguma deficiência, com necessidades educacionais especiais (NEE), deficiente, portadores de deficiência como sinônimos, apesar dos vários entendimentos que os envolvem.

³ Teias da Inclusão foi um projeto desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Educação Matemática, Estatística e em Ciências da UESC (GPEMEC) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) para o biênio 2009/10.

⁴ No decorrer do texto o termo artefato aparece como sinônimo de ferramenta. Utilizamos o termo ferramenta somente quando citado pelos autores pesquisados. No decorrer do texto da tese, optamos por utilizar o termo artefato para nos mantermos coerentes com esse conceito como é utilizado na Teoria da Instrumentação, na qual nos fundamentamos e a qual apresentamos no Capítulo 2.

⁵ Soroban – recurso educativo específico imprescindível para a execução de cálculos matemáticos por alunos deficientes visuais. Foi instituído pela Portaria nº 1.010 (em 11/05/2006) do MEC, consta no Art. 59 da LDB e foi respaldada no parecer da Comissão Brasileira de Estudo e Pesquisa do Soroban (CBS) (BRASIL, 2006a). No Capítulo 1, tratamos da sua concepção.

Para Gal (2005), uma pessoa pode ser considerada letrada em Probabilidade se é capaz de ler e interpretar criticamente informações probabilísticas que cercam o nosso dia a dia, como, por exemplo, as previsões meteorológicas, o risco de incidência de uma doença, a chance de um time de futebol passar para a segunda fase de um campeonato, bem como tomar decisões com base nas mesmas.

O reconhecimento da importância de se abordar esse objeto matemático ganhou forma mais definida quando nos interessamos pela sequência de tarefas propostas em *Os Passeios Aleatórios da Mônica* (Anexo 01) proposto por Cazorla e Santana (2006). Portanto, foi a partir do contexto proposto nessa atividade que vislumbramos a possibilidade de trabalharmos com alunos cegos os cbP com auxílio de uma maquete tátil⁶ (maquete).

A construção de uma maquete foi facilitada pelo fato de nossa formação inicial ter sido de Bacharel em Arquitetura, pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (FAUFBA), concluído em 1984. Atuando desde esta data na construção civil, tivemos a oportunidade de observar, nos canteiros de obras, que muitos operários apresentam pouco ou nenhum domínio da leitura de projetos. Além disso, inúmeros clientes que nos contrataram para executar um projeto arquitetônico demonstravam dificuldades para compreendê-lo quando lhes era apresentado por nós. Nesse percurso, que somam mais de duas décadas, visando dirimir as dúvidas provenientes destes dois públicos, algumas vezes apresentamos o projeto em modelos de papelão, tridimensionais, manipulativos, à semelhança das maquetes. Ao lançarmos mão deste recurso como solução, manifestamos que, para nós, ela é por excelência o instrumento do arquiteto e, portanto, quando manipulada, pode proporcionar maior visibilidade a uma determinada informação.

A confluência destas três motivações, as experiências na pesquisa com cegos, o reconhecimento da importância do ensino de Probabilidade e os ensaios com maquetes na arquitetura, fez-nos acreditar que a construção de um MD do tipo maquete tátil possibilitaria o surgimento de condições favoráveis para a aprendizagem dos alunos cegos.

⁶ No decorrer do texto, o termo maquete tátil poderá ser citado apenas como maquete.

Assim, iniciamos o nosso doutorado lançando-nos à construção e análise de uma maquete para ser utilizada como MD na aprendizagem de cbP dos alunos cegos. Para implementar uma caminhada investigatória com este fim, procuramos nos amparar na legislação e em documentos oficiais que tratam da inclusão.

De olho na legislação

O processo de inclusão tem contado com inúmeros documentos produzidos por organizações internacionais. Vale citar as orientações da Declaração Universal dos Direitos do Homem, aprovada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 21 de abril de 1959, que se referem ao princípio da não-discriminação e proclamam o direito de toda pessoa à Educação. Não obstante essas prescrições, somente em 1990, com a Conferência Mundial sobre a Educação para Todos, em Jomtien, na Tailândia, se constatou a necessidade de garantir o direito à educação. De fato, só no ano de 1994, foi deflagrado pela Declaração de Salamanca, entre outros princípios, o direito de todos à educação independentemente das diferenças individuais.

Associamos a essas disposições legais, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1990) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº 9.394/96 (BRASIL, 1996) pelas recomendações no âmbito das diversas políticas públicas voltadas para as pessoas deficientes com a garantia de atendimento educacional especializado. Conduzimos as nossas reflexões sobre os textos documentais, ajuizando que a inclusão, no Brasil, se estrutura amparada nos documentos internacionais e se materializa tanto a partir de ações governamentais, por meio das políticas públicas, quanto das ações de variadas instâncias sociais. Entretanto, entendemos que as citadas ações, de tempos em tempos, têm apresentado erros e acertos. Tomamos como exemplo, nesta discussão, que o aumento cada vez maior de alunos com necessidades

educacionais especiais (NEE)⁷ na escola regular, a partir da década de 90 do século passado, é um resultado positivo das políticas inclusivas e, no entanto, a escola se encontra despreparada para atender a esta nova clientela.

Situações como a citada anteriormente podem sinalizar que a educação para todos constitui um desafio a ser vencido, pois ainda há uma grande parcela de sujeitos com deficiência e sem possibilidade de acesso à escolarização, ou seja, excluídos do sistema educacional. Portanto, lembremos a assertiva dos PCN: AC (BRASIL, 1998a) de que o acesso à escola extrapola o ato da matrícula, pois implica a apropriação do saber e das oportunidades educacionais oferecidas aos alunos. Assim, entendemos que não é exagero considerar que a presença desses alunos exige, com urgência, investimentos e transformação da realidade escolar para atendê-los.

O referido documento (BRASIL, 1998a), atento a essa carência, reconhece que a escola não dispõe sempre de uma estrutura apropriada para realizar um fazer pedagógico adequado a esses educandos. Explicita ainda este documento que uma inclusão bem-sucedida requer um sistema educacional diferente do atualmente disponível. Visando minorar esta situação, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) produziu e distribuiu publicações sobre as atribuições e competências que cabem às diferentes instâncias da sociedade no desenvolvimento deste sistema, a saber: as *Adaptações de Grande Porte* voltadas para as instâncias político-administrativas superiores (Secretarias Estaduais e Municipais de Educação pelas unidades escolares e equipes técnicas) e as *Adaptações de Pequeno Porte*, que sugerem as ações que cabem, aos professores, implementar. As primeiras, por não se constituírem o foco de nosso interesse, deixaremos apenas registrada sua existência.

Quanto às últimas, as *Adaptações de Pequeno Porte*, teceremos outros comentários porque encontramos nelas recomendações e subsídios que deram mais sentido à concepção do nosso MD. O referido documento (BRASIL, 1998a) no que diz respeito a estas adaptações, apresenta uma série de referências para a identificação dos alunos que podem necessitar de adaptações curriculares, bem

⁷ Aluno com NEE são aqueles que apresentam necessidades próprias e diferentes dos demais alunos no domínio das aprendizagens curriculares correspondentes à sua própria idade, requer recursos pedagógicos e metodologias educacionais especiais (BRASIL, 1998a, p. 24).

como os tipos de adaptações possivelmente necessárias. Visando tornar estas orientações ainda mais claras para os professores, o MEC também disponibilizou o Projeto Escola Viva – Adaptações Curriculares de Pequeno Porte ou Adaptações Não Significativas (BRASIL, 2000a).

As recomendações constantes nestes e em outros instrumentos oficiais nos levaram a estruturar o MD do tipo maquete como uma adaptação curricular de pequeno porte voltado para subsidiar o trabalho pedagógico do professor de Matemática. Mediante tal constatação, expomos, a seguir, os caminhos teórico e metodológico que estruturamos para materializar esta pesquisa.

Os caminhos teórico e metodológico da pesquisa

A fundamentação teórica desta pesquisa encontrou inspiração nas ideias de mediação de Vygotsky (1998), mais particularmente no tratamento dado a essa mediação pela Abordagem Instrumental de Rabardel (1995), proveniente da Ergonomia Cognitiva. Nesta abordagem, encontramos dois modelos para investigar a atividade do sujeito no uso de instrumentos, a saber: (i) o tripolar, designado por Modelo das Situações de Atividades com Instrumentos (S.A.I.)⁸, indicado para a análise das situações em que há atividade do sujeito com o instrumento. Apresenta como polos de investigação: o sujeito da atividade, o instrumento mediador da atividade e o objeto de estudo; (ii) o quadripolar, denominado Modelo das Situações de Atividades Coletivas Instrumentadas (S.A.C.I.)⁹ e proposto para a análise das situações coletivas envolvendo atividades com instrumentos. Contém como polos de investigação: o sujeito da atividade, o instrumento mediador da atividade, o objeto a ser investigado e outros sujeitos presentes na atividade.

Inicialmente optamos pelo S.A.I. Entretanto, com o desenrolar da pesquisa, especificamente na estruturação da maquete, observamos sua inadequação, posto que este modelo desconsidera, na análise, a participação de outros sujeitos presentes na atividade. Para melhor entendimento, vale ressaltar que, no

⁸ S.A.I. - Modèle des situations d'activités avec instrument (RABARDEL, 1995, p. 53).

⁹ S.A.C.I. - Modèle des situations d'activités collectives instrumentées (RABARDEL, 1995, p. 62).

processo de construção do nosso MD, inúmeras dificuldades foram solucionadas com o envolvimento de outros sujeitos. Diante desta realidade, a nossa alternativa foi lançar mão do modelo S.A.C.I. como o mais adequado para as análises a que esta tese se propõe. Assim, estruturamos, à semelhança do S.A.C.I., um modelo para a tese tendo como polos: o sujeito, no caso, o aluno cego; o instrumento representado pela maquete tátil; o objeto, os cbP; os outros sujeitos, ou seja, pesquisadores do Grupo de Pesquisa REPAR¹⁰, especialistas em maquete, pesquisadores em Educação Matemática e em Educação Estatística.

Quanto aos sujeitos da pesquisa, selecionamos os alunos cegos do Ensino Médio, porque neste nível de escolaridade há uma orientação no currículo regular de Matemática para que os cbP envolvidos nesse estudo sejam formalizados. Entre os que voluntariamente aceitaram participar desta pesquisa, escolhemos aqueles matriculados na Educação de Jovens e Adultos (EJA) por serem todos portadores de cegueira adquirida e terem aceito participar deste estudo.

Feitas estas primeiras elucidações sobre a análise instrumental do MD desta pesquisa, esclarecemos, ainda, que fundamentamos a concepção da maquete na Metodologia do *Design*¹¹ Centrado no Usuário (DCU). Esta metodologia nos permitiu estruturar o MD com a influência dos alunos cegos nas etapas de construção, ou seja, do planejamento às especificações, passando pela solução do *design* e desta à análise. É fundamental ressaltar que o MD, tratado nesta pesquisa por maquete tátil, foi fruto da construção evolutiva de cinco protótipos ou modelos de baixo custo, e que, neste processo de construção, consideramos como hipótese que a relação entre os alunos e a maquete deveria ser a mais amigável possível. Em outras palavras, que a maquete apresentasse um nível de usabilidade¹² que permitisse sua utilização como MD na aprendizagem de cbP por alunos cegos.

¹⁰ REPAR – Grupo de Pesquisa Reflexão, Planejamento, Ação e Reflexão da PUC/SP, coordenado pela Professora Dra. Sandra Magina, orientadora da autora da presente tese.

¹¹ *Design* – desenho de produto.

¹² A usabilidade segundo Mont'Alvão (2008), significa amigabilidade, ou produto projetado ergonomicamente, ou design centrado no usuário ou o desenvolvimento de produto orientado para o consumidor. Outras informações sobre esse assunto constam nos Capítulos 2 e 3.

Nesta perspectiva, elegemos como objetivo principal deste estudo:

**IDENTIFICAR A POTENCIALIDADE DE UM MD DO TIPO MAQUETE TÁTIL
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE PROBABILIDADE
POR ALUNOS CEGOS.**

Para facilitar a execução deste objetivo, nos o desdobramos em outros objetivos mais específicos, quais sejam:

**CONSTRUIR UMA MAQUETE TÁTIL PARA A APRENDIZAGEM DOS CBP COM
ACEITÁVEL NÍVEL DE USABILIDADE, ISTO É, EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E
SATISFAÇÃO.**

CONHECER A RELAÇÃO ENTRE A MAQUETE TÁTIL E OS CBP.

PESQUISAR A RELAÇÃO ENTRE OS ALUNOS E OS CBP.

**INVESTIGAR A INTERAÇÃO ENTRE OS ALUNOS E OS CBP MEDIADA PELA
MAQUETE TÁTIL.**

Para atingir estes objetivos, nos orientamos pela questão de pesquisa a seguir:

**QUAL A POTENCIALIDADE DE UMA MAQUETE TÁTIL, PLANEJADA E
CONSTRUÍDA PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE
PROBABILIDADE POR ALUNOS CEGOS?**

Apontados os objetivos e a questão da pesquisa que nortearam este trabalho, descrevemos, a seguir, a estrutura da tese.

Descrição da tese

Esta tese é composta por quatro capítulos além desta apresentação. No Capítulo 1, expomos uma revisão de literatura com o eixo das nossas reflexões voltado para as adaptações curriculares. Para tanto, lançamos mão de documentos oficiais e estudos realizados por outros pesquisadores envolvendo a

produção e ou adaptação de artefatos para o ensino e a aprendizagem de Matemática de alunos cegos.

Esboçamos, no Capítulo 2, a trajetória teórica desta pesquisa, organizada a partir da área de conhecimento denominada Ergonomia. Nesta perspectiva, discorremos sobre os suportes técnicos para deficientes visuais desenvolvidos pelos ergonomistas. Na sequência informamos sobre a Ergonomia Cognitiva e, particularmente, acerca da Abordagem Instrumental de Rabardel (1995) também conhecida como Teoria da Instrumentação. Em seguida discutimos os modelos de análise S.A.I. e S.A.C.I., encontrados nesta teoria, dando destaque para o modelo S.A.C.I., adaptado à tese e estruturado a partir dos seus quatro pólos: (i) polo sujeito da atividade, aluno cego; (ii) polo instrumento, maquete tátil (artefatos e tarefas); (iii) polo objeto de estudo, cbP; (iv) polo outros sujeitos, pesquisador/especialista.

Em seguida, no Capítulo 3, descrevemos nossa opção metodológica, oriunda das pesquisas qualitativas, nomeadamente a Metodologia do *Design Centrado no Usuário* (DCU), os artefatos produzidos e os procedimentos desenvolvidos na construção e análise da maquete.

O Capítulo 4 foi dedicado à exposição das análises, tanto da construção da maquete, quanto do seu manuseio pelo aluno durante a solução das tarefas envolvendo os cbP. Na sequência, expomos as considerações finais retomando a questão de pesquisa; mostramos possíveis limitações da pesquisa e abordamos sugestões para novos estudos.

Apresentamos as referências que serviram de apoio para a elaboração da pesquisa e, por fim, os apêndices e os anexos que, embora não se constituam capítulos, são partes essenciais do trabalho.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA: de olho nas adaptações curriculares

Estruturamos este capítulo posicionando o eixo das nossas reflexões na adaptação de material didático (MD) para atender aos alunos cegos. Neste sentido, ampliamos nossas discussões sobre as adaptações de pequeno porte a partir dos documentos oficiais, PCN: AC (BRASIL, 1998a) e o material didático-pedagógico Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a) citados na Apresentação. Estes documentos consideram que a aprendizagem escolar está diretamente vinculada ao currículo que, por sua vez, deve ser organizado para orientar os diversos níveis de ensino e as ações docentes. Nesse contexto, as adaptações curriculares se inserem como ações que se apoiam na interação entre as necessidades do educando e as respostas educacionais a serem propiciadas. Portanto, neste cenário das adequações curriculares, encontramos subsídios para utilizar a maquete desta tese em um MD capaz de atender aos alunos cegos.

Na sequência, nos valemos das pesquisas de Ferronato (2002), Fernandes (2004; 2008a) e Adrezzo (2005) para ampliar nossa discussão sobre o assunto em destaque, posto que estes estudos tratam das adaptações de artefatos para o ensino e ou aprendizagem de conceitos matemáticos por alunos cegos.

1.1 Adaptações Curriculares e os Alunos Cegos

Os PCN: AC (BRASIL, 1998a) e o Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a) objetivam subsidiar a prática docente quanto à adequação curricular, visando ao atendimento dos alunos com algum tipo de deficiência, entre elas a cegueira congênita ou adquirida. Estes documentos expõem que a adaptação implica em ações docentes e medidas preventivas que podem transformar as condições físicas, ambientais e materiais da sala de aula, bem como levar o aluno a aprender os conteúdos curriculares de maneira mais ajustada às suas condições individuais. Ressaltam, ainda, que a muitas adaptações curriculares realizadas na escola envolvem o que denominam por adaptações não significativas do currículo ou facilmente realizáveis pelo professor no planejamento normal de suas atividades docentes.

O Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a) orienta sobre as ações que devem ser desenvolvidas pelo professor no currículo para favorecer a aprendizagem de todos os alunos presentes na sala de aula, bem como promover uma participação produtiva daqueles que são parceiros da mesma faixa etária. Preconiza este Projeto que as adaptações ou adequações de pequeno porte são aquelas que competem exclusivamente ao professor, não exigindo autorização, nem dependendo da ação de qualquer outra instância superior, política, administrativa, e/ou técnica, para sua execução.

Nessa perspectiva, explica o referido documento, que cabe ao professor criar condições físicas, ambientais e materiais para a participação do aluno com NEE, visando favorecer a sua participação nas atividades escolares. Neste sentido, entre suas ações, deve estar a de adaptar materiais de uso comum em sala de aula, procurando minimizar, nos alunos, a presença de sentimentos de inferioridade, de menos valia ou de fracasso. Esses pequenos ajustes do contexto normal a sala de aula, visando a efetiva participação dos alunos com alguma deficiência, estão organizados em cinco categorias, a saber: (i) adaptação de objetivos; (ii) adaptação de conteúdos; (iii) adaptação do método de ensino e da organização didática; (iv) adaptação do processo de avaliação; (v) adaptação de temporalidade do processo de ensino e aprendizagem. Diante desta

categorização, entendemos que caberá ao professor propor a adaptação que atenda às particularidades da situação em apreço.

É citado, nesse documento, que um MD, para atender aos sujeitos portadores de alguma deficiência, incluindo a visual, geralmente necessita de inúmeras adaptações, até que acolha as necessidades dos sujeitos. No Projeto, as sugestões, no plano específico das adaptações para os alunos cegos, são que o professor desenvolva uma seleção, adaptação e utilização de MD que possa alargar as habilidades perceptivas tátteis e as estratégias de apropriação do conhecimento do aluno, desenvolvendo, por consequência, seu processo cognitivo.

É necessário considerar que as adaptações visando ao desenvolvimento de habilidades perceptivas tátteis do aluno cego exigem atenção. Para discutirmos sobre isto, voltamos nossas reflexões para as adaptações que foram necessárias na concepção do código Braille¹³ e do *soroban*, dois artefatos que são fundamentais para o ensino e a aprendizagem da Matemática, pelo aluno cego, em escolas regulares brasileiras.

1.1.1 Adaptações e o código Braille

Das letras em relevo¹⁴, de 1784, até a forma atual, foram necessárias inúmeras modificações no código Braille, para que o cego pudesse ter acesso à palavra escrita. De acordo com o Programa do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial¹⁵ (SENAI), voltado para Ações Inclusivas (PSAI), surgiram, em diferentes países, inúmeras tentativas de criação de um meio que proporcionasse às pessoas cegas condições de ler e escrever. Vale salientar que esse código, diferentemente de outros recursos, sistemas e linguagens, é uma proposta voltada para atender exclusivamente o cego e o surdo-cego (REILY, 2004).

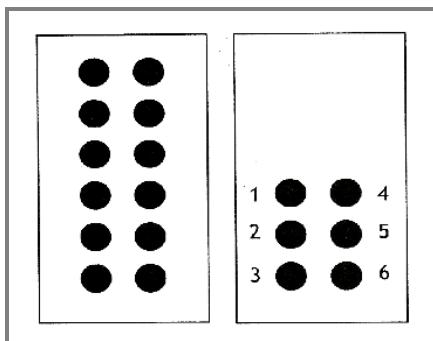
¹³ Braile ou Braille – na literatura consultada encontramos estas duas formas de escrita.

¹⁴ As letras em relevo, segundo Reily (2004), foi a primeira experiência europeia para ensinar os alunos cegos. Criado por Valentin Haüy (1745-1822), tradutor oficial de Assuntos Exteriores em Paris, para ser utilizado no *Institut National des Jeunes Aveugles*, visava promover a alfabetização dos alunos cegos.

¹⁵ SENAI. Acesso em: 01 agos. 2011. Disponível em: http://www.senai.br/psai/braille_sistema.asp.

Conforme Pimentel (1999), o código Braille foi adaptado de um sistema de sinais militares de pontos em relevo, criado por Charles Barbier, capitão oficial da cavalaria francesa, e não representava o alfabeto e as marcas de pontuação, apenas continha os 36 sons da língua francesa. Por isso, em seu entendimento, se constituía em um sistema de leitura noturna, de comunicação silenciosa e inacessível ao inimigo durante as manobras militares. Este autor informa que, em 1825, Luis Braille¹⁶, ao ingressar como aluno no Instituto de Cegos, em Paris, percebeu as limitações desse código e criou um novo. Sobre este novo código, Pimentel (1999) expõe que Braille diminuiu os números de pontos de 12 para seis por célula (conforme Figura 1.1) e elaborou caracteres para pontuação, numerais, sinais matemáticos e grafia musical.

Figura 1.1 - Célula de 12 pontos (Charles Barbier) e de 6 pontos (Louis Braille)



Fonte: Reily (2004, p. 142).

Para Pimentel (1999), com esta nova configuração, o sistema passou a ser considerado um instrumento de escrita e não somente de comunicação. Este autor explica que, em 1837, Braille propôs os símbolos fundamentais para os algarismos, bem como as convenções para a Aritmética e para a Geometria. E na sequência, pontua que, em 1839, com a publicação do método para escrever palavras, músicas e canções simples, a maior parte dos problemas da *grafia pontilhada* foi resolvida. No entanto, expõe este autor, somente em 1854, dois

¹⁶ Louis Braille nasceu em Paris e aos três anos, enquanto brincava, perfurou o olho esquerdo e por causa da infecção ficou totalmente cego aos cinco anos. Ele apresentava muita facilidade para os estudos, pois utilizava a memória e a linguagem verbal. Foi bolsista do *Institut National des Jeunes Aveugles*, onde estudou música e se formou pianista e organista. Apesar de sua ótima memória auditiva, encontrou muita dificuldade com as partituras musicais. Aos 15 anos, o menino Braille teve contato com o sistema de Barbier e, ao notar sua limitação, configurou um sistema que mais tarde passou a ser conhecido como Braille. Como professor do mesmo Instituto, dedicou sua vida à aprovação oficial do Braille, no entanto, vítima de tuberculose, contraída aos 20 anos, não viveu o suficiente para vê-la aprovada (REILY, 2004).

anos depois da morte de Braille, esta grafia passou a ser conhecida como o Braille e adotada oficialmente.

Ao refletirmos sobre estes fatos históricos, colhemos indícios de que, na concepção do sistema Braille, a presença ativa do seu autor, o cego Braille, sendo ele criador e ao mesmo tempo usuário do referido sistema, foi fundamental para que as sucessivas adaptações alcançassem o resultado por ele almejado. A partir desta manifestação, temos que reconhecer que este sistema promoveu uma verdadeira revolução na vida das pessoas cegas.

Prosseguimos em nossas reflexões, posto que, até os dias de hoje, esse código exige adaptações. Segundo o PSAI, em 1878, um congresso internacional realizado em Paris, com a participação de onze países europeus e dos Estados Unidos, estabeleceu que o sistema Braille fosse adotado de forma padronizada na literatura, exatamente de acordo com a sua proposta inicial. De lá até os dias atuais, o SENAI informa que novos símbolos têm sido criados, alguns determinados pela evolução técnica e científica e outros visando estabelecer um código unificado mundialmente.

Conforme o PSAI, sob o ponto de vista histórico, a utilização do sistema Braille no Brasil teve momentos que devem ser analisados. Estabeleceu-se o Braille oficial para uso no Brasil com a Portaria n.º 552, de 13 de novembro de 1945 (BRASIL, 1945). A partir da década de 1970, houve a unificação do código Braille de Matemática contando com a modificação da tabela Taylor, ou seja, com a introdução dos símbolos da Matemática Moderna e outras representações matemáticas e científicas em nível superior. É interessante registrar que esta tabela foi elaborada na Inglaterra, em substituição à simbologia francesa, e adotada no Brasil desde o ano de 1940.

Em 1991, foi criada a Comissão para Estudo e Atualização do Sistema Braille em uso no Brasil, com a participação de especialistas nesse assunto. Em 1994, adotou-se, no Brasil, o Código Matemático Unificado para Língua Espanhola e Portuguesa, com as necessárias adaptações à realidade brasileira. Por orientação da União Brasileira de Cegos, especialistas da Comissão na área da Matemática realizaram estudos para o estabelecimento de estratégias, visando à implantação, em todo o território brasileiro, da nova Simbologia Matemática

Unificada. Em 1994, para a atuação profissional de pessoas cegas no campo da Informática, adotou-se uma tabela unificada para a Informática. Em 1995, o Governo Federal apresentou, para todo o país, uma política de Diretrizes e Normas para o uso, o ensino, a produção e a difusão do Sistema Braille em todas as modalidades de aplicação.

Neste contexto, o PSAI expõe que a evolução técnico-científica passou a exigir uma sistemática avaliação, alteração e modificação dos códigos e da simbologia Braille, adotados nos países de Língua Portuguesa e Espanhola. Complementando este programa, houve o estabelecimento permanente de intercâmbio com Comissões de Braille de outros países, instituído pela Portaria nº 319, de 26 de fevereiro de 1999 do MEC (BRASIL, 1999), vinculado à Secretaria de Educação Especial e à Comissão Brasileira do Braille. Informa, ainda que o MEC publicou, no ano de 2002, a última revisão do Braille, completa, para países de língua portuguesa, a qual apresentava algumas alterações na pontuação, na terminologia técnica e nos símbolos com código para a Química.

Do exposto, é possível observar que, nas transformações ocorridas para a adaptação do sistema Braille às inúmeras condições sociais ou físicas que envolveram a vida do cego, ora implicou no acréscimo e ora na retirada de algum elemento. As modificações do código Braille também se voltaram para melhorar o tempo de leitura do cego. Sobre esta questão, Reily (2004) afirma:

Ao lermos textos impressos, interpretamos blocos de palavras, adivinhando segmentos menores pelo conhecimento que temos da sintaxe do português e, assim, ganhamos velocidade na leitura. A simultaneidade da visão nos permite fazer isso. O aluno com cegueira precisa ser encorajado pelo professor a adivinhar as palavras conectivas curtas, pela sintaxe lógica da frase, ao confirmar a primeira letra, para ganhar velocidade (p. 162).

Notemos que Reily (2004) chama a atenção para o fato de que o aluno vidente¹⁷, ao ler as palavras em bloco, e não por caractere, como o faz o aluno cego no Braille, executa sua leitura de forma mais rápida, isto é, os processos de aquisição da leitura têm temporalidades distintas para os dois tipos de alunos. Entendemos que essa diferença temporal está presente não só na leitura, mas

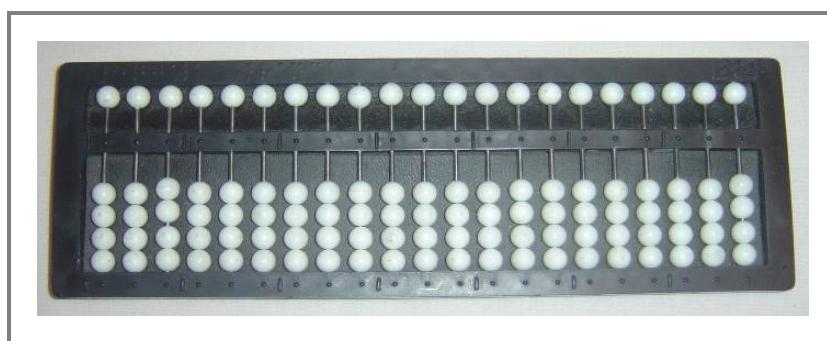
¹⁷ Vidente – é aquele que enxerga ou não necessita do sistema Braille.

também no uso de outros MD. Assim defendemos que, antes de se trabalhar qualquer conceito com o aluno cego, caberia fazer, inicialmente, uma adaptação de temporalidade do processo de ensino e aprendizagem para que se possa ter o domínio temporal do uso do MD por esse aluno durante as tarefas.

1.1.2 Adaptações e o *soroban*

De acordo com Fernandes et al. (2006), em 1908 os imigrantes japoneses trouxeram ao Brasil, para uso pessoal, um modelo de *soroban* que continha cinco contas na parte inferior, mas somente ao final da década de 40, do século passado, foi divulgado, por Fukutaro Kato, o chamado *soroban* moderno. Este tipo de *soroban* foi adaptado em 1949 para os cegos por Joaquim Lima de Moraes, portador de uma miopia progressiva e autor do primeiro manual brasileiro de *soroban* em Braille. Neste sentido, Fernandes et al. (2006) informa que ele introduziu uma borracha compressora para que os cegos, durante os cálculos, manipulassem as contas com mais segurança, conforto, autonomia e rapidez. Surgiu assim o *soroban* brasileiro adaptado (Figura 1.2). Este *soroban* adaptado, que tem sido utilizado nas escolas brasileiras, também precisou de várias modificações até que o seu *design* atual pudesse atender o aluno cego.

Figura 1.2 - Soroban brasileiro adaptado



Fonte: Peixoto, Santana e Cazorla (2006, p. 22).

Segundo Peixoto, Santana e Cazorla (2006), essa ferramenta nasceu como um ábaco retangular, criado e desenvolvido no Japão e na China em meados do Século XII. As citadas autoras expõem que, com ele, pessoas

videntes realizavam operações matemáticas, tais como: soma e subtração, multiplicação, divisão, extração de raízes, juros, porcentagem, dentre outros.

Quanto ao *soroban* adaptado,

Trata-se de uma moldura separada por uma régua em duas partes horizontais, a inferior e a superior. A régua é dividida em seis partes iguais, com pontos salientes de três em três hastes, representando as unidades, dezenas e centenas de cada classe. Há 21 hastes verticais em que se movimentam as contas, sendo que, na parte inferior, cada haste tem quatro contas e, na parte superior, uma (REILY, 2004, p. 62-63).

Esta autora, em sua descrição, evidencia neste modelo de *soroban* a presença de marcações em alto relevo entre duas hastes. Segundo Peixoto, Santana e Cazorla (2006, p. 22), essas marcações visam facilitar a leitura na barra central e na moldura e, segundo elas; “os pontos e traços em alto relevo indicam, respectivamente, as ordens e a mudança de classe neste *soroban*”.

Conforme Fernandes et al. (2006), a Comissão Brasileira de Estudo e Pesquisa do *Soroban* (CBS), visando à maximização e ao aproveitamento do *soroban* como MD, em nome do MEC/SEESP, organizou e sistematizou um material didático-pedagógico intitulado *A Construção do Conceito de Número e o Pré-soroban*. Os autores expõem que este material é um manual explicativo para o uso desse artefato visando com isso melhorar seu domínio por parte dos alunos e dos professores em todo o país.

Dos fatos relatados, merece registro que, em essência, a estrutura e o funcionamento do *soroban* adaptado são semelhantes aos do *soroban* moderno usado por videntes. Em suma, as duas mudanças que o primeiro sofreu em relação ao segundo dizem respeito ao deslizamento das contas e às referências utilizadas. Observamos, também, que a leitura dos valores no *soroban* adaptado é feita pelo tato, da mesma forma que em Braille, podendo, desta maneira, ser aplicados a este artefato as habilidades que o aluno já possui.

Estes esclarecimentos reforçam nossa ideia de que um MD para atender às especificidades dos alunos cegos precisa passar por diversas adaptações. Nesta perspectiva, passamos a tratar esta questão mais detidamente no que se

refere à construção e/ou adaptação de artefatos para o ensino e a aprendizagem matemática dos alunos cegos. Tais discussões partirão da apresentação de estudos científicos realizados recentemente no Brasil, todos eles envolvendo uma população de alunos deficientes visuais (DV) cegos ou com baixa visão.

1.2 Adaptação de Artefatos para o Ensino e/ou Aprendizagem Matemática do Aluno Cego

Ferronato (2002), Fernandes (2004; 2008a) e Adrezzo (2005) discutem em suas pesquisas a construção de artefatos voltados para o ensino e ou a aprendizagem dos conceitos matemáticos do aluno cego e apresentam informações, aproveitadas por nós para a concepção da maquete desta pesquisa. Ressaltamos que exibiremos, no Capítulo 2, a pesquisa de Tanti (2006) relacionada com o ensino e a aprendizagem de alunos cegos em Estatística e Probabilidade.

1.2.1 A pesquisa de Ferronato

A pesquisa de Ferronato (2002), intitulada *A Construção de Instrumento de Inclusão no Ensino de Matemática*, discorre sobre a utilização de um MD concreto, denominado multiplano, voltado para o ensino de Matemática. Segundo ele, este MD foi criado para atender às dificuldades de um aluno cego que assistia a sua disciplina Cálculo Diferencial e Integral, e visou proporcionar-lhe uma compreensão mais concreta de figuras geométricas, gráficos, tabelas etc.

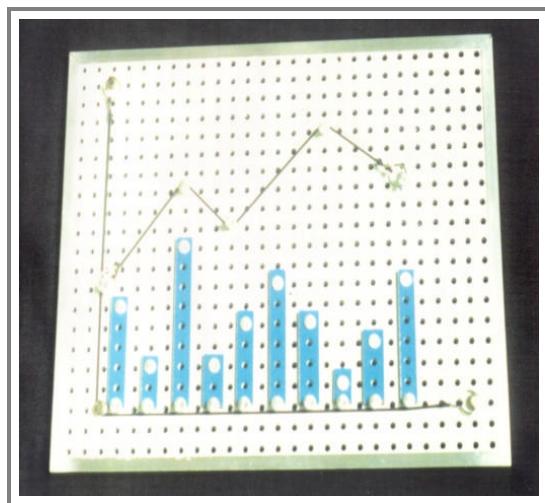
Ferronato (2002) defende a necessidade de criação de instrumentos voltados para o aluno cego, pois os recursos disponíveis para a representação matemática são poucos e limitados, bem como exigem métodos e procedimentos de ensino muito diferentes para cegos e videntes, o que dificulta o trabalho do professor em sala de aula.

Na concepção do multiplano, Ferronato (2002) considerou que construir o conhecimento a partir da exploração pelas mãos seria demorado e iria requer grande esforço do DV. Ele levou em consideração que o aluno cego precisa de situações adequadas, sem que haja precipitação e impaciência por parte de quem aplica as tarefas. Assim, propôs um MD que permitisse ao professor utilizar, com o aluno cego, os mesmos procedimentos, linguagem, cálculos, algoritmos e métodos que usaria no quadro de giz/piloto com os alunos videntes. Desta forma, afirma este pesquisador (2002, p. 48) que “o professor não precisa mudar seus procedimentos quando tem um aluno DV em sua sala de aula, mas apenas intensificar o uso de materiais concretos”.

Este autor (2002) expõe que o multiplano permite a exploração de conteúdos matemáticos como: trigonometria, construção de gráficos, gráficos estatísticos, polinômios e operações fundamentais, entre outros. Ele descreve que esse artefato é uma placa perfurada à semelhança de um plano cartesiano, com os furos equidistantes arrumados em linhas e colunas perpendiculares entre si. O tamanho da placa e a distância entre os furos podem variar, se necessário. Complementa Ferronato (2002) que nos furos são encaixados rebites, possibilitando a realização de diversas tarefas matemáticas, das mais simples às mais complexas. Os rebites possuem a cabeça plana, circular ou poligonal com uma marcação ou um corte para promover seu manuseio e facilitar a identificação da posição correta de sua colocação no furo. Para completar, orienta este pesquisador (2002) que estes rebites não apresentam risco de desencaixar e possuem identificação dos números, sinais e símbolos matemáticos em Braille (auto-relevo) e dos algarismos hindu-arábicos permitindo que o multiplano seja manipulado também por pessoas videntes.

Ferronato (2002) exibe em sua pesquisa um multiplano que contem gráficos estatísticos, conforme Figura 1.3.

Figura 1.3 - Gráficos estatísticos no Multiplano



Fonte: Ferronato (2002, p. 116).

Nesta figura, o autor (2002) expõe como é possível dispor um gráfico de barras e um gráfico de linha.

Sobre a concepção da sua ferramenta, Ferronato (2002) explica que

[...] apesar de ter sido adquirida aquela placa não se tinha ideia exata sobre como aproveitá-la. Após algumas horas, uma ideia começa a ser gerida e novamente foi-se em busca de novos objetos que, em conjunto com a placa, proporcionassem a construção de gráficos. Assim, foram localizados, em uma loja de avaiamentos, elásticos redondos – uns mais grossos e outros mais finos – argolas e rebites. Com os elásticos mais grossos poderiam ser formados os eixos do plano cartesiano; com os mais finos poderiam ser ligados os pontos; com as argolas estes elásticos poderiam ser fixados no plano de forma mais fácil e nos rebites as mesmas poderiam ser enroscadas, além de permitirem a fixação de pontos oriundos de pares ordenados. Localizados os objetos procurou-se formas para montar um conjunto possível de concretizar os conceitos matemáticos. Depois de verificada essa possibilidade foi-se em busca do aluno cego para que o mesmo pudesse experimentar e aprovar ou não o novo método (p. 54).

Chamou-nos atenção que este autor, inicialmente, não tinha uma ideia clara dos materiais mais adequados para compor seu MD, apesar de todo o seu conhecimento destes materiais na qualidade de vidente. Evidenciou-se também que, para garantir uma boa qualidade do material produzido, ele foi buscar a opinião do aluno cego para a aprovação final de sua concepção.

A referida pesquisa foi desenvolvida com cinco alunos DV, entre cegos e com baixa visão, e envolveu problemas e conceitos diversos da Matemática. O manuseio do multiplano pelos alunos possibilitou o aperfeiçoamento do material, já que os mesmos indicavam pontos a serem melhorados. Os alunos sugeriram que fosse feita uma mudança na cabeça dos pinos. Inicialmente era toda circular e com impressão manual em Braille, o que deixava as matrizes com tamanho irregular e distorcido. Passou a ser achatado e com uma marcação para facilitar sua identificação. O Braille foi impresso seguindo os padrões para facilitar o reconhecimento do algarismo pelo aluno.

Afirma Ferronato (2002) que ensinar Matemática a alunos DV é uma tarefa difícil, pois esses alunos precisam ter um contato mais direto, manipulativo, ativo com o que está sendo ensinado. Sobre o contato do aluno com o conceito matemático, trazemos, para ilustrar, a fala de um dos alunos sujeito da pesquisa que ora discutimos. Ele afirma: *as professoras usavam cola, traziam os gráficos prontos e eu apenas os tocava, mas nem sabia que significado tinha aqueles riscos. A construção do gráfico pode facilitar o entendimento do conteúdo* (FERRONATO, 2002, p. 53). Deste extrato de diálogo inferimos que o contato do aluno com o MD não é garantia de sua aprendizagem dos conceitos matemáticos envolvidos, e sua participação na construção gráfica pode se constituir um elemento facilitador em sua aprendizagem.

1.2.2 A pesquisa de Fernandes

Fernandes e Healy (2006, p. 1) têm procurado, em suas pesquisas, “compreender de que forma artefatos e signos (ferramentas, símbolos, palavras, gestos) influenciam a atividade cognitiva de aprendizes sem acuidade visual dentro dos padrões normais”. No contexto destas pesquisas da ideias apresentadas em dois trabalhos realizados por Fernandes (2004; 2008), que envolvem o tema da inclusão. Neles encontramos valiosas informações para a construção do nosso MD voltado para a aprendizagem de cbP.

No primeiro, intitulado *Uma análise Vygotskiana da Apropriação do Conceito de Simetria por Aprendizes sem Acuidade Visual*, Fernandes (2004) propõe a criação de ferramentas para investigar como os aprendizes cegos se apropriam do conceito de simetria e reflexão. Ela expõe que suas escolhas visaram estimular os três principais canais de aquisição de informações dos cegos, a saber: o auditivo, o fonador (estimulados pelas intervenções da pesquisadora) e o sistema háptico ativo (estimulado através das ferramentas materiais que, segundo esta autora, devem facilitar o acesso aos conceitos científicos em estudo).

Fernandes (2004) apoiou-se na ideia vygotskiana de que esses aprendizes têm o mesmo potencial que os videntes para apropriar-se de noções ligadas a esses conceitos, desde que seu acesso seja viabilizado por instrumentos que possam suprir a função da visão. Para materializar seu estudo, utilizou o *método da dupla estimulação* de Vygotsky e o desenvolvimento de entrevistas baseadas em tarefas.

Conforme explica Fernandes (2004), foram pesquisados dois grupos de alunos, sendo um portador de cegueira congênita e outro, de cegueira adquirida. Esta pesquisadora investigou a influência da memória visual e dos conceitos cotidianos presentes nos diálogos e procurou estabelecer relações entre estes conceitos e outros denominados científicos (simetria e reflexão). Ela indica que escolheu estes conceitos por conceber a existência de uma forte associação entre eles e as experiências visuais. E colocou em destaque que o sujeito portador de cegueira adquirida possui memória visual, ou seja, elementos do passado que poderiam fazer parte dos diálogos quando necessário, diferentemente daquele com cegueira congênita, que não a possui. Quanto à organização das tarefas, ela explica que planejou-as de forma sequenciada, permitindo flexibilidade em sua aplicação e resolução.

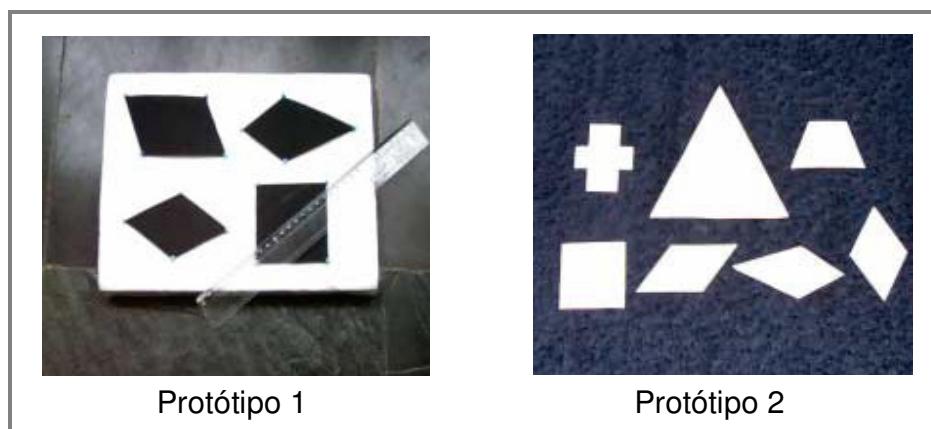
Para a aplicação das tarefas envolvendo estes conceitos, Fernandes (2004) criou, adaptou e testou modelos ou protótipos e ferramentas produzidas por ela, repetindo esse procedimento até que apresentassem uma forma conveniente para atender ao objetivo de sua pesquisa. Conforme explicita esta autora, visando registrar as estratégias e ações dos sujeitos sobre as ferramentas

materiais durante a realização das tarefas, gravou em vídeo as sessões de entrevistas com os alunos pesquisados.

A autora procurou fazer com que suas ferramentas “assumissem um caráter semiótico que, além de atender às necessidades especiais dos sujeitos de pesquisa, pudessem viabilizar o acesso desses sujeitos aos conceitos matemáticos em estudo” (p. 80). Esta pesquisa converge com o estudo de Ferronato (2002), quando buscou uma aproximação cada vez mais concreta do aluno com o conceito matemático por meio do Multiplano.

Fernandes (2004) expõe, em sua pesquisa, que optou por utilizar materiais que fossem confortáveis e não apresentassem texturas desagradáveis, além disso, permitissem aos alunos captarem, a partir do manuseio do MD, o maior número possível de informações sobre o objeto, bem como demonstrou preocupação para que o MD produzido tivesse baixo custo. Assim, Fernandes (2004) desenvolveu dois tipos de ferramentas: a primeira delas foi destinada à aplicação das tarefas iniciais e envolvia figuras simétricas. Ela informa que sua primeira ferramenta resultou da adaptação ou transformação do protótipo 1 em um segundo protótipo (Figura 1.4).

Figura 1.4 - Protótipos 1 e 2 (primeira ferramenta)



Fonte: Fernandes (2004, p. 81-2).

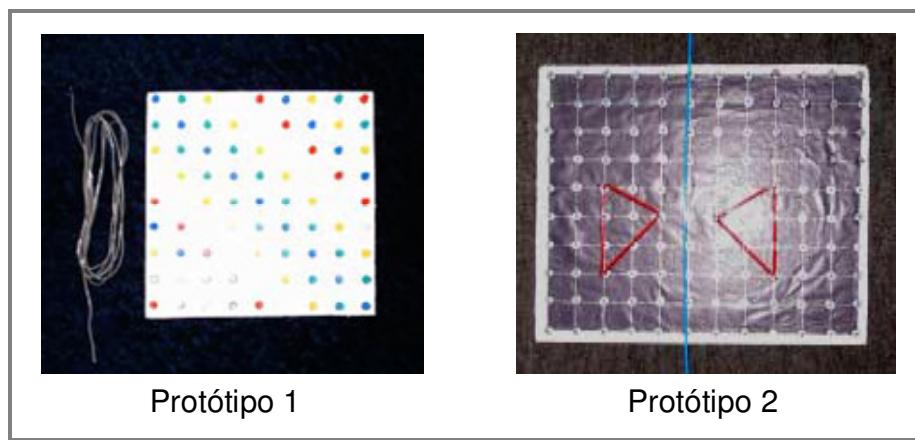
No protótipo 1, utilizou polígonos de material emborrachado EVA (etyl-vinil-acetato) fixados em uma placa de isopor. Este material rígido mostrou-se inadequado e limitador das estratégias do aluno, apesar do destaque dos vértices dos polígonos utilizando alfinetes e procurando facilitar a percepção tátil e o uso

de materiais como régua, esquadro e transferidor. Como alternativa, Fernandes (2004) construiu o protótipo 2 para ser a ferramenta em sua forma final. Ela organizou polígonos em papel *canson* para favorecer a exploração tátil dos lados e dos ângulos das figuras geométricas, permitindo, assim, que o aluno fizesse dobraduras sem que o vinco desfizesse a forma do polígono.

Na sequência, Fernandes (2004) organizou a segunda ferramenta de seu estudo, que tinha a finalidade de auxiliar os sujeitos nas tarefas que exigiam reflexão (Figura 1.5). Esta pesquisadora (2004) também construiu sua segunda ferramenta a partir do que denominou novamente de protótipo 1, que, por sua vez, consistia de uma placa de isopor representando o plano euclidiano, alfinetes para os pontos do plano que determinavam a grade em papel milimetrado. Ela explica que os alfinetes foram dispostos em nove linhas e nove colunas que formavam um quadrado; as figuras foram feitas com um fio flexível e no primeiro teste, sua ferramenta apresentou inadequação na fixação dos alfinetes, assim como na placa, dificultando a manipulação das figuras. Fernandes (2004) afirma, ainda, que a distância de quatro centímetros, para a colocação dos alfinetes, dificultou a execução das tarefas. Por fim, ela conclui que sua escolha pela placa de isopor na forma quadrangular pareceu induzir as respostas do aluno durante a execução das tarefas solicitadas.

A partir da constatação de todos os problemas gerados pelo primeiro protótipo, Fernandes (2004) partiu para a construção do protótipo 2, a segunda ferramenta de seu estudo (Figura 1.5). Neste sentido, descartando os elementos que pudessem gerar obstáculos nos procedimentos empíricos. Neste sentido, ela utilizou uma base retangular em substituição à quadrangular feita de isopor, os pontos de intersecção da grade quadriculada foram feitos em forma de furos, onde eram colocadas buchas que permitiam a fixação de parafusos, as fendas foram substituídas por argolas que representavam os vértices das figuras feitas com canudos de plástico. Fernandes (2004) informa, também, que reduziu de quatro para três centímetros a distância entre os pontos da grade.

Figura 1.5 - Protótipos 1 e 2 (segunda ferramenta)



Fonte: Fernandes (2004, p. 83 e 85).

Para Fernandes (2004), esse modelo mostrou adequado à exploração tátil dos alunos no teste-piloto. No entanto, ela entendeu que as modificações feitas não foram suficientes para favorecer a percepção tátil dos alunos quanto aos pontos da grade. O aluno encontrava dificuldade para representar as formas geométricas e, por vezes, as figuras se desfaziam. Assim, ela confirma ter proposto um terceiro protótipo, conforme Figura 1.6, no qual preservou, do modelo anterior, a distância entre os pinos e a forma retangular, fazendo adequação somente nos pinos e na forma de representação das figuras.

Figura 1.6 - Forma final da ferramenta de desenho



Fonte: Fernandes (2004, p. 85).

Conforme Fernandes (2004), esta última versão da ferramenta 2, em base de madeira e com pregos de aço com cabeças arredondadas representando os

pontos do plano, mostrou-se apropriada durante a exploração tátil no teste-piloto. Em sua avaliação, esta versão tornou a percepção tátil dos sujeitos de sua pesquisa confortável, e possibilitou que eles construíssem formas geométricas com elásticos de borracha perfeitamente ajustadas em seus vértices, e que não se desfaziam durante a exploração tátil. Na construção dessa última versão, Fernandes (2004) afirma ter considerado a opinião dos alunos pesquisados no que diz respeito às regularidades da forma, ao conforto oferecido ao tato e à facilidade de realização das tarefas de construção das figuras geométricas. Ela pondera que a pesquisa com esses alunos exigiu ferramentas que pudessem ser adaptadas às suas necessidades específicas, viabilizando o processo ensino-aprendizagem e tornando-os capazes de construir conhecimentos.

Entre suas análises, chamou-nos atenção a afirmativa de que os conceitos científicos ocorrem a partir do domínio empírico, ou seja em direção ao concreto e à experiência pessoal. Ela reforça sua assertiva expondo que as conexões que eles criaram entre os conceitos científicos em destaque e sua prática cotidiana só aconteceram quando os primeiros assumiram algum significado para eles ou quando foram parcialmente apropriados por eles.

O segundo estudo de Fernandes (2008a) intitulou-se *Das experiências sensoriais aos conhecimentos matemáticos: uma análise das práticas associadas ao ensino e aprendizagem de alunos cegos e com visão subnormal numa escola inclusiva*. Neste estudo ela tinha por objetivo analisar os processos de ensino e aprendizagem que utilizavam objetos geométricos com alunos cegos e com visão-subnormal (baixa visão) inseridos em classes regulares. Para atingir esse objetivo, criou e testou ferramentas materiais e semióticas.

Fernandes (2008a) sugere que um possível caminho para criar uma educação matemática mais inclusiva envolve uma abordagem que investigue o papel dos vários instrumentos de mediação (materiais e semióticos), bem como as tarefas de exploração e negociação de conceitos matemáticos, dando aos aprendizes a oportunidade de colocar em jogo todo seu campo perceptivo. Chamou-nos atenção sua afirmativa de que as práticas pedagógicas atuais nem sempre permitem uma participação ativa dos DV.

Ela coletou dados orais e visuais a partir da tecnologia de vídeo, o que lhe permitiu capturar falas e comportamentos não verbais dos sujeitos participantes de seu estudo.

Na elaboração de ferramentas materiais associadas às tarefas, esta pesquisadora (2008a), como fez em seu trabalho anteriormente discutido, salienta a necessidade de ativar diferentes áreas da percepção do DV que favoreçam a emergência e a manutenção da atividade percepto-motora. Ela destaca que o trabalho com esses aprendizes exige ferramentas adaptadas às suas necessidades específicas; assim “deve ser dada atenção especial ao tato, já que esse assume uma posição privilegiada entre os canais de exploração e percepção” (2008a, p. 74).

A autora focou sua investigação nos estímulos hápticos e na concepção das ferramentas, produzindo material acessível e de baixo custo, buscando propor soluções reproduutíveis em qualquer instituição de ensino. Fernandes (2008a) evidencia que

O potencial das ferramentas na promoção de percepções táteis por sua vez deveriam estimular interações discursivas entre o sujeito e a pesquisadora, sujeito e seu parceiro e o sujeito consigo mesmo questionando-se, procurando validar conjecturas e refletindo sobre suas ações (p. 75).

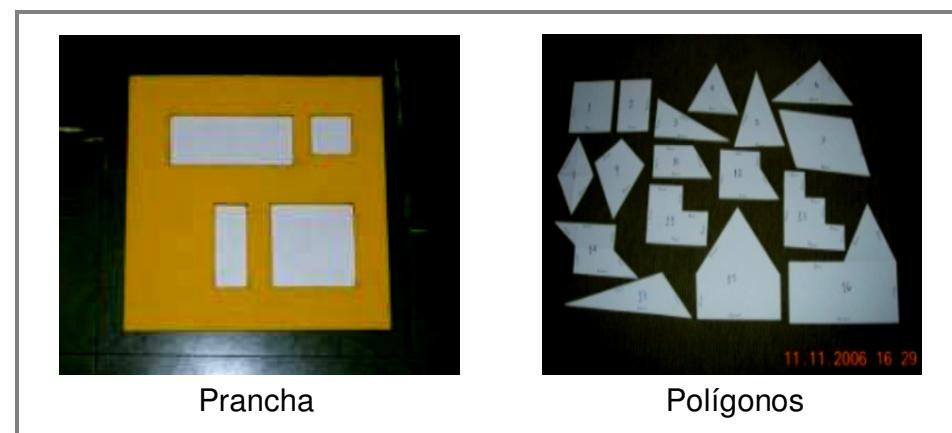
Desta forma, fica claro que Fernandes (2008a) concentrou sua atenção nas interações discursivas entre o aluno pesquisado e outros sujeitos que se relacionaram com ele durante o manuseio da ferramenta. As ferramentas, por sua vez, foram planejadas ou adquiridas e, posteriormente, organizadas em duas e três dimensões, com vistas a explorar, simultaneamente, objetos matemáticos da Geometria Plana e da Geometria Espacial. Essas ferramentas eram disponibilizadas durante as tarefas instrucionais, procurando assim oferecer aos alunos acesso aos objetos culturais.

Fernandes (2008a) concluiu que as ferramentas em duas e três dimensões dificultaram a realização das tarefas pelos alunos que não tinham ainda estudado a Geometria Espacial pois, aparentemente, eles não conseguiram associar o paralelismo da Geometria Plana a uma figura com três dimensões. Estas

revelações, além de outras colhidas nos trabalhos aqui citados, sinalizaram que a adaptação de um MD visando a aprendizagem de Matemática é fruto de diversas modificações, podendo, algumas delas, ser corretas, e outras, equivocadas.

Essa autora desenvolveu a ferramenta para o estudo dos conceitos matemáticos de área e perímetro apresentando figuras não rígidas para que os alunos pudessem fazer seus cálculos auxiliados por dobraduras e medições (Figura 1.7).

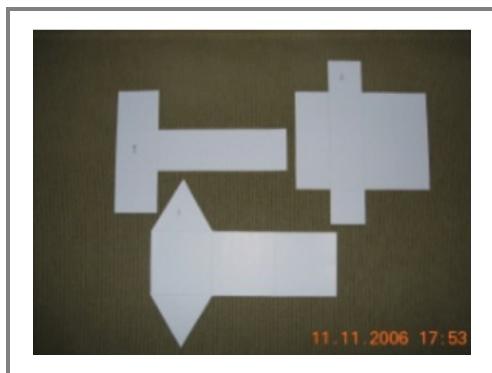
Figura 1.7 - Ferramenta para estudo de área e de perímetro



Fonte: Fernandes (2008a, p. 155-6).

Durante a exploração tátil, esta pesquisadora permitiu que os alunos utilizassem, além da régua convencional, cubos de madeira com arestas de 1 cm, representados em escala 1:1. E trabalhou somente com números inteiros para fazer frente à pouca familiaridade dos aprendizes com o uso da régua, e sempre que foi preciso, ela deu orientações aos alunos a respeito da utilização dessa ferramenta. É importante reconhecer que Fernandes (2008) buscou adequar tanto as suas ferramentas, quanto a maneira de abordar os conceitos matemáticos.

Quanto às tarefas que abordavam o conceito de volume, a referida autora explicita que propôs aos alunos, organizados em duplas, um jogo no qual eles deveriam escolher entre as embalagens (Figura 1.8), a de menor custo em sua confecção, a de menor área total e a com a maior capacidade/maior volume, ou seja, a embalagem mais vantajosa para uma indústria acondicionar seu produto.

Figura 1.8 - As embalagens

Fonte: Fernandes (2008a, p. 157).

Da leitura que fizemos das análises de Fernandes (2008a), despertou a nossa atenção sua afirmativa de que a generalização e a formalização dos conceitos matemáticos foram motivadas pelos diálogos e gestos dos sujeitos. Além disso, ela pontua que as ferramentas materiais e semióticas envolvidas nas tarefas permitiram que os aprendizes desenvolvessem estratégias próprias para os seus cálculos por meio de gestos, ou, por vezes, verbalizados oralmente.

1.2.3 A pesquisa de Adrezzo

Adrezzo (2005) desenvolveu uma pesquisa intitulada *Um estudo do uso de padrões figurativos na aprendizagem de Álgebra por alunos sem acuidade visual* (s.a.v.)¹⁸. Neste estudo, ela objetivou identificar os fatores que podem contribuir para a apreensão de expressões algébricas por DV e por videntes.

Esta autora assevera que seus estudos se fundamentam nas ideias de Vygotsky e, portanto, suas escolhas levaram em consideração que o aluno portador de alguma deficiência apresenta potencial para um desenvolvimento normal, restando, assim, integrá-lo socialmente, apreciação que corrobora o posicionamento de todos os outros estudiosos aqui citados.

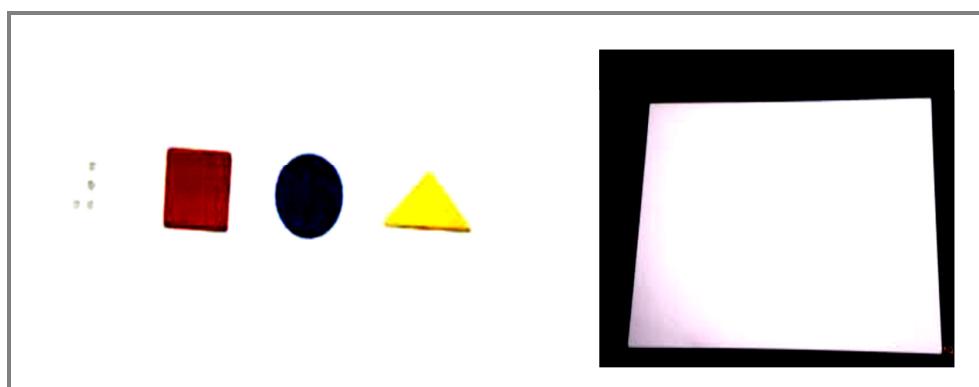
Conforme esta pesquisadora, participaram de seu estudo cinco alunos do Ensino Médio, uns com cegueira congênita e outros com cegueira adquirida,

¹⁸ Aluno sem acuidade visual (s.a.v.) – termo utilizado por Adrezzo (2005) e Fernandes (2004) para se referir ao aluno cego.

todos maiores de 18 anos. Ela informa, também, que visando atingir seu objetivo, elaborou tarefas e materiais manipulativos voltados para facilitar a participação dos alunos em tarefas de generalização. Entre estes materiais, Adrezzo (2005) apresentou aos alunos imãs circulares com 5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura contendo escrita em Braille e outros imãs com texturas variadas. No entanto, ela explicita que os alunos demonstraram dificuldade na percepção tátil destes artefatos. Assim, Adrezzo (2005) concluiu que os resultados são mais satisfatórios quando se utiliza formas diferentes ao invés de diferentes texturas.

A autora expõe que, na sequência, construiu sua ferramenta a partir de uma prancha de metal com dimensões 40 cm x 60 cm e imãs com formas geométricas (quadrado, círculo e triângulo com lados ou diâmetro de 2 cm), conforme apresentamos na Figura 1.9. Ela complementa suas informações explicando que escolheu trabalhar com os imãs, nem fixos e nem tão soltos, buscando, desta forma, uma magnetização ideal para a manipulação sobre a placa, bem como facilitando a exploração, pelos alunos, dos padrões algébricos presentes nas tarefas.

Figura 1.9 - Imãs e prancha de metal



Fonte: Adrezzo (2005, p. 66 e 67).

Adrezzo (2005) explica, ainda, que, na concepção de sua ferramenta, levou em consideração a sensibilidade do aluno, utilizando, para tanto, materiais que não lhe causassem reação alérgica e que fossem agradáveis durante a manipulação tátil da ferramenta.

Para Adrezzo (2005), seu trabalho se insere no contexto da adaptação curricular voltada para o tratamento e desenvolvimento do conteúdo. Neste contexto, ela desenvolveu as tarefas e elaborou o material manipulativo da atividade de sondagem. Quanto às tarefas, afirmou ter utilizado algumas propostas encontradas em livros paradidáticos nacionais, e outras presentes em estudos de outros pesquisadores sobre a generalização de padrões figurativos. Segundo ela, durante a aplicação das tarefas em entrevistas que foram registradas em áudio e vídeo, além dos artefatos criados para esta pesquisa foram também disponibilizados, aos alunos, uma máquina datilográfica Braille, reglete e punção.

Salienta esta pesquisadora (2005) que no teste de sondagem, selecionou, dentre as 43 tarefas propostas aos videntes, apenas 21 para aplicar aos cegos. Isso diminuiu o número de tarefas para que o aluno tivesse melhor condição de executá-las, posto que ele mesmo deveria fazer a leitura em Braille. Seriam necessárias muitas folhas transcritas em Braille para conter todas as questões, o que seria muito enfadonho para o aluno lê-las e revolvê-las. Salienta que uma folha digitada em nosso sistema corresponde a três em Braille. É interessante registrar que a primeira tarefa, permitiu aos alunos se familiarizar com o material e as peculiaridades da sequência que envolveram termos e padrões de regularidade.

Para compreender as estratégias utilizadas pelos alunos durante a resolução das tarefas, Adrezzo (2005) confrontou as respostas dadas pelos alunos às tarefas em Braille com a transcrição dos registros em vídeo e com os resultados encontrados pelos estudiosos consultados. Em suas análises, informa que os alunos s.a.v. demonstraram dificuldade para escrever as expressões algébricas em Braille a partir da manipulação dos imãs, e os erros apresentados por eles eram similares aos erros dos alunos videntes.

Finalizamos este capítulo esclarecendo que apresentamos as principais ideias dos estudos citados que poderiam contribuir para a concepção e avaliação do MD desta tese.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA: de olho no instrumento da atividade

Neste capítulo, expomos os principais fundamentos teóricos que nortearam esta pesquisa. Iniciamos refletindo sobre a Ergonomia, área de conhecimento que estuda o homem no seu trabalho, realizando sua tarefa cotidiana, executando as suas atividades do dia a dia. Expomos as especialidades desta área e abordamos a criação e adaptação de artefatos voltados para pessoas cegas, isto é, sobre os suportes técnicos.

No campo da Ergonomia encontramos abordagens teóricas que nos permitiram, metaforicamente, colocar o olho no instrumento e, assim, construir e testar uma maquete centrada no aluno e voltada para a sua aprendizagem em cbP. No entanto, é preciso deixar registrado que não tivemos a pretensão de desenvolver um trabalho ergonômico, não obstante tenhamos utilizado diversos procedimentos técnicos já validados nesta esfera de conhecimento.

Dentre essas abordagens, fundamentamo-nos especificamente na Teoria da Instrumentação, de Rabardel (1995), que, por sua vez, encontra base nos conceitos de assimilação e acomodação de Piaget, na ideia de esquemas de Vergnaud e no conceito de mediação de Vygotsky.

Rabardel (1995) propôs os modelos de análise S.A.I. e S.A.C.I., dos quais adaptamos o S.A.C.I. para analisar nesta tese os dados referentes à construção da maquete e ao seu manuseio pelo aluno. Na sequência descrevemos os quatro

polos do modelo adaptado, ou melhor, apresentamos informações necessárias sobre o aluno cego, a maquete e as tarefas, os cbP e os especialistas/pesquisadores que contribuíram com o desenvolvimento do nosso instrumento. Em suma, nessa teoria colhemos elementos suficientes para nortear a construção da maquete (artefatos e tarefas) voltada para o aluno cego, comportando as adaptações curriculares necessárias e sem perder de vista seu uso como (MD) para a aprendizagem de cbP.

2.1 Ergonomia

Houve tempos em que a construção ou adaptação de utensílios envolvia uma produção artesanal, com um projeto simples ou formas que fossem úteis e funcionais. Atualmente as formas costumam exigir cada vez mais tecnologias inteligentes e conhecimentos dos usuários. Neste contexto de transformações e mudanças surge, como área de conhecimento, a Ergonomia, investigando amplamente o trabalho mediado por artefatos.

O termo Ergonomia surgiu pela primeira vez em 1857, mas foi durante a Segunda Guerra Mundial que ela apresentou uma modificação intensa, devido à necessidade acelerada de tecnologias e urgência de resolver questões relacionadas à interface homem-máquina no sistema industrial-militar (VAN DER LINDEN, 2007). Compartilham desta ideia Dul e Weerdmeester (2004), os quais complementam que, neste período, houve, pela primeira vez, uma conjugação sistemática de esforços entre a tecnologia, as ciências humanas e as biológicas para resolver problemas de projeto.

Segundo a International Ergonomics Association (IEA, 2010), a Ergonomia, também denominada fatores humanos,

Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of the interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theoretical principles, data and methods to design in order to optimize human well being and overall system performance¹⁹.

¹⁹ Disponível em: http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html. Acesso em: 20. dez. 2010.

Conforme Van der Linden (2007), este conceito foi inicialmente orientado para os sistemas²⁰, porém modernamente tem sido estendido a todos os aspectos da atividade humana, inclusive o trabalho de um modo geral e, particularmente, o industrial.

A Ergonomia no trabalho, de acordo com Moraes e Mont'Alvão (2000), é vista como tecnologia projetual das comunicações entre homens e máquinas, bem como do trabalho e do ambiente. Salientam que “o objeto da Ergonomia, seja qual for a sua linha de atuação, estratégias ou métodos que utiliza, é o homem no seu trabalho trabalhando, realizando sua tarefa cotidiana, executando as suas atividades do dia a dia” (2000, p. 15).

Ao conceituar a Ergonomia, Pheasant (1997) pontua que é uma ciência que objetiva adaptar o trabalho ao trabalhador e o produto ao usuário. Corroborando esta ideia, Abrahão (2009) esclarece que seu objetivo é transformar o trabalho, adaptando-o às pessoas e às suas características, às características da tarefa, almejando uma otimização do conforto, da segurança e da eficácia; bem como levando em consideração as exigências sociais e técnicas das tarefas e os objetivos esperados.

Já para Hendrick (1991), trata-se de uma disciplina científica que lida com a interação entre homens e tecnologia, integrando o conhecimento das ciências humanas para adaptar tarefas, sistemas, produtos e ambientes às habilidades, limitações físicas e mentais das pessoas. Enquanto para Chapanis (1994) a Ergonomia é um corpo de conhecimentos sobre as habilidades humanas, limitações humanas e outras características humanas que são relevantes para o design de um artefato.

Nessa direção, Van der Linden (2007) salienta que a Ergonomia tem contribuído com as sociedades contemporâneas para o projeto de produtos, processos e ambientes que venham a ser mais seguros e confortáveis para a maioria de seus usuários. Ainda Pheasant (1997) e Chapanis (1994) expõem que o mais significativo nesta área é a abordagem ergonômica voltada para o *design*. Pheasant (1997) informa também que esta abordagem pode ser resumida como o

²⁰ Segundo o Dicionário Aurélio Eletrônico, Século XXI, sistema pode ser a disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenado entre si, e que funcionam como estrutura organizada.

princípio do design centrado no usuário a partir do qual um objeto, um sistema ou um ambiente é projetado para o uso humano. Portanto, este *design* é baseado nas características físicas e mentais do usuário, visando obter a melhor integração possível entre ambas no contexto da tarefa ou do trabalho a ser desempenhado.

Pelo exposto, pudemos compreender que a Ergonomia tem sido pensada a partir de várias concepções. Alguns estudiosos a concebem como um corpo de conhecimentos, outros como uma disciplina científica, outros, ainda, a entendem como uma tecnologia projetual ou ciência. No entanto, apesar das diferentes conceituações, todos parecem concordar que ela visa melhorar as condições do labor humano.

Partindo deste ponto de vista aparentemente consensual, conduzimos nossa pesquisa entendendo que a Ergonomia é uma área de conhecimento que trata da interação entre os homens e a tecnologia, adaptando tarefas, sistemas, produtos e ambientes às habilidades e limitações físicas e mentais das pessoas. Neste contexto, tomamos as atividades ou ações de manuseio do aluno, sobre a maquete, na resolução das tarefas que abordam os cbP como sendo um trabalho voltado para a construção de conhecimento destes conteúdos matemático. Foi assim que sob a concepção teórica dos fundamentos da Ergonomia encontramos instrumentos para conceber e analisar o MD desta tese.

Buscando outras informações sobre este conhecimento, a IEA (2010) expõe que a Ergonomia apresenta três áreas de especialização: a Física, a Organizacional e a Cognitiva. Essas áreas, segundo Falzon (2007), referem-se às formas de competência dos ergonomistas, adquiridas na formação profissional ou na prática da profissão.

A Ergonomia Física trata das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em sua relação com a atividade física. Nesse campo ergonômico os temas mais relevantes referem-se a: posturas de trabalho, manipulação de objetos, movimentos repetitivos, problemas ósteo-musculares, arranjo físico do posto de trabalho, segurança e saúde (FALZON, 2007). Em outras palavras, visa melhorar a interação física do usuário com o ambiente e com os artefatos utilizados (GRIZ; CARVALHO; PEIXOTO, 2007).

Para Falzon (2007), a Ergonomia Organizacional lida com a otimização dos sistemas sociotécnicos incluindo sua estrutura organizacional, regras e processos, bem como a comunicação, gestão dos coletivos, concepção do trabalho quanto aos horários, equipe, concepção participativa, entre outros. Já a Ergonomia Cognitiva, segundo ele, investiga os processos mentais, a percepção, a memória, o raciocínio, as respostas motoras, as interações entre as pessoas e outros componentes de um sistema. Apresentar como temas centrais a carga mental, os processos de decisão, o desempenho especializado, a interação homem-máquina e a confiabilidade humana.

Feitos esses esclarecimentos, a seguir trataremos das produções desenvolvidas pelos ergonomistas, especificamente sobre os suportes técnicos para deficientes visuais (DV).

Suportes técnicos para deficientes visuais

A Ergonomia tem contribuído com a inserção profissional de pessoas com necessidades especiais e suas formações profissionais específicas. Além disso, tem auxiliado na concepção de um sistema protótipo técnico voltado para esses usuários, segundo os critérios clássicos de avaliação ergonômica, de utilidade, usabilidade, eficiência, confiabilidade, não-periculosidade e satisfação dos usuários (SPERANDIO; UZAN, 2007). Entre os suportes técnicos, estão as adaptações de postos e artefatos de trabalho, instalações urbanas como as passagens para cadeiras de rodas, semáforos de cruzamento sonoros para cegos, instalações de interiores, comandos de automóveis para pessoas com dificuldades motoras, entre vários outros.

No domínio da deficiência visual, os autores conferem que o desenvolvimento desses suportes técnicos tem sido acompanhado por pesquisas em Ergonomia voltadas para a avaliação de protótipos e das melhorias desejadas, visando um maior conhecimento sobre a função visual deficitária, as funções auditivas e hápticas (tato associado a movimentos).

Sperandio e Uzan (2007) explicitam que, entre os artefatos adaptados que permitem aos deficientes visuais acesso às informações do mundo exterior, estão: os teclados especiais de digitação simultânea, diversos dispositivos baseados na percepção háptica e podendo ser utilizados em complemento às saídas vocais ou em Braille (tabelas sonoro-táteis, pranchas em relevo dinâmico). Além desses, eles mencionam a bengala eletrônica e a detecção dos volumes ambientais que utilizam a eletrônica miniaturizada; e apresentam como soluções alternativas, obtidas por sistemas, a base de síntese vocal, de comandos vocais ou dos comandos do teclado.

Por fim, Sperandio e Uzan (2007) ainda enfatizam que entre os suportes informáticos para deficientes visuais estão algumas interfaces que tiveram por base aquelas que são altamente interativas para os usuários com visão normal. Neste sentido, eles salientam que a informação e a operação são compatíveis em uma interface se, em sua concepção, for considerada a expectativa do usuário, a facilidade no uso do sistema, diferentes formas de diálogo e a ajuda oferecida ao usuário.

Lançamos mão de outras elucidações sobre a questão. Esse é o caso de Dul e Weerdmeester (2004), que expõem que a interface é uma fronteira ou, ainda, que as interações entre o homem e a máquina no sistema homem-máquina podem ser otimizadas em busca de uma melhor apresentação das informações ou maior facilidade de manuseio dos controles sobre o sistema. Entretanto, para eles, é preciso levar em consideração o usuário e o seu modelo mental, o uso dos sentidos visual, auditivo, tátil, entre outros, as identificações táteis e sinestésicas, a forma dos controles discrimináveis pelo tato, pela variação de formas e tamanhos, o acabamento superficial, a textura e o tipo de material.

Tomando como base os esclarecimentos feitos até aqui, voltamos o olhar para o nosso MD e nos permitimos a seguinte divagação: Como conceber uma maquete (artefatos e tarefas) com um aceitável nível de otimização para atender às características do aluno e auxiliá-lo em suas atividades? Como determinar um limite mínimo nesta otimização?

Entre as respostas encontradas, uma nos chamou atenção. De acordo com Dul e Weerdmeester (2004), a interface pode ser tratada a partir de uma análise

de usabilidade ou facilidade de uso ou uso amigável do artefato. Neste sentido, eles sugerem que o sistema terá que considerar as características e necessidades do usuário para que as operações sejam satisfatórias e eficientes. Os autores informam também que o diálogo entre o usuário e a máquina deve ser compatível com a tarefa, o que significa ser controlável por estar ao nível de instrução do usuário, sendo tolerante a erros, adaptável à aprendizagem, apresentando diferentes formas de diálogos e estímulos ao usuário durante toda a sua fase de aprendizagem.

Para Fernandes (2008b), as interfaces amigáveis, ergonômicas ou agradáveis dizem respeito à interação entre sistemas computacionais e o ser humano quando a interface é

capaz de disponibilizar estímulos visuais, como cores, formas, fontes, texturas e outros elementos, de forma equilibrada e harmônica, visando não saturar a visão nem sobrecarregar a capacidade de assimilação dos sujeitos diante do crescente fluxo informacional [...] (p. 25).

Ainda que estes estudos até aqui expostos que investigam as adaptações de materiais para ensino ou aprendizagem de alunos cegos não sejam voltados especificamente para o ambiente da maquete tátil, tomamos como base suas orientações e inserimos os conceitos de usabilidade na avaliação da maquete tátil, procurando, desta forma, alcançar uma melhor condição interfacial deste MD para servir de instrumento mediador entre o aluno e os cbP.

Com estas ponderações, voltamos para o âmbito da escola nossas discussões sobre os suportes técnicos criados para possibilitar às pessoas deficientes desenvolverem certas atividades impossíveis ou difíceis para elas. Neste contexto é interessante lembrar que os artefatos anteriormente citados, a exemplo do *soroban* e do Braille, foram ergonomicamente concebidos e, provavelmente, como quaisquer outros passaram por avaliações ergonômicas. No entanto, este fato em nossa opinião, não lhes garante, por si só, que estejam adequados ao aluno no ambiente das tarefas escolares. Com este pensamento em mente, consideramos que a existência desses artefatos têm sido determinantes para a inclusão social dos deficientes permitindo-lhes ter maior

acesso aos meios de conhecimento que circulam na sociedade, entretanto não parece ser suficiente para que os sujeitos também desenvolvam seus conhecimentos no espaço escolar.

Ainda que pese o empenho do MEC para disponibilizar alguma dessas adaptações às escolas regulares inclusivas, é imprescindível que sejam feitas as devidas adequações para sua utilização como MD em situações de sala de aula. Nesse contexto, temos que concordar com o PCN: AC (BRASIL, 1998a) e o Projeto Escola Viva (2000a), citados na Apresentação e no Capítulo 1, quando afirmam que estas adaptações são exclusivamente da alçada do professor, logo ele precisa ter o domínio sobre o conteúdo, as técnicas e os recursos didáticos utilizados em seu trabalho pedagógico.

Visando estabelecer melhor juízo sobre a relação entre o professor e seus MD ou, ainda, de uma maneira mais generalizada, entre o sujeito e os recursos materiais que ele utiliza em sua atividade, é que, na sequência, discutiremos sobre a Ergonomia Cognitiva, pois conforme dito anteriormente esta é uma área do conhecimento que investiga as interações entre as pessoas e outros componentes de um sistema.

2.2 Ergonomia Cognitiva

A IEA (2010) expõe que a Ergonomia Cognitiva procura compreender as interações entre os seres humanos e os elementos de um sistema. Para Cañas e Waerns (2001), ela analisa os processos cognitivos implicados na interação de um sistema, entre eles: a memória operativa e de longo prazo, os processos de tomada de decisão, a atenção que envolve a carga mental e a consciência, os processos para perceber, armazenar e recuperar informações.

De maneira mais ampla, Fassina (1990) informa que esta área ergonômica investiga os modos operatórios de sequências de ações, gestos, sucessão de buscas, tratamento de informações, comunicações verbais ou gráficas, identificações de incidentes ou de perturbações que caracterizam a tarefa realizada pela pessoa. Ela explicita, também, que nessas investigações é

imprescindível a utilização de registros que possam descrever as etapas, o desenvolvimento temporal das atividades, as estratégias utilizadas, as verbalizações ou explicações verbais do aluno, assim como as relações entre essas variáveis e aquelas que impliquem em possíveis modificações.

Para Hollnagel (1997); Marmaras e Kontogiannis (2001), esta Ergonomia visa compatibilizar as soluções tecnológicas com as características e necessidades de seus usuários, sem contudo pretender teorizar sobre a cognição humana.

Vale salientar que esta área ergonômica trata da relação do homem com as máquinas ou dispositivos técnicos materiais ou simbólicos (artefato), no entanto centraremos nossa atenção para as abordagens que investigam a atividade mediada pelos artefatos, respaldadas no conceito de mediação, de Vygotsky.

Sobre estas abordagens construídas a partir das ideias vygotskianas, Folcher e Rabardel (2007) propõe que há aquelas centradas na interação entre o homem e a máquina (*homem-máquina*); as que consideram o homem e a máquina como um sistema engajado em uma tarefa (*homens-máquinas*) e as abordagens centradas na *mediação da atividade pelos artefatos*. Eles explicam que embora essas abordagens tenham fundamentos teóricos diferentes, elas visam a um objetivo comum. Em outras palavras, elas buscam uma melhor adequação dos artefatos aos homens, tornando-se, assim, abordagens complementares. Para efeito desta pesquisa, nossa discussão voltou-se para esta última abordagem – centrada na mediação da atividade pelos artefatos – já que a maquete desta tese, composta por um conjunto de artefatos e as tarefas, foi utilizada como instrumento mediador entre o aluno cego e o objeto matemático cbP.

De fato, Vygotsky (2001) propõe um quadro teórico no qual as ações são mediadas pelos artefatos e signos. Assim, a mediação é uma ideia central em sua teoria do interacionismo social, segundo a qual a ação humana é mediada por objetos específicos socialmente elaborados. Nessa linha o homem, em seu

trabalho de natureza mental, utiliza tanto artefatos²¹ físicos (um martelo, uma agulha etc.), quanto psicológicos (o desenho, o gráfico, o mapa, sistemas numéricos, sistemas de medidas, línguas de sinais, escrita e linguagem oral, entre outros). Em síntese, Vygotsky (2001) afirma que a mediação transforma as relações do sujeito com o mundo e com suas funções psicológicas, condicionando assim seu desenvolvimento.

Sobre a teoria vygotskiana, Oliveira (2003) informa ser possível conceber a atividade como tripolar, evidenciando o instrumento, indivíduo que age e objeto sobre o qual ele age. Esse instrumento pode ser concreto (artefatos) ou psicológico (signos). Este autor esclarece ainda que os artefatos são elementos externos ao indivíduo e sua utilização permite uma ação concreta do homem sobre o mundo. Quanto aos signos, esses agem no campo psicológico, orientam e controlam as ações, exigindo do indivíduo atenção e memória na execução das tarefas. Exemplos de signos são a linguagem, os sistemas de contagem e simbólicos, as técnicas mnemônicas, os esquemas, mapas, desenhos e diagramas.

Buscamos outras evidências sobre a questão da mediação. Nesse sentido, Schneuwly e Dolz (2004, p. 23) expõem que “na interação entre o instrumento e o sujeito, em uma atividade, os instrumentos determinam o comportamento do sujeito, guiam-no, afinam e diferenciam sua percepção da situação na qual ele é levado a agir”. Eles argumentam também que “um instrumento medeia uma atividade, dá-lhe certa forma, mas esse mesmo instrumento representa também essa atividade, materializa-a” (2004, p. 24). Portanto, visto sob esta ótica, entendemos que o instrumento em uma atividade além de sua estrutura material transforma ou modifica as ações do sujeito.

Os estudos de Rabardel (1995); Schneuwly e Dolz (2004); Folcher e Rabardel (2007), constatamos que inúmeras pesquisas se apropriam do modelo teórico de Vygotsky. No entanto, as diferenças entre elas estão relacionadas com a conceituação que envolve os polos do modelo triádico (indivíduo, objeto e instrumento). Geralmente tais diferenças incidem sobre o instrumento, que ora é

²¹ Artefato e instrumento foram palavras encontradas em alguns estudos como sinônimos e em outros com características bem peculiares.

tratado como ferramenta, ora como artefato, ora como algo diferente dos dois anteriores, tais como, sistema, máquina, sistema-máquina, etc.

Neste contexto, buscamos uma abordagem que fosse conveniente para atender ao objetivo desta pesquisa. Assim, aprofundamos nossos conhecimentos sobre a Teoria da Instrumentação, de Rabardel (1995), por ela ser proveniente da Ergonomia Cognitiva e por apresentar um modelo que nos permitiu analisar as interações entre o aluno e os cbP, tendo como artefato mediador a maquete (artefatos e tarefas). Vejamos a seguir as premissas e concepções propostas por esta teoria.

2.3 Teoria da Instrumentação

Para Verillon e Rabardel (1995), a Teoria da Instrumentação permite analisar os processos ligados ao uso dos artefatos entendidos como objetos de transmissão, apropriação e desenvolvimento do sujeito que atua sobre ele.

Conforme Schneuwly e Dolz (2004), o conceito central desta teoria versa sobre o instrumento. Para eles, Rabardel prolonga as ideias de Vygotsky ao postular que o domínio de um instrumento, quanto ao seu uso está além de uma representação sobre ele. Nesse sentido, Rabardel (1995) esclarece que o instrumento é uma entidade mista, uma totalidade formada pelo artefato, material ou simbólico, e pelos esquemas de uso. Nesta visão, o instrumento é uma entidade formada por componentes do artefato e do sujeito. Assim, em uma relação instrumental, o instrumento é o meio da ação, não podendo ser reduzido a um artefato técnico ou a uma máquina.

Para Bégun e Rabardel (2000), o instrumento é o resultado de uma construção própria do sujeito. Essa construção pode ser autônoma ou pode ser o produto da apropriação de esquemas sociais de utilização já formados fora desse sujeito. Estes autores expõem que o instrumento é também o mediador da atividade, sendo constituído, de um lado, pelo artefato (material ou simbólico) produzido pelo sujeito ou por outros sujeitos, e do outro lado, pelos esquemas de utilização associados ao uso do instrumento.

Surge no interior desse contexto o conceito de esquema. Rabardel (1995) esclarece que, em sua teoria, as propriedades gerais dos esquemas são evidenciadas pelas pesquisas da escola piagetiana, tal como a assimilação das situações novas, com as quais o sujeito é confrontado, sejam as referentes às características do artefato, ou em relação ao objeto, a outros sujeitos ou as situações. Ele complementa esses pensamentos afirmando que sua concepção se fundamenta nas ideias de Vergnaud. Portanto, trata esquema como “uma organização invariante de comportamentos para uma classe de situações fornecidas” (RABARDEL, 1995, p. 87). Sendo assim, para Rabardel (1995) o esquema é uma entidade funcional dinâmica constituída por antecipações, regras, inferências e invariantes operatórios (do tipo proposições, funções proposicionais, argumentos).

Rabardel (1995) salienta, ainda, que, na perspectiva instrumental, os invariantes operatórios permitem observar os elementos cognitivos envolvidos na ação do sujeito, distinguindo as características das situações realmente importantes ou somente familiares a ele. Com esses conceitos, entendemos que, nesta pesquisa, durante o manuseio da maquete pelo aluno, será possível conhecer os esquemas de uso de que esse aluno lança mão para agir sobre este instrumento. Assim, poderemos inferir sobre esses esquemas a partir de suas falas, gestos ou movimentos, seja no reconhecimento tátil do artefato, seja na resolução das tarefas.

Tendo-nos apropriado das ideias mais consistentes sobre os fundamentos da Teoria da Instrumentação, passamos a entender que o artefato e o instrumento possuem diferenças significativas. Nesse sentido, Rabardel (1995) e Rabardel e Bourmaud (2003) expõem que o artefato só se transforma em instrumento ao ser usado, isto é, quando ele é utilizado pelo sujeito como meio para realizar um determinado objetivo. A transformação de artefato em instrumento recebeu especial atenção nesta teoria. Para Rabardel (1995), esta transformação envolve a gênese instrumental que, segundo ele, é um processo complexo que alia, por um lado, as características do artefato com suas potencialidades e suas limitações e, por outro, as atividades do sujeito, com seus conhecimentos,

experiências anteriores e habilidades. Ele evidencia que a gênese se desenvolve em duas dimensões: a Instrumentação²² e a Instrumentalização²³.

Queremos deixar claro que, apesar da gênese instrumental se constituir um dos conceitos fundamentais desta teoria, não fez parte dos objetivos desta tese investigar o surgimento dessas dimensões durante o manuseio da maquete pelo aluno, ainda que tenhamos utilizado, em nossas análises, as relações (S-I) e [S-(I)-O] e (I-O).

Até aqui procuramos dar visibilidade aos conceitos da Teoria da Instrumentação que julgamos necessários para que o leitor possa compreender como esses conceitos fundamentaram a concepção do MD desta tese. É mister que se anuncie que esses conceitos foram mais especificamente utilizados nesta pesquisa a partir de um dos modelos propostos por Rabardel (1995) para a compreensão dos processos de apropriação do uso de artefatos. Assim, a seguir discutimos sobre os modelos S.A.I. e S.A.C.I. sugeridos por ele, e na sequência descrevermos o modelo S.A.C.I. adaptado para ser utilizado nesta tese.

2.3.1 O Modelo S.A.I.

Rabardel (1995, p. 52) propõe o modelo S.A.I. – Modelo das Situações de Atividades com Instrumentos – Modèle des situations d'activités avec instrument – e sobre ele anuncia

C'est pourquoi nous avons proposé le modèle S.A.I. pour caractériser les classes de Situations d'Activités Instrumentées (Rabardel & Vérillon, 1985). Cette modélisation triadique (fig. 4) fait apparaître la multiplicité et la complexité des relations et des interactions entre les différents pôles, sans commune mesure avec les modélisations bipolaires habituelles de situations d'interaction sujet-objet.²⁴

²² Instrumentação é a dimensão da gênese instrumental orientada para o sujeito e diz respeito à relação (S-I) na qual o sujeito constrói esquemas, procedimentos e operações para a utilização do artefato. Refere-se ao surgimento e evolução de esquemas de utilização e da ação instrumental. Constitui-se pela evolução, acomodação, coordenação e combinação, inclusão e assimilação recíproca, assimilação, de novos artefatos aos esquemas preexistentes.

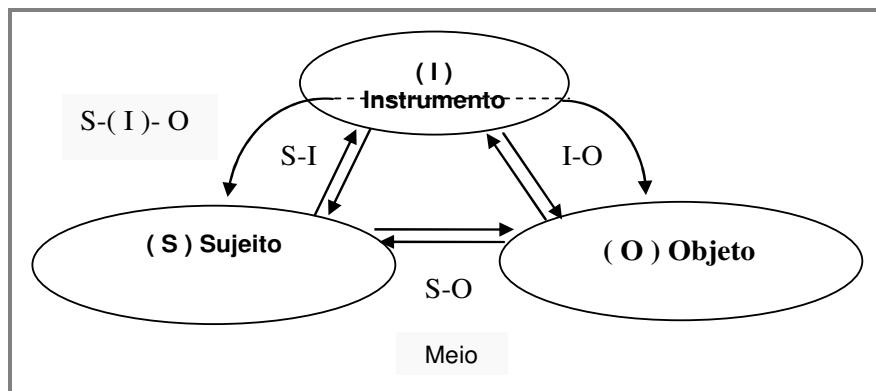
²³ Instrumentalização é a dimensão da gênese instrumental voltada para o artefato e se refere às relações [S-(I)-O] e (I-O). Diz respeito ao surgimento e evolução do componente artefactual do instrumento, selecionando, agrupando, produzindo e definindo funções, transformando o artefato (estruturas, funções), enriquecendo as propriedades do artefato cujos limites são difíceis de determinar.

²⁴ Tradução livre feita do texto. Propusemos o modelo S.A.I. para caracterizar as classes de situações de atividades instrumentadas (RABARDEL; VÉRILLON, 1985). Esta modelização triádica faz aparecer a multiplicidade e a complexidade das relações e as interações entre os diferentes polos, além das clássicas interações bipolares presentes na relação entre o sujeito e o objeto [...].

Rabardel (1995) declara que seu modelo foi criado a partir do modelo triádico²⁵ proposto por Vygotsky, mas reconhece que, em sua versão, é possível inferir as diversas interações entre os polos do modelo. Ele acrescenta que os polos são constituídos por: (i) o sujeito representado pelo usuário, operador, trabalhador, agente etc.; (ii) o instrumento composto pela artefato, máquina, sistema, produto etc.; (iii) o objeto para o qual a ação do sujeito através do instrumento é dirigida (material, real, objeto da atividade, de trabalho ou outros sujeitos).

A Figura 2.1, a seguir, é uma cópia do modelo encontrado nos estudos de Rabardel (1995).

Figura 2.1 - Modelo das situações de atividades instrumentadas (S.A.I.)



Fonte: Rabardel (1995, p. 53).

Observamos que, além dos três polos (sujeito, instrumento e objeto), o esquema evidencia a presença de flechas, em dois sentidos, indicando as relações entre os polos. Para Rabardel (1995), o S.A.I. permite caracterizar determinadas classes de situações de atividades instrumentadas. Em outras palavras, esse modelo permite investigar uma multiplicidade e uma complexidade de relações e interações que intervêm nessas atividades.

Rabardel (1995) esclarece também que este modelo permite averiguar as relações entre os polos a partir das relações que interferem nas atividades

²⁵ Modelo triádico, conforme Salazar (2009, p. 65), é o modelo de situações da atividade com instrumentos de Vygotsky são distinguidos três polos da tríade: a) Sujeito que dirige a ação psíquica sobre o objeto; b) Objeto sobre o qual a ação é dirigida; e c) Instrumento, denominado de instrumento psicológico, que serve como mediador entre o sujeito e o objeto.

instrumentadas, neste caso: (a) sujeito-objeto [S-O]; (b) sujeito-instrumento [S-I]; (c) instrumento-objeto [I-O]; (d) sujeito-objeto mediado pelo instrumento [S-(I)-O].

Concordamos com a afirmação de Salazar (2009, p. 67), de que “o modelo S.A.I. pode ser um artefato para examinar detalhadamente o uso de instrumentos em uma tarefa”. No entanto, entendemos que, por conter apenas três polos (sujeito, instrumento e objeto), o modelo S.A.I. se mostra limitado para investigações em contextos que envolvem o trabalho desenvolvido por grupos de sujeitos. Portanto, foi visando contemplar esses contextos coletivos que Rabardel (1995) apresentou o modelo S.A.C.I., incluindo um quarto polo composto por outros sujeitos, colaborações e cooperações.

2.3.2 O Modelo S.A.C.I.

Rabardel (1995, p. 62) justifica a criação de seu modelo quadripolar S.A.C.I. *Modelo das Situações de Atividades Coletivas Instrumentadas – Modèle des situations d'activités collectives instrumentées* – pontuando que

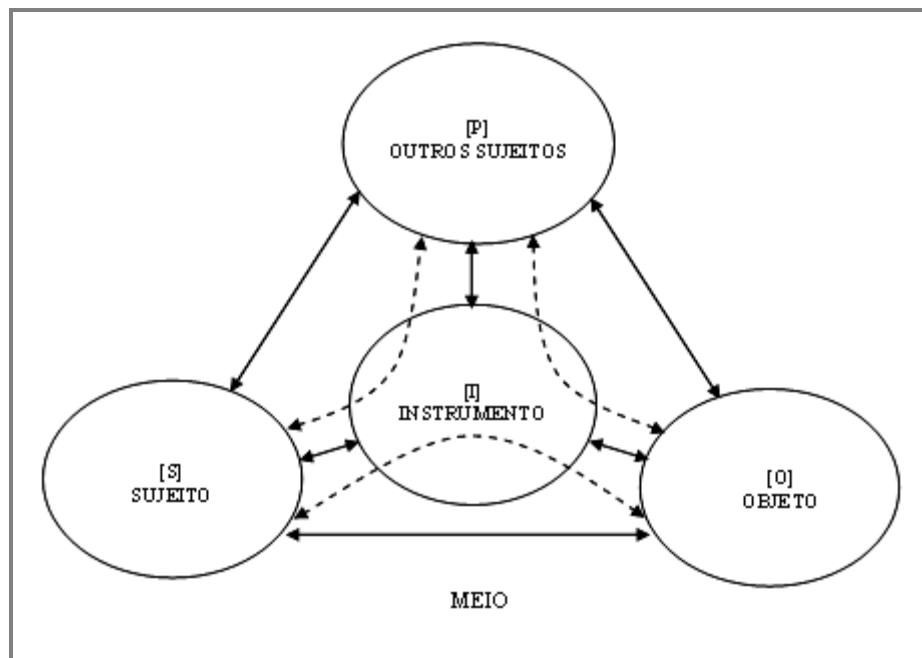
Enfin, l'évolution des technologies contemporaines conduit à faire apparaître un quatrième pôle pour rendre compte des situations nouvelles liées à l'apparition de logiciels destinés au travail collectif (les collecticiels ou groupware). En effet, ces nouveaux types de dispositifs sont spécifiquement orientés vers les dimensions collectives du travail, ils visent à permettre et faciliter le travail en commun. Aux rapports habituels entre les sujets, les objets et les instruments, viennent s'ajouter les interactions du sujet avec les autres sujets, les collaborations et coopérations²⁶.

Conforme expõe o autor (1995), este modelo foi proposto a partir do já existente e, portanto, do tripolar. Segundo ele acrescenta em seu estudo, esta nova estrutura permite que sejam consideradas as três orientações principais da mediação pelo instrumento: em direção ao objeto da atividade, em direção aos outros sujeitos e em direção a si mesmo. Na Figura 2.2, observa-se que o S.A.C.I.

²⁶ Então a evolução das tecnologias contemporâneas fez aparecer um quarto polo para dar conta das novas situações resultantes das lógicas destinadas ao trabalho coletivo (coletividades ou grupos). Com efeito, estes novos tipos de dispositivos são especificamente orientados para as dimensões coletivas do trabalho e visam permitir e facilitar o trabalho em comum. Assim, às relações habituais já existentes entre os sujeitos, os objetos e os instrumentos, vem se juntar as interações do sujeito com outros sujeitos, as colaborações e as cooperações (Tradução nossa).

é constituído pelos polos: outros sujeitos (P), sujeito (S), instrumento (I), e objeto (O).

Figura 2.2 - Modelo das situações de atividades coletivas instrumentadas (S.A.C.I.)



Fonte: Rabardel (1995, p. 62).

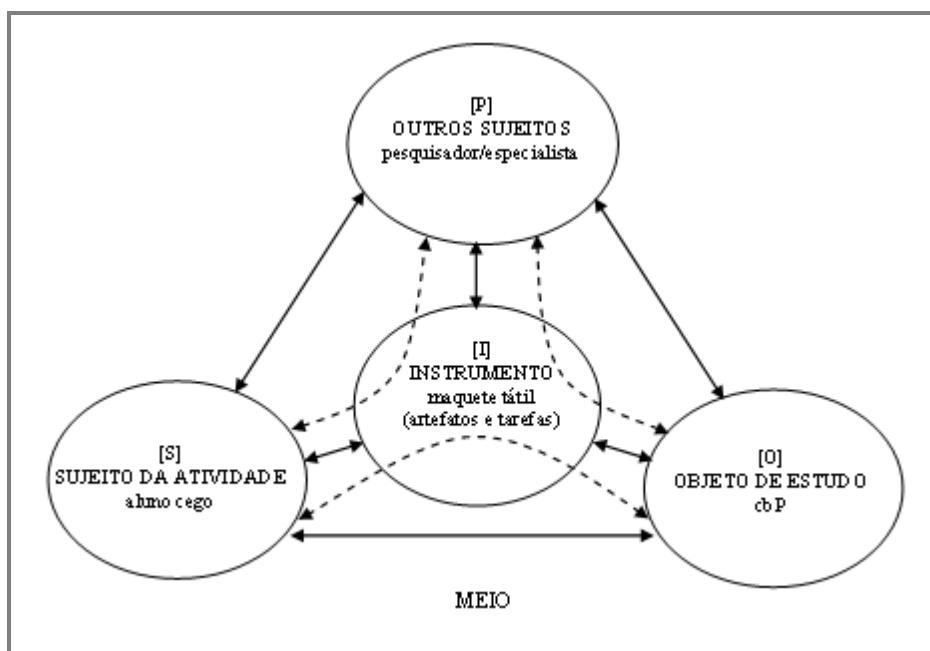
Além dos quatro polos, assim como no modelo anterior, aparecem também as linhas representando as interações entre os polos, que poderão ser investigadas a partir deste modelo. Nele as linhas contínuas dizem respeito às relações bipolares ([S-I], [S-O], [P-S], [P-I], [P-O], [I-O]), e as tracejadas demarcam as tripolares ([P-(I)-S], [P-(I)-O], [S-(I)-O]).

Tendo em vista as peculiaridades desse modelo e as relações que ele permite inquirir entre os polos, pareceu-nos mais conveniente utilizar o modelo S.A.C.I. do que o modelo S.A.I. na investigação do uso da maquete na aprendizagem do aluno em cbP. Entendemos que seu *design* nos permitirá atender tanto às solicitações e necessidades do aluno, quanto conhecer o papel do pesquisador e de outros especialistas na construção da maquete. Feita essa escolha, estruturamos, sob o esquema do modelo S.A.C.I., o modelo adaptado para esta tese e o apresentamos na próxima seção.

2.4 O Modelo S.A.C.I. adaptado à tese

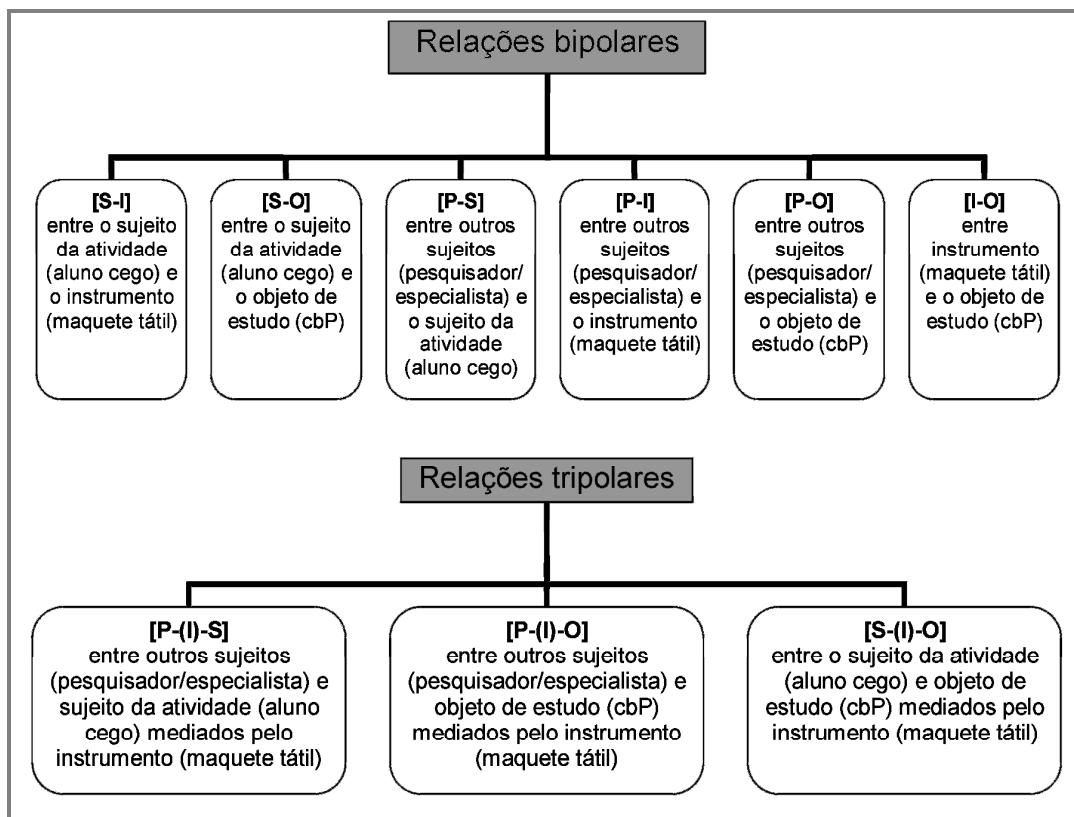
O modelo S.A.C.I. adaptado a esta tese teve como polos: sujeito da atividade, o aluno cego (S); instrumento, a maquete tátil (I); objeto de estudo, os cbP (O); outros sujeitos, pesquisador/especialista (P). Assim, este modelo foi organizado conforme a Figura 2.3.

Figura 2.3 - Modelo S.A.C.I. adaptado à tese



A leitura das relações desse modelo adaptado pode ser feita à semelhança do modelo teórico S.A.C.I. anteriormente apresentado. Portanto, com as linhas contínuas que partem dos polos (aluno cego, maquete tátil, cbP, pesquisador/especialista), inferimos as interações bipolares entre eles, e com as linhas descontínuas deduzimos aquelas que são tripolares. Essas relações entre os polos podem ser observadas de forma esquemática na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Relações entre os pólos do modelo S.A.C.I. adaptado à tese



Tendo apresentado uma visão panorâmica das interações entre os quatro polos do modelo adaptado, resta-nos, então, esclarecer cada um deles à luz das informações encontradas na literatura consultada. Salientamos, também que esse novo olhar sobre o modelo S.A.C.I. nos permitiu compreender de maneira mais clara as particularidades dos elementos que escolhemos como polos do modelo adaptado, bem como as interações que o modelo escolhido nos permite investigar. Vale ainda citar que estas relações constituíram as categorias de análise desta pesquisa (Ver detalhes no Capítulo 3).

2.4.1 O polo sujeito da atividade (S): aluno cego

O polo do sujeito da atividade foi representado pelo aluno cego (S). Assim, é importante compreender quem é considerado assim.

Conforme o boletim da World Health Organization (1995), os graus de visão abrangem um amplo espectro de possibilidades que vai da cegueira total

até a visão perfeita ou total. Surge, neste contexto, o termo deficiência visual que de acordo com o PCN: AC (BRASIL, 1998a), é a redução ou perda total da capacidade de ver com o melhor olho e após a melhor correção ótica. Manifesta-se como cegueira e visão reduzida ou baixa visão. Este documento explicita que é considerado como cego a pessoa que enxerga a 20 pés de distância aquilo que uma pessoa normal enxerga a 200 pés. O documento complementa que é considerado cego o aluno que necessita do método Braille como meio de leitura e escrita, além de outros recursos didáticos e equipamentos especiais para sua educação.

Buscando o conceito de outros teóricos, temos Amiralian (1997), citado por Ventorini (2007, p. 21), que explana que “cegos são aqueles que não conseguem ler o Braille por meio da visão, e para quem o tato, o olfato e a sensibilidade cutânea (sentidos cujos receptores se encontram situados na pele) são os sentidos primordiais na apreensão do mundo externo”.

Sabemos que a cegueira pode ser congênita ou adquirida. A cegueira congênita, segundo Ochaita e Espinosa (2004), produz diversos efeitos no desenvolvimento e na aprendizagem dos indivíduos que a possuem. Elucidam estas autoras que alguns desses efeitos são sentidos na parte orgânica, como por exemplo, dificuldades severas envolvendo a locomoção, a orientação espacial a movimentação, a interação com o ambiente e o acesso à informação.

É importante também citar que os bebês nesta situação, conforme as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (BRASIL, 2001), devem ser atendidos em programas de intervenção precoce a fim de que se minimize os efeitos da incapacidade visual. De acordo com esse documento, no processo ensino e aprendizagem de crianças cegas em idade escolar deve-se levar em consideração, entre outras orientações, a comunicação a partir do sistema Braille, materiais especiais, livros, atividades da vida diária (AVD) e a locomoção (Orientação e Mobilidade).

Em referência à cegueira adquirida, os Cadernos da TV Escola (BRASIL, 2000b) informam que o individuo que nasce com o sentido da visão, perdendo-o mais tarde, guarda memórias visuais, quer dizer, consegue lembrar-se das imagens, luzes e cores que conheceu e isso é muito útil para sua readaptação.

Carrol (1968) e Ponchillia (1996) asseveram que a cegueira adquirida na adolescência ou na idade adulta acarreta diversas limitações para esses indivíduos e, nesse caso, as perdas devem ser analisadas a partir de suas histórias de vida. Conferem esses autores que estas limitações podem envolver: segurança psicológica, integridade física, cognição e sentidos remanescentes, processos perceptivos, habilidades básicas, mobilidade independente, atividades da vida diária e auto estima, entre outras questões pessoais. Elas sugerem que esses indivíduos sejam atendidos nos programas de reabilitação, além do atendimento escolar com os apoios especializados.

Abrimos um parêntese para elucidar que é neste grupo, de sujeitos portadores de cegueira adquirida, que se inserem os alunos que foram sujeitos de pesquisa desta tese. Conforme já anunciado, eles são todos portadores de cegueira adquirida na adolescência, ou na fase adulta, e adquiriram-na por motivos diversos. Esses indivíduos serão mais bem caracterizados no Capítulo 3, quando traçaremos o perfil dos alunos, expondo fatos de suas histórias de vida.

Prosseguindo nossas reflexões sobre as condições do sujeito cego, Ochaíta e Espinosa (2004) consideram que o sistema háptico, ou tato ativo, é o principal sistema perceptivo utilizado pelo cego para processar informações. Elas informam também que, a partir deste sistema, a informação é buscada de forma intencional, diferentemente do tato passivo, no qual a informação é recebida de forma não intencional/passiva, contando somente com os receptores da pele e dos tecidos subjacentes.

Sobre o tato, o PCN: AC (BRASIL, 1998a) salienta que este permite analisar um objeto de forma parcelada e gradual, diferente da visão, que é sintética e globalizada. Este documento expõe, ainda, que as informações parciais fornecidas pelo tato precisam ser integradas para que o sujeito chegue a uma conclusão global.

De acordo com os Cadernos da TV Escola do MEC (BRASIL, 2000b), além do tato os cegos precisam recorrer a outros sistemas-guia. Por isso, ao manusear os objetos, eles utilizam formas curvas e esquinas, aproveitam pistas olfativas ou auditivas. Esses cadernos também salientam que a visão é o sistema guia mais

poderoso que há, mas os que o utilizam, geralmente se orientam no espaço sem consciência.

No âmbito dessas discussões, o Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a) informa que, apesar das diferenças existentes entre o sistema guia de videntes e o de cegos, ambos têm as mesmas condições para aprender e acompanhar os conteúdos matemáticos, contanto que sejam feitas as devidas adaptações quanto às representações gráficas e aos recursos didáticos.

Essa ideia corrobora as de Vygotsky²⁷ (1998), que defende que a criança que porta alguma deficiência tem potencial para um desenvolvimento normal. Para tanto é preciso que ela seja orientada para a superação da cegueira e para a normalidade e saúde, e não para a insuficiência da enfermidade, pois só lhe falta um órgão ou um analisador.

Vale lembrar que os pesquisadores Feronato (2002), Fernandes (2004; 2008a) e Adrezzo (2005) também afirmam este princípio, conforme explicitamos no Capítulo 1, quando tratamos sobre seus estudos.

Na esfera desta discussão o PCN:AC (BRASIL, 1998a) expõe que a percepção de um objeto é um processo único em cada sujeito e tudo depende do sentido que ele dá ao que vê ou toca; a percepção se constrói pelo uso de diversos canais perceptivos e, no caso do cego, pelo tato e pelos demais sentidos perceptivos (audição, olfato, paladar e cinestesia).

Voltando nosso olhar para as orientações no campo pedagógico, Ventorini (2007, p. 37) postula que a “estimulação deve ser realizada com o manuseio de diversos objetos de texturas, tamanhos e formas distintas e adequadas à inspeção, por meio do tato e também do grau de maturação da pessoa”. Para ela, quando o trabalho envolver a sensibilidade tátil deve-se utilizar: (i) texturas que sejam agradáveis ao toque, que não ofereçam risco de acidentes, como objetos quentes, cortantes, ásperos, dentre outros; (ii) tamanhos e formas adequados ao tato e ao objetivo das atividades; (iii) com a utilização da textura, forma e tamanho adequados à exploração tátil se alcança a estética tátil. Ventorini (2007) pontua

²⁷ Vygotsky, segundo Veer e Valsiner (1996), por volta de 1896, dirigiu na União Soviética um departamento de educação de crianças deficientes. Em 1924, publicou seu primeiro trabalho na área da Defectologia ou ciência que estuda crianças surdas-mudas, cegas e deficientes mentais com vários tipos de problemas/ defeitos mentais ou físicos

que é um “erro grave considerar que todas as texturas e formas provocam sensações agradáveis e positivas” (p. 38).

2.4.2 O polo instrumento (I): maquete tátil

O polo instrumento foi representado pela maquete tátil, composta por diversos artefatos e pelas tarefas. É interessante esclarecer que nosso interesse se voltou para investigar este artefato, não obstante saibamos que durante a resolução das tarefas, o aluno pode ter lançado mão de outros artefatos físicos ou psicológicos, sendo eles perceptíveis ou não.

Sabemos que existem vários tipos de maquetes, desde as físicas manipulativas, construídas com materiais disponíveis em livrarias (papel, plástico e papelão), até as físicas virtuais, produzidas a partir do uso de um *software*, tais como o AutoCAD ou o Autodesk Revit Architecture. Além disso, elas podem ser desenvolvidas para uso nos mais variados campos do conhecimento (Arquitetura, Engenharia, Matemática, Geografia etc.), com vistas a atender objetivos diversos e, ainda, podem estar a serviço de pessoas cegas ou videntes.

No Brasil, a maquete, como MD, tem sido investigada por diversos pesquisadores. Entre estes, alguns têm se dedicado a pesquisar o potencial da maquete no ensino e aprendizagem de alunos DV. Merecem destaque os trabalhos de Ventorini e Freitas (2002); Reily (2004); Ventorini (2007); d’Abreu e Martins (2008); d’Abreu, Sousa, Ravaschio, Pupo e Martins (2008), Almeida e Nogueira (2009) e Griz, Carvalho e Peixoto (2009).

Segundo d’Abreu et al. (2008), do ponto de vista da implementação e do uso, a maquete pode ser classificada como informacionais ou educacionais. Ela é considerada informacional quando for construída de forma definitiva e por meio dela uma pessoa cega possa reconhecer um espaço físico acabado e que provavelmente não será alterado. Estes autores citam como exemplo a maquete tátil sonora, com sensor, da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Vale também destacar que Reily (2004) nomeia de profissional a maquete com características bastante semelhantes à citada.

Quanto à maquete de uso educacional, d'Abreu et al. (2008) explicam que é aquela construída com um propósito pedagógico e que permite constantes modificações, bem como é construída preferencialmente pelo próprio aluno. Para Reily (2004), a maquete com este objetivo é nomeada de didática.

Queremos salientar que é neste contexto das maquetes educacionais ou didáticas, que inserimos a maquete desta tese. Entendemos que ela se insere na descrição dada pelos autores acima na medida em que denota um caráter de transitoriedade, permitindo constantes adequações. Além disso, ela foi estruturada visando à aprendizagem de cbP.

No que diz respeito à construção desse artefato, os autores fazem inúmeras recomendações. Para d'Abreu et al. (2008), a atividade de construir e modificar uma maquete envolve o aprendizado de conceitos de lateralidade, proporção, distância, noção de todo e totalidade, dentre outros.

Nessa direção, Reily (2004) enfatiza que, apesar de não termos a possibilidade de criar, na escola, maquetes com grande requinte tecnológico, é possível produzir as maquetes didáticas representando espaços de interesse, voltadas para a escola inclusiva. Ela informa também que, a depender do objetivo da maquete, é preciso trabalhar as relações de tamanho e as noções de proporção. Precisa ainda ter cuidado com a precisão das medidas da escala (dependendo do nível de escolaridade do aluno), bem como com o tipo de representação de que se necessita (mais naturalista, esquemática ou abstrata). Por fim, Reily (2004) salienta que é por meio de novas estratégias, como maquetes, simulações, esquemas e modelos tridimensionais, que todos os alunos poderão organizar melhor os seus conhecimentos.

Seguindo tal ótica, Almeida (2001) defende que o uso de maquete permite ao aluno

a operação de fazer sua projeção sobre o papel e discutir essa operação do ponto de vista cartográfico, o que envolve representar em duas dimensões o espaço tridimensional, representar toda a área sob um só ponto de vista e guardar a proporcionalidade entre dois elementos representados (p. 18-19).

Complementam d'Abreu et al. (2008) que a maquete pode servir como forma inicial de representação, pois permite discutir temas como: localização, projeção ou perspectiva, proporção ou escala e simbologias. Com estas considerações entendemos que a maquete seria muito útil para a introdução de cbP da forma como propusemos nesta tese.

No âmbito das pesquisas brasileiras sobre mapas e maquetes táteis que merecem destaque, há o grupo da Cartografia Tátil do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), do Campus de Rio Claro-SP, coordenado pela Prof. Dra Maria Isabel Castreghini de Freitas. Dentre os estudos desenvolvidos por este grupo, debruçamo-nos detidamente sobre a dissertação de mestrado de Ventorini (2007) intitulada *A Experiência como Fator Determinante na Representação Espacial do Deficiente Visual*. Esta autora (2007) investigou como os DV organizavam os objetos no espaço e que estratégias usavam para construir suas representações. Ela explicita que seu trabalho focou na flexibilidade das atividades e do material tátil principalmente das maquetes. Esta pesquisadora explica que as maquetes sofreram alterações sempre que necessário, fosse pelos resultados obtidos com o manuseio ou por causa das dificuldades e necessidades expressadas pelos alunos ao longo de seu desenvolvimento e aplicação.

Os modelos de Ventorini (2007) utilizaram texturas distintas e agradáveis ao manuseio e em Braille para os alunos cegos; cores fortes e informações em escrita convencional, para os alunos com baixa visão e videntes. Ela elucida que seus artefatos foram concebidos para serem usados por pessoas cegas, com baixa visão e normo-visuais. Além disso, seus exemplares foram feitos com caixas de papelão de diversos tamanhos, placas de papelão, isopor para as curvas de nível do relevo, cortiça, feltro, papéis e tecidos de diferentes texturas e cores, tintas de cores diferentes e cola colorida.

No que se refere à escolha dos materiais, texturas e formas das maquetes, Ventorini (2007) buscou aqueles que se assemelhassem com os objetos representados, por exemplo, usou um embrorrachado com texturas irregulares para representar ruas de paralelepípedos. Nesse sentido, ela recomenda que se mantenha, na representação, as diferenças de profundidade existentes no real.

Quando se refere ao tamanho dos objetos, em que pese a falta de consenso entre os pesquisadores quanto ao tamanho ideal dos documentos tátteis, Ventorini (2007) chama atenção para as representações em dimensões muito pequenas, pois elas costumam confundir o usuário cego, que não irá conseguir percorrer com o dedo os seus contornos. Nesse caso, ela sugere o exagero vertical ou horizontal, justificando que, apesar de não desconsiderar o rigor cartográfico em um mapa para normo-visuais, o uso do exagero pode ser considerado adequado para DV. Essa pesquisadora afirma que empregou em seu trabalho um aumento vertical na representação das construções urbanas e horizontal na largura das ruas e dos rios.

A partir do que experienciou sobre o uso da maquete em seu estudo, Ventorini (2007) informa que geralmente há necessidade de explicações verbais sobre as representações e as características dos locais representados. Ela esclarece que é necessário se estudar com cuidado o tempo que o aluno precisa para a resolução das tarefas, e os sentidos utilizados por eles para a exploração das maquetes.

Ventorini (2007) é contundente ao afirmar que os tamanhos utilizados na confecção da maquete devem facilitar a leitura, respeitando as distâncias consideradas adequadas entre duas mãos para a exploração das representações. Ela complementa sugerindo que os mapas tátteis não ultrapassem muito dois palmos (40 cm aproximadamente), pois assim facilmente “podem ser distribuídos e transportados dentro de pastas e bolsas, diminuindo os riscos de danos durante o transporte” (VENTORINI, 2007, p. 75). A partir do exposto, acrescentamos que esta questão dependerá muito de uma escolha adequada da escala numérica²⁸ utilizada na construção da maquete.

Queremos enfatizar que o estudo de Ventorini (2007), ao conceber e avaliar maquetes e mapas tátteis para a área da cartografia, constitui-se um trabalho de referência para outros estudos que envolvem a construção de maquetes pela riqueza de informações que traz.

²⁸ Escala numérica é uma relação entre o desenho e o real. É representada, por exemplo, como uma fração ordinária (1/100) ou uma razão matemática (1:100). O número 1 significa a unidade na representação (1 cm) e o número 100 o tamanho real 100 cm ou seja 1 metro. Quanto menor for o denominador na fração, maior será a escala, e vice versa.

Em suma, diferentemente das concepções de maquete expostas, o que denominamos por maquete, nesta pesquisa, foi um conjunto de artefatos e tarefas. Os artefatos foram: um tabuleiro, 300 brinquedos em miniatura, de cinco tipos diferentes (60 de cada tipo), mais um carrinho, 240 cartas em EVA entre liso e atoalhado, sete colmeias para os registros e duas tampas plásticas para os sorteios, além das tarefas organizadas em quatro fichas.

Quanto às tarefas, foram organizadas em uma sequência denominada *Os Passeios Aleatórios do Jefferson* e a propusemos aos alunos cegos no ambiente manipulativo da maquete tátil. Nossas tarefas, que visaram atender aos objetivos da tese, foram adaptadas tanto da sequência *Os passeios aleatórios da Mônica*, proposta por Cazorla e Santana (2006), como foi afirmado na apresentação, como da sequência *Passeios Aleatórios da Carlinha*, de Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010). E a exemplo destas autoras, a nossa sequência também se inicia com uma situação contextualizada de visitas a amigos e, portanto, com uma situação que se aproxima da vivência e do conhecimento intuitivo do aluno.

De fato, a sequência apresentada por Cazorla e Santana (2006) foi adaptada pelas autoras, para o ensino na Escola Básica, da proposta de Fernandez e Fernandez (1999), que a indicaram para ensinar Distribuição Binomial a alunos do Ensino Superior. Estas pesquisadoras (2006) aplicaram a sequência no ambiente lápis e papel a um grupo de 150 professoras, todas videntes, agrupadas em três turmas da Educação Infantil e das séries iniciais do Ensino Fundamental, que estavam cursando, sem se afastar da sala de aula, em o 4º ano de Licenciatura Plena em Pedagogia.

No que se refere à sequência exibida por Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010), intitulada *Passeios Aleatórios da Carlinha*, esclarecemos que a mesma é a uma nova versão da sequência de Cazorla e Santana (2006), na qual suas autoras priorizaram a autonomia dos alunos, que também eram videntes, durante a resolução das tarefas. Assim, inicialmente os alunos trabalharam sem a interferência do professor, em seguida discutiram coletivamente os seus resultados e, por fim, o professor procedeu à institucionalização dos conceitos. Esta sequência foi estruturada em cinco seções que continham subtarefas realizáveis em um tempo médio de seis horas.

Estas duas sequências têm sido objeto de estudo em diversas pesquisas, entre elas: Oliveira e Cazorla (2008); Gusmão e Cazorla (2009); Nagamine, Henriques e Utsumi (2010); Nagamine, Henriques e Cazorla (2010); Cazorla e Gusmão (2010); Cazorla, Kataoka, Gonzaga (2010); Hernandez, Kataoka e Oliveira (2010); Cazorla, Gusmão e Kataoka (2011); Nagamine, Henriques, Utsumi e Cazorla (2011); Ferreira (2011). Estes estudos investigaram a aplicação destas tarefas em diversos ambientes, ou seja, bidimensional com lápis e papel ou em computador. Além disso, envolveram artefatos como calculadora, papel milimetrado, lápis de cor etc. Os sujeitos da pesquisa foram professores e ou alunos, todos videntes²⁹. Atualmente estas tarefas foram adaptadas e estão disponíveis em ambiente virtual no âmbito do Projeto AVALE-EB³⁰.

Acreditamos que nossa pesquisa possa contribuir com os estudos citados, posto que, diferentemente deles, trabalhamos com alunos cegos em ambiente tridimensional de uma maquete tátil. Entretanto, reconhecemos que os resultados apresentados pelos pesquisadores citados conferem a esta sequência certo status de validade quanto à funcionalidade, nas condições em que foram propostas por eles. Daí colhemos indícios de que poderemos concentrar as nossas preocupações na interação entre o aluno e os cbP mediada pela maquete, sem, contudo, desconsiderar a necessidade de direcionarmos também nosso olhar para as tarefas.

Quanto ao tempo oferecido para a aplicação das tarefas no período da tese, certamente foi maior que o tempo que os autores gastaram com seus sujeitos videntes, que foi em torno de seis horas. Vale lembrar as orientações dos PCN: AC (BRASIL, 1998a), de que as demandas escolares precisam ser ajustadas para favorecer a inclusão do aluno e não valorizar seu fracasso, nem centralizar em suas deficiências e limitações. Além disso, é também importante

²⁹ Na literatura consultada, encontramos como sinônimo do termo vidente as terminologias pessoas com acuidade visual, que enxerga, visão “normal” e normo-visual, entre outras. Para evitar dúvidas, optamos pelo termo vidente.

³⁰ AVALE-EB – Ambiente Virtual de Apoio ao Letramento Estatístico para a Educação Básica – Projeto de pesquisa e de geração de tecnologias da UESC, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) para o biênio 2008/2010 e pela Secretaria de Educação do Estado da Bahia a partir de 2011. Tem como objetivo desenvolver um ambiente virtual interativo (baseado na web e utilizando softwares de código aberto (por exemplo, R e Java), que disponibiliza sequências de ensino (SE) para auxiliar os professores no ensino de Probabilidade e Estatística na Educação Básica, tanto no ambiente de aprendizagem papel e lápis como no virtual.

considerar a recomendação de Ventorini (2007), a de que é necessário ter cuidado com o tempo que o aluno precisa para a resolução das tarefas

Ainda sobre a questão do tempo, Tanti (2006) aponta, ao investigar um aluno cego, que ele era muito lento para executar os cálculos e resolver as tarefas matemáticas, o que exigiu dela a repetição da leitura de cada tarefa. E, segundo esta autora (2006) a situação se agrava quando as tarefas envolviam diagrama, frações, índices, geometria, expressões algébricas. Em suma, a autora (2006) afirma que este tempo depende da habilidade do aluno com as notações matemáticas envolvidas na tarefa e a presença ou ausência de uma imagem mental adequada para elaborar, simplificar ou resolver as tarefas.

A partir dessas considerações, entendemos que, na aplicação das tarefas em nossa pesquisa, seria necessário fazer o ajuste temporal possível para que o aluno cego pudesse adquirir os conhecimentos e as habilidades que estivessem ao seu alcance, e, acima de tudo, compreender que este tempo dependeria do seu ritmo próprio ou do desenvolvimento de conhecimentos anteriores indispensáveis às novas aprendizagens.

A referida sequência, assim como as versões citadas, tiveram entre seus objetivos apresentar os cbP, que serão minuciosamente discutidos no próximo item, neste mesmo capítulo. Feito este adendo, expomos que a sequência de tarefas desta tese, diferentemente de outras versões, foi organizada em quatro fichas (F1, F2, F3 e F4). A F1, intitulada Tarefas de exploração (Princípios de usabilidade), contém nove tarefas que visaram orientar o aluno no reconhecimento tático dos artefatos da maquete, bem como serviram para coletarmos informações sobre as modificações a serem feitas nos protótipos da maquete e nas tarefas (Apêndice A). Com este direcionamento, as tarefas foram organizadas para que os alunos cegos tivessem inicialmente um contato livre com os artefatos da maquete, principalmente com o tabuleiro. Na sequência, um contato, de forma orientada pela pesquisadora, com os elementos do tabuleiro; e, por fim, um contato com as simulações de movimentos sobre o tabuleiro. Assim, informamos que os alunos cegos tiveram contatos com os caminhos e os elementos do tabuleiro, bem como fizeram simulações de sorteios antes da aplicação das tarefas.

Com esses procedimentos, visamos oportunizar ao aluno um maior domínio sobre a maquete, por entendermos que a falta de conhecimento desse instrumento, por um lado, poderia criar dificuldades para solucionar posteriormente as tarefas que envolvem os cbP; e, por outro lado, enviesar nosso entendimento quanto ao potencial da maquete para a aprendizagem de conceitos probabilísticos. É necessário, ainda, registrar que as tarefas da F1 foram organizadas especificamente para esta tese, pois na pesquisa de Cazorla e Santana (2006) e Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010) as professoras e os alunos videntes não tiveram contato com o material da sequência antes de sua aplicação.

Já as três outras fichas, isto é, a F2, F3 e F4, contêm as tarefas adaptadas, como dito, diretamente das sequências de Cazorla e Santana (2006) e por Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010). A F2 contém as Tarefas de contextualização, experimentação aleatória e representação gráfica (Apêndice B). Esta ficha, além de uma história, contém dez tarefas envolvendo diversos cbP. Na estruturação destas tarefas, mantivemos a ordem proposta pelas autoras (2010) sem, contudo, nos preocuparmos com o número de seções ou encontros necessários para sua aplicação com a cada um dos alunos. Assim, na aplicação da F2 a pesquisadora lerá a seguinte História:

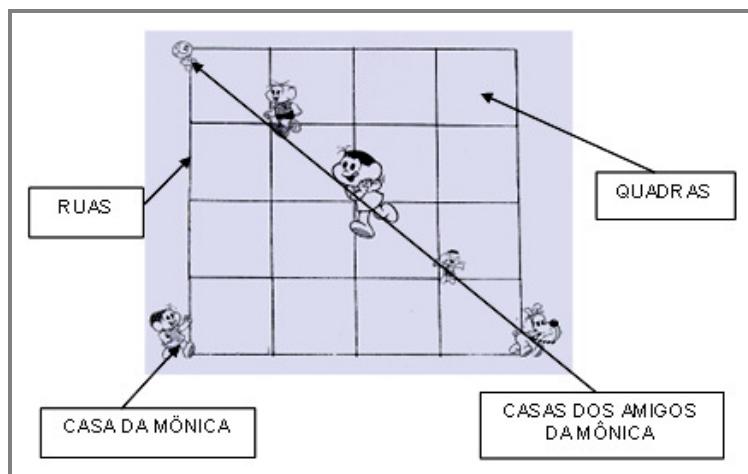
O Jefferson e seus amigos moram no mesmo bairro (Figura 2.5). A distância da casa de Jefferson para a casa de Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida é de quatro quarteirões. Jefferson costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem pré-estabelecida: segunda-feira, Luana; terça-feira, Marcos; quarta-feira, Peter; quinta-feira, Orlando e sexta-feira, Aida. Para tornar mais emocionantes os encontros, a turma combinou que a sorte escolhesse o amigo a ser visitado por Jefferson. Para isso, na saída de sua casa e a cada cruzamento, Jefferson deve sortear uma das duas tampas; se sair atoalhado, andará um quarteirão para o Norte, se sair liso, um quarteirão para o Leste. Cada jogada representa um quarteirão de percurso com a parada obrigatória na faixa de pedestre. Jefferson deve sortear quatro vezes as tampas para chegar à casa de um dos amigos.

Figura 2.5 - Bairro da sequência *Os Passeios Aleatórios do Jefferson*



O bairro onde moram os personagens da história, isto é Jefferson e seus cinco amigos, está representado pelo tabuleiro da maquete. As casas dos amigos ficam nas quadras localizadas na diagonal do quadrado da base do tabuleiro, enquanto a casa do Jefferson fica situada na quadra da primeira linha de baixo para cima e na primeira coluna da esquerda para a direita. Conforme observamos, os caminhos são representados pelas ruas cobertas por EVA preto liso, as quadras cobertas com verde atoalhado e os passeios em cinza liso. A cada cruzamento encontra-se uma faixa de pedestre em alto relevo que indica parada obrigatória a cada sorteio. Para que o leitor entenda a adaptação que desenvolvemos visando atender às tarefas que abordam os cbP, exibimos, na Figura 2.6, um cartaz com bairro em forma de um quadrado que Cazorla e Santana (2006) apresentaram às professoras.

Figura 2.6 - Detalhes do cartaz da sequência *Os Passeios Aleatórios da Mônica*



Fonte: Cazorla e Santana (2006).

Após ouvirem a leitura da história, os alunos deveriam informar sobre a diferença entre experimento determinístico³¹ e aleatório. Na sequência, eles manusearão a maquete para solucionar as tarefas que envolverão um experimento de 30 visitas, ou seja, 120 sorteios. Estes sorteios serão feitos utilizando duas tampas plásticas, ao invés de uma moeda. As tampas contêm em seu verso EVA atoalhado que, ao ser sorteada, indica movimento para o Norte, e a outra, com EVA liso, que indica movimento para o Leste (Figura 2.7).

Figura 2.7 - Tampas para sorteio



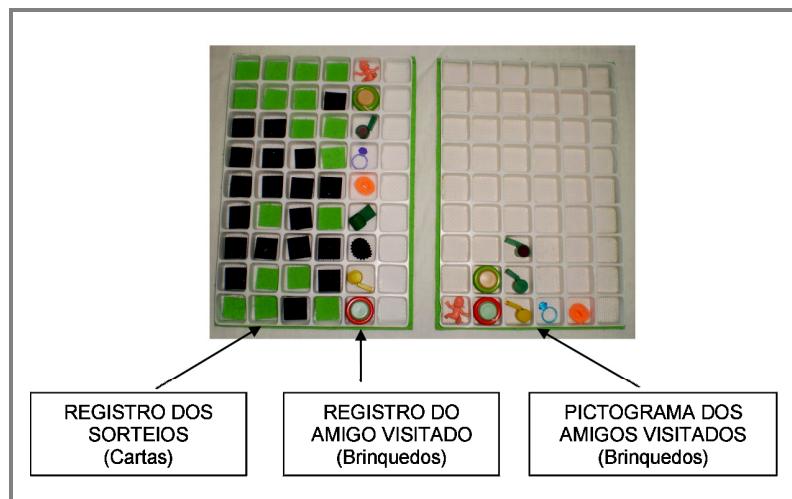
Para determinar o amigo a ser visitado, os alunos fariam os quatro sorteios. A cada sorteio, a pesquisadora misturará as tampas, e os próprios alunos sorteariam uma delas e com o tato farão a leitura da tampa sorteada. Em seguida, os alunos movimentarão o carrinho parando na faixa de pedestre de acordo com o caminho sorteado. Finalmente, após realizarem esse movimento quatro vezes, chegarão à casa de um dos amigos e receberiam um presente do amigo visitado. Após esses procedimentos, os alunos farão os registros, utilizando os artefatos (cartas, brinquedos e colmeia) que foram adaptados com este fim. Para registrar os sorteios, utilizariam as cartas em EVA atoalhado (movimento para o Norte) e liso (movimento para o Leste) e, para o registro das visitas, eles utilizariam o brinquedo referente a cada amigo. Na sequência, representariam o resultado de todos os sorteios em um gráfico pictórico³² utilizando somente os brinquedos e a colmeia. Os artefatos, os referidos registros e o pictograma estão apresentados

³¹ Ressalta-se que no contexto da sequência Passeios Aleatórios da Mônica (CAZORLA e SANTANA, 2006) tem sido utilizado o termo experimento determinístico, mas de fato se referindo a uma situação determinística, já que a visita dos amigos em dias pré-estabelecidos não caracteriza um experimento. Nesta tese utilizaremos esse termo conforme as autoras citadas.

³² O gráfico pictograma, para Cazorla e Oliveira (2010), é uma representação icônica, na qual se utiliza ícones ou símbolos que representam o objeto em estudo. Além disso, informam que o uso deste gráfico é importante quando se trabalha com crianças pequenas ou com alunos que ainda não conhecem o plano cartesiano.

na Figura 2.8. Kataoka e Hernandez (2010) recomendam utilizar o este gráfico pictograma quando a variável oferece poucas categorias e o número de observações é pequeno, podendo-se utilizar a escala unitária³³. Estes autores (2010) sugerem também “para a construção na lousa ou na cartolina, utilizar desenhos em cartolina, EVA ou adesivos comprados em papelaria” (2010, p. 30).

Figura 2.8 - Artefatos de registro



Para finalizar estas tarefas, os alunos deverão comparar seus resultados com o de outro colega. Salientamos que os detalhes das adaptações dos artefatos (cartas, brinquedos e colmeias) para atender a função de registro estão expostos, detalhadamente, no Capítulo 3.

Cazorla e Santana (2006), na aplicação das tarefas, propuseram às professoras que sorteassem uma moeda, sendo que cara indicaria movimento para o Norte, e coroa, para o Leste. Na sequência, que registrassem os resultados de seus experimentos com lápis e papel e representassem com gráfico de barras em papel milimetrado ou quadriculado e, por fim, que comparassem seus resultados com os de outros colegas e discutissem sobre eles.

Apesar do nosso estudo e os dessas autoras utilizarem representações gráficas diferentes, seguem o princípio proposto por Kataoka e Hernandez (2010, p. 42), o de que a “função dos gráficos é desvendar em um golpe de vista as características mais relevantes dos dados”, e a recomendação de Cazorla e

³³ Na escala unitária se utiliza um ícone, um símbolo ou um quadradinho do papel quadriculado, isto é, uma unidade, para representar uma observação (CAZORLA e OLIVEIRA, 2010, p. 128).

Oliveira (2010), de que o próprio aluno construa seus gráficos à mão para que eles aprendam a escolher os eixos, calibrar a escala e explicar os diversos componentes que os constituem. Portanto, visamos com o registro gráfico, oferecer ao aluno cego a oportunidade de encontrar outros elementos que o auxiliassem a compreender melhor os resultados obtidos nas tarefas e, além disso, pudesse ser executado por ele mesmo.

Nesta pesquisa, os dados relativos à estimação das probabilidades de visita de cada amigo, por meio da frequência relativa, serão registrados na Tabela de Distribuição de Frequência - TDF (Figura 2.9).

Figura 2.9 - Tabela de Distribuição de Frequência - TDF³⁴

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4
Variável (X_i)	Contagem	Freqüência absoluta (n_i)	Freqüência relativa (f_i)
x_1		n_1	$f_1 = n_1/n$
x_2		n_2	$f_2 = n_2/n$
...	
x_k		n_k	$f_k = n_k/n$
Total		n	1,00

Fonte: Adaptado de Cazorla e Oliveira (2010, p. 127).

O aluno cego faria seus cálculos mentalmente e com o auxílio da pesquisadora, enquanto esta registrará os resultados dos cálculos na tabela.

Organizamos, na F3, as tarefas que envolvem a construção da árvore de possibilidades e a sua representação gráfica (Apêndice C). Ressalta-se que na nossa sequência o termo “árvore de possibilidades” está sendo utilizada referindo-se apenas ao quarto ramo (final) da árvore³⁵ do estudo de Cazorla e Santana

³⁴ Na TDF, os dados são organizados a partir das variáveis (coluna 1) ou da contagem dos resultados (coluna 2). Para organizar os dados nas colunas 3 e 4 é preciso discutir sobre a freqüência absoluta e relativa. Cazorla e Oliveira (2010) informam que a freqüência absoluta (n_i) é o resultado da contagem do número de casos em cada categoria, valor ou faixa (coluna 3); enquanto a freqüência relativa (f_i) é o quociente entre a freqüência absoluta e o número total de dados, expressa em decimais (coluna 4).

³⁵ No caso do estudo de Cazorla e Santana (2006), no lançamento de uma moeda 4 vezes, o primeiro ramo da árvore de possibilidades representa o primeiro lançamento, com os dois possíveis eventos, cara (C) ou coroa (X); o segundo ramo a união dos eventos do primeiro com os do segundo lançamento, é assim sucessivamente. No quarto ramo (final), teremos representado os 16 eventos possíveis, associados aos nomes dos amigos visitados. Fazendo um paralelo com a tese, não era moeda, era uma ficha, em que cara era a ficha com textura atoalhada e coroa com a lisa, além disso, o nome do amigo estava associado a um tipo de presente.

(2006), uma vez que os alunos registrarão todos os caminhos possíveis para visitar cada um dos amigos utilizando as cartas, a colmeia e os brinquedos, nos mesmos moldes que procederão com as tarefas da Ficha 2.

Em seguida, os alunos representarão, por meio do pictograma, os caminhos e serão incentivados a calcular as probabilidades teóricas a partir do registro em uma TDF. Nesse sentido, os alunos, com a ajuda da pesquisadora, sistematizaria os resultados procedendo de forma semelhante ao que fizeram com as tarefas da F2.

É preciso, ainda exibir que, assim como na sequência Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010), propusemos aos alunos, como tarefa-chave, responder ao seguinte questionamento: Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Esta tarefa é repetida em quatro momentos, na F2, antes da experimentação aleatória, antes da sistematização dos resultados na TDF, depois da TDF, e na F3, depois da representação das possibilidades. Com ela procuraremos saber a interferência da experimentação ou da árvore de possibilidades na solução encontrada pelo aluno, em outras palavras, se isto o levará a perceber que as probabilidades de visita aos amigos não são iguais.

Já as tarefas da F4 visam à Comparação das formas de atribuir probabilidades (Apêndice D). Com essas tarefas, os alunos deverão comparar as estimativas encontradas, ou seja, as frequências relativas com as probabilidades teóricas e informar qual delas eles considerarão como a mais correta. Com este procedimento, eles confrontarão os resultados observados (experimento aleatório) e os resultados esperados (modelo teórico) e poderão verificar que não são obrigatoriamente iguais. Para observar melhor esses padrões, Cazorla e Santana (2006, p. 54) sugeriram às professoras que organizassem os resultados de todos os experimentos em um único gráfico de barras, em papel milimetrado ou quadriculado. Com isto, puderam comparar os resultados observados e os esperados em relação a todos os grupos, ressaltando aqueles que se aproximaram ou se afastaram do esperado.

Procurando evitar repetições, deixaremos a exposição dos detalhes da aplicação de cada ficha para o Capítulo 3, no qual trataremos dos procedimentos metodológicos.

Portanto, a estruturação definitiva da maquete (artefatos e tarefas) é fruto de um processo de concepção e construção de cinco protótipos ou modelos descritos no Capítulo 3.

2.4.3 O polo objeto de estudo (O): os conceitos básicos de Probabilidade

Nesta subseção, descrevemos os conceitos básicos de Probabilidade (cbP) que compõem o polo do objeto (O) no modelo adaptado, buscando seguir a ordem de aplicação das tarefas. Iniciamos apresentando algumas reflexões sobre o ensino e a aprendizagem dos cbP, expondo como esse objeto matemático foi tratado nesta tese. Vale lembrar que tratamos, na subseção anterior (2.4.2), do pictograma e da TDF aproveitando a dinâmica da descrição das tarefas.

Os PCN do Ensino Fundamental, no bloco de conteúdo Tratamento da Informação (BRASIL, 1997, 1998b) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio no eixo temático Análise de Dados (BRASIL, 2006b), recomendam que conceitos probabilísticos devem ser ensinados, na Escola Básica, como um conjunto de ideias e procedimentos que permitem aplicar a Matemática em questões do mundo real. Mais especificamente, verificamos que, nos objetivos preconizados nos PCN para o ensino desse tópico no Ensino Fundamental (BRASIL, 1997, 1998b), cabe aos professores proporcionar aos alunos situações através das quais eles possam compreender que existem vários acontecimentos do cotidiano que são de natureza aleatória³⁶; realizar experimentos³⁷ e observar eventos³⁸, em espaços equiprováveis³⁹, permitindo que as noções de acaso⁴⁰ e incerteza possam se manifestar intuitivamente; além disso, fazer com que o aluno represente e conte, por meio de tabelas e/ou diagrama da árvore, os casos

³⁶ “Um fenômeno que tem resultados individuais incertos, mas tem um padrão de regularidade nos resultados em muitas repetições é chamado de aleatório. Aleatório não é sinônimo para azar, mas a descrição de um tipo de ordem diferente da determinística” (MOORE, 1990 apud WATSON, 2006).

³⁷ Segundo Dantas citado por Cazorla e Oliveira (2010, p. 118), “experimento é um ensaio científico destinado à verificação de um fenômeno realizado sob condições controladas, frequentemente fundamentado em hipóteses”.

³⁸ De acordo com Cazorla e Santana (2006, p. 47), evento “é todo resultado ou subconjunto de resultados de um experimento”.

³⁹ Eventos equiprováveis são aqueles que têm a mesma probabilidade de ocorrência.

⁴⁰ O termo acaso está associado ao conjunto de pequenas causas independentes entre si, que se prendem a leis ignoradas ou mal conhecidas, e que determinam um evento qualquer; acontecimento fortuito, fato imprevisto, causalidade; caráter de acontecimento improvável com relação às coisas que o determinaram.

possíveis em situações combinatórias; construa o espaço amostral⁴¹ em situações como lançamento de dados, moedas, indicando a possibilidade de sucesso de um evento pelo uso de uma razão.

Para o Ensino Médio, os objetivos propostos pelo PCN para o ensino de probabilidade são:

[...] fazer com que o aluno comprehenda que a probabilidade⁴² é uma medida de incerteza, que os modelos são úteis para simular eventos, para estimar probabilidades, e que algumas vezes nossas intuições são incorretas e podem nos levar a uma conclusão equivocada no que se refere à probabilidade e à chance⁴³.

[...] fazer com que o aluno, nas situações e nas experiências aleatórias, aprenda a descrevê-las em termos de eventualidades, associá-las a um conjunto de eventos elementares e representá-las de forma esquemática.

[...] fazer com que o aluno domine a linguagem de eventos, levante hipóteses de equiprobabilidade, associe a estatística dos resultados observados e as freqüências dos eventos correspondentes, e utilize a estatística de tais freqüências para estimar a probabilidade de um evento dado (BRASIL, 2006b, p. 79-80).

Apesar de não termos encontrado, nos documentos oficiais brasileiros, orientações curriculares específicas para o ensino de cbP a alunos cegos, acreditamos que o preconizado possa ser adequado a esse tipo de aluno. Essa nossa ponderação, em parte, está baseada em nossa avaliação do material do Departamento de Educação do Estado da Califórnia (DEC), no que se refere à similaridade dos tópicos de Probabilidade que devem ser abordados na Escola Básica com alunos cegos desse Estado. Nesse material do DEC, o que chama nossa atenção é a indicação para a sumarização dos resultados de um

⁴¹ “Espaço amostral é o conjunto de todos os possíveis resultados ou eventos” (CAZORLA e SANTANA, 2006, p. 46).

⁴² No nosso estudo, a palavra “probabilidade” foi utilizada com a letra inicial minúscula quando nos referirmos a “medida associada a ocorrência de eventos aleatórios, sendo que o valor mínimo possível seria zero, quando o evento não poderia ocorrer, e o valor máximo um, quando o evento coincidisse com todos os eventos do espaço amostral” (CAZORLA e SANTANA, 2006, p. 47).

⁴³ Para Watson (2006, p. 128), “muitos documentos curriculares adotam como uma aproximação da probabilidade o termo chance, para distinguir aspectos mais intuitivos e experimentais deste tópico do estudo da probabilidade teórica baseada nos espaços amostrais”.

experimento probabilístico utilizando representações táteis em código Braille, tais como gráficos de barra, diagrama da árvore, pictogramas e tabelas (CDE, 2006).

Quanto às pesquisas sobre o ensino de Probabilidade, por exemplo, Coutinho (2001), Batanero e Godino (2002), apontam que para o desenvolvimento do raciocínio probabilístico, é importante que o aluno vivencie a percepção do acaso, ideia de experiência aleatória e noção de probabilidade. Em consonância com essas ideias, Lopes (2003), Kataoka, Rodrigues e Oliveira (2007) afirmam que é desejável que o professor aborde os conceitos probabilísticos por meio de atividades em que os alunos possam realizar experimentos e observar os eventos, promovendo a manifestação intuitiva do acaso e da incerteza, construindo, a partir desses resultados, métodos matemáticos para o estudo de tais fenômenos.

Na tese, os cbP envolveram espaço amostral, eventos, probabilidade de eventos simples, diferenças entre experimento determinístico⁴⁴ e aleatório⁴⁵, estimativa de probabilidades por meio da frequênciaria relativa, cálculo da probabilidade teórica a partir da árvore de possibilidades⁴⁶, análise de padrões observados e esperados, bem como construção de tabelas simples e gráficos.

Apesar de propormos os mesmos conceitos que também foram objeto de estudo em outras versões da sequência desenvolvida por Cazorla e Santana (2006), Cazorla, Kataoka, Nagamine (2010), citadas na subseção 2.4.2 deste mesmo capítulo, para que estas tarefas fossem aplicadas a alunos cegos fizemos várias adaptações visando adequá-las às características físicas destes alunos no ambiente da maquete tátil. Queremos deixar registrado que na aplicação da nossa sequência de tarefas, a pesquisadora e cada aluno, individualmente, permaneceram em contato todo o tempo, pois as tarefas foram lidas pela pesquisadora enquanto o aluno, em contato com a maquete, buscava realizar as tarefas.

⁴⁴ Para Cazorla e Oliveira (2010), experimento determinístico é aquele que, ao ser repetido nas mesmas condições conduzem ao mesmo resultado. Nas palavras de Vendramini e Magina (2010, p. 95), neste experimento “conhecemos o seu comportamento e podemos prever com certeza o seu resultado”.

⁴⁵ Experimento aleatório ou probabilístico “é aquele que, repetido nas mesmas condições, não produz o mesmo resultado” (CAZORLA; OLIVEIRA, 2010, p. 118). Em outras palavras, com eles “não sabemos previamente o que vai ocorrer ou qual será o resultado” (VENDRAMINI; MAGINA, 2010, p. 95).

⁴⁶ A árvore de possibilidades é um tipo de representação gráfica que mostra todos os eventos possíveis de um fenômeno aleatório.

Quanto ao ensino e à aprendizagem de cbP envolvendo alunos cegos, encontramos, no estudo de Tanti (2006) intitulado *Ensinoando Matemática a um aluno cego – um estudo de caso*, inúmeras informações para complementar as especificações necessárias para a construção dos protótipos, além de diversos procedimentos pedagógicos para a adaptação das tarefas às características físicas do aluno e sua aplicação no Estudo Piloto e Principal.

A referida autora inicialmente apresentou uma visão global da educação inclusiva na República de Malta (arquipélago localizado no Mar Mediterrâneo, ao sul da Sicília), cuja política é de responsabilidade da escola e do professor. Para ela, parece haver um abismo entre a política da inclusão e a realidade em que estas escolas estão operando, falta um ambiente estimulante à aprendizagem dos alunos cegos e são escassos os recursos e os materiais apropriados que os ajudem a aprender a Matemática. Além disso, existe uma carência de professores treinados para ensinar e avaliar a aprendizagem deles.

Esta autora considera que, no inicio da escolaridade, a Matemática deve ser prática e relacionada com as atividades diárias dos alunos, porém com o avanço dos conceitos, ela se torna mais representacional. Nessa ótica, Tanti (2006) pondera que os alunos cegos são exímios na aritmética mental, no entanto, muitas vezes sentem dificuldade nos cálculos demasiados longos ou complicados, por isso poucos conseguem chegar a um nível de conhecimento matemático mais avançado. Para ela, é possível alcançar melhor resultado dando ênfase às experiências concretas. Apesar de a Matemática ser muito abstrata, é preciso oferecer instruções apropriadas que envolvam o maior número de experiências táteis.

Neste contexto desafiador, Tanti (2006) realizou um estudo no qual elaborou e desenvolveu um esquema de ensino voltado para preparar um aluno cego, de 34 anos, para o exame de ingresso ao nível secundário de educação. No citado estudo, ela discute as contribuições desta proposta e as estratégias utilizadas pelo aluno para aprender os conceitos matemáticos a partir das dinâmicas contidas no esquema. A autora utilizou o construtivismo como modelo de aprendizagem, visando facilitar para o aluno a compreensão dos conceitos presentes em situações práticas, pois segundo ela, a aprendizagem eficaz da

Matemática não decorre da habilidade de recordar fatos por memorização, mas acontece quando os alunos podem usar seu conhecimento prévio.

Tanti (2006) enfatiza que a habilidade dos alunos cegos para compreender determinados conceitos é extremamente influenciada pelo tipo de cegueira, isto é, se ela é congênita ou adquirida. A perda recente da visão mantém alguma experiência dos objetos e o aluno pode extrair imagens visuais em suas memórias. Com este entendimento, ela recomenda que a estrutura Matemática seja adaptada às necessidades particulares dos alunos, pois na tentativa de memorizar o símbolo, sem visualizá-lo, eles passam a temer esta disciplina, resultando disso a falta de habilidade para ler e escrever os símbolos matemáticos.

Confome descreve Tanti (2006), o esquema foi ministrado durante oito meses por meio de lições individuais envolvendo os conteúdos matemáticos das quatro áreas de estudo do currículo maltês, a saber: Aritmética, Álgebra, Geometria e Manipulação de Dados.

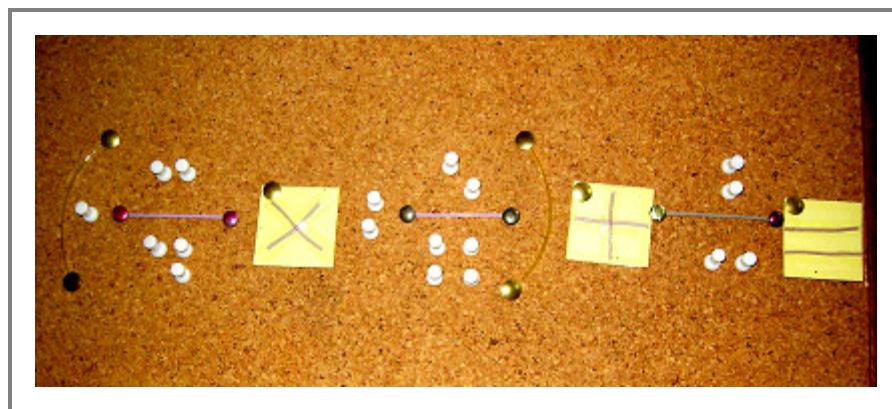
As tarefas da área denominada Manipulação de Dados envolveram os tópicos Probabilidade e Estatística. A maior parte destes tópicos tratou de conceitos presentes no dia a dia do aluno, podendo, assim, ser elaborados mentalmente por ele. A probabilidade foi tratada como possibilidade de um evento ocorrer. Para facilitar o registro dos resultados possíveis, o aluno fez a leitura tátil dos resultados, informou oralmente, enquanto a pesquisadora os escrevia no papel evitando, assim, que o aluno escrevesse todos os resultados em Braille. Este procedimento, segundo ela, foi o menos demorado e, portanto o mais apropriado para o ensino e para o exame.

Segundo Tanti (2006), a cegueira é, certamente, um prejuízo sensorial, portanto é preciso um melhor uso dos sentidos não visuais, no caso em questão, a audição e o toque. Ela expõe que termos simples como o “lá, aqui, levantar, sentar”, que envolvem mais ou menos os sentidos, podem permanecer vagos se não forem empreendidos os esforços necessários para desenvolver o entendimento destes termos a partir da experiência tátil. Prosseguindo, ela explica que é difícil, para um aluno cego, aprender sobre tamanho, peso, comprimento, além de conceitos espaciais, como propriedades de formas diferentes (bi ou

tridimensionais), diferentes ângulos e, além disso, salienta que a construção geométrica exata é impossível. Expõe ela (2006), ainda, que durante a resolução das tarefas, o aluno confundiu, com certa frequência, os termos “moda, mediana, média e as escalas”, o que pareceu ser apenas fruto do desconhecimento destas terminologias.

Assim como as pesquisas discutidas no Capítulo 1, o esquema de Tanti (2006) também utilizou ou adaptou inúmeros materiais e, em particular, incluiu o uso do Braille ainda que este não fosse suficiente para representar as operações mais complexas da Matemática. Entre os materiais, fez uso de artefatos não-tecnológicos e tecnológicos de baixo custo como: régua, compasso e estilete com rodas de dente reto, papel gravado em Braille, com fileiras e colunas de linhas de grade com os pontos representados em alto relevo, gravadores, ábaco de Cranmer, softwares, entre outros. No entanto, a ferramenta básica mais utilizada durante todo o estudo e o exame foi uma placa da cortiça de 60 cm x 40 cm (Figura 2.10).

Figura 2.10 - Placa de cortiça

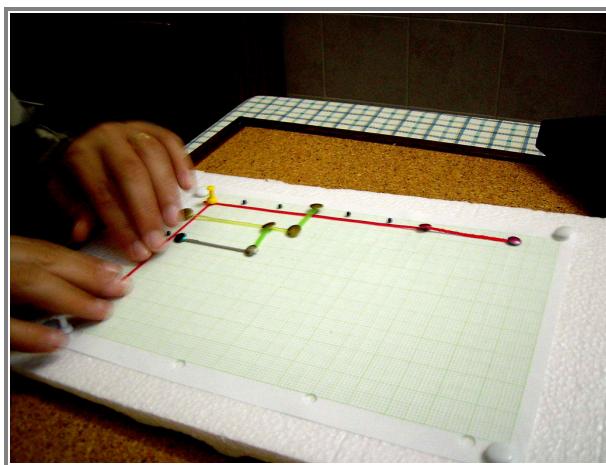


Fonte: Tanti (2006, p. 54).

Tanti (2006) apresenta que o aluno demonstrou facilidade para lidar com esta placa utilizando quatro tipos de pinos, letras e números em Braille, e que a placa adaptada cobriu uma lacuna existente, qual seja, a falta de um método padronizado nas escolas. Ela mostra, ainda, que as lições foram abordadas por meio de tarefas transcritas para o Braille e, durante a aplicação ela leu os sinais matemáticos visando à compreensão do aluno, repetiu constantemente as idéias-chave e o monitorou sem interrompê-lo. Além disso, ela expôs que não priorizou a

memorização dos conteúdos, mas incentivou a construção de gráficos, dentre os quais o aluno demonstrou muita dificuldade na construção do gráfico de setores circulares, e mais habilidade no gráfico de barras, no qual ele colocou fios perpendiculares aos eixos e etiquetou as escalas conforme a Figura 2.11.

Figura 2.11 - Aluno construindo gráfico de barras⁴⁷.



Fonte: Tanti (2006, p. 89).

Tanti (2006) expõe que sempre que preciso, ela ajudou o aluno nas construções gráficas feitas pelo aluno, como, por exemplo, na do gráfico de barras em que ela colocou a régua na linha de grade apropriada de modo que o resultado desejável fosse obtido. Ela afirma que sua participação foi além da função de pesquisadora, tendo atuado também como professora, observadora e leitora⁴⁸. Para nós, sua participação mediadora entre o aluno e os conceitos matemáticos trabalhados foi fundamental para a aprendizagem dele.

Entre seus resultados, Tanti (2006) defende que o esquema de ensino, de modo geral, proporcionou uma experiência muito positiva, seja pelo depoimento do aluno ao afirmar que este esquema o auxiliou no estudo e na compreensão dos elementos significativos da Matemática, seja a partir dos resultados dele no exame, indicando sua condição satisfatória para a aprendizagem da Matemática e acesso ao nível secundário de educação.

⁴⁷ Salientamos que, no gráfico de barras apresentado por Tanti (2006), as barras estão contíguas, mas, de fato, neste tipo de representação gráfica, as barras devem ficar separadas, para não caracterizá-lo como um histograma.

⁴⁸ De acordo com Silva (2007) leitor é aquela pessoa “que lê para as pessoas com deficiência visual” (p. 2).

Ela conclui que os cegos principiantes podem seguir as instruções dadas durante uma lição, mas é importante a presença de um facilitador para auxiliá-lo. Além disso, ponderou que, no ensino de Matemática, é imprescindível o uso correto dos artefatos, as instruções e a avaliação satisfatórias para que eles executem as tarefas. Em suma, expôs que o método de ensino pode ser o mesmo para cegos e videntes, mas são necessários ajustes apropriados para promover o acesso dos alunos cegos ao conhecimento.

Além das diversas pesquisas que trouxemos à baila nesta subseção, encontramos, também, no Modelo de Letramento Probabilístico de Gal (2005), elementos para fundamentar a concepção de Probabilidade adotada nesta tese. Para Gal (2005), o sujeito letrado em Probabilidade possui habilidades básicas, formais ou informais, que lhe possibilitam ler e interpretar informações probabilísticas presentes em seu dia a dia e, a partir daí, tomar decisões.

O modelo para o desenvolvimento do letramento probabilístico proposto por Gal (2005) é composto por três elementos disposicionais: postura crítica, crenças e atitudes, e também os sentimentos pessoais de incerteza e risco (que não serão tratados em nosso estudo) e por cinco elementos cognitivos: abordagem de grandes tópicos, cálculos probabilísticos, linguagem, contexto e perguntas críticas. Os elementos cognitivos desse modelo são descritos a seguir:

MODELO DE LETRAMENTO PROBABILÍSTICO

1. ABORDAGEM DE GRANDES TÓPICOS – Esta abordagem possibilita aos alunos se familiarizarem, entre outros tópicos, com variação, aleatoriedade, independência, previsão e incerteza. Permite que eles desenvolvam um conhecimento crítico quanto à representação, interpretação e implicações das afirmações probabilísticas. Além disso, utilizar situações familiares pode levá-los a compreender intuitivamente a natureza abstrata desses tópicos que, muitas vezes, não pode ser completamente explicitada por notações técnicas.

2. CÁLCULOS PROBABILÍSTICOS – Os alunos precisam se familiarizar com os diferentes cálculos, caminhos ou fórmulas para encontrar ou estimar a Probabilidade de eventos, podendo, assim, não só encontrar significados nas informações probabilísticas como também gerar estimativas e comunicar seus resultados a partir das mesmas.

3. LINGUAGEM – Dominar a Probabilidade também significa dominar inúmeros conceitos complexos, entre eles: variabilidade, aleatoriedade, independência, previsibilidade, certeza, além de chance, possibilidade ou risco. Uma grande parcela destes termos abstratos não tem definições triviais, nem tampouco referências em objetos reais e, portanto, seu entendimento dependerá de um processo de acumulação de conhecimentos. É preciso também considerar a ambiguidade de inúmeros termos matemáticos que estão presentes no dia a dia dos alunos e, por eles não terem o mesmo significado, podem gerar conflitos. Além de tais considerações, os professores podem apresentar aos alunos a linguagem formal, não deixando de considerar seus conhecimentos prévios acerca destes conceitos.

4. CONTEXTO – Os diferentes contextos ou situações da vida permitem ao aluno compreender e dar significados às mais variadas informações probabilísticas. Desta forma, o professor, ao tratar do contexto, pode levar em consideração, tanto os conhecimentos desta área específica, quanto sua relação com o mundo do conhecimento.

5. PERGUNTAS CRÍTICAS – relativas ao contexto da Probabilidade permitem ao aluno refletir criticamente acerca de uma estimativa ou de uma declaração probabilística, bem como atentar para os erros e conceitos falsos presentes nestas perguntas.

Feitos estes esclarecimentos, temos que concordar com Ferreira (2011), quando ele afirma que este modelo de letramento probabilístico está em consonância com as sugestões dos PCN, na medida em que sugerem que os cbP sejam tratados de forma a extrapolar seu entendimento puramente formal.

Na literatura consultada, é recorrente, nas abordagens de ensino de Probabilidade, os autores discutirem que surgem nas falas dos alunos termos informais e intuitivos, que muitas vezes fazem parte do cotidiano dos mesmos, como: provável (possibilidade de ocorrência de um evento acontecer), incerteza, possível, duvidoso, chance, possibilidade, entre outros. Nesse contexto, é importante que o professor discuta estes termos e institucionalize os conceitos, estando atento também para desmitificar o uso de termos como azar e sorte (usados no senso comum), por não serem aplicáveis no âmbito do ensino de Probabilidade.

Reforçando tal discussão, Santos (2010) identificou,

[...] que os alunos possuem a ideia de que os termos probabilísticos expressam as chances dos acontecimentos a eles relacionados e que alguns desses termos exprimem valores quantitativos exatos da probabilidade envolvida, como, por exemplo, os termos *impossível, certo, sem dúvida e seguro*; e expressam também outros valores mais flexíveis, como o *pode ser, se espera que, há alguma probabilidade*, etc. As relações estabelecidas com os termos com *frequência e quase sempre* não foram compartilhadas comumente pelos alunos. Ainda persistiram dúvidas e divergências quanto ao uso desses termos (p. 174).

Com estas ponderações, pudemos considerar que neste nível de ensino e aprendizagem de Probabilidade, devem ser priorizados outros elementos, além da memorização de conteúdos, da aplicação de fórmulas, do uso dos algoritmos e dos cálculos, etc.

Este juízo nos permitiu buscar harmonia entre os conceitos matemáticos aqui tratados, tendo como pressuposto que as “práticas pedagógicas revelam concepções de homem, educação e, por conseguinte, de educação especial e do aluno deficiente” (CAIADO, 2006, p. 3). Nesta perspectiva, procuramos nos descentrar de nossas certezas e nos voltamos para conhecer as concepções do aluno cego sobre os cbP, “mergulhando o nosso olhar” sobre suas vozes e suas ações durante o manuseio da maquete para a solução das tarefas, sem nos limitarmos a investigar seu desempenho apenas a partir de respostas formais.

2.4.4 O polo outros sujeitos (P): pesquisador/especialista

O Polo outros sujeitos foi representado pela pesquisadora desta tese, por pesquisadores do Grupo de Pesquisa REPAR⁴⁹, especialistas em maquete e pesquisadores em Educação Matemática e em Probabilidade, conforme já anunciado na Apresentação. A participação de cada é apresentada no Capítulo 3, onde descrevemos a concepção de cada um dos protótipos da maquete.

⁴⁹ REPAR – Grupo de Pesquisa Reflexão, Planejamento, Ação e Reflexão da PUC/SP. Coordenado pela Professora Dra. Sandra Magina, orientadora da presente tese.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS: de olho na usabilidade

Neste capítulo, apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados nesta tese, buscando afiná-los com os conceitos discutidos nos capítulos anteriores e visando atender ao objetivo de:

Identificar a potencialidade de um material didático (MD) do tipo maquete tátil para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade por alunos cegos.

Com vistas a materializar o objetivo organizamos o percurso da tese visando conhecer as possibilidades de um MD construído para e com a participação do aluno. Nesse contexto, conduzimos nossa pesquisa fazendo escolhas que não focassem especificamente as dificuldades do aluno participante ao manusear a maquete, mas colocando o eixo das nossas reflexões na relação entre ele e o instrumento. Neste movimento, concordando com Vygotsky (1998), partimos do pressuposto de que a presença da deficiência não determina a falta de potencial para um desenvolvimento normal, opinião também encontrada nos trabalhos de Ferronato (2002), Fernandes (2004; 2008a), Adrezzo (2005) e Tanti (2006), que serviram de referência para o nosso estudo (Ver detalhes no Capítulo 1).

Com tais ideias em mente, organizamos este capítulo apresentando, inicialmente, a nossa opção metodológica. Em seguida, caracterizamos os alunos e informamos sobre os artefatos concebidos, ou seja, os protótipos e as tarefas. Na sequência, tratamos dos procedimentos metodológicos da pesquisa, quando detalhamos as fases para a construção dos protótipos, os estudos organizados (Estudo Piloto e Estudo Principal) para a aplicação das tarefas com os alunos, descrevemos, ainda, a construção de cada protótipo da maquete, os instrumentos de coleta de dados e a análise dos dados.

3.1 Metodologia do *Design Centrado no Usuário*

Focados no objetivo estabelecido, optamos pela pesquisa de natureza qualitativa, por ser um “estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, com contornos claramente definidos, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento” (GIL, 1988, p. 58). Com esta decisão foi possível averiguar detalhadamente o passo a passo da construção de uma maquete e sua utilização como MD na aprendizagem dos cbP por alunos cegos.

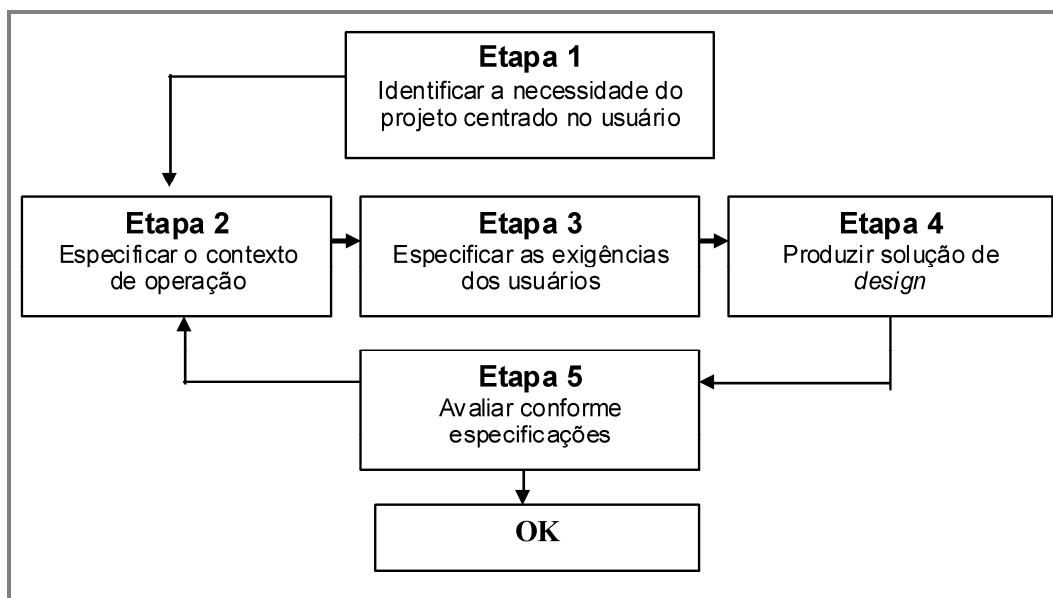
No âmbito das pesquisas qualitativas escolhemos a metodologia de construção de artefatos denominada *Design Centrado no Usuário* (DCU) para fundamentar a concepção da maquete. Essa escolha nos permitiu construir o MD de forma centrada no aluno, procedendo às devidas adaptações e levando em consideração sua condição física, a cegueira.

Para conduzir esta construção, consideramos fundamental a harmonia entre seus vários aspectos. Para atender a este princípio previamente estabelecido, buscamos consonância entre o objetivo, o método utilizado e o modelo de análise. Neste sentido, tanto a abordagem metodológica de construção da maquete quanto o modelo para sua análise são provenientes da Ergonomia. A primeira é considerada ergonômica por se basear no envolvimento ativo do usuário e no funcionamento do instrumento adaptado à sua arquitetura cognitiva (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007). É preciso destacar, ainda, que um dos requisitos para a utilização desta metodologia é a possibilidade de identificar o perfil do usuário (LEITE, 2007) que, em nosso caso específico, trata-se do aluno com

cegueira adquirida (já descrito de maneira mais generalizada no capítulo anterior e particularizada na subseção - O Perfil dos Alunos deste capítulo). Da mesma forma, a segunda, o modelo S.A.C.I. proposto por Rabardel (1995) em sua Abordagem Instrumental e apresentada por ele numa abordagem ergonômica (ver Capítulo 2). Colocando essas questões em jogo, acreditamos que foi acertada a escolha da metodologia ergonômica para desenvolvermos a maquete, posto que ela nos permitiu envolver o aluno nas diversas fases da construção e, portanto, adaptando o instrumento às suas especificidades.

A DCU, de acordo com a norma ISO⁵⁰ 13407 (1999), estrutura-se em cinco etapas, conforme modelo de fluxo apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Ciclo do projeto centrado no usuário



Fonte: Adaptação do esquema elaborado por Cybis, Betiol e Faust (2007, p. 19).

Observamos que esse modelo cíclico de construção de artefatos, interface ou sistema reflete um aspecto flexível, visto que ele segue a seguinte rotina: inicia o processo com a identificação da necessidade do projeto centrado no usuário (**Etapa 1**). Em seguida, discrimina as especificações do contexto de operação e

⁵⁰ ISO – Sigla da Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization), com sede em Genebra, Suíça, que cuida da normalização (ou normatização) a nível mundial. A ISO cria normas nos mais diferentes segmentos, variando de normas e especificações de produtos, matérias-primas, em todas as áreas (existem normas, por exemplo, para classificação de hotéis, café, usinas nucleares etc). A ISO ficou popularizada pela série 9000, ou seja, as normas que tratam de sistemas para gestão e garantia da qualidade nas empresas. Disponível em: <http://www.iso9000.com.br/basicas.htm>. Acesso em: 10 jun. 2011.

das exigências dos usuários (**Etapa 2** e **Etapa 3**). Na sequência, apresenta uma solução de *design* (**Etapa 4**). Em seguida, procede a avaliação deste *design* (**Etapa 5**). Se a solução se mostrar inconsistente, retorna-se às especificações, revendo-as e apresentando uma nova solução que, por sua vez, será igualmente submetida à avaliação. Caso a solução tenha atendido às exigências elencadas, o ciclo estará fechado e a proposta do *design* será acatada como viável. Caso contrário, volta-se novamente ao ciclo descrito.

Na tese, a Etapa 2, especificar o contexto de operação, envolveu as tarefas que envolveram os cbP e os procedimentos necessários à sua aplicação no Estudo Piloto e no Estudo Principal, descritos adiante neste mesmo capítulo. Já a Etapa 3, especificar às exigências dos usuários, se referiu às informações e sugestões para atender as características físicas do aluno cego. Estas duas etapas foram alimentadas com as informações que encontramos na literatura consultada e discutidas nos capítulos anteriores, das quais algumas foram específicas para os cegos e outras adaptadas por nós para o contexto desta pesquisa. Além disso, também transformamos em especificações as informações colhidas a partir do manuseio da maquete pelo aluno para solucionar as tarefas.

Sobre a utilização deste ciclo do projeto centrado no usuário, Cybis, Betiol e Faust (2007; p. 19) informam que “os projetistas devem se assegurar que a maquete, protótipo ou versão evolutiva do sistema esteja indo na direção correta”. Daí inferirmos que a utilização deste modelo permite ao projetista construir uma solução de *design* alinhada, o máximo possível, com as especificações previamente estabelecidas, possibilitando, inclusive, (re)ver a conveniência dos requisitos prescritos. Desta forma, caso a solução não esteja na direção esperada, o modelo permite a repetição dos procedimentos envolvidos em sua construção tantas vezes quantas forem necessárias, até que ela possa ser considerada uma solução aceitável.

Tendo devidamente justificado o método de construção escolhido, o próximo passo foi estabelecer uma técnica de construção para a produção das soluções de *design* (Etapa 4 da DCU). Nesse sentido, optamos pela produção de protótipos ou modelos. Segundo Hall (2001), esta técnica de construção de protótipos, prototipagem ou prototipação está intimamente ligada às etapas da

DCU e permite construir um artefato ou um modelo de sistema de forma preliminar, rápido e barato para ser submetido à avaliação do usuário.

De acordo com Preece, Rogers e Sharp (2005), os protótipos são modelos que apresentam inúmeras vantagens, entre eles: permitem a interação com o produto imaginado, possibilitando extrair experiências de como utilizá-los e explorá-los; possibilitam observar o comportamento dos usuários e suas reações de forma semelhante ao que aconteceria no produto final; a cada avaliação permitem refinar o protótipo por meio de um novo *re-design*, ou seja, identificar e solucionar problemas previamente, reduzindo custos e melhorando a qualidade final do produto. Entre os modelos de protótipos, estes autores (2005) citam: um *storyboard* de papel, uma parte complexa de um *software* e uma maquete de cartolina.

Cybis, Betiol e Faust (2007) enfatizam que, a depender do acabamento apresentado, os protótipos podem ser de alta fidelidade ou de baixa fidelidade. Optamos por desenvolver os protótipos da maquete nos moldes denominados pelos ergonomistas como de baixa fidelidade. Para Cybis, Betiol e Faust (2007), esse modelo apresenta como vantagens a possibilidade de constituir uma representação mais resumida do sistema, mas que não deixa de conter as principais funcionalidades a serem avaliadas; também é barato e de rápida confecção, podendo ser construído com materiais como papel, lápis e tesoura. Esse modelo permite, ainda, uma interação mais efetiva com o usuário, possibilitando alterações imediatas advindas de suas sugestões. Enfim, encontramos nestas vantagens motivos suficientes para a escolha dos protótipos de baixa fidelidade.

Vale lembrar que os autores apresentados no Capítulo 1 também utilizaram em suas pesquisas técnica semelhante a esta para desenvolverem seus artefatos, posto que os materiais eram de baixo custo e procederam às adequações necessárias a partir da interação com seus sujeitos de pesquisa. Merece inclusive ser ressaltado que Fernandes (2004), ao descrever a concepção de seus artefatos, os nomeou, por exemplo, de protótipo 1 e 2 da primeira ferramenta.

Portanto, com esta proposta de construção da maquete, a partir de protótipos de baixa fidelidade, concebidos de maneira centrada no aluno cego, produzimos um MD que apresentou um nível aceitável de usabilidade, ou amigabilidade, entre ele e o aluno. Em outras palavras, uma boa solução interfacial da maquete e das tarefas para serem utilizadas como instrumento mediador entre o aluno e os cbP. Vale lembrar que apontamos, na Apresentação da tese este nível aceitável de usabilidade como uma condição *a priori* para atingirmos nosso objetivo. Esse assunto foi também tratado no Capítulo 2, quando anunciamos que, para atingirmos tal condição, iríamos inserir em nossa análise os conceitos de usabilidade. No presente capítulo retomamos o tema, expondo outras informações sobre a utilização do conceito ergonômico de usabilidade em nossa pesquisa.

Segundo Cybis, Betiol e Faust (2007), um sistema com usabilidade deve ser fruto de uma análise cuidadosa dos diversos componentes de seu contexto de uso e da participação ativa do usuário nas decisões do projeto da interface. Em vista desta consideração, foi preciso adequar tanto a maquete quanto as tarefas às necessidades do aluno.

A usabilidade é um conceito ergonômico adequado às metodologias centradas no usuário e definida pela ISO 9241-11 (1998) a partir de três aspectos distintos: (i) a eficácia, que diz respeito à capacidade que os sistemas conferem a diferentes tipos de usuários para alcançar seus objetivos com qualidade; (ii) a eficiência, que se refere à qualidade de recursos, tais como tempo, esforço físico e cognitivo que o sistema solicita aos usuários para obtenção de seus objetivos; (iii) a satisfação, que trata da emoção que os sistemas proporcionam aos usuários em face dos resultados obtidos e recursos necessários para alcançá-los.

Sob o enfoque desses três aspectos, almejamos construir nosso MD, com razoável nível de usabilidade visando: facilitar a aprendizagem do aluno, levando-o a alcançar níveis de desempenho aceitáveis em um espaço de tempo plausível; melhorar sua fadiga, *stress*, desconforto e insatisfação; considerar a flexibilidade do produto para o objetivo estipulado; adequar as tarefas e os outros artefatos que compõem a maquete, às características e conhecimentos do aluno investindo em direção a suas habilidades e motivação.

Tendo explicitado de maneira mais detalhada a qualidade do instrumento que queremos conceber, a seguir expomos o desenho do estudo desenvolvido para atingir o objetivo estabelecido.

3.2 O *Design* do Estudo

Neste item caracterizamos os alunos que participaram do estudo (O Perfil dos Alunos); os materiais produzidos ou adaptados (Os Artefatos Concebidos); as tarefas propostas aos alunos (As Tarefas); os procedimentos seguidos pela pesquisa (Os Procedimentos).

3.2.1 Perfil dos alunos

Participaram do processo empírico desta pesquisa quatro alunos (S1, S2, S3, S4) portadores de cegueira adquirida, conforme anunciado anteriormente. O S1 residia e estudava na Cidade de Araras, no Estado de São Paulo. Os outros três, S2, S3 e S4 residiam e estudavam no Sul da Bahia, sendo um do Município de Ilhéus (S2) e os outros dois de Itabuna (S3 e S4).

Quando a pesquisa foi desenvolvida, todos eles já possuíam maior idade, estavam matriculados em classes da Educação de Jovens e Adultos (EJA) e também no atendimento especial no turno oposto ao do horário de suas aulas. Foi condição fundamental na escolha dos sujeitos que eles estivessem matriculados em Escola Regular do Ensino Médio.

Inicialmente prevíamos a participação de três alunos, sendo S1 para o Estudo Piloto e S2 e S3 para o Estudo Principal. No entanto, no transcorrer da pesquisa, precisamos envolver mais um aluno (S4) para definir, dentre os protótipos M4 e M5, aquele com melhores condições de usabilidade para a aprendizagem dos cbP.

Para manter o anonimato dos participantes, preferimos utilizar nomes fictícios. Pelo mesmo motivo omitimos o nome das escolas. Solicitamos a assinatura do Termo Livre e Esclarecido, no qual tanto os responsáveis pelas escolas (Anexo 02) onde os dados foram coletados, quanto os participantes do estudo, davam-nos autorização para uso das imagens e das falas (Anexo 03).

Feitos os devidos esclarecimentos éticos, a seguir caracterizaremos os alunos a partir de fatos de suas vidas contados por eles mesmos durante os encontros e organizados em texto por nós.

I. Juca (S1)

Juca perdeu a visão aos 20 anos de idade por causa de glaucoma. Realizou sua adequação no Centro de Estudos e Pesquisas em Reabilitação "*Prof. Dr. Gabriel O. S. Porto*" – CEPRE – da Universidade de Campinas – UNICAMP/SP. Lê e escreve em Braille e apresentou, no Estudo Piloto, uma sensibilidade tátil ágil e desenvolvida. Foi alfabetizado na escrita convencional, pois estudou até a 8^a série em uma escola regular antes de perder a visão. Cursou o primeiro ano do Ensino Médio por meio do Telecurso 2000. No momento da pesquisa, ele cursava o 3^º ano do Ensino Médio e, conforme nos expôs, não pretendia continuar os estudos a partir do final de 2011.

Ele apresentava bastante experiência com maquetes e seu nome foi sugerido para este trabalho pelos pesquisadores do Grupo de Cartografia Tátil da UNESP/Rio Claro, com o qual ele tornou-se experiente com este tipo de MD. Feitos os primeiros contatos com Juca e com sua escola especial, encontramo-nos para o manuseio do segundo protótipo deste estudo, que denominamos Estudo Piloto.

II. Paulo (S2)

Paulo tinha 32 anos no momento em que participou do estudo, casado e com um casal de filhos. Recorda-se que desde criança tinha baixa visão e ficou cego aos 21 anos por motivo de doença. No período da pesquisa ele estava matriculado no 2^º Ano do Ensino Médio e pretendia ingressar na Universidade para fazer Licenciatura em Geografia ou Bacharelado em Direito.

Sobre sua história de vida, contou-nos ele: *Morei mais ou menos vinte e cinco anos na roça. Mesmo cego, trabalhei com a enxada plantando. Aprendi a fazer conta de cabeça, com meu pai. Eu sou bom nisso! Vim para a cidade já cego. Eu sou muito feliz. Estou cego porque Deus sabe o que a gente precisa.*

Paulo mostrou pouca familiarização com os elementos do tabuleiro no primeiro contato com o protótipo da maquete (M4). Conforme nos expôs, ele não teve contato anteriormente com maquetes, mas, após o reconhecimento tátil, ele demonstrou competência e destreza com o MD apresentado.

III. Rosa (S3)

Rosa é uma pessoa determinada e, mesmo cega, decidiu prosseguir em seus estudos. No momento da pesquisa, ela morava no Município de Buerarema e estuda na cidade de Itabuna, que fica a 40 Km de distância de sua morada. Ela destaca que a família não a incentivava ao estudo, porém não deixava de levá-la ao ponto do ônibus para se dirigir à escola.

Sobre sua infância. Disse-nos ela: *eu fui muito feliz. Gostava muito de brincar com outras crianças do bairro até tarde da noite. Foi muito bom! Eu gostava de brincar, mas não era danada. Eu brincava de tudo, de correr, de cobra cega, de se jogar no rio. Era bom demais. Ai fiquei adulta e acabou!*

Até os 17 anos, quando cursava a 8^a série do Ensino Fundamental (hoje 9º Ano), ela desenvolveu seus estudos em sua cidade. Rosa revelou que neste tempo sentia muitas dores de cabeça, o que ela e seus familiares relacionavam com a necessidade de uso dos óculos. Como estavam todos desempregados, os pais decidiram esperar que o tempo se encarregasse de curar suas dores. Ela nos narrou que com a dor de cabeça começou sua dificuldade com a visão: sua vista às vezes escurecia e às vezes clareava. Até que, aos 19 anos ficou sem estudar. Por fim, aos 22 anos, *apagou tudo. E eu nem fui ao médico porque não tinha dinheiro. [...] Nesse tempo eu já nem andava sozinha e a minha cabeça doía, doía muito.*

Com auxílio das irmãs, fez algumas tentativas com médicos no Espírito Santo, sem sucesso. Foi quando sua mãe levou-a ao medico em Itabuna, que

encontrou um grande tumor no lado direito da cabeça, por atrás da orelha. Com a operação, relatou Rosa, *fiquei completamente sem dor, mas sempre faço tomografia. Graças a Deus deu tudo certo, a visão não voltou, mas a dor de cabeça foi embora. Outro médico disse que minha córnea secou e eu não ia enxergar mais. Fazem doze anos que fiquei cega de tudo. Também não movimentava nada do lado direito do corpo, nem perna e nem braço. Hoje melhorei bastante, pois já ando e mexo o braço e a mão, mas não tenho segurança para andar sozinha, por isso não posso usar a bengala.*

Apesar de apresentar inexperiência com este tipo de MD ao manusear pela primeira vez o protótipo da maquete, Rosa logo se familiarizou com os elementos do tabuleiro e os outros artefatos.

IV. Neta (S4)

Quando participou da pesquisa Neta estava matriculada no 3º Ano do Ensino Médio e queria fazer vestibular para ser professora ou psicóloga. Ela estava com 23 anos e nos relatou que ficou cega aos 5 anos de idade.

Neta no tempo da pesquisa morava com seus pais e estava com 23 anos. Ela perdeu a visão aos cinco anos de idade e, por isso foi alfabetizada somente em Braille, o que lhe permitia escrever e ler neste código com muita facilidade. Ela também fazia cálculos muito bem com o Soroban e apresentava uma memória privilegiada para cálculos mentais. Afirmou não gostar muito da Matemática, sendo sua disciplina preferida a Geografia. Tal como Paulo e Rosa, ela também demonstrou inexperiência com o protótipo em seu primeiro contato com ele, mas logo se familiarizou com os elementos do tabuleiro e com os outros artefatos. Em nosso primeiro encontro nos disse Neta: *Adoro ser desafiada. Adoro aprender com jogo. Esta maquete é moleza... moleza.*

3.2.2 Artefatos concebidos

Os artefatos concebidos envolveram uma maquete tátil resultante da construção evolutiva de cinco protótipos e das tarefas adaptadas.

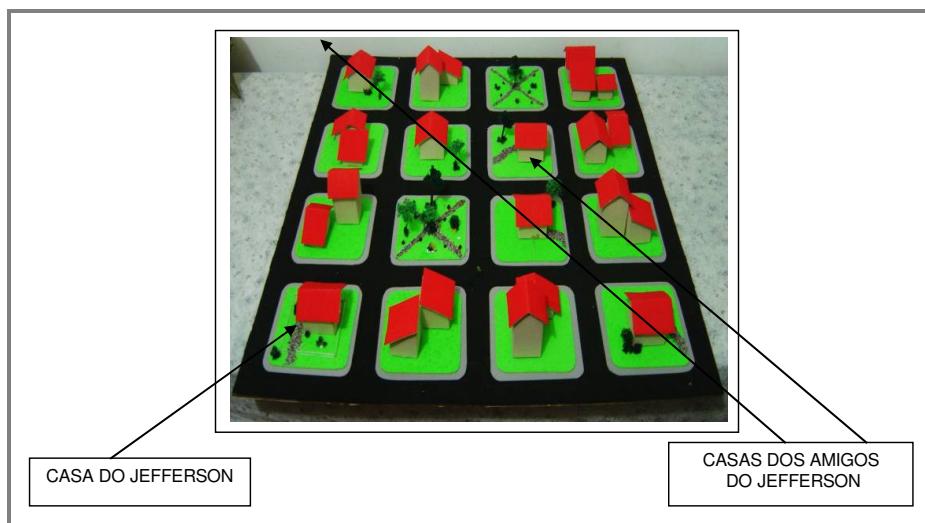
Nesse processo de construção da maquete, prevíamos, a priori três protótipos, no entanto, com o desenvolvimento da pesquisa, constatamos a necessidade de organizar mais outros dois. Desta forma, o que denominamos por maquete foi resultado da transformação de cinco protótipos táteis (M1, M2, M3, M4 e M5) que descreveremos posteriormente. Denominamos estes protótipos como táteis porque neles inserimos diversos elementos voltados para adequá-los à realidade tátil do aluno cego.

A partir das leituras da literatura especializada, entendemos que na construção de um MD amigável foi preciso, inicialmente, determinar sua *configuração de base*, ou seja, a solução “a partir da qual uma interface pode fornecer o estabelecimento da usabilidade na relação usuário-sistema” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007, p. 23). Assim, nesta tese, os dois primeiros protótipos (M1, M2) foram desenvolvidos buscando determinar esta conformação mínima da maquete, isto é, o *design* inicial de seu tabuleiro.

O M1 foi organizado a partir do cartaz apresentado por Cazorla e Santana (2006) na sequência de tarefas *Os Passeios Aleatórios da Mônica*, da qual adaptamos parte das tarefas para esta tese (fato já anunciado no Capítulo 2). O cartaz (Figura 2.6, p. 76), por sua vez, é uma representação, em duas dimensões, de um bairro com ruas e quadras.

As personagens da Turma da Mônica (Mônica, Horácio, Cebolinha, Magali, Cascão e Bidu) presentes no cartaz aparecem na história que contextualiza as tarefas de probabilidade propostas pelas autoras. Como se observa no cartaz, as personagens aparecem nos cruzamentos das ruas para representar a posição de suas respectivas casas. Assim, a casa da Mônica se localiza na extremidade inferior esquerda, enquanto as casas de seus amigos estão todas elas situadas em uma das diagonais do quadrado que representa o bairro. Com este modelo em mente, construímos o tabuleiro do M1 procurando transformar a representação de duas para três dimensões. Neste sentido, apresentamos o primeiro protótipo tátil, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1 - Tabuleiro do protótipo tátil M1

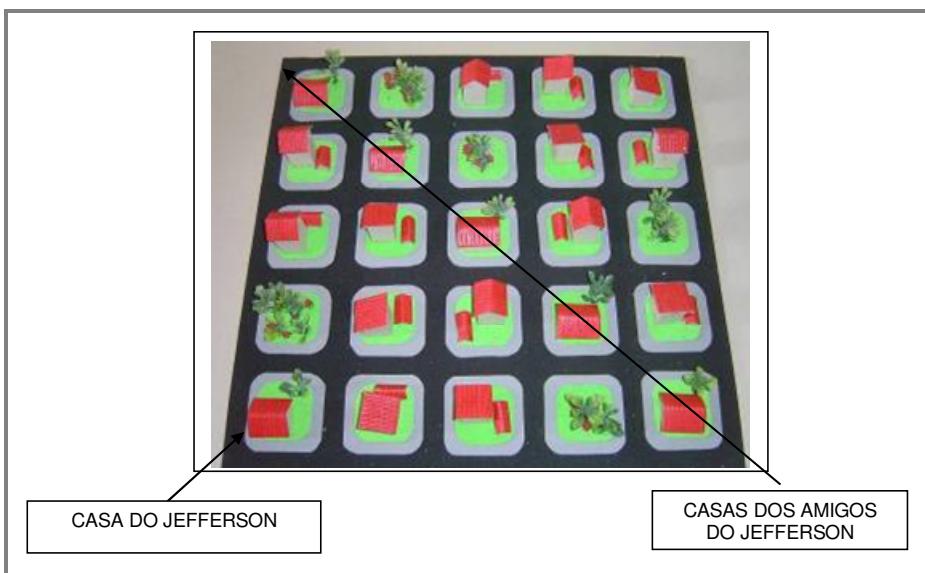


Estruturamos o M1 como uma primeira configuração de base da maquete, composto apenas pelas tarefas e por um tabuleiro, na forma de quadrado, com 86 cm x 86 cm, retratando também um bairro com 16 quadras, ruas e passeios. Em 14 dessas quadras inserimos representações tridimensionais de edificações, e nas outras duas colocamos miniaturas de árvores, bancos e pedras para indicar que eram praças.

Ao compararmos a solução tridimensional (M1) com a bidimensional (cartaz), observamos a falta de congruência no posicionamento das casas dos amigos, visto que, no tabuleiro, uma delas não permaneceu sobre a diagonal como no cartaz. Entendemos que esta diferença poderia se constituir uma limitação na usabilidade do artefato, quando este fosse manuseado pelo aluno durante a execução das tarefas.

Com este resultado, partimos para a construção de um segundo protótipo (M2), acatando a sugestão de nossa orientadora. Desta forma organizamos o tabuleiro, conforme Figura 3.2.

Figura 3.2 - Tabuleiro do protótipo tátil M2



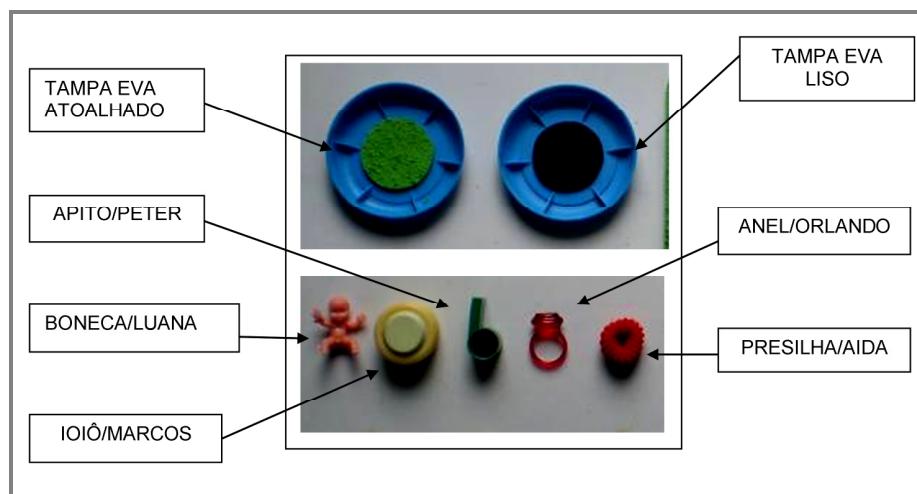
O M2 foi fruto de um redirecionamento no *design* do protótipo anterior. Nesse sentido, mantivemos algumas características, bem como procedemos a inúmeras alterações, sempre focadas no *design* do cartaz. Nesse contexto, acrescentamos uma linha e uma coluna ao tabuleiro e organizamos a nova solução de *design* na forma quadrada 5 cm x 5 cm totalizando 25 quadras. Em vinte delas colocamos representações de edificações, enquanto nas outras cinco organizamos as praças.

Em M2 aumentamos o número de quadras, traçamos as ruas e os passeios com largura de oito metros e um metro, respectivamente e as quadras com dimensões reais de 20 m x 20 m, totalizando, assim, um quadrado da base com dimensões reais de 158 m x 158 m. Para dar conta dessas dimensões sem interferir na usabilidade deste protótipo, reduzimos a escala de desenho do traçado do tabuleiro de 1/200 usado no protótipo anterior, para a escala 1/400. Assim, esse protótipo ficou com dimensões reais em torno de 60 cm x 60 cm. Essa nova versão facilitou, tanto o reconhecimento tátil pelo aluno, quanto o armazenamento e transporte deste tabuleiro.

Feitas essas modificações, apresentamos o tabuleiro de M2 aos participantes do Grupo de Pesquisa REPAR. Procuramos juntos uma solução para substituir a moeda para sortear o amigo a ser visitado, solicitada nas tarefas de Cazorla e Santana (2006) e de Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010). Após

discussão, a moeda foi substituída por duas tampas plásticas contendo, em um dos lados, um círculo de emborrachado EVA com texturas diferentes, sendo um atoalhado e o outro liso (Figura 3.3). Com a participação destes pesquisadores também ficou determinado que cada amigo visitado seria representado por um brinquedo. Assim, todas as vezes que um deles fosse visitado, no experimento aleatório dos alunos, a pesquisadora daria como presente um brinquedo que o representasse. Vale salientar que os nomes das personagens da história nesta tese foram definidos posteriormente pelo aluno S1 ao manusear o M2 no Estudo Piloto. Passamos a utilizar cinco tipos diferentes de brinquedos em miniatura, totalizando 300 brinquedos (60 bonecas, 60 ioiôs, 60 apitos, 60 anéis, e 60 presilhas) da seguinte forma: a boneca foi o presente dado por Luana a Jefferson ao ser visitada, da mesma forma o ioiô por Marcos, o apito por Peter, o anel por Orlando e a presilha por Aida. Decidimos por disponibilizar 60 brinquedos de cada tipo porque se saísse nos 30 experimentos o mesmo amigo a ser visitado, teríamos que ter 30 brinquedos iguais para colocar na colmeia e mais 30 para a construção do pictograma, apesar de sabermos que a probabilidade de acontecer tal resultado é quase nula, mas não impossível (ver cálculo no Apêndice E).

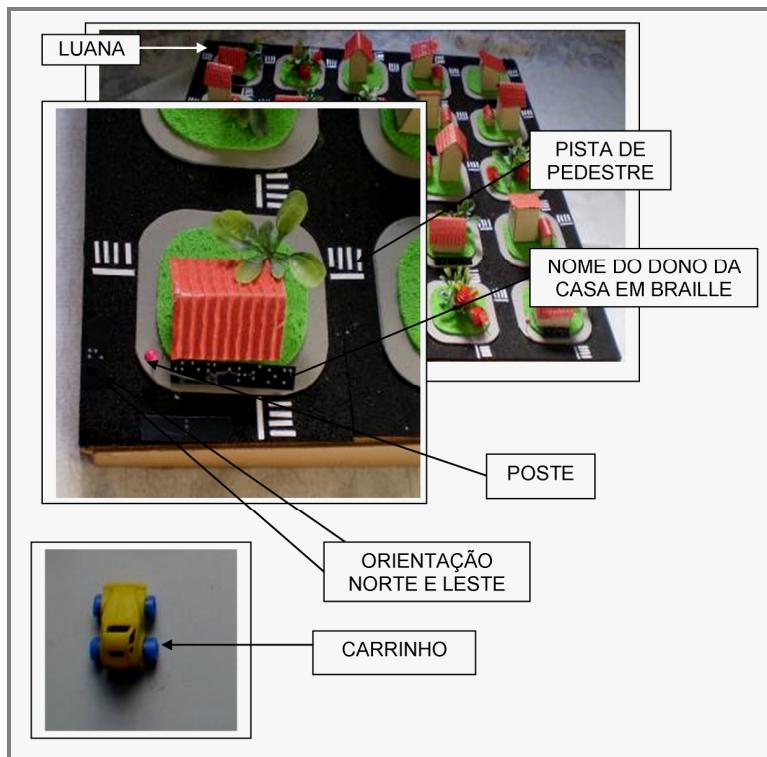
Figura 3.3 - Tampas para sorteio e os presentes dos amigos



Com estes reajustes, M2 foi composto por um tabuleiro, brinquedos, as duas tampas de sorteio e as tarefas. Com esta estrutura, este protótipo atendia às especificações decorrentes das tarefas e com isso passamos a considerá-lo a *configuração de base* da maquete. Com este *design* entendemos que M2 estava pronto para ser manuseado pelo aluno S1, no encontro que denominamos de

Estudo Piloto. Com o manuseio de M2 por S1, na presença de especialistas em maquete tátil do Grupo da Cartografia Tátil da UNESP/Rio Claro e na nossa, inúmeras adequações precisaram ser feitas para que esse protótipo também se adequasse às necessidades tátteis do aluno cego. Assim, a partir desse encontro, reorganizamos o protótipo em uma nova versão, a M3, no qual vários artefatos foram acrescidos e incorporados após manuseio pelo aluno (Figura 3.4).

Figura 3.4 - Protótipo tátil M3

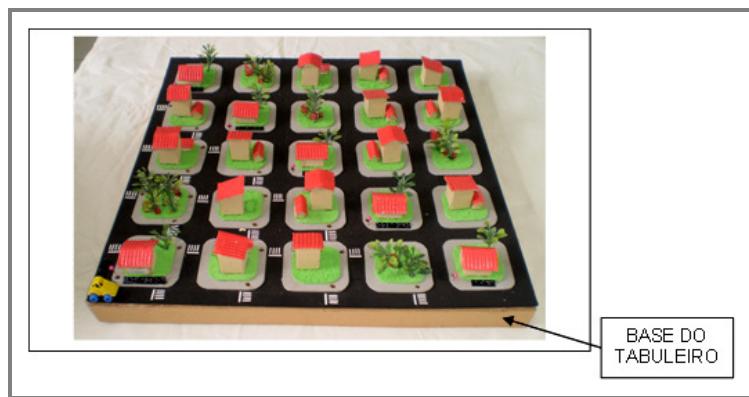


Com base no que foi exposto, o protótipo M3 foi organizado acrescentando-se artefatos ao tabuleiro definido no protótipo anterior. Essas modificações visaram tornar o M3 ainda mais adequado ao aluno, facilitando, assim, sua movimentação sobre o tabuleiro durante a resolução das tarefas envolvendo os cbP. Dessa forma, inserimos (ver Figura 3.4 em destaque): faixas de pedestre nos pontos de paradas em torno de cada quadra ou cruzamentos das ruas, um carrinho para indicar a posição do jogador (ou seja, do personagem que faz as visitas, no nosso caso, o Jefferson), um alfinete com cabeça de plástico ao lado da casa de cada personagem, sendo que foi sinalizado o ponto de partida na casa do Jefferson e o de chegada na casa de cada amigo. Colamos também oito etiquetas escritas em Braille: uma para orientação Norte e outra para Leste, e as

seis restantes com o nome de cada uma das personagens da história presente nas tarefas desta tese (Jefferson, Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida).

Com estas características, o protótipo M3 foi constituído por um tabuleiro, um carrinho, cinco tipos de brinquedos, duas tampas para sorteio e as tarefas. Com esta estrutura, o M3 passou a oferecer aceitável condição de usabilidade, pois atendeu às especificações listadas na concepção deste protótipo e, portanto, estava estruturado para atender às solicitações do aluno na resolução das tarefas. A partir daí, colocamos o M3 para a apreciação dos pareceristas no Exame de Qualificação de Doutorado⁵¹. Eram eles: uma especialista em Estatística e Probabilidade, um educador em Matemática e a Orientadora desta tese. As sugestões e orientações destes especialistas foram determinantes para a construção de um novo protótipo, o M4, apresentado na Figura 3.5 a seguir.

Figura 3.5 - Tabuleiro do protótipo tátil M4



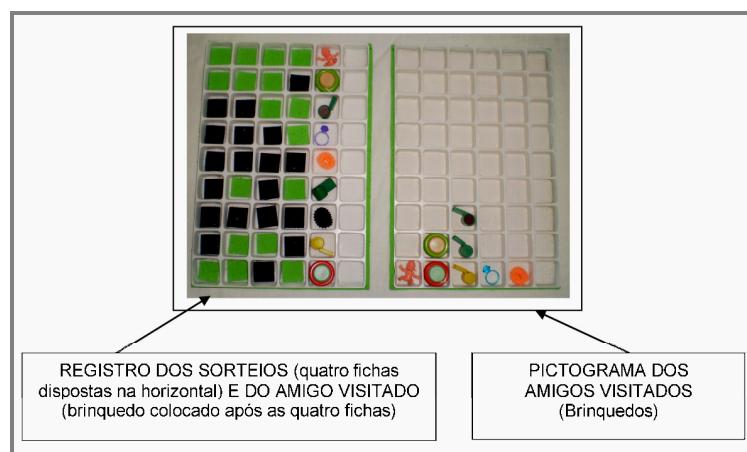
Vale destacar que o M4 foi particularmente preparado para o processo de ensino e aprendizagem. No M4 mantivemos o *design* do tabuleiro do protótipo anterior e, por sugestão de uma especialista em maquetes arquitetônicas, adicionamos a ele uma base visando facilitar seu apoio sobre a mesa.

A partir das sugestões dos participantes da citada Banca, incluímos a colmeia para o registro dos sorteios e dos amigos visitados, bem como para a construção do pictograma dos amigos visitados. Assim, confeccionamos 240 cartas (2,5 cm x 2,5 cm) em material emborrachado EVA atoalhado (movimento

⁵¹ A Banca de Qualificação foi composta por cinco pareceristas, dos quais estiveram presentes na data do Exame os dois pareceristas citados no texto, isto é uma Doutora com foco de seus estudos em Educação Estatística e um Doutor em Educação Matemática, além da Orientadora desta tese. Os outros dois pareceristas enviaram relatório com suas observações e sugestões para o nosso texto.

para o Norte) liso (movimento para Leste) a exemplo das tampas de sorteio. A quantidade de cartas seguiu o mesmo critério que a quantidade dos brinquedos, ou seja, optamos por este número de cartas, porque se nos experimentos Luana ou Aida fosse visitada 30 vezes teríamos que ter 120 atoalhado e 120 liso, respectivamente, apesar de sabermos que a probabilidade de acontecer tal resultado é quase nula, mas não impossível. Já para a construção dos gráficos não foi preciso confeccionarmos outro artefato, pois usaríamos os brindes que os amigos visitados dariam a Jefferson e uma colmeia. Para maior compreensão sobre esses artefatos, ver Figura 3.6.

Figura 3.6 - A colmeia, as cartas e os brinquedos



Conforme observamos na colmeia localizada à esquerda com as cartas o aluno faria o registro do sorteio e, na sequência, com os brinquedos, o registro do amigo visitado referente ao sorteio já realizado. Para exemplificar como se dava um registro, analisemos a primeira linha da colmeia acima, localizada à esquerda. Nela observamos a presença de quatro cartas de textura atoalhado que indicam quatro sorteios, todos eles para o Norte (NNNN). Nesta mesma linha, após as quatro cartas, há uma boneca indicando que Jefferson visitou sua amiga Luana.

Na outra colmeia localizada à direita, o aluno registrou todas as visitas feitas por Jefferson, empilhando o brinquedo correspondente a cada um dos amigos visitados em uma mesma coluna. Utilizou, para tanto, os brinquedos equivalentes aos registrados nas visitas dos amigos. Então, a presença de uma bonequinha significou que Luana foi visitada uma única vez, enquanto a terceira coluna mostra que Peter foi visitado três vezes. Em resumo, destacamos que a

colmeia, as cartas e os brinquedos foram utilizados como artefatos de registro. Vale salientar que estes registros permitiram aos alunos fazer uma leitura tátil com eficiência e observar, com muita clareza, informações sobre o número de visitas feitas a cada amigo e o número total de visitas. Com este resultado, entendemos que a estrutura de M4 apresentava uma condição viável de usabilidade. No entanto, durante o manuseio do tabuleiro de M4 pelos alunos nas tarefas que envolveram os cbP, as edificações pareciam criar empecilhos aos seus movimentos táteis. Além disso, as edificações, aos poucos, se configuraram desnecessárias no que diz respeito às tarefas, à exceção das casas das personagens. Então sugerimos aos alunos experimentar um protótipo que tivesse um *design* do tabuleiro mais simplificado que o de M4. Assim, criamos o M5 que pode ser visualizado na Figura 3.7.

Figura 3.7 - Protótipo Tátil M5



Com o M5, os alunos conseguiram lidar consideravelmente melhor com as tarefas e, consequentemente, com o objeto matemático, os cbP. Esse novo protótipo foi composto pelos artefatos do protótipo anterior, com o tabuleiro da base igualmente dividido em 25 quadras, porém mantivemos apenas as seis casas das personagens. A nossa observação dos alunos manipulando esse novo protótipo permite-nos afirmar que M5 apresentou uma condição de usabilidade ainda melhor que o anterior. No entanto, sabemos que os indícios observados no manuseio de M5 ainda não poderiam seguramente ser considerados como a melhor condição de usabilidade entre os protótipos, pois eram apenas observações que precisavam ser testadas. Por esse motivo, inserimos na pesquisa mais um aluno (S4) com o qual investigamos a necessidade do reconhecimento tátil de M4 antes da execução das tarefas com M5.

Descritos todos os protótipos que foram construídos, a seguir descrevemos as tarefas que foram organizadas especificamente para esta pesquisa. Inicialmente, é preciso destacar que os termos *tarefa* e *atividade* foram duas noções essenciais nesta tese e as utilizamos no sentido encontrado na Ergonomia. Assim, por *tarefa* entendemos o trabalho prescrito pelo pesquisador, enquanto, por *atividade* apreendemos o trabalho efetivamente realizado pelo usuário (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007). Com isto em mente, consideramos como atividade as ações e estratégias dos alunos durante o manuseio dos protótipos da maquete, e como tarefas, as ocupações ou questões que lhes foram propostas pelo pesquisador.

A seguir, expomos detalhadamente as tarefas propostas aos alunos.

3.2.3 Tarefas

Iniciamos esta seção relembrando o que já foi dito no Capítulo 2 sobre as fichas. Foram elas que guiaram o tempo de nossa coleta de dados e, por este motivo, não determinamos previamente o número de encontros que comporiam a recolha desses dados, tampouco o tempo de duração de cada encontro. De fato, ambos foram definidos pelo próprio avanço e pela disponibilidade do aluno para resolver as tarefas. De maneira abreviada expomos que algumas tarefas foram organizadas para direcionar o aluno na exploração e no reconhecimento tátil do MD, bem como para pesquisar sobre a usabilidade deste instrumento (Ficha 1). Outras tarefas se voltaram para investigar a aprendizagem do aluno nos cbP e sua relação com estes conceitos mediada pelo MD do tipo maquete tátil (Fichas 2, 3, 4). Visando facilitar a aplicação, as tarefas foram organizadas em quatro fichas que denominaremos F1, F2, F3 e F4, e foram aplicadas pela pesquisadora na forma de entrevista semi-estruturada⁵². A seguir, discutimos minuciosamente cada uma delas.

⁵² Metodologicamente a entrevista é uma técnica de coleta de dados e a entrevista semi estruturada, segundo Gil (1988), “é um tipo de entrevista contendo perguntas fechadas e abertas e que permite ao entrevistado tratar sobre o tema em discussão sem que o entrevistado fixe *a priori* determinadas respostas ou condições”.

I. Ficha F1: Tarefas de exploração tátil da maquete

A F1 (Figura 3.8) continha nove tarefas de exploração (de F1a até F1i) que visaram a interação dos alunos com a maquete (artefatos e tarefas). Destas, algumas tarefas estavam voltadas especificamente para investigar a usabilidade da maquete e outras sugeriam que o aluno se movimentasse sobre o tabuleiro à semelhança das tarefas de probabilidade.

As tarefas voltadas para a usabilidade foram inspiradas em Princípios de *Design* comumente utilizados em testes⁵³ empregados por ergonomistas para conhecer o padrão de usabilidade (NIELSEN, 1993) de um sistema.

Figura 3.8 - Ficha 1 (F1)

Tarefas de exploração (Princípios de usabilidade)	
F1a	- O que reconhece neste objeto? Sabe seu nome? Sente facilidade para reconhecer essas coisas? .
F1b	- Escolha uma praça e indique um caminho para chegar até ela partindo da casa que fica no centro do tabuleiro. Existem outros caminhos para chegar lá? Mostre um caminho para sair da casa localizada na primeira quadra à esquerda e chegar na casa do cento. Existem outros caminhos?
F1c	- Descreva o que há em torno da casa que fica à esquerda, na primeira linha e primeira coluna. Como é ela? Existem outras nas mesmas condições? Onde ficam?
F1d	- Sorteie quatro vezes uma tampa e com o carrinho parte da casa que fica à esquerda, na primeira linha e primeira coluna; onde você chega? Existem outros caminhos para chegar nesse mesmo lugar? Mostre esses caminhos.
F1e	- Registre, na colmeia, quatro sorteios e o amigo visitado. O que acha dos registros das jogadas e dos amigos visitados na colmeia? Você entende o que está registrado? (<i>Visibilidade do status do sistema</i>).
F1f	- Acha esse material difícil de manusear? O que vê como semelhante e o que é diferente? O que acha das alturas, desníveis, materiais, dimensões, texturas etc? (<i>Reconhecimento ou Memorização/ Flexibilidade, Eficácia, Eficiência de Uso</i>).
F1g	- Você percebe o erro enquanto manuseia a maquete? Corrige com facilidade? (<i>Ajuda aos usuários para reconhecer, diagnosticar erros, prevenir</i>).
F1h	- Você consegue operar sozinho a maquete ou precisa de um parceiro? (<i>Controle do usuário e liberdade</i>). Sente-se satisfeito em trabalhar com essa maquete? Sente-se cansado? (<i>Satisfação de uso</i>).
F1i	- O tabuleiro da maquete tem muita informação? Você tiraria alguma coisa? (<i>Estética e design minimalista/Ajuda e documentação para manuseá-la</i>).
Obs: Durante as entrevistas, geralmente tratamos o MD, artefato ou instrumento pelo termo maquete.	

⁵³ O teste de usabilidade, conforme Cañas e Waerns (2001, p. 167), consiste em analisar a conduta do usuário e do artefato detectando problemas e propondo soluções. Essa prova só pode ser feita sobre um artefato em fase de desenho ou sendo desenhado, ou ainda em uma prova sobre um protótipo. Segundo Leite (2007, p. 93), esse teste “procura avaliar o desempenho dos usuários típicos na resolução de tarefas cuidadosamente preparadas, por consequências típicas daqueles para os quais o sistema foi preparado”.

Estas tarefas foram organizadas visando, em seu conjunto, investigar a flexibilidade, eficácia e eficiência, em outras palavras, a usabilidade da maquete para atender da melhor maneira às necessidades do aluno na resolução das tarefas com a maquete.

A F1 foi utilizada pela pesquisadora na avaliação de M1 e M3 e para o direcionamento do manuseio de M2, M4 e M5 pelos alunos. No entanto, esclarecemos que nem todas as tarefas contidas nesta ficha foram aplicadas a todos estes protótipos, pois esta utilização dependeu da necessidade e/ou possibilidade de cada um dos protótipos. Para melhor esclarecimento, tomemos, por exemplo, a tarefa F1e que trata sobre o uso da colmeia. Esta questão só pôde ser utilizada a partir do protótipo M4, pois nas concepções anteriores a colmeia ainda não fazia parte dos artefatos.

Quanto aos fundamentos utilizados na estruturação das tarefas e ao que almejamos com cada uma delas, afirmamos que a **F1a**, **F1b**, **F1c**, **F1d**, **F1e** e **F1f** foram particularmente voltadas para o reconhecimento tátil do tabuleiro e das peças do protótipo pelos alunos. A **F1a** nos possibilitou saber sobre seu conhecimento de maquetes e se, ao menos, sabia nomeá-la. Com a **F1b** e **F1c**, solicitamos aos alunos uma descrição dos artefatos do protótipo e, com isso, pesquisamos se seu conhecimento advinha do reconhecimento dos elementos constituintes no protótipo ou se era fruto de uma simples memorização sobre maquetes. Com esta manifestação procuramos conhecer se a linguagem dos elementos da nossa concepção era compatível com o conhecimento dos alunos. Da mesma forma que as três tarefas anteriores, com a **F1d** foi possível colher informações sobre a movimentação dos alunos sobre o tabuleiro, bem como suas escolhas e ações ao indicar os caminhos para sair de um lugar determinado e chegar a outro.

Com a **F1e**, buscamos conhecer a eficácia da colmeia, bem como a opinião dos alunos sobre ela. Com a **F1f**, procuramos conhecer a opinião dos alunos quanto aos padrões, bem como, diferenças e semelhanças entre os elementos que compunham os protótipos da maquete. Com estas tarefas investigamos a compatibilidade do MD com a realidade da cegueira adquirida, inquirindo os alunos acerca das nossas escolhas, isto é: materiais, texturas,

dimensões dos objetos, alturas das edificações e os desníveis entre as ruas, passeios e quadras.

Em suma, esperávamos, com essas tarefas, encontrar elementos indicativos para a construção de uma maquete que apresentasse flexibilidade e eficácia, bem como permitisse eficiência e satisfação por parte do aluno ao manuseá-la nas tarefas de probabilidade. Com vistas a isto, elas foram fundamentadas no princípio de *design* de Nielsen (1993). Com esses princípios, pesquisamos a presença de aceleradores utilizados pelos alunos para operar, mesmo sem experiência anterior e contando apenas sua vivência com o MD, e se tornarem cada vez mais experientes no trato com o artefato. Entendemos que estes aceleradores poderiam ser determinados, por exemplo, pelos diferentes materiais ou formas geométricas, texturas ou dimensões escolhidas, bem como pelas semelhanças ou diferenças presentes no protótipo. Conforme orientações dos Cadernos da TV Escola do MEC (BRASIL, 2000b, p. 8), já expostas no Capítulo 2, além do tato, os cegos precisam recorrer a outros sistemas-guia, como utilizar-se de formas curvas e esquinas aproveitando-as como pistas para o conhecimento mais global de um determinado artefato.

As tarefas **F1b**, **F1c**, **F1d**, **F1e** possibilitaram, aos alunos, ampliar o reconhecimento tátil do tabuleiro e dos outros artefatos dos protótipos, contudo, de forma diferente se tomamos como parâmetro as anteriores, elas foram organizadas tendo em vista o objeto matemático, os cbP. Por isso, envolveram situações de sorteio com as tampas, movimentos e direcionamentos sobre o tabuleiro, assim como os registros com o uso da colmeia.

Com a **F1d**, apresentamos instruções iniciais permitindo ao aluno experimentar situações semelhantes àquelas que ele iria vivenciar com as tarefas que envolveram os cbP, ou seja, situações envolvendo sorteio com as tampas, movimento sobre o tabuleiro e visita aos amigos. A **F1e** visou, por um lado, investigar a opinião dos alunos quanto ao uso da colmeia para os registros das jogadas, dos amigos visitados e da construção de gráficos. E, por outro lado, buscou saber que entendimento ele tinha dos registros. Nessa questão, esteve presente o princípio da *visibilidade do status do sistema* proposto por Nielsen (1993). Portanto, com esta composição procuramos levantar os pontos que

mantinham o aluno cego informado sobre o movimento promovido por ele no tabuleiro.

Na sequência, com a **F1g**, buscamos saber se os alunos, ao manusearem a maquete, percebia seu erro e o corrigia com facilidade. Nessa questão levamos em consideração o princípio *Ajuda aos Usuários e Documentação* (NIELSEN, 1993). Com ela, procuramos detectar a presença de elementos que permitiram ao aluno reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros, posto que, da nossa parte, não criamos, conscientemente, nenhum dispositivo para a correção ou percepção de erros.

Com a **F1h**, procuramos saber sobre o nível de liberdade com o qual o aluno poderia operar o artefato e se poderia fazê-lo sozinho. Aqui utilizamos os princípios denominados por Nielsen (1993) de *Controle do usuário e liberdade*, o que nos permitiu reconhecer, nas ações de manipulação do aluno, aquelas que denotassem sua maior desenvoltura no manuseio da maquete. No interior deste contexto, oportunizamos a aplicação do princípio *satisfação de uso* (NIELSEN, 1993) para conhecer sobre sua satisfação e seu cansaço ao trabalhar com o protótipo.

Por fim, na F1i foi aplicada aos alunos diversas vezes, no momento em que cada protótipo foi manuseado. Pesquisamos a opinião do aluno quanto à clareza das informações sobre o tabuleiro e se elas eram facilmente encontradas. Desta forma, levamos em consideração o que Nielsen (1993) denominou por princípio de *Estética e design minimalista*. A partir desta categorização, checamos a presença de elementos ou informações irrelevantes ou desnecessárias às tarefas ou àquelas que, porventura, pudessem dificultar o manuseio tátil do aluno durante as referidas tarefas.

II. Ficha F2: Tarefas de contextualização, experimentação aleatória e representação gráfica

As tarefas contidas na ficha **F2**, assim como na **F3** e **F4** continham as tarefas relacionadas com os cbP anunciados no Capítulo 2. Elas foram aplicadas durante o manuseio de M4 por S2 e S3, e M5 por S2, S3 e S4 nos encontros destinados ao Estudo Principal.

A **F2** foi composta por dez tarefas envolvendo os cbP (de **F2a** até **F2j**) e organizadas segundo a Figura 3.9.

Figura 3.9 - Ficha 2 (F2)

Tarefas de Contextualização, Experimentação Aleatória e Representação Gráfica																															
“OS PASSEIOS ALEATÓRIOS DE JEFFERSON”																															
A História																															
<p>O Jefferson e seus amigos moram no mesmo bairro. A distância da casa de Jefferson para a casa de Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida é de quatro quarteirões. Jefferson costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem pré-estabelecida: segunda-feira, Luana; terça-feira, Marcos; quarta-feira, Peter; quinta-feira, Orlando e sexta-feira, Aida.</p> <p>Para tornar mais emocionante os encontros, a turma combinou que a sorte escolhesse o amigo a ser visitado por Jefferson. Para isso, na saída de sua casa e a cada cruzamento, Jefferson deve sortear uma das duas tampas; se sair atoalhado, andará um quarteirão para o Norte, se sair liso, um quarteirão para o Leste. Cada jogada representa um quarteirão de percurso com a parada obrigatória na faixa de pedestre. Jefferson deve sortear quatro vezes as tampas para poder chegar à casa de um dos amigos.</p>																															
<p>Responda:</p> <p>F2a - Qual é a diferença entre a forma antiga e a nova de Jefferson visitar seus amigos?</p> <p>F2b - Quais são os possíveis resultados ao sortear as tampas?</p> <p>F2c - Qual é a chance de sair atoalhado? E de sair liso? Por quê?</p> <p>F2d - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Sim ou não e por que?</p> <p>F2e - Jogue agora levan a visitar seus amigos 30 vezes. Faça o registro na colmeia de todos os resultados sorteados e dos amigos visitados.</p> <p>F2f - Organize, na colmeia um gráfico pictórico representando os amigos visitados. Que informações você pode colher a partir deste gráfico?</p> <p>F2g - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Sim ou não e por que ?</p> <p>F2h - Sistematize os resultados das colmeias na chamada de Tabela de Distribuição de Frequência – TDF.</p>																															
<p>Tabela 1. Distribuição do número de visitas que cada amigo recebeu de Jefferson</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Amigo</th> <th style="text-align: center;">Nº de vezes que foi visitado (fi) (respostas favoráveis)</th> <th style="text-align: center;">Frequência relativa (hi)</th> <th style="text-align: center;">Porcentagem 100*hi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Luana</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marcos</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peter</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Orlando</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aida</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">100,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Onde $hi = fi/30$ representa uma estimativa da probabilidade</p> <p>F2i - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Por quê?</p> <p>F2j - Compare os seus resultados com o do colega. O que pensa sobre isto?</p>				Amigo	Nº de vezes que foi visitado (fi) (respostas favoráveis)	Frequência relativa (hi)	Porcentagem 100*hi	Luana				Marcos				Peter				Orlando				Aida				Total	30	1,00	100,00
Amigo	Nº de vezes que foi visitado (fi) (respostas favoráveis)	Frequência relativa (hi)	Porcentagem 100*hi																												
Luana																															
Marcos																															
Peter																															
Orlando																															
Aida																															
Total	30	1,00	100,00																												

A aplicação das tarefas deve ser iniciada com a leitura da história. Após a leitura feita pela pesquisadora, ainda sem proceder qualquer simulação, os alunos devem solucionar as tarefas F2a, F2b, F2c, F2d e F2e. Estas questões objetivaram conhecer as concepções intuitivas dos alunos sobre alguns cbP e conhecer sua opinião quanto a diferença entre experimento determinístico e aleatório. Esperávamos que esses conceitos não fossem desconhecidos dos alunos, posto que eles cursavam o ensino médio. Tínhamos como hipótese que, naquele nível de escolaridade, eles já tinham adquirido tal conhecimento. Além disso, consideramos que independentemente da aprendizagem escolar o termo chance possivelmente faz parte do dia a dia desses alunos.

Especificamente na **F2a** solicitamos que os alunos identificassem a diferença entre um experimento determinístico e um aleatório. É previsível que, ao designar a primeira situação, os alunos utilizassem termos como provável, pré-estabelecidas, pois havia uma ordem. Para a segunda situação, termos como aleatório, a sorte ou o sorteio vão determinar o amigo a ser visitado.

Com a **F2b**, procuramos verificar se os alunos reconhecem que só existem dois resultados prováveis: Liso e Atoalhado. Não obstante eles não terem ainda formalizado o conceito de espaço amostral associado ao experimento *sortear uma tampa*, esperávamos que os alunos percebessem que este é o conjunto formado por todos os resultados possíveis.

Na tarefa **F2c**, buscamos conhecer o conceito de probabilidade dos alunos e que eles nos informassem que a probabilidade de sortear liso ou atoalhado seria a mesma, portanto tratava-se de eventos equiprováveis. Para que isto ocorresse, as tampas deveriam ser embaralhadas pela pesquisadora e sorteada aleatoriamente pelo aluno, visto que, pelo tato, eles poderiam previamente identificar as tampas, comprometendo a aleatoriedade do sorteio.

Como solução para a tarefa **F2d**, Gusmão e Cazorla (2009), Hernandez, Kataoka e Oliveira (2010) afirmam que podem aparecer inúmeras respostas. Se informarem que os amigos não têm a mesma chance, suas respostas podem estar baseadas no conceito formal de probabilidade ou em conceitos informais como, por exemplo, acreditar em uma sorte divina, ou Aida e Luana por estarem alinhadas. Se as respostas estiverem baseadas no conceito formal, esperavámos

que eles respondessem 1/16, 4/16, 6/16. 4/16, 1/16; caso contrário não seria possível prever as respostas que seriam dadas. Se responderem que existe a mesma chance, as respostas podem ser: a distância para a casa de cada amigo é a mesma de quatro quarteirões, então a chance é igual a 1/5; porque para sair cara ou coroa existe a mesma chance e, como tal, igual a $1/16 = (1/2)^4$ ou, ainda porque os lançamentos da moeda são aleatórios e independentes. Acreditamos que os alunos possam apresentar em sua resposta uma forte presença do raciocínio da equiprobabilidade, visto que, sendo cinco amigos, poderia acreditar que todos teriam a mesma chance de ser visitados, ou seja, a chance de 1/5. Vale lembrar que esta tarefa, ao se repetir em três outros momentos do Estudo Principal, dará ao aluno a oportunidade para repensar sua solução.

É importante salientar que, diferentemente das versões que nos serviram de referência para adaptar estas tarefas, não foi pedido aos alunos que anotassem o resultado imaginário de jogar 4 vezes a moeda antes do experimento propriamente dito (tarefa F2e). Na tese, esta tarefa fez parte do reconhecimento tátil dos artefatos dos protótipos, mais especificamente da colméia, conforme tarefa F1e. Por este motivo achamos que seria desnecessário solicitar novamente a representação de 4 sorteios com as tampas, posto que esperávamos que eles já dominassem o registro na colmeia dos sorteios e dos amigos visitados.

Na tarefa **F2e**, solicitamos que os alunos executassem 30 vezes o experimento ao sortear 4 vezes as tampas e registrassem na colmeia os sorteios e o amigo visitado. No sorteio, se a tampa sorteada tivesse o EVA liso, ele se movimentaria com o carrinho sobre o tabuleiro para o Leste, e se atoalhado, iria para o Norte. A cada sorteio o carrinho deveria parar na primeira faixa de pedestre que encontrasse no caminho.

Após registro de todos os sorteios, partirmos para a tarefa **F2f**, com a qual os alunos deveriam representar os resultados do seu experimento na forma de um pictograma. Pretendíamos, desta forma, proporcionar ao aluno a oportunidade de construir uma representação gráfica do seu experimento. Para tanto, ele utilizaria apenas a colmeia e os brinquedos recebidos dos amigos visitados. Esperávamos que, a partir desta representação, os alunos pudessem colher de

forma mais clara informações sobre os resultados do seu experimento. E esperávamos também que após o contato com os registros dos sorteios e dos amigos visitados, bem como com o gráfico, que a cada tarefa os alunos pudessem ir construindo o seu conhecimento sobre Probabilidade.

A tarefa **F2g** solicitou aos alunos uma reflexão sobre sua resposta dada anteriormente de forma intuitiva, porém agora tendo como referência os resultados do seu experimento. Esperamos que a opinião do aluno sobre a probabilidade apresente uma forte influência dos resultados colhidos por ele. Neste sentido, encontramos, na pesquisa de Hernandez, Kataoka e Oliveira (2010), que nesta tarefa 45,2 % dos grupos de alunos tiveram respostas baseadas nos resultados da experimentação aleatória.

Na sequência, a **F2h** permitiria aos alunos, com o auxílio da pesquisadora, organizarem os resultados dos sorteios na forma de dados na Tabela de Distribuição de Freqüência (TDF) e, a partir daí, discutir sobre eles. Esperávamos que os dados organizados na TDF possibilitassem aos alunos maior compreensão dos resultados e refletissem sobre a tarefa **F2i** que retoma o questionamento sobre se todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados, já apresentado nas tarefas F2d e F2g. Por fim, com a tarefa F2j possibilitamos que o aluno comparasse seu experimento com o de outro colega, e a expectativa era que ele observasse também os padrões subjacentes aos gráficos que, apesar dos diferentes resultados dos experimentos, os amigos do meio (Marcos, Peter e Orlando) serão mais visitados que os amigos das extremidades (Aida e Luana).

III. Ficha F3: Tarefas de modelagem matemática das possibilidades e representação gráfica

A **F3** (Figura 3.10) foi composta por dez tarefas referentes à modelagem matemática das possibilidades e à representação gráfica dos resultados obtidos.

Figura 3.10 - Ficha 3 (F3)

Tarefas de Modelagem Matemática das Possibilidades e Representação Gráfica			
F3a - Represente, na colméia, todos os caminhos possíveis para visitar cada amigo. Em seguida construa, em uma colméia, o pictograma de todos os caminhos encontrados.			
F3b - Quantos caminhos existem para visitar Luana? O que eles têm em comum?			
F3c - Quantos caminhos existem para visitar Marcos? O que eles têm em comum?			
F3d - Quantos caminhos existem para visitar Peter? O que eles têm em comum?			
F3e - Quantos caminhos existem para visitar Orlando? O que eles têm em comum?			
F3f - Quantos caminhos existem para visitar Aida? O que eles têm em comum?			
F3g - Quantos caminhos existem ao todo?			
F3h - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Por quê?			
F3i - Como você calcularia a probabilidade visitar cada um dos amigos?			
F3j - Analise e sistematize os resultados na Tabela e determine o número de caminhos pelo número total de caminhos para visitar cada amigo, portanto, a probabilidade Pi.			
Tabela 2. Distribuição de probabilidade da visita aos seus amigos			
Amigo	Nº de Caminhos	Nº de caminhos/total de caminhos (fração)	Probabilidade Pi
Luana			
Marcos			
Peter			
Orlando			
Aida			
Total			

Com a tarefa **F3a**, solicitamos ao aluno que registrasse, na colméia, todos os caminhos possíveis para visitar cada amigo. Desta forma, permitimos a ele visualizar os dezesseis caminhos, que são mutuamente excludentes, que significa que o Jefferson não poderia percorrer simultaneamente dois ou mais caminhos. Sendo L sorteio da tampa com EVA liso e A sorteio da tampa com EVA atoalhado, o espaço amostral associado ao experimento aleatório “sortear uma tampa 4 vezes” é formado por $\Omega = \{LLLL, LAAA, ALAA, AALA, AAAL, LLAA, LALA, LAAL, ALLA, ALAL, AALL, ALLL, LALL, LLAL, LLLA, AAAA\}$. Aqui temos os dezesseis caminhos possíveis e a probabilidade de cada um é de $1/16$. Desde que o sorteio das tampas seja independente, teremos o resultado obtido pela multiplicação das probabilidades de cada sorteio ($1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/16$). Quanto à representação gráfica, os alunos utilizariam os brinquedos e a colmeia e organizariam na colmeia o total de brinquedos relativo ao número de caminhos possíveis para visitar cada amigo. Assim, teríamos registrado, em cinco colunas da colmeia, 1 boneca

representando um caminho para a casa de Luana, 4 ioiôs indicando quatro caminhos para a casa de Marcos, 6 apitos representando seis caminhos para visitar o Peter, 4 anéis relativos a quatro caminhos para a casa de Orlando, e, finalmente, 1 presilha indicando um caminho para a casa de Aida, totalizando assim 16 brinquedos ou 16 caminhos.

Com as tarefas **F3b**, **F3c**, **F3d**, **F3e**, **F3f**, **F3g**, **F3i** esperávamos que os alunos percebessem que a probabilidade de cada caminho ser de 1/16 não implica que cada amigo tenha a mesma chance de ser visitado pelo Jefferson. Como cada caminho tem tal probabilidade de ser escolhido, acreditamos que os alunos identifiquem que só existe um caminho {LLLL} que leva à Aida e um que leva à Luana {AAAA}, o que resultaria em uma probabilidade de visita de 1/16. Para visitar Marcos são possíveis quatro caminhos {LAAA, ALAA, AALA, AAAL}; da mesma forma Orlando {ALLL, LALL, LLAL, LLLA}, sendo, então, de 4/16 a probabilidade de visita a estes amigos. E para chegar à casa de Peter são possíveis 6 caminhos, isto é {LLAA, LALA, LAAL, ALLA, ALAL, AALL}, o que representaria uma probabilidade de visita de 6/16. Esperávamos que os alunos encontrassem o mesmo resultado, a não ser que tivessem errado nos cálculos ou no registro dos caminhos possíveis.

Com a tarefa **F3h**, esperávamos que os alunos percebessem que a visita a cada amigo poderia ser determinada, por exemplo, pelo número de vezes que aparecesse a tampa com EVA liso. No estudo de Hernandez, Kataoka e Oliveira (2010), nesta tarefa 61,3 % dos grupos de alunos identificaram corretamente que os caminhos para chegar a cada amigo dependessem do número de caras no sorteio de uma moeda. Se o aluno ainda não tivesse percebido que nem todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados, poderia mudar de opinião a partir dos resultados do registro de todos os caminhos possíveis.

Já com a tarefa **F3j** esperávamos que os alunos cegos pudessem oralmente fazer os cálculos, e a pesquisadora registraria os resultados utilizando lápis e papel, e organizaria na tabela 2 as probabilidades para visitar cada amigo. Em seguida, poderiam discutir sobre os resultados encontrados.

IV. Ficha F4: Tarefas de comparação das formas de atribuir probabilidade

A **F4** foi organizada com três tarefas (**F4a**, **F4b** e **F4c**), conforme apresentado na Figura 3.11.

Figura 3.11 - Ficha 4 (F4)

Comparação das formas de atribuir probabilidades		
F4a - Preencher a Tabela 3 utilizando os resultados contidos nas Tabelas 1 e 2		
Tabela 3. Quadro comparativo do cálculo de probabilidades		
Amigo	Frequência relativa (observada na experimentação) (hi)	Probabilidade (esperada na modelagem) (pi)
Luana		
Marcos		
Peter		
Orlando		
Aida		
TOTAL		

F4b - Qual é a diferença entre essas duas formas de calcular probabilidade?
F4c - Qual das duas formas de calcular probabilidade você acha a mais correta?

A pesquisadora transcreveria para esta tabela 3 os resultados das duas anteriores utilizando lápis e papel. Em seguida, apresentaria aos alunos a tarefa **F4b** esperando com esta tarefa que os alunos percebam que o valor da frequência relativa é resultante da experimentação e trata-se de uma frequência observada, logo é uma estimativa da probabilidade e, quanto maior for a amostra menor o risco na estimativa. Já a probabilidade teórica é proveniente do modelo matemático e representa a frequência esperada, visto que envolve todo o espaço amostral.

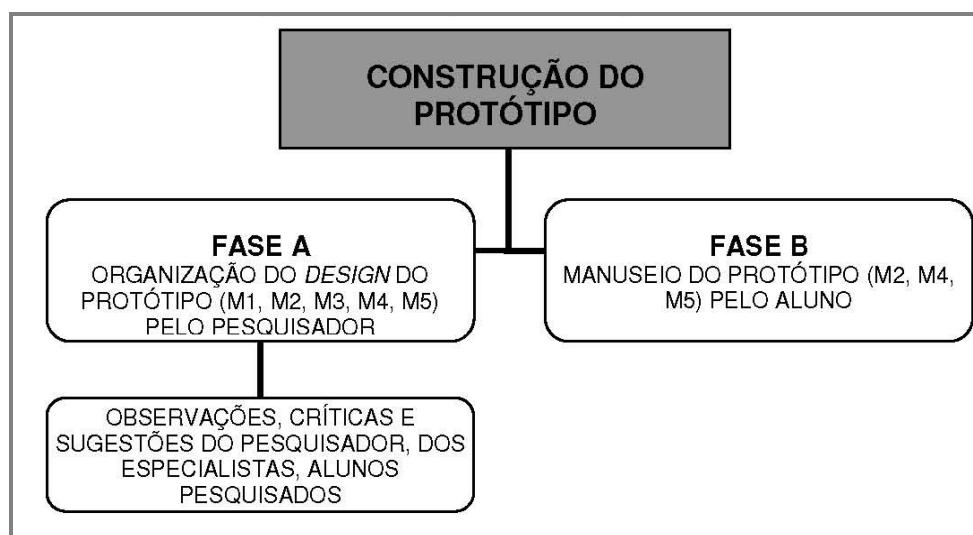
Na tarefa **F4c**, esperávamos que os alunos percebessem que a opção pela freqüência relativa dependerá dos resultados da amostra, e que seria mais apropriado optar pela probabilidade teórica, pois ela modela adequadamente esta situação.

3.2.4 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos apresentados nesta subseção visam permitir ao leitor uma compreensão das atividades de concepção e de análise dos protótipos que foram desenvolvidos nesta pesquisa. A sequência de procedimentos adotada nos possibilitou responder à questão de pesquisa estabelecida, e, portanto, saber sobre a potencialidade da maquete tátil para a aprendizagem de cbP por alunos cegos. Assim, a investigação das filmagens e das entrevistas permitiu combinar resultados qualitativos e compreender melhor o perfil dos usuários durante a atividade de manuseio da maquete nas tarefas de Probabilidade.

Tendo em vista que as técnicas de construção e de análise que escolhemos se apoiam de forma complementar, desenvolvemos nosso estudo com dois direcionamentos: um deles voltado para a construção da maquete, e um outro, para o seu uso na aprendizagem de Probabilidade dos alunos. A estreita relação entre esses direcionamentos exigiu que organizássemos a construção dos protótipos nas duas fases. A fase A voltada para a materialização, propriamente dita, do *design* da maquete concebida a partir de cinco protótipos (M1, M2, M3, M4, M5) construídos sob o enfoque da DCU; e a fase B destinada ao manuseio dos protótipos pelos alunos em dois tipos de estudos: Piloto e Principal (Figura 3.12).

Figura 3.12 - Esquema do *design* do estudo



Observamos no esquema que a construção de todos os protótipos tiveram a Fase A, e somente M2, M4 e M5 tiveram em sua construção a Fase B, referente à interação dos alunos com o protótipo para solucionar as tarefas no Estudo Piloto e no Principal. Na construção destes três protótipos, que tiveram a fase B, obtivemos informações, tanto para a manutenção, quanto para a modificação do *design* do protótipo.

3.2.4.1 Estudos

O primeiro estudo foi nomeado como Piloto, pois o foco no encontro realizado com o aluno era apenas avaliar a usabilidade do protótipo M2. O segundo estudo foi nomeado Principal, uma vez que, durante os encontros com os alunos, o objetivo era viabilizar o contato dos mesmos com os cbP mediados pelo uso dos protótipos M4 e M5 (artefatos e tarefas que os compunham).

Nesses encontros para o manuseio dos três protótipos, filmamos as ações e as estratégias dos alunos ao explorarem os artefatos durante as tarefas. Esses encontros aconteceram em salas de recursos multifuncionais⁵⁴ conhecidas ou frequentadas semanalmente pelos alunos que participaram do estudo. O número de encontros para cada aluno foi variável, pois priorizamos a aplicação das tarefas independentemente do tempo necessário à sua execução. Buscamos com esta manifestação atender as sugestões dos PCN: AC (BRASIL, 1998a) quanto à adaptação curricular, que sugere respeitar o tempo solicitado por cada aluno para desenvolver suas atividades. A seguir, explicitamos as particularidades dos dois estudos.

I. Estudo Piloto

O Estudo Piloto foi planejado visando obter informações que pudessem complementar a *configuração de base* da maquete. Nesse sentido, este estudo aconteceu em um único encontro, no qual o aluno S1 manuseou o M2 para

⁵⁴ Sala de apoio ou de recursos multifuncionais – são espaços da escola da rede de ensino onde se realiza atendimento educacional especializado para alunos NEE a partir de estratégias de aprendizagem que favoreça a construção de conhecimentos pelos alunos (PEIXOTO e HORA, 2011).

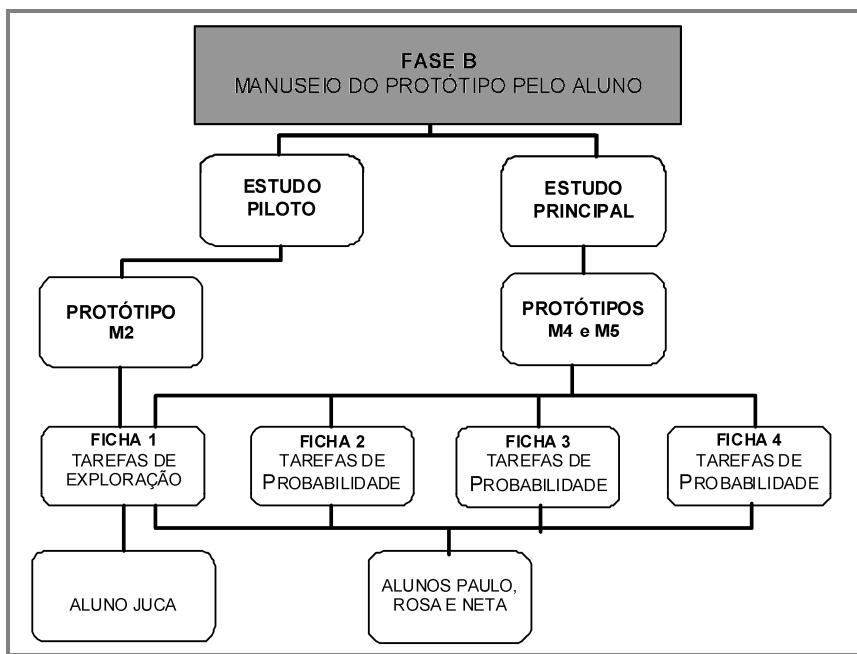
solucionar as tarefas de exploração (Ficha 1) aplicadas com o auxílio de especialistas em maquete. Os resultados colhidos neste encontro, fruto das sugestões e estratégias do aluno cego e da opinião dos especialistas presentes no encontro, permitiram que inúmeras modificações pudessem ser feitas no *design* de M2. Assim, melhores adequações foram feitas para atender as condições de usabilidade previamente estabelecidas.

II. Estudo Principal

Com o Estudo Principal objetivamos colocar o aluno em contato com os cbP (o objeto matemático em estudo), mediado pelos instrumentos, ou seja, pelos protótipos M4 e M5 que, por sua vez incluíam as tarefas contidas nas Fichas F2, F3 e F4. Neste Estudo os alunos S2, S3 e S4 participaram individualmente dos encontros.

Inicialmente apresentamos a cada aluno algumas tarefas da Ficha 1 para que eles procedessem ao reconhecimento tátil do protótipo e solucionassem também aquelas que envolveram os cbP. Na sequência aplicamos as tarefas de probabilidade contidas na F2, F3 e F4, exatamente nesta ordem. Em suma, neste Estudo, os alunos exploraram os protótipos durante o reconhecimento tátil e ao solucionarem as tarefas de probabilidade nos auxiliaram a avaliar e construir os protótipos que foram manuseados por eles, bem como as tarefas que lhes foram requeridas.

Buscando dar maior visibilidade aos procedimentos da Fase B, expomos na Figura 3.13, um esquema resumido do desenvolvimento dos dois estudos.

Figura 3.13 - Detalhamento dos estudos

Para esclarecer melhor acerca dos procedimentos até aqui expostos, detalhamos, em seguida, a construção dos cinco protótipos desenvolvidos nesta pesquisa, conforme Etapas da DCU.

3.2.4.2 Construção dos protótipos da maquete

Como dito, construímos a maquete tátil como resultado da transformação sequencial de cinco protótipos construídos a partir das etapas da DCU. Assim, na Fase A partimos do planejamento (Etapa 1), passam pela descrição das especificações (Etapas 2 e 3), em seguida pela apresentação de uma solução de *design* (Etapa 4) e, por fim, sua avaliação (Etapa 5). Assim, após avaliação, se o protótipo não atingiu uma aceitável condição de usabilidade, retornamos às Etapas (2, 3, 4 e 5); caso contrário, o protótipo passaria a representar a maquete da pesquisa.

I. Construção de M1

Concebemos o M1 realizando somente a Fase A, seguindo as etapas da DCU. Desta forma, na Etapa 1 determinamos a necessidade de construção

centrada no usuário a partir dos autores consultados. Na sequência, na Etapa 2 especificamos o Contexto de Operação e na Etapa 3 especificamos as Exigências dos Usuários. Nestas especificações utilizamos o rol de procedimentos e materiais que sintetizamos no Capítulo 1. Tendo tal organização em mente, partimos para a Etapa 4 e construímos a solução de *design* M1 e, por fim, procedemos a sua avaliação, Etapa 5, utilizando categorias de análise organizadas a partir do modelo S.A.C.I. adaptado do proposto por Rabardel (1995).

Ressaltamos que M1 não foi manuseado pelo aluno, por isso não passou pela Fase B, por conseguinte, não foi utilizado no Estudo Piloto e nem no Principal. Sua análise contou apenas com as informações colhidas pela pesquisadora na literatura consultada e as sugestões da Orientadora desta tese para a adequação de M1 ao cartaz proposto por Cazorla e Santana (2006). Como será apresentado de forma detalhada no próximo capítulo, este protótipo mostrou-se incongruente com as tarefas, o que nos levou a descartá-lo e partir para a construção de M2 revendo as especificações que foram organizadas para M1.

II. Construção de M2

Estruturamos o M2 realizando as Fases A e B, como descreveremos a seguir. Na fase A com a Etapa 2 especificamos o Contexto de Operação e com a Etapa 3 especificamos as Exigências dos Usuários tomando os resultados da avaliação de M1 como elementos norteadores de *re-design*. Nesse sentido, aproveitamos para compor as especificações deste novo protótipo, os elementos positivos, e eliminamos as características negativas. Na sequência, chegamos à Etapa 4 propondo a solução de *design* denominada de M2.

Na fase B o M2 foi manuseado por S1 no Estudo Piloto para que pudéssemos proceder com sua análise. Nas filmagens desse encontro, colhemos elementos para avaliar este protótipo. Listamos os elementos de *re-design* do próximo protótipo, M3, uma vez que M2, apesar de melhor alinhado às tarefas que o M1, mostrou-se incongruente com as características peculiares ao aluno. Desta forma, partimos para a procura de uma nova solução.

III. Construção de M3

Construímos o M3 realizando apenas a Fase A, que foi dividida em dois momentos denominados de A1 e A2. Em A1 tomamos os elementos listados na análise do modelo anterior, ou seja, mantivemos os acertos e corrigimos os equívocos, organizamos as especificações (Etapa 2 e 3), construímos a solução de *design* M3 (Etapa 4) e partimos para avaliá-lo (Etapa 5). Para sua avaliação estabelecemos a Fase A2, na qual apresentamos o M3 aos participantes da nossa Banca de Qualificação que ocorreu em um único encontro. Nela estiveram presentes, além da pesquisadora, uma especialista em Probabilidade, um matemático e a orientadora desta tese, os quais sugeriram inúmeras adequações para atender às solicitações das tarefas envolvendo os cbP. Como M3 mostrou-se incongruente com as referidas tarefas, partimos, mais uma vez, em busca de uma nova solução de *design*, o que deu origem ao M4.

IV. Construção de M4

Para a construção de M4 realizamos as Fases A e B, a saber. Na fase A retomamos a Etapa 2 e Etapa 3 revendo as especificações com os elementos norteadores de *re-design* observados na avaliação do modelo anterior. Propomos, então, na Etapa 4, a solução denominada M4. Na fase B o protótipo foi manuseado por S2 e S3 no Estudo Principal, para sua avaliação (Etapa 5). Conforme exibido anteriormente, M4 permitiu ao aluno entrar em contato com o objeto matemático por meio das tarefas. Durante o manuseio de M4, percebermos que as edificações criavam muitas dificuldades para que o aluno tateasse os caminhos sorteados sobre o tabuleiro. Essas observações foram confirmadas ao investigarmos as filmagens dos encontros. Por este motivo, partimos para a construção de um próximo protótipo.

V. Construção de M5

Concebemos o M5 realizando as Fases A e B. Na Fase A, retomamos os elementos norteadores de *re-design* observados na avaliação do protótipo anterior, reorganizamos as especificações (Etapa 2 e Etapa 3) construímos a solução de *design* M5 (Etapa 4).

Para avaliar (Etapa 5) este protótipo, realizamos a Fase B, em que o M5 foi manuseado por S2 e S3 no Estudo Principal, como aconteceu com o anterior, ou seja, mantivemos contato com o objeto matemático. As observações do aluno tateando o tabuleiro e as soluções dadas por ele às tarefas sinalizaram indícios de que esses instrumentos ofereciam um nível de usabilidade mais aceitável do que seu antecessor no que se refere à aprendizagem dos cbP.

No entanto, nesse ponto da pesquisa surgiram as seguintes dúvidas: O aluno mostrou competência tátil com o M5 porque já dominava o M4? O manuseio de M5 é suficiente a ponto de dispensar o domínio do M4? Visando responder a estas questões testamos M5 com S4, que não teve contato com o M4. Os resultados dessas aplicações com S2, S3 e S4 serão detalhados no próximo capítulo.

3.2.4.3 Instrumentos de coleta dos dados

Na coleta dos dados adotamos procedimentos que nos permitiram uma coleta ampla e diversificada. Portanto, recolhemos informações utilizando:

- a) Fotografias do passo a passo da construção do tabuleiro dos protótipos;
- b) Filmagens da aplicação das tarefas contidas nas Fichas F1, F2, F3 e F4 durante o manuseio dos protótipos pelo aluno. Desta forma registramos, além das respostas orais dos alunos, seus gestos e ações ao interagir com o MD. As filmagens dos encontros para aplicação das tarefas foram transcritas.
- c) As respostas dos alunos às tarefas incluindo os registros nas colmeias;
- d) Anotações e gravação das avaliações, seja do uso do instrumento ou do tratamento dado ao objeto matemático, feitas pelos alunos, pela pesquisadora e por especialistas.

3.2.4.4 Análise dos dados

Propomos uma análise qualitativa dos dados tendo como pressuposto as orientações contidas nos estudos sobre os quais nos amparamos. É necessário destacar que avaliamos as ações dos alunos sem que nos limitássemos a investigar seu desempenho nas tarefas a partir de estímulos e respostas.

Organizamos as categorias de análise conforme apresentado no Capítulo 2 (Figura 2.4, p. 64), com as interações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado para esta tese. Ressalta-se que ocorreram tanto relações bipolares como tripolares, sendo que algumas foram pré-estabelecidas e outras só foram percebidas e analisadas ao longo das construções dos protótipos, como exemplo destas últimas, a relação entre o pesquisador e outros especialistas (P-P1) que nos permitiu desenvolver a análise de M3.

CAPÍTULO 4

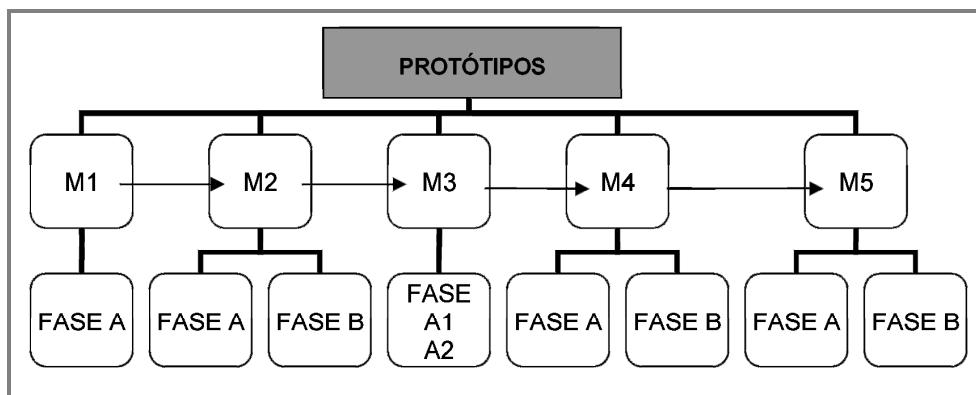
AVALIAÇÃO DA MAQUETE TÁTIL: de olho na análise instrumental

Neste capítulo apresentamos a análise instrumental com vistas a avaliar a maquete tátil apresentada na forma de protótipos M1, M2, M3, M4, M5. Desenvolvemos esta avaliação sempre focada nos fundamentos teóricos que nortearam este estudo e na busca de responder à questão de pesquisa:

**QUAL A POTENCIALIDADE DE UMA MAQUETE TÁTIL, PLANEJADA E CONSTRUÍDA
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE PROBABILIDADE POR
ALUNOS CEGOS?**

Organizamos esta exposição apontando tanto os detalhes da construção dos protótipos descritos sucintamente no capítulo anterior quanto a avaliação dos mesmos. Lembramos que a construção de alguns protótipos foi realizada apenas numa única fase, denominada de Fase A. Já a construção de outros protótipos foi realizada em duas fases, Fase A e Fase B, sendo que esta última se referiu à interação entre os alunos e o protótipo (Figura 4.1).

Figura 4.1 - As fases de construção dos protótipos



Vale lembrar que nos Capítulos 2 e 3 já anunciamos que, para realizar a avaliação, organizamos as categorias de análise tomadas *a priori* nas interações geradas entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado para a tese (aluno cego – maquete/tarefas – cbP – pesquisadores/especialistas). No entanto, sentimos necessidade de lançar mão de outras interações entre esses mesmos polos durante a avaliação dos protótipos, sendo, portanto uma análise tomada *a posteriori*.

Salientamos ainda que a transformação de M1 para M2 foi fruto da avaliação feita por outros sujeitos, ou melhor, pela pesquisadora juntamente com a orientadora de sua tese. As modificações de M2 para M3 foi resultado do manuseio do aluno S1 e as adaptações de M3 para M4 foram provenientes da avaliação feita por outros sujeitos, uma Doutora com pesquisa focada em Educação Estatística e um Doutor em Educação Matemática. A adequação de M4 para M5 foi fruto da reflexão da pesquisadora após ter presenciado as dificuldades de manuseio tátil dos alunos S2 e S3 operando com o tabuleiro de M4. Por fim, M5 passou a representar o instrumento maquete tátil com o nível de usabilidade almejado nesta pesquisa, tendo sido manuseado satisfatoriamente por S2, S3 e S4.

Expostas estas considerações mais gerais, a seguir colocamos o foco das nossas reflexões sobre os dados coletados, sabendo que foram utilizadas as relações entre os polos do modelo S.A.C.I. adaptado. Estas, a nosso ver, foram as que se mostraram mais convenientes para responder à questão da pesquisa.

4.1 Construção e Avaliação do Protótipo M1

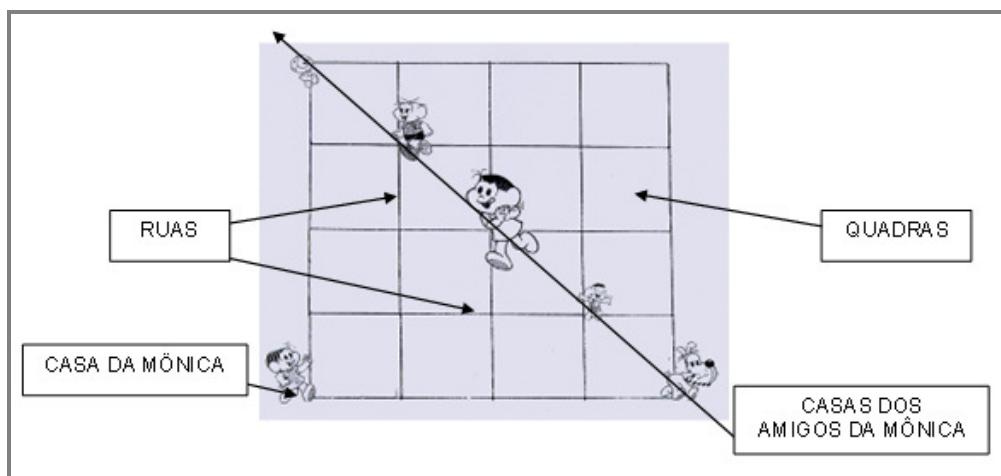
Desenvolvemos a construção do protótipo M1, composto apenas pelo tabuleiro, seguindo as etapas da Metodologia do *Design* Centrada no Usuário (DCU) em uma única Fase A, pois o M1 não foi manuseado pelo aluno; além disso, sua análise contou somente com as adequações feitas pela pesquisadora a partir de discussões com a orientadora da tese. Este protótipo M1 não foi utilizado no Estudo Piloto, nem tampouco no Estudo Principal.

Estruturamos as três primeiras etapas de construção desse protótipo utilizando as informações colhidas nos documentos oficiais e nas pesquisas sobre criação e/ou adaptação de artefatos para a educação em Matemática de alunos cegos (Capítulo 1), bem como nos fundamentos teóricos exibidos no Capítulo 2. Assim, na Etapa 1, justificamos o projeto centrado no usuário tomando como ponto de partida as orientações dos PCN: Adaptações Curriculares (BRASIL, 1998a) e do Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a, p. 22-30). Tivemos em mente que cabe ao professor fazer os ajustes de pequeno porte buscando, para tanto, profundo o conhecimento das características do aluno; procuramos, por isso, adaptar o M1 à arquitetura cognitiva do aluno no papel de usuário, acreditando que garantiríamos mais qualidade neste MD e sua maior aceitação por parte do aluno. Como nos estudos citados no Capítulo 1, o aluno foi também uma fonte de informação fundamental para a concepção dos protótipos nesta tese. E mesmo quando ele não esteve fisicamente presente, era considerado como se estivesse, já que suas características foram estruturadoras do nosso MD desde o primeiro protótipo. Desta forma, fica devidamente justificada a utilização do projeto centrado no usuário e, portanto, cumprida a exigência que compõe a primeira etapa do ciclo de projeto centrado no usuário (DCU).

Na Etapa 2, especificamos o contexto de operação, procurando estruturar o tabuleiro para atender às tarefas. Este contexto foi determinado pela necessidade de organizar o tabuleiro para a nova representação tridimensional, sem perder de vista as informações contidas no cartaz em duas dimensões (Figura 4.2) da sequência de tarefas referentes a *Os passeios aleatórios da Mônica* (CAZORLA; SANTANA, 2006). Neste sentido, elegemos como critérios: o tipo de material empregado, as dimensões para facilitar o manuseio tátil, as

texturas que não ofereciam perigo ao tato, materiais de baixo custo e fáceis de adquirir. Além disso, foi conveniente evitar, na construção, o desperdício de tempo, de material e de trabalho.

Figura 4.2 - Cartaz da sequência *Os passeios aleatórios da Mônica*



Fonte: Cazorla e Santana (2006, p. 45).

Este cartaz simboliza a projeção bidimensional de um bairro na forma de um quadrado (4×4). Os 16 quadrados menores simulam as quadras do bairro. Estas são delimitadas por segmentos de reta (5 na vertical e 5 na horizontal) que, por sua vez, representam ruas que se cruzam perpendicularmente. Além disso, o cartaz expõe a gravura de cada uma das personagens no cruzamento onde se localiza suas respectivas casas. A casa da Mônica se acha na extremidade inferior esquerda enquanto as casas de seus amigos Horácio, Cebolinha, Magali, Cascão e Bidu, situam-se em uma das diagonais do quadrado da base. Sendo esse cartaz importante na aplicação das tarefas, sabíamos que seria um ponto fundamental na construção de M1 atender a esta disposição. Desta forma, ficou definido como contexto de operação atender às disposições das casas das personagens presentes no cartaz.

Passamos à Etapa 3, na qual especificamos as exigências dos usuários. Neste sentido, podemos garantir que os materiais foram escolhidos conforme orientações encontradas na literatura consultada (FERRONATO, 2002; REILY, 2004; FERNANDES, 2004; 2008a; ADREZZO, 2005; TANTI, 2006; VENTORINI 2007) e, portanto, tínhamos claro que eles atenderiam às particularidades do aluno com cegueira adquirida. Acertamos em algumas escolhas e erramos em

outras, conforme discutiremos posteriormente na análise deste protótipo. No que se refere aos padrões empregados, seguimos a advertência de Ventorini (2007), de que, na adaptação de materiais para a construção da maquete, é interessante considerar a beleza tátil do objeto, o que equivaleria dizer, utilizar textura, forma e tamanhos adequados à exploração tátil. Portanto, visando atender à estética tátil, organizamos o conjunto para agradar aos alunos cegos e, na medida do possível, também atender futuramente os alunos com baixa visão e videntes. Colocamos em jogo ainda a sensibilidade dos alunos a certos materiais, conforme sugestão de Reily (2004). Nesse sentido, tivemos a preocupação de usar materiais com texturas que não prejudicassem o tato do aluno e apresentassem resistência ao toque exploratório. Foram escolhidos: o emborrachado (EVA), papelão e papéis com texturas e espessuras variadas. Em suma, nas quadras utilizamos o material EVA com textura atoalhada, os passeios e as ruas foram cobertos com EVA liso, nas cores preto com *gliter* e cinza, respectivamente. Lançamos mão também de miniaturas em material plástico que representavam árvores e bancos.

Quanto às formas geométricas presentes no traçado da nossa maquete para ser utilizada por alunos cegos, não que convém sejam complexas ou ricas em detalhes, pois o tato não fornece a compreensão global e sintética que o canal visual possibilita, e com ele a imagem do objeto é composta analiticamente, parte por parte (FERNANDES, 2004; VENTORINI, 2007). Traçamos formas simples para os telhados e as edificações e procuramos não utilizar peças muito pequenas para não prejudicar a leitura tátil, conforme sugestão de Reily (2004).

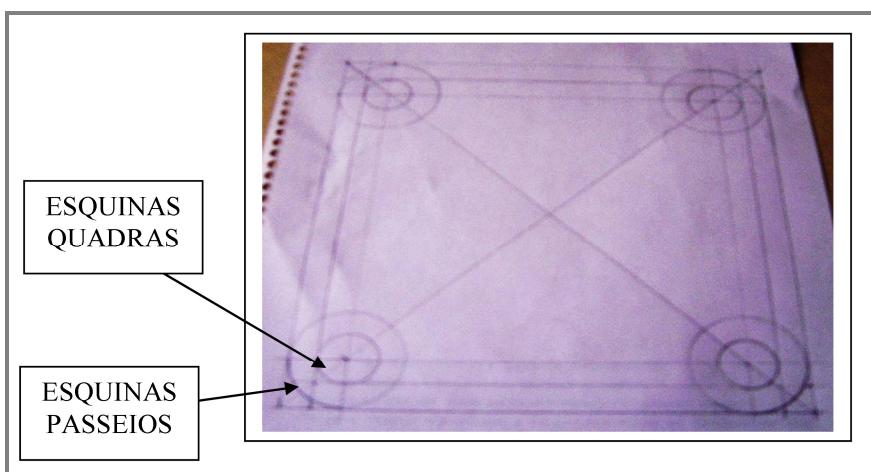
Organizadas as especificações e cumpridas as Etapas 1, 2 e 3 partimos para atender a Etapa 4, ou seja, estruturamos a solução de *design* M1. Este protótipo envolveu em sua construção, cálculos, traçados, dobraduras, recortes, colagens etc. A seguir expomos como se deu sua construção passo a passo para ilustrar as informações apontadas.

Iniciamos a construção do tabuleiro de M1 desenhando em papelão um quadrado de 86 cm x 86 cm (esta dimensão resultou de cálculos que antecederam o desenho e resultou do traçado das larguras de cinco ruas, quatro quadras e oito passeios). Tudo isto para retratar o bairro com 16 quadras, presente no cartaz (2D), em um tabuleiro (3D). Com o traçado de segmentos paralelos e

perpendiculares marcamos as ruas, quadras e passeios. Representamos na escala numérica⁵⁵ 1: 200, as ruas com oito metros, os passeios com dois metros de largura, bem como as quadras, com dimensões de 30 m x 30 m. Assim, determinamos uma configuração de 4 x 4, dividindo o quadrado maior em 16 outros menores de mesma área. Em quatorze dessas quadras inserimos representações tridimensionais de edificações e em duas delas organizamos as praças.

Feito esse traçado, produzimos os moldes da planificação das edificações, das quadras e dos passeios, visando com isto facilitar o recorte e a reprodução destas peças em EVA. Vale ressaltar que as construções foram feitas com o auxílio dos instrumentos de desenho técnico e arquitetônico, entre eles o escalímetro, a régua T, esquadros, lápis e papel. Salientamos ainda que este molde do passeio e da quadra passou por uma série de traçados até seu traçado final. Traçamos um quadrado mais interno (limite da quadra) e outro mais externo (limite do passeio em torno dela). Para fechar o traçado demarcamos as esquinas, utilizando a concordância⁵⁶ entre arco e reta (Figura 4.3).

Figura 4.3 - Traçado das esquinas das quadras e dos passeios

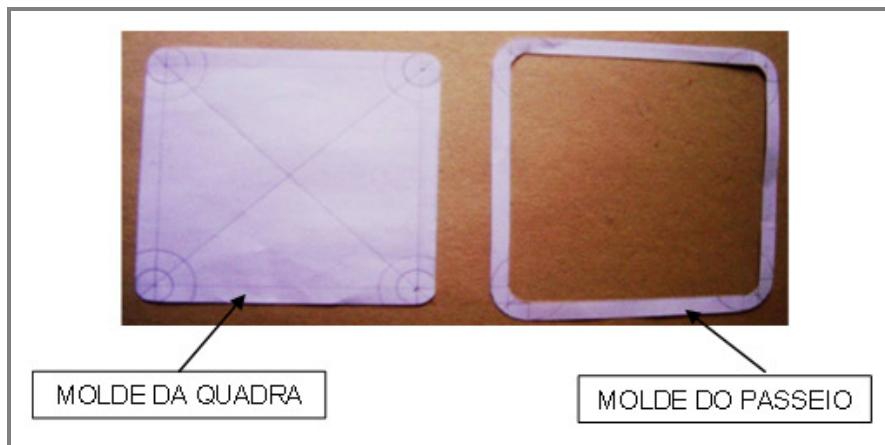


⁵⁵ Escala é a relação matemática entre a distância representada no mapa e o real da superfície representada. Há duas modalidades de escala: a numérica e a gráfica. A escala numérica se representa por uma fração ordinária (como 1/200) ou de uma razão matemática (1:200). O número 1 significa a unidade no desenho (1 cm) e o número 200 o tamanho real (2 m), ou seja, cada centímetro do desenho representa 200 cm do real.

⁵⁶ Um arco e uma reta estão em concordância num ponto P, quando a reta é tangente ao arco neste ponto de concordância (BRAGA, 1987)

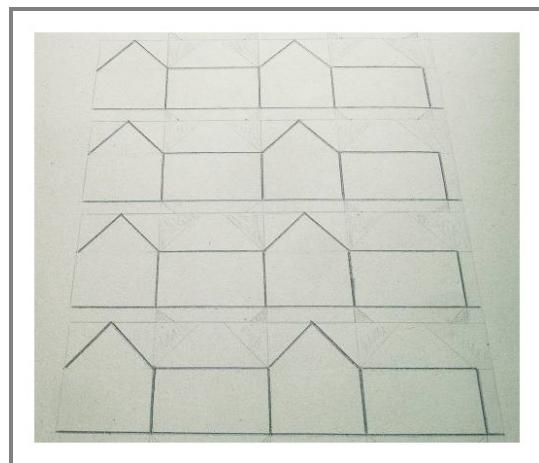
Estes procedimentos também foram utilizados no traçado da base da maquete em papelão. Vale lembrar que nossa formação como Bacharel em Arquitetura nos permitiu construir estes detalhes com mais facilidade. Após os traçados descritos, recortamos os moldes, conforme Figura 4.4.

Figura 4.4 - Molde da quadra e do passeio

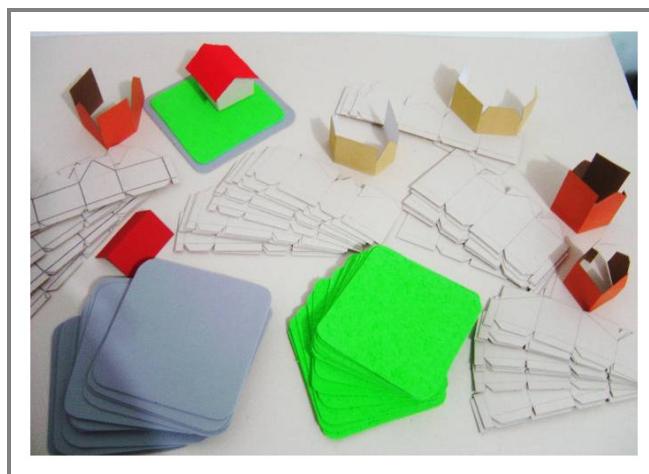


A partir destes moldes fizemos uma estimativa da quantidade de material em EVA para cobrir a base da maquete. Assim, foram utilizados quatro folhas de EVA na cor preto, três na cor atoalhado e três na cor cinza.

Quanto à escolha do material, priorizamos sempre que possível, a padronização de materiais. Inspirados em Ventorini (2007), procuramos utilizar os mesmos materiais para representar os mesmos objetos. Por exemplo, fizemos todos os telhados com papel vermelho do tipo micro ondulado, independentemente do número de águas (inclinações). Em todas as edificações optamos pelo papelão Paraná natural. No entanto, procuramos diferenciar as edificações quanto à forma, traçando cinco modelos diferentes, a saber: casas de um ou dois pavimentos, edifícios de dois ou quatro pavimentos, podendo apresentar uma ou duas águas no telhado. Por este motivo, expomos o traçado planificado da casa com duas águas e dois pavimentos na Figura 4.5. Apesar dos diferentes modelos, neste traçado procuramos formas simples, pois sabemos que a complexidade das formas pode trazer complicadores à estimulação tátil e, portanto, precisa estar de acordo com o grau de maturidade e experiência do sujeito, segundo Ventorini (2007).

Figura 4.5 - Planificação de um modelo de edificação

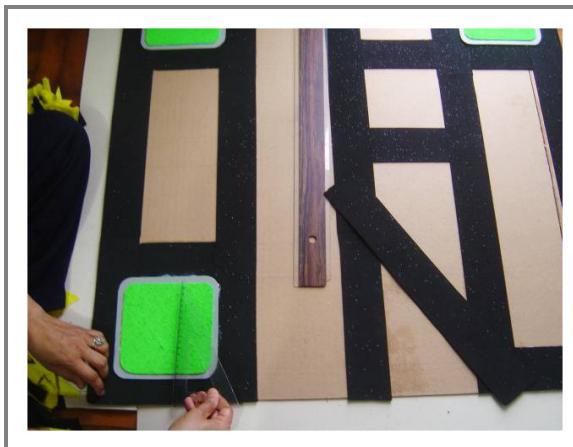
No traçado das edificações, tivemos o cuidado de marcar linhas de corte (traço contínuo) e de dobras (traço descontínuo). Visando facilitar o processo de organização de M1, traçamos e recortamos todo o material necessário para a construção da arte final do protótipo, ou seja, edificações, quadras, passeios e telhados (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Material recortado

Recortado todo o material, dobramos e colamos com cola branca a planificação das edificações resultando na configuração tridimensional e, por fim, colamos os telhados sobre a configuração tridimensional das edificações. Passamos então, à colagem das ruas, quadras e passeios do tabuleiro guiando-nos pelo traçado previamente feito. Nessa colagem foram precisos alguns cuidados para que os conjuntos ficassem o mais alinhado possível. Procuramos,

assim, manter entre os elementos da base, as relações métricas preestabelecidas, bem como a harmonia entre as informações que eles representam (Figura 4.7).

Figura 4.7 - Colagem de quadras, passeios e ruas



Com isto, pudemos proceder a arte final do tabuleiro colando o EVA preto com gliter nas ruas. Dessa forma, foram também se definindo os espaços dos passeios e das quadras. Na sequência colamos as quadras localizadas nos pontos extremos do grande quadrado da base. Em seguida colamos as demais, tendo neste procedimento o cuidado de utilizar linhas de gabarito⁵⁷, à semelhança da marcação de obras na construção civil (Figura 4.8).

Figura 4.8 - Colagem do EVA na base do tabuleiro



⁵⁷ A Linha de gabarito é a marcação feita com fio de *nylon* ou arame presos a pregos que estão no gabarito nos limites da construção antes do início das obras. O gabarito, por sua vez, corresponde a um conjunto de tábuas presas a pontaletes de madeira que circulam a obra e servem de suporte para as linhas.

Empregamos as linhas de gabarito durante a colagem das quadras e passeios visando garantir o alinhamento de cada peça e, consequentemente, do conjunto. Esse procedimento nos auxiliou a resolver a falta de visibilidade do traçado feito no papelão da base por estar sendo coberta paulatinamente pelo EVA destinado às ruas.

Depois de coberta toda a base do tabuleiro, determinamos as quadras onde colaríamos as edificações e onde faríamos as duas praças. Para tanto, priorizamos a localização das casas solicitadas nas tarefas. Inicialmente, determinamos para a casa e os de seus amigos o modelo de residência de dois pavimentos, com telhado de duas águas (planificação na Figura 4.5), tendo uma árvore ao lado, e sendo únicas na quadra em que se localizavam, pois todas as outras quadras com edificações possuíam sempre duas edificações de diferentes modelos. A casa tinha também uma cerca para diferenciar das casas de seus amigos. Acatando a sugestão de Ventorini (2007), mantivemos, em nosso *design*, um desnível entre as ruas, passeios e quadras nos moldes do que acontece no real (Figura 4.9).

Figura 4.9 - Desníveis no tabuleiro do protótipo M1



A exemplo do real, consideramos o desnível no sentido de subida, estando no nível mais baixo as ruas, acima os passeios, e um pouco mais alto, as quadras. Também à semelhança do real, a representação visou facilitar a identificação das ruas e quadras pelo aluno por meio do tato. Em outras palavras, pretendemos que ele pudesse identificar pelo tato algo que ele já conhece com os pés quando faz suas caminhadas. É preciso destacar que em nenhum dos protótipos utilizamos o que Ventorini (2007) chama de exagero vertical e/ou

horizontal dos objetos. Portanto, em nenhum deles representamos na maquete o aumento ou a diminuição de suas dimensões reais visando adequá-los à sensibilidade tátil dos alunos. Finalmente, na arte final aplicamos outros materiais como: areia colorida nos acessos das casas, pedras, cerca de plástico, árvores de espuma, troncos e bancos feitos com massa de *biscuit* e espuma (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Tabuleiro do protótipo tátil M1

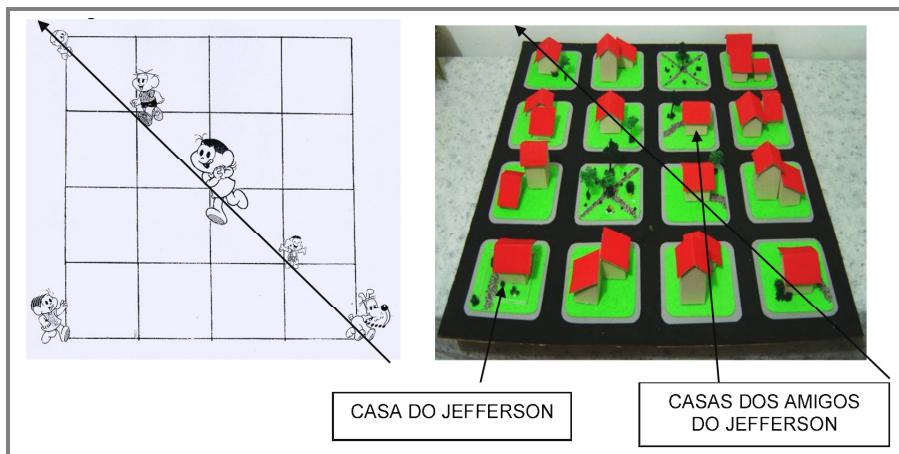


Com a solução M1 completamente organizada, passamos à Etapa 5 da DCU, que foi a avaliação deste protótipo. Esta avaliação visou saber se o tabuleiro de M1 possuía uma configuração que atendesse aos requisitos de usabilidade pretendidos. Em outras palavras, buscamos conhecer seu nível de flexibilidade, eficiência e eficácia para a aplicação das tarefas.

Neste sentido averiguamos a coerência que havia no alinhamento dos instrumentos (tabuleiro e tarefa). Neste sentido, comparamos a solução tridimensional, o tabuleiro de M1 (I), e a bidimensional, o cartaz (lo). Com esta situação elegemos para análise a **relação [I-lo]** que não é tão evidente no modelo S.A.C.I. adaptado, pois relaciona o instrumento com ele mesmo ao invés de relacioná-lo com um dos demais polos deste modelo.

Segundo se pode observar na Figura 4.11, nossa solução não manteve a congruência no posicionamento das casas dos amigos na diagonal, tal qual acontece com o cartaz em 2D.

Figura 4.11 - Posicionamento das casas no cartaz e no tabuleiro de M1



Entendemos que essa diferença poderia se constituir em uma limitação na usabilidade do artefato para a execução das tarefas por alunos cegos, já que a casa de Peter, ao invés de estar na diagonal, como a dos outros amigos, ficou localizada acima desta.

O uso que demos ao instrumento nesta análise exige uma explicação singular, para que não se verifique incongruência com os fundamentos teóricos expostos no Capítulo 2. Nele deixamos claro que o sujeito da atividade nesta tese é o aluno cego e elegemos a maquete (artefatos e tarefas) como o instrumento a ser investigado. No capítulo citado, também expusemos que o artefato só se transforma em instrumento no uso, isto é, quando ele é utilizado pelo sujeito como o meio para realizar um determinado objetivo (RABARDEL, 1995; RABARDEL; BOURMAUD, 2003). A partir dessas considerações, teríamos que assumir que a maquete seria um instrumento somente em situações de manuseio pelo aluno, fora disto ela teria que ser denominada artefato. No entanto, com as análises foram se configurando aos poucos os limites do modelo escolhido e dos conceitos que o envolvem. Assim, queremos deixar claro que optamos por utilizar o termo instrumento ao invés de artefato, independentemente da presença física do aluno, pois entendemos que este instrumento foi pensado, estruturado e construído a partir de uma metodologia centrada no aluno, o que justificaria este uso. Além do mais, de forma resumida, afirmamos que perseguimos durante toda a tese a construção de um MD do tipo maquete, adaptado à arquitetura cognitiva do aluno. Para tanto, avaliamos, testamos e o colocamos para o manuseio deste quando a situação exigiu.

Entretanto, foi preciso que outros laços reflexivos se formassem para que admitíssemos que este protótipo não estava devidamente estruturado para atender aos nossos objetivos. Então a pesquisadora (P) discutiu com a orientadora de sua tese (P1) sobre a falta de alinhamento das casas dos amigos em M1 (I). Ao analisar este fato, pudemos colocar em destaque a **relação [P-P1]**, que também não é evidente no modelo S.A.C.I., visto que se trata da interação entre outros sujeitos refletindo sobre o instrumento. Esta questão foi muito importante, posto que a partir dessa reflexão sobre M1 surgiu a idéia de construir um novo protótipo com tabuleiro de 25 quadras.

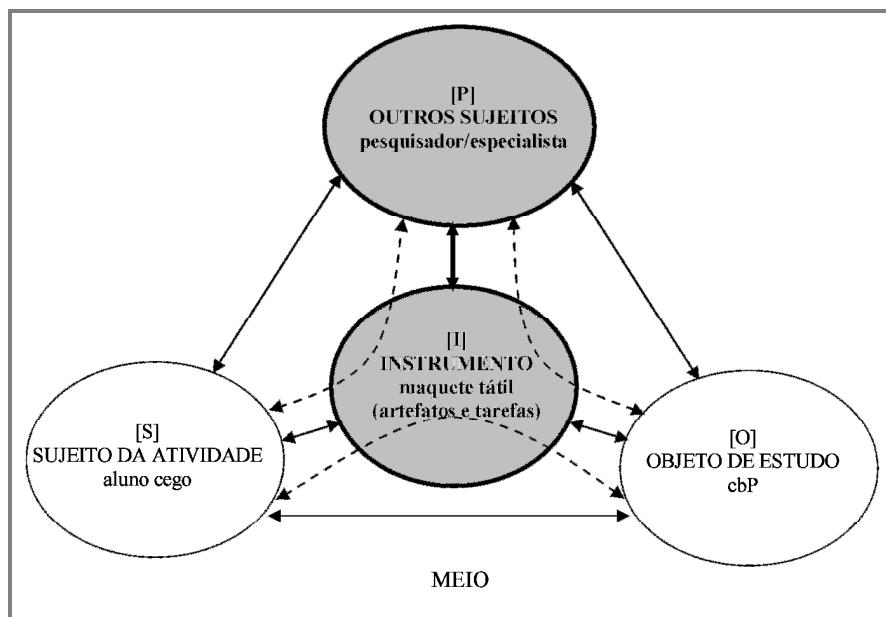
Buscando ampliar nossa avaliação, investigamos a interação entre outros sujeitos e M1, particularmente entre a pesquisadora (P) e M1 (I), o que representaria, no modelo S.A.C.I. adaptado, a **relação [P-I]**. Ao transportarmos M1 até a Universidade (PUC/SP) para apresentá-lo ao Grupo REPARA, percebemos o desconforto e a dificuldade que suas dimensões provocavam para seu transporte. Foi aí que percebemos nossa desatenção à recomendação de Ventorini (2007) sobre as dimensões de uma maquete tátil, que não deve ultrapassar, em muito, dois palmos; M1 possuía quase cinco palmos.

Isto posto, demos sequência a esta análise entendendo que por não termos apresentado M1 (I) a um dos alunos (S), só foi possível conferir as condições de usabilidade deste protótipo a partir da **relação [I-S]** imaginada pela pesquisadora. No entanto, é preciso relatar que somente após o Estudo Piloto tivemos condições reais de perceber o quanto nos equivocamos em várias das dimensões utilizadas em M1. As ruas tinham larguras que permitiam folgadamente o movimento da mão do aluno sem que estas tocassem as edificações localizadas nos dois lados. Além disso, o quadrado da base do tabuleiro de 86 cm x 86 cm deixavam as informações das quadras muito distantes umas das outras, o que poderia comprometer a leitura tátil deste protótipo pelo aluno. Vale lembrar que o aluno cego analisa um objeto pelo tato de forma parcelada e gradual, e as informações captadas precisam ser integradas para que o sujeito chegue a uma conclusão global (BRASIL, 1998a). Somente após a avaliação de M2, pudemos ter uma visão mais clara da incompatibilidade das dimensões de M1 com as condições físicas do aluno cego.

Avaliando a seleção que fizemos, elegemos como pontos **negativos**: (a) a falta de alinhamento das casas dos amigos no tabuleiro, (b) a colocação de caminhos de areia e bancos com massa de *biscuit* nas praças, (c) a escala de desenho 1:200, (c) as dimensões do quadrado da base do tabuleiro com aproximadamente cinco palmos, (d) o quadrado da base de 4 x 4 ou 16 quadras, (e) a cerca na casa. E registramos como pontos **positivos** a serem incorporados na solução nova: (a) os materiais emborrachados EVA liso (ruas e passeios) e atoalhado (quadras); (b) o papelão Paraná natural para as edificações e micro ondulado vermelho nos telhados das edificações; (c) as formas geométricas das quadras, edificações e telhados, (d) desníveis entre as ruas, os passeios e as quadras de acordo com a espessura de cada material, (e) o modelo de edificação da casa e de seus amigos com uma árvore em cada uma destas casas, (f) a aba no tabuleiro.

Por fim, retomamos o modelo S.A.C.I. adaptado (Figura 4.12) para esta pesquisa e, com ele, defendemos que as relações que se percebem mais evidentes na avaliação de M1 não envolveram os polos do sujeito (S) e do objeto (O), pois se centraram nos polos dos outros sujeitos (P) e do instrumento (I).

Figura 4.12 - As relações do modelo S.A.C.I. adaptado utilizada na análise de M1



Diante dos elementos apontados, acreditamos ter deixado claro que as limitações deste artefato comprometeram sua usabilidade, o que nos levou a investir na construção de uma segunda solução de design, o M2.

4.2 Construção e Avaliação do Protótipo M2

Partimos para a construção de M2 porque o protótipo M1 não atingiu o nível de usabilidade esperado e não atendeu, convenientemente, aos requisitos que foram delineados para a realização das tarefas. Por este motivo, estruturamos esse novo arranjo físico ainda em busca da configuração de base da maquete e, para tal, mantivemos o nosso olhar voltado para o alinhamento dos instrumentos tabuleiro e tarefas. Neste sentido, à exemplo do que fizemos em M1, visamos a congruência entre o tabuleiro em terceira dimensão e o cartaz em duas dimensões.

Para atingir a condição citada, planejamos a construção do tabuleiro de M2 contando com as Fases A e B. De uma maneira resumida informamos que na Fase A, organizamos as especificações para esta construção, adaptando ou descartando os pontos negativos apontados nas análises do tabuleiro de M1 e acatando aqueles considerados positivos. Na sequência, estruturamos a solução de *design* M2 e apresentamos ao aluno cego S1 na Fase B. É importante salientar que este manuseio visou encontrar, na interação entre S1 e M2, elementos para validar ou rejeitar definitivamente este protótipo. Por fim, visando legitimar esta solução, avaliamos o M1 (Tabuleiro, acessórios e tarefas da F1) para conhecermos o seu nível de usabilidade com o S1. Nossa reflexão sobre as ações de manuseio de S1 sobre M2 apontaram condições suficientes para considerar que este protótipo continha uma configuração de base coerente com o que esperávamos desta maquete até este ponto da sua concepção. Vejamos de maneira detalhada como procedemos nesta construção.

Na Fase A adotamos os resultados da avaliação do tabuleiro de M1 para nortear este novo *design* denominado M2. Desta forma, retomamos as Etapas 2 e 3 da DCU e organizamos as especificações para este protótipo em construção. Neste sentido, substituímos os elementos negativos, mantivemos os positivos,

bem como inserimos novos requisitos. Mantivemos o mesmo contexto de operação (Etapa 2) do protótipo anterior, o qual foi pensado como o contexto das tarefas e particularmente se referiu à congruência entre a representação do tabuleiro em 3D e as informações contidas no cartaz em 2D. De maneira mais simples, diríamos que esta questão resultou na busca do alinhamento das casas dos amigos no tabuleiro de M2.

Quanto às especificações do contexto do usuário (Etapa 3), tratamos das necessárias mudanças no tabuleiro, bem como da substituição da moeda utilizada nas tarefas para sortear o amigo a ser visitado. Portanto, foram modificações desenvolvidas em M2: uso da Escala de Desenho de 1: 400, retirada dos caminhos de areia e bancos em massa de *biscuit* das praças e a cerca da casa ; além disso, traçamos o quadrado da base do tabuleiro de 5 x 5 com 25 quadras e diminuímos suas dimensões para que ficasse em torno de dois palmos, conforme sugestão de Ventorini (2007). Outras mudanças foram também necessárias. Substituímos a moeda por duas tampas plásticas tendo no verso de cada uma delas um círculo emborrachado EVA, um em atoalhado e o outro liso (Figura 3.3, p. 104). Estas escolhas visaram aproveitar os materiais já selecionados para as quadras e para as ruas do tabuleiro, respectivamente.

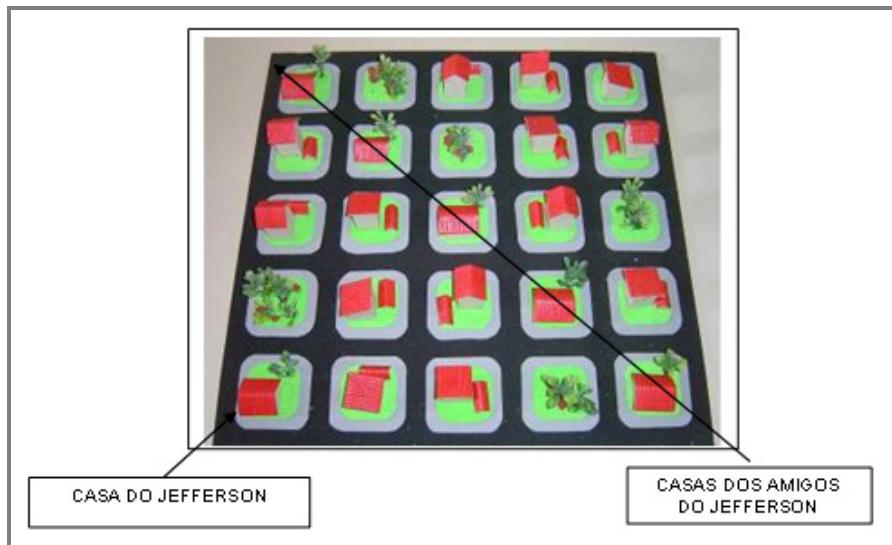
Na estruturação de M2, mantivemos, do protótipo anterior, os modelos das edificações e a conformação da casa das personagens que foi utilizada em M1. Portanto, mantivemos a casa dos personagens com uma árvore ao fundo; o emborrachado EVA liso preto com gliter, verde atoalhado e cinza para as ruas, quadras e passeios, respectivamente; o papelão Paraná natural para as edificações e micro ondulado vermelho para os telhados; a forma geométrica das quadras, edificações e telhados; os desníveis entre as ruas, os passeios e as quadras aproveitando as espessuras dos próprios materiais e a aba do tabuleiro para seu apoio sobre a mesa.

Tendo em mãos as especificações, na sequência estruturamos a solução de *design* do tabuleiro de M2 cumprindo a Etapa 4 do ciclo do projeto centrado no usuário. Como na construção do protótipo anterior, fotografamos o passo a passo da construção deste novo *design* visando com isto facilitar sua reprodução ou correção. No entanto, para não sermos repetitivos, decidimos não expor as

etapas desta construção, assim exibimos na Figura 4.13 somente o produto resultante das ações da pesquisadora na Fase A e que foi colocado para a apreciação do aluno (Fase B).

É importante expor que, antes de entregarmos este protótipo ao aluno, conferimos a coerência entre os instrumentos. Neste sentido, avaliamos a congruência do tabuleiro de M2 (I) com o cartaz em 2D (lo) utilizamos, para tanto, a **relação [I-lo]** a partir do modelo S.A.C.I. adaptado. Com esta avaliação, constatamos que, na base quadrada 5 x 5 com 25 quadras, todas as casas dos amigos permaneceram localizadas sobre a diagonal do quadrado da base. Assim, com as casas alinhadas encontramos a congruência entre o tabuleiro e o cartaz (Figura 4.13).

Figura 4.13 - Tabuleiro do protótipo tátil M2



A estrutura deste tabuleiro se mostrou conveniente, pois atendeu aos requisitos organizados na forma de especificações. Ao colocá-lo a apreciação do Grupo de Pesquisa REPAR, encontramos a solução para o registro dos amigos visitados, que foi solucionado com a utilização de brinquedos que representaram os amigos visitados conforme Figura 4.14, exibida anteriormente neste mesmo item. Portanto, M2, ao passar a ser constituído pelo tabuleiro e pelos brinquedos, foi escolhido por nós como a configuração de base procurada. Em suma, entendemos que o arranjo físico de M2 apresentou um *design* mínimo que atendesse às características físicas dos alunos durante a resolução das tarefas

programadas nesta pesquisa, e que se mostrava preparado para ser manuseado por eles.

Na Fase B, o manuseio de M2 ocorreu em um único encontro denominado Estudo Piloto. Este encontro durou aproximadamente três horas e ocorreu em uma sala de recursos multifuncional na Escola Especial frequentada pelo aluno S1. Estiveram presentes, neste encontro, a coordenadora e o estagiário do Grupo de Pesquisa da Cartografia Tátil (GCT), já citados no Capítulo 3, bem como a coordenadora em Educação Inclusiva da referida Escola. É interessante destacar que, tanto o aluno, quanto a escola foram sugeridos pelo GCT. Este grupo vinha desenvolvendo nesta escola pesquisas com maquetes e mapas táteis para a educação geográfica de DV, há mais de três anos e, além disso, tinham conhecimento das potencialidades de S1. Desta forma, com o aval deste grupo efetivamos a nossa pesquisa e pudemos contar em nossa pesquisa com o auxílio destes pesquisadores já experientes em maquete.

Neste encontro foram aplicadas algumas tarefas da F1 visando compreender como S1 identificava os elementos de M2, bem como as estratégias cognitivas utilizadas por ele ao manusear M2 para resolver as tarefas. Por fim, colher informações não só para conhecer o nível de usabilidade de M2 e melhorá-lo em suas inconveniências, mas também para caracterizar melhor o aluno com cegueira adquirida.

No Estudo Piloto, diferentemente dos demais, a explanação e leitura das tarefas para o aluno não foi feita apenas pela pesquisadora, participaram também a coordenadora da GCT e o seu estagiário. Neste encontro, a participação da pesquisadora resumiu-se a apresentar algumas questões da F1 e, por diversos momentos, informações complementares. Assim, o contato de S1 com este protótipo efetivamente se iniciou com a coordenadora questionando-o sobre a qualidade do material colocado em uma mesa a sua frente. Percebemos que S1 estava muito à vontade na presença do Estagiário e da coordenadora para investigar o tabuleiro de M2.

Abriremos um parêntese para salientar que ilustramos a avaliação de M2 utilizando tanto as ações de manuseio do aluno (S1) quanto os diálogos que ocorreram entre os participantes no Estudo Piloto. Neste contexto, colocamos em

destaque a interação entre S1 e os diversos artefatos que compunham este protótipo, isto é, o tabuleiro, as tampas de sorteio, as tarefas da F1 e os brinquedos. Portanto, iniciaremos nossa análise sobre os fatos ocorridos no Estudo Piloto a partir da **relação [S-I]** do modelo S.A.C.I. adaptado.

O tabuleiro foi entregue a S1 que, ao ser perguntado sobre aquele material, logo o reconheceu como uma maquete. Apesar de tê-lo nomeado de pronto, observamos que ele precisou de um tempo maior para demonstrar domínio mais global sobre este tabuleiro. Afirmamos isto porque S1 fez inúmeras vezes movimentos contínuos, com seus dedos da mão direita, movimentando pelas ruas do tabuleiro da esquerda para a direita ou de baixo para cima. Por vezes ele tateava os telhados, alisando-os. Outras vezes segurava com a ponta de seus dedos as árvores plásticas de uma praça qualquer. Repetia cuidadosamente estes mesmos movimentos enquanto aguardava entre uma tarefa e outra. Refletindo sobre estes movimentos, a partir das filmagens, pudemos compreender que com estas ações repetidas ele poderia estar construindo uma ideia mais global do tabuleiro, visto que as desenvolveu de uma forma pontual, gradual e lenta, mas continuamente.

Prosseguimos avaliando o instrumento com a **relação [S-I]** e, desta vez pesquisamos como S1 lidava com a moeda em situações de sorteios. Neste sentido, o estagiário explicou a S1 que a ideia era sortear uma moeda para visitar um amigo. Se caísse cara, iria para o Norte, e se sorteasse coroa, iria para o Leste. Foi-lhe dada uma moeda de R\$ 1,00 para que ele reconhecesse as faces cara e a coroa. O S1 passa o indicador da mão direita na moeda e demonstra muita dificuldade para identificar as diferenças em suas faces. Para ele sortear com uma moeda seria muito difícil e demorado. Por isto, apresentamos-lhe as tampas de sorteio cuja identificação tátil das tampas S1 fez. Ele pegou-as e, com movimentos circulares, passou lentamente seu dedo indicador direito no EVA colado no verso de cada uma das tampas. Ele repetiu em voz alta a orientação que havia recebido, ou seja, o liso indica movimento para o Leste e o atoalhado para o Norte. Conforme expôs, as texturas nas tampas facilitavam descobrir o resultado do sorteio. A opinião de S1 sobre as tampas foi suficiente para sua validação como um dos artefatos da maquete da tese.

Permanecemos pesquisando a relação entre o aluno (S) e o instrumento (I) com a **relação [S-I]**. Desta vez nos voltamos para as tarefas procurando definir os nomes dos personagens e, por sugestão de S1, chamamos Jefferson aquele que visita, e seus amigos Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida.

Observamos que S1 localizava com facilidade a casa no canto esquerdo e dos amigos na diagonal do quadrado da base do tabuleiro, porém ele demonstrou dificuldades muitas vezes que precisou relacionar estas casas com o nome do dono. Para solucionar esta questão, surgiu a ideia de fixar etiquetas com os nomes dos personagens em Braille em suas respectivas casas. O estagiário rotulou as etiquetas com uma máquina própria pondo os nomes em Braille e S1 as colou no tabuleiro, segundo Figura 4.14.

Figura 4.14 - S1 colando as etiquetas em Braille



O aluno, para colar as etiquetas, primeiramente posicionou sua mão esquerda sobre o passeio da casa e com a direita colou a etiqueta. Durante estes movimentos percebemos que nem a altura das edificações e, nem tampouco, a largura das ruas criou-lhe empecilhos. Por fim, compreendemos que a colocação das etiquetas aproximou o design do tabuleiro ainda mais do cartaz, posto que, neste último, ao invés dos nomes estão estampadas as figuras das personagens, ou seja, da Monica e de seus amigos (Cebolinha, Magali, Horácio, Bidu e Cascão) conforme Figura 4.2, p. 132.

É importante destacar que a ajuda de S1 nos permitiu, ainda, preparar o tabuleiro para as futuras situações de sorteio. Como S1 apresentou muitas dificuldades para se movimentar nos sentidos Norte e Leste, por diversas vezes o

estagiário pegou sua mão e movimentou-a nas ruas de baixo para cima indicando o sentido Norte e da esquerda para a direita demarcando o sentido Leste. No entanto, S1 sempre se equivocava quanto ao sentido do seu movimento, por este motivo, partimos para a colocação de duas etiquetas em Braille, uma contendo o N (Norte) e outra o L (Leste). O próprio S1 escolheu um lugar que considerou conveniente para colar as etiquetas nas ruas. Desta forma, colou-as próximo à casa , sendo que a etiqueta com o N colou-a na primeira coluna da esquerda para a direita, e a etiqueta com o L, na primeira linha de baixo para cima. Com estas informações em Braille, (direções dos movimentos nas ruas e os nomes das personagens) o M2 se mostrava ainda mais adaptado às características físicas do aluno.

Estruturadas estas adaptações, pesquisamos como S1 resolveu as tarefas que envolveram movimentos táteis direcionados pelos pesquisadores. Neste contexto, investigamos um extrato de diálogo entre o aluno (S) e o estagiário (P2) utilizando a **relação não mediada [S-P2]** e a **relação mediada pelo instrumento [P2-(I)-S]**.

Diz o estagiário a S1. (Enquanto o estagiário falava, S1 passava continuamente suas mãos sobre o protótipo).

P2: ESCOLHA UMA PRAÇA. ENCONTROU UMA PRAÇA? TEM CERTEZA?

S1: SIM, TEM PLANTAS, MAS NÃO TEM CASAS.

P2: SE SAISSE DA CASA QUANTAS VEZES VOCE ANDARIA PARA O NORTE E PARA O LESTE ATÉ CHEGAR NESTA PRAÇA? QUANTOS QUARTEIRÕES PRECISARIA SE DESLOCAR PARA CHEGAR LÁ? FAÇA UM TRAJETO DIFERENTE PARA CHEGAR NA MESMA PRAÇA.

S1: POR QUE ISTO? TEM QUE SER MAIS DIFÍCIL?

P2: NÃO, NÃO. VOCE ACHA QUE TEM OUTROS CAMINHOS?

S1: MUITOS. VOCE PODE ATÉ QUERER PASSAR NA CASA DE UM AMIGO E DEPOIS DE OUTRO ANTES DE CHEGAR LÁ. VOU POR AQUI. ANDEI DUAS VEZES PARA O LESTE E TRÊS PARA O NORTE E CHEGUEI NA PRAÇA. CHEGUEI E ANDEI QUATRO QUARTEIRÕES! TRÊS PRO NORTE E UM PARA O LESTE. ESTÁ CERTO? (S1 coloca a moeda na rua em frente à praça escolhida e permanece com a mão sobre a moeda).

Por esse trecho do diálogo, inferimos que a qualidade da informação presente no tabuleiro do protótipo pode ter estimulado S1 a solucionar coerentemente as tarefas. Avaliando as falas de S1, podemos ponderar que a comunicação entre ele e o estagiário fluiu com bom nível de entendimento, visto que ao solucionar as tarefas, ele apresentou estratégias próprias e coerentes para executar as tarefas propostas.

Buscamos outros esclarecimentos confrontando nossas reflexões das falas anteriormente expostas e as atividades de manuseio desenvolvidas por S1. Na tarefa em que S1 escolheu uma praça e mostrou como chegar a ela movimentando-se sobre o tabuleiro, ele manteve sua mão esquerda sobre a casa e com uma moeda na mão direita, desenvolveu, com esta última mão, movimentos de idas e vindas passando os dedos nas ruas em direção à praça escolhida por ele (Figura 4.15).

Figura 4.15 - Praça escolhida por S1



Por fim, estas ações de manuseio de S1 deram indicativos de que M2 era um instrumento mediador incompatível com as necessidades de S1 para atender às solicitações das tarefas, pois ele fazia repetidamente estes movimentos, como se estivesse perdido sobre o tabuleiro. Algun ajuste ainda precisava ser feito para que o tabuleiro apresentasse um nível razoável de usabilidade na situação em apreço. Assim, prosseguimos a avaliação com isto em mente.

É importante registrar que entre uma tarefa e outra, enquanto aguardava novas orientações, S1 permaneceu tateando o tabuleiro com movimentos livres, provavelmente prosseguia estruturando uma imagem mais global do tabuleiro ou

ao recorrendo a algum sistema-guia para ampliar seu reconhecimento tátil do tabuleiro, conforme orientações dos Cadernos da TV Escola do MEC (BRASIL, 2000b). Nestes movimentos, inúmeras vezes ele tocou as bordas externas de M2, suspendendo-o algumas vezes da mesa, como se quisesse conhecer seu peso e comparar suas dimensões com as medidas de seu braço (Figura 4.16).

Figura 4.16 - Reconhecimento tátil de M2 por S1



Percebemos, nos episódios até aqui expostos, que as dimensões do tabuleiro de M2 possibilitaram a S1 uma certa liberdade para manuseá-lo de forma tátil. Neste sentido, acreditamos ter encontrado elementos para validar M2 quanto à escala de desenho, bem como os materiais utilizados e suas texturas, o aproveitamento dos desníveis entre os materiais e, por fim, seu arranjo físico de um modo geral.

Precisávamos, entretanto, ter certeza sobre a compreensão que S1 possuía do instrumento nas situações de sorteio. Prosseguimos construindo esta avaliação lançando mão novamente da relação do modelo S.A.C.I. adaptado [**S-I**] sobre a seguinte situação. Foi pedido a S1 que demonstrasse com as mãos e verbalmente o movimento que Jefferson faria se partisse de sua casa e chegassem a uma praça (Figura 4.17).

Figura 4.17 - Sair da casa do Jefferson e chegar em uma praça



Para nossa surpresa, ele mantém sua mão direita continuamente na casa, como um ponto de referência, e cruza sua mão esquerda sobre a mão direita para apontar a posição de uma das praças. Mais adiante, ele informou que na maquete há muitas praças, mas para ir àquela praça iria uma vez para o Norte e quatro vezes para o Leste. Este resultado denotou congruência entre os movimentos feitos por S1 e os sentidos informados por ele. No entanto, nesta situação, não estava ainda claro para nós o que ele estava entendendo como quadras ou quarteirões.

É interessante destacar que S1 se movimentava sobre o tabuleiro com qualquer uma de suas mãos demonstrando bastante cuidado com os elementos da maquete. Com as pontas dos dedos tocava levemente, de quando em quando, os telhados das edificações dando tapinhas neles. Na sequência, deslizava rapidamente seus dedos, deslizava-os pelas ruas da maquete buscando os elementos pretendidos. Seus gestos denotavam que ele possuía muita familiaridade com esse tipo de instrumento. Sobre seus movimentos, podemos ponderar que este protótipo permitiu-lhe localizar, com facilidade, as praças, e a padronização das edificações não dificultou seus movimentos, mesmo quando cruzava seus braços no movimento tátil.

Visando ampliar nosso conhecimento sobre o nível de usabilidade de S2, colocamos em jogo os princípios de Nielsen (1993) ao perguntarmos a S1 se na maquete havia casas demais e se estas atrapalhavam seus movimentos. Insistimos na questão perguntando, também, a ele, se deveríamos diminuir a quantidade de informações. Para S1, não havia necessidade de retirar nenhuma

edificação, pois não criavam empecilhos para seus movimentos. Questionamos também sobre a largura das ruas. Ele nos informou que estava satisfatória, visto que, ao passar seus dedos sobre as ruas, conseguia ler rapidamente as informações de um lado e do outro sem a necessidade de repetir o movimento. É importante ressaltar que este fato permitiu que compreendêssemos os equívocos que cometemos no dimensionamento do tabuleiro de M1, no qual as ruas eram largas e os dedos passavam por elas folgadamente.

Ainda no contexto dos princípios, notamos que M2 não dispunha de dispositivos de prevenção de erros, mas possibilitava ao aluno, durante seu manuseio, ter controle e liberdade para facilmente reiniciar e prosseguir seus movimentos sobre o protótipo. No tocante à flexibilidade e eficiência de uso, entendemos que M2 forneceu algum dispositivo acelerador, pois observamos que S1 se mostrou cada vez mais hábil ao manuseá-lo. Somando-se a isto, este protótipo aparentemente mostrou-se fácil de manusear e cômodo para transportar.

Tínhamos construído até aqui uma ideia mais clara sobre o potencial de uso de M2, mas interessava-nos saber mais sobre sua compatibilidade para ser utilizado em situações de sorteios. Neste sentido demos sequência na investigação sobre a interação entre S1 e o tabuleiro de M2 em situações deste tipo. Para isso, também lançamos mão da **relação [S-I]** do modelo adaptado para compreender a situação a seguir.

Pedimos a S1 que sorteasse quatro vezes as tampas e, partindo da casa, se movimentasse sobre o tabuleiro conforme os sorteios. Os sorteios foram feitos, no entanto, ao se movimentar, ele partiu da árvore localizada no fundo da casa, andou pelo passeio em torno dela e, em seu quarto movimento parou exatamente na mesma árvore. Percebemos, com isto, que S1 se movimentou sem considerar as etiquetas N e L coladas por ele e utilizou a árvore como ponto de referência para sua partida. Nesta situação ficou claro, por um lado, que o tabuleiro necessitava de uma marcação que indicasse o ponto de partida dos movimentos, o que resolvemos demarcando com um alfinete a esquina do passeio à esquerda da casa. E, por outro, foi preciso reforçar que os movimentos deveriam ser fetos pelas ruas, visto que as pessoas cegas movimentam-se preferencialmente pelos

passeios. Haja vista que, em muitas cidades, estes têm recebido um tratamento especial, voltado à acessibilidade e mobilidade de pessoas com cegueira.

Voltamos nosso olhar mais detidamente para estes movimentos visando compreender a melhor forma de guiar o aluno para movimentar-se sobre o tabuleiro. Tão logo ele compreendeu que os movimentos deveriam ser feitos pelas ruas, ao final de cada jogada S1 mantinha a mão esquerda sobre o tabuleiro marcando, desta forma, sua posição de chegada, o que também dificultava seu movimento tátil. Para solucionar este outro problema, o estagiário recomendou que S1 colocasse a moeda na casa visitada, mas S1, por sua vez, sugeriu utilizar um carrinho. Foi a partir desta situação que acrescentamos ao tabuleiro os postes nos pontos de chegada, nas casas dos amigos e um carrinho plástico para indicar a posição do personagem visitante.

Foi necessário envolver S1 em outras situações de sorteio para que tivéssemos um maior entendimento sobre suas ações e, a partir daí, pudéssemos construir um melhor juízo do instrumento. Assim, a seguir apresentamos nossas reflexões sobre outro trecho do diálogo entre S1 e o estagiário (P2) por meio da **relação [S-(I)-P2]** visando conhecer, minuciosamente, como o aluno se portava em situações nas quais o amigo visitado seria determinado pelos quatro sorteios com as tampas.

Após o sorteio, S1 se movimenta pelas ruas para descobrir o amigo visitado travando um dialogo com P2.

P2: VOU MISTURAR AS TAMPINHAS E VOCE ESCOLHE UMA. DIGA QUAL A DIREÇÃO QUE VOCE VAI SE MOVIMENTAR.

S1: LESTE

P2: VOCE TEM QUE PARAR AÍ. ANDE SOMENTE UMA QUADRA.

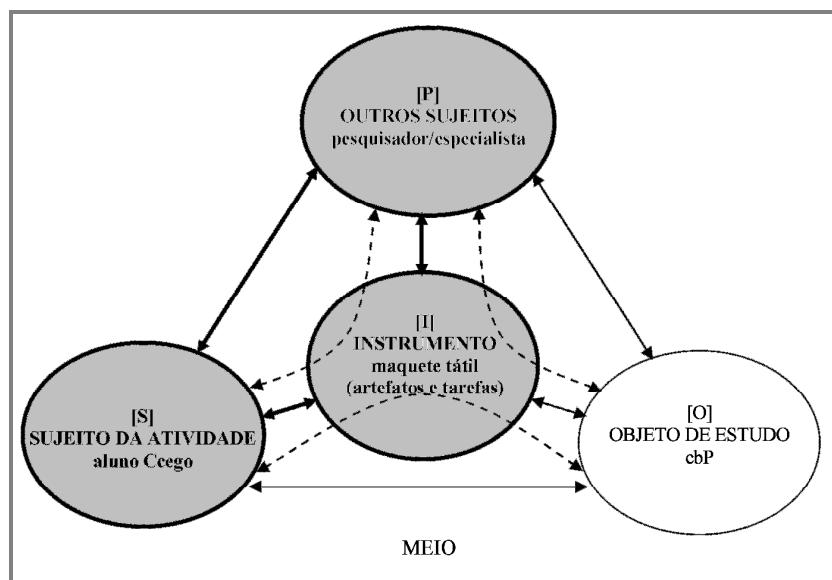
S1: COLOCO A MOEDA AÍ, ONDE?

Neste diálogo S1 demonstrou, por um lado, domínio sobre as informações presentes nas tampas de sorteio, partida correta do ponto estabelecido à esquerda da casa, além disso, utilizou a moeda para marcar sua posição e movimentou-se a cada sorteio no sentido correto. Entretanto, suas falas

sinalizaram a falta de uma marcação para o ponto de parada a cada jogada. Esta questão foi resolvida com a inserção das faixas de pedestres nas esquinas, a princípio, somente abaixo da diagonal onde estão as casas dos amigos conforme *design* de M3 cuja análise se encontra descrita no próximo item. Porém, visando uma melhor estética do tabuleiro em M4, inserimos faixas em todas as esquinas. É importante registrar que S1 foi estimulado a vivenciar várias situações de sorteio. Com elas, também encontramos a oportunidade de validar o brinquedo como um presente dado pelo amigo visitado, posto que S1 facilmente os relacionava.

Para finalizar esta análise retomamos o modelo S.A.C.I. adaptado a título de esclarecimento; na avaliação de M2, mobilizamos as relações entre os polos do sujeito da atividade (S), dos outros sujeitos (P) e do instrumento (I), sem, contudo, envolvermos o polo do objeto (O) (Ver Figura 4.18).

Figura 4.18 - As relações do modelo S.A.C.I. adaptado utilizada na análise de M2



A avaliação de M2 a partir das relações utilizadas sinalizou a necessidade de inserir no tabuleiro diversos elementos que permitissem ao aluno executar as tarefas satisfatoriamente. Diante dos elementos apontados, acreditamos ter deixado claro que as limitações deste artefato comprometeram amplamente sua usabilidade. Por fim, expomos que este resultado nos levou a investir na construção de uma terceira solução de *design*, o M3, ao qual foram

acrescentadas: as tampas de sorteio, os postes de partida e chegada, as faixas de pedestres, as etiquetas em Braille, um carrinho plástico e os brinquedos.

4.3 Construção e Avaliação do Protótipo M3

Para configurarmos o arranjo físico de M3, nos organizamos somente com a Fase A dividida em dois momentos distintos, denominados A1 e A2, e seguindo as etapas da DCU. Vale lembrar que este protótipo não foi manuseado pelo aluno e, por isso, não contou, em sua construção, com a Fase B, tampouco foi utilizado no Estudo Piloto ou no Estudo Principal⁵⁸.

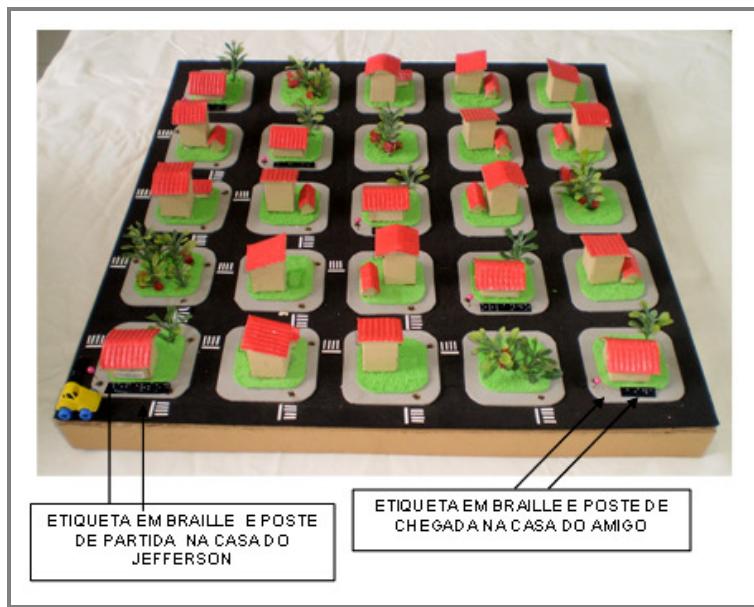
Com a Fase A1 buscamos resolver as situações problemáticas encontradas em M2. Neste sentido, iniciamos a construção de M3 revendo as especificações (Etapas 2 e 3). Assim, na Etapa 2 mantivemos o Contexto de Operação com a mesma estrutura já estabelecida na construção de M2 e legitimada com a sua avaliação por apresentar congruência entre a representação do tabuleiro em 3D e o cartaz em 2D.

Já na Etapa 3 reorganizamos as especificações do Contexto do Usuário, isto é, dos alunos, com o olhar voltado para as mudanças do tabuleiro que foram sinalizadas no manuseio de M2 por S1, ou seja: (a) simular movimentos de sorteio, (b) registrar a posição do visitador, (c) registrar chegada e partida do movimento sobre o tabuleiro, (d) parar após cada jogada.

Na sequência, estruturamos a solução de *design* de M3 para cumprirmos a Etapa 4 do ciclo de projeto centrado no usuário. Assim, na Figura 4.19 apresentamos o tabuleiro de M3 com as modificações introduzidas no tabuleiro de M2. Como nas construções anteriores, fotografamos o passo a passo para facilitar a reprodução deste MD, no entanto, expomos aqui somente o produto final desenvolvido na Fase A1.

⁵⁸ O Capítulo 3 apresentou informações explicativas sobre as fases A e B da construção do modelo, trazendo inclusive as Figuras 3.12 (p. 121 e 3.13 (p. 124) como explicação ilustrativa.

Figura 4.19 - Tabuleiro do protótipo tático M3



Conforme se observa na Figura 4.19, foram inseridos os postes de partida e chegada, faixas de pedestres e etiquetas em Braille. Esta nova configuração do tabuleiro de M3, bem como os demais artefatos que a compunham (I) foram validados pela pesquisadora após uma primeira avaliação (Etapa 5) que antecedeu a apresentação do projeto da Tese à Banca de Qualificação. Nesta investigação, pesquisamos minuciosamente o potencial do instrumento para ser utilizado como MD na aprendizagem dos cbP (O) pelos alunos cegos. Com este fim, coube à própria pesquisadora (P) conferir se o M3 atendia às especificações e, para isso, utilizamos a **relação [P-I]**. Os resultados mostraram que o instrumento atendia às especificações previamente listadas e, assim o consideramos compatível com o que almejávamos. Portanto, M3 estava preparado para ser submetido à apreciação dos pesquisadores na Fase A2, que ocorreu em um único encontro. Nessa Fase A2, estiveram presentes, além da pesquisadora (P), a orientadora desta tese (P1), uma especialista em Probabilidade (P3) e um educador matemático (P4).

Prosseguimos então para a Etapa 5 da construção de M3, isto é, sua avaliação. Para tanto buscamos elementos esclarecedores nos diálogos que ocorreram entre a pesquisadora (P) e os outros especialistas (P1, P3, P4). É importante que o leitor comprehenda como esta avaliação foi fundamental para a construção e adaptação do instrumento a fim de atender os objetivos desta tese.

Neste sentido, a seguir apresentamos a nossa reflexão sobre um trecho do diálogo que se desenvolveu entre estes sujeitos, colocando em destaque as negociações entre a pesquisadora e outros pesquisadores ou a **relação [P-P1/P3/P4]** a partir do modelo S.A.C.I. adaptado.

P descreve oralmente o instrumento aos pesquisadores (P3 e P4).

P3: O QUE A GENTE ESPERA É QUE O ALUNO OBSERVE QUE EXISTEM VÁRIOS CAMINHOS QUE LEVAM PARA UM MESMO AMIGO. COMO ELE VAI SABER QUAIS SÃO? COMO ELE VAI SISTEMATIZAR? COMO ELE VAI SABER QUE TEM QUATRO ROTAS PARA ESTE AMIGO? PELO REGISTRO. NÃO IMPORTA, SE CAIR UMA CARA E EU VOU PARA A DIREITA. O QUE O ALUNO PRECISA É PERCEBER A REGULARIDADE. EU NÃO SEI.

P: SÓ SE FIZER O RESITRO EM BRAILLE DO NORTE E LESTE?

P3: REGISTRO DO NORTE E LESTE EM BRAILLE. MAS A IDEIA NÃO É FAZER UM REGISTRO EM BRAILLE. A IDEIA É PERCEBER A REGULARIDADE.

P: VOCE ESTA FALANDO REGISTRAR NO DESENHO? O QUE VOCE SUGERE?

P3: NÃO SEI. PODEM SER CAIXINHAS, UMAS SEM NADA E OUTRAS COM ALGUMA COISA, DE TAL MODO QUE QUANDO O ALUNO PASSAR A MÃO ELE VAI SABER. VOCE TEM QUE FIXAR, POR EXEMPLO, O NORTE. SE TIVER SÓ VAZIOS, TAMBÉM SÓ TERÁ NORTES, ELE VAI SABER QUAL O AMIGO VISITADO. SE TIVER DOIS NORTES, ELE VAI VER TODAS AS POSSIBILIDADES. SÓ UM NORTE, QUAL O FULANINHO VISITADO?

P3: SERIA BOM FAZER OUTRA CAIXINHA. DO JEITO QUE ESTÁ VOCE PERDE A ORDEM, A ROTA. EU QUERIA AUSÊNCIA E PRESENÇA. PRESENÇA DO NORTE. PARA NÃO TRABALHAR MAIS NENHUM CONCEITO.

Este extrato de diálogo deixa clara a importância da ponderação de P3 sobre a solução de *design* apresentada por P, a qual não permitiria ao aluno inferir sobre a regularidade presente nos caminhos ou rotas para se visitar cada um dos amigos. Essa impossibilidade de inferência, por sua vez, impediria que o sujeito viesse a saber qual o amigo visitado a partir do número de vezes que ele se movimentou para o Norte, e a quantidade de vezes que caminhou para o Leste. Na resolução desta questão, P3, por um lado, apontou o uso de caixinhas para registrar a presença e ausência do Norte nos sorteios, entretanto, por outro

lado, mostrou-se contrária ao uso de desenhos ou escrita Braille com este fim. **Os pesquisadores prosseguiram com suas opiniões e sugestões sobre M3.**

P1: PODEMOS USAR O EVA CRESPO, VAI PARA O NORTE, E LISO, VAI PARA O LESTE.

P3: NÃO FICARIA BOM E ISTO PODERIA CRIAR OUTROS DISTRATORES.

P3: NÃO PORQUE É O MESMO MATERIAL. SE UTILIZARMOS MAIS UM MATERIAL, AÍ SIM, SERIA MAIS UMA ABSTRAÇÃO.

P: ENTÃO EU VOU USAR A MESMA RELAÇÃO DAS TAMPAS. LISO PARA O LESTE, E ATOALHADO PARA O NORTE.

P3: PARA A VARIÁVEL ALEATÓRIA NÃO IMPORTA ONDE ESTÁ A COROA. SÓ IMPORTA QUANTAS COROAS.

P4: A IDEIA É ELE REGISTRAR E CHEGAR A UMA CONCLUSÃO DAS REGULARIDADES. A PARTIR DESSE REGISTRO ELE AVANÇA UM POUQUINHO COM O CONCEITO DE VARIABILIDADE.

P1: TEM QUE SER UMA COISA PARA ENCAIXAR, PARA NÃO SAIR DO LUGAR.

P4: ESTA SOLUÇÃO AINDA É UMA HIPÓTESE. ELA TEM QUE FAZER UMA PRÉ EXPERIMENTAÇÃO, VER O RESULTADO E DEPOIS VAI AJUSTAR O INSTRUMENTO.

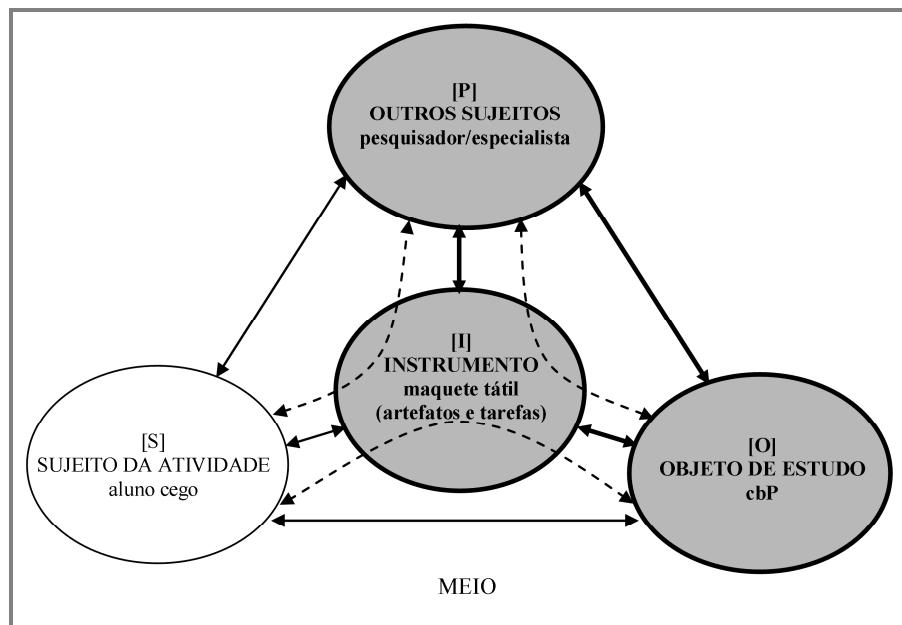
A partir destas falas, percebemos que a configuração de M3 atendia às características físicas e cognitivas dos alunos nas tarefas de sorteios, no entanto, com as ponderações dos especialistas, este protótipo não se mostrou adequado para que o aluno tivesse contato com o objeto matemático a partir dos registros dos sorteios, bem como dos amigos visitados.

Conforme P3, o protótipo não possibilitava ao aluno fazer inferências sobre a regularidade presente nas rotas ou caminhos para se chegar à casa de um dos amigos. Assim, deveriam ser adicionados, a este protótipo, além de caixinhas, outros artefatos que representassem a presença e a ausência de Norte. Quanto a esta solução, P4 afirmou tratar-se de uma hipótese, pois, para ele, a utilização destes artefatos sugeridos por P3 precisariam passar pela pré-experimentação e ser avaliados.

Em resumo, não obstante tenhamos inicialmente acreditado que a configuração de M3 atendia às características físicas dos alunos em situações de sorteios, somente a partir da avaliação dos especialistas ficou clara, para nós, a sua deficiência para atender a situações de sorteio envolvendo o objeto matemático, os cbP.

Finalizamos a exposição da análise de M3 utilizando, a seguir, o modelo S.A.C.I. adaptado para representar os polos que foram mobilizados na avaliação deste protótipo. Neste sentido, foram envolvidos os três polos: outros sujeitos (P), instrumento (I) e o polo do objeto (O), sem, contudo, termos envolvido diretamente o polo do sujeito da atividade (S), segundo Figura 4.20.

Figura 4.20 - As relações do modelo S.A.C.I. adaptado utilizada na análise de M3



As relações de que lançamos mão nesta avaliação e que envolveram os eixos em destaque nos permitiram asseverar que M3 apresentava incongruências e, portanto, um nível de usabilidade não pretendido. Com este resultado o próximo protótipo deverá ser composto pelos artefatos de M3, além de novos artefatos para registro dos sorteios e dos amigos visitados. Com esta ideia em mente, partimos para estruturar uma nova solução de *design*, o M4.

4.4 A Construção e Avaliação do Protótipo M4

Partimos para a construção de M4 porque o protótipo M3 não atingiu o nível de usabilidade esperado, além de ter se mostrado deficiente como instrumento mediador entre os alunos (S) e o objeto matemático, os cbP tratado na forma de tarefas. Com este objetivo em mente, configuramos o arranjo físico de M4 seguindo as etapas da DCU nas Fases A e B. Na primeira fase (Fase A), estruturamos M4. Para isso, contamos com as contribuições que foram sugeridas pelos especialistas; já na segunda fase (Fase B), apresentamos M4 aos alunos para utilizá-lo na resolução das tarefas. Deste modo, podemos afirmar que M4 foi um protótipo particularmente organizado para que o aluno tivesse efetivamente contato com o objeto matemático. Em outras palavras, pensávamos que M4 seria o último protótipo desta pesquisa, no entanto, a partir do seu manuseio, percebemos que seu *design* poderia ser ainda melhor. A seguir, descrevemos detalhadamente como se deu a construção deste protótipo.

Na Fase A tomamos os elementos norteadores de *re-design* observados na avaliação do modelo anterior (M3) e os listamos como especificações, cumprindo assim as Etapas 2 e 3 da DCU. Na Etapa 2 estruturamos o Contexto de Operação para atender o registro, tanto dos sorteios, quanto dos amigos visitados, que são exigidos nas tarefas das Fichas 2 e 3. Na sequência, revemos o Contexto do Usuário com o olhar nas especificações da etapa anterior e, a partir destas, esboçamos os elementos que nos permitiriam desenvolver, neste protótipo, as adaptações necessárias para o registro dos resultados dos sorteios e dos amigos visitados.

Neste sentido encontramos um artefato com uma configuração coerente com as sugestões dadas pelos especialistas no Exame de Qualificação. Assim, buscamos um artefato que tivesse a aparência de caixinhas e, ao mesmo tempo, pudesse registrar a presença e ausência de Norte ou Leste nos sorteios, conforme sugerido pela pesquisadora especialista em Probabilidade (P3).

Para resolver a incongruência instrumental levantada pelos especialistas, selecionamos e adaptamos dois artefatos: (a) formas plásticas, comumente utilizadas para moldar doces, compostas por uma base retangular contendo 54

compartimentos quadrados organizados em 9 linhas e 6 colunas; (b) cartas de 2,5 cm x 2,5 cm em EVA atoalhado e liso. Optamos por este tipo de cartas visando atender à pesquisadora no sentido de não criarmos outro elemento que exigisse do aluno o domínio de uma nova informação. Quanto ao *design* das cartas tínhamos ainda em mente as ponderações de Adrezzo (2005), de que a utilização de formas diferentes produz resultados mais satisfatórios que texturas diferentes. Como em nosso caso optamos pela mesma forma geométrica (prismas com quadrado na base) para os dois tipos de cartas, tivemos o cuidado de estruturá-las com dimensões que pudessem proporcionar aos alunos facilidade no manuseio e na percepção tátil de suas texturas.

Na pesquisa, as formas foram denominadas de colmeia, devido a sua aparência ser semelhante as colmeias encontradas na natureza. Entretanto, diferentemente das colmeias reais, os compartimentos não vazam de um lado a outro. Este material permitiu que chegássemos muito próximo das caixinhas sugeridas por P3, e com ele conseguimos agrupar os registros e a ordem dos sorteios e dos amigos visitados. Vale ressaltar que a última coluna de cada linha permaneceu livre, pois caso houvesse necessidade esta coluna estava destinada à colocação de uma etiqueta em Braille com o nome do amigo visitado.

Na sequência cumprimos a Etapa 4 do ciclo de projeto centrado no usuário, na qual estruturamos a solução de *design* do tabuleiro de M4. Fotografamos o passo a passo da construção deste protótipo visando facilitar a execução de eventuais adaptações em seu *design*. Entretanto nesta exposição apresentaremos na Figura 4.21 somente o produto com todos os artefatos que a ele pertenceram.

Figura 4.21 - Protótipo tátil M4



Assim, o M4 foi composto pelas tarefas organizadas em quatro fichas, duas tampas de sorteio, um carrinho, um tabuleiro, além dos instrumentos para registro dos sorteios e dos amigos visitados, a saber: sete colmeias, 240 cartas em EVA atoalhado e liso, e 300 brinquedos, sendo 60 bonecas, 60 ioiôs, 60 apitos, 60 anéis, e 60 presilhas. Vale lembrar que estes artefatos estão minuciosamente descritos no Capítulo 3. Assim, com estas adaptações finalizamos a Fase A da construção de M4.

Na Fase B disponibilizamos o protótipo para ser manuseado pelos alunos S2 e S3 no Estudo Principal. Foi nesta fase eles entraram efetivamente em contato com o objeto matemático, os cbP, tendo como instrumento mediador o M4. Finalmente, na Etapa 5, pudemos avaliar o protótipo tendo em vista as estratégias táteis dos alunos desenvolvidas durante seu manuseio na resolução das tarefas. Em síntese, com este procedimento pudemos conhecer o nível de usabilidade de M4 para ser utilizado como MD voltado para a aprendizagem de alunos em cbP.

Conforme exposto anteriormente, este Estudo ocorreu por meio de diversos encontros que aconteceram sempre na sala de recursos frequentada por um cada um desses dois alunos. A pesquisadora apresentou oralmente algumas tarefas da Ficha F1. Vale lembrar que em todos os encontros ficavam na sala apenas a Pesquisadora e um dos alunos. A quantidade de encontros foi diferenciada por aluno, visto que foi preciso adequar o tempo de desenvolvimento das tarefas à necessidade de cada um deles para solucioná-las. Buscamos considerar as recomendações dos PCN: AC (BRASIL, 1998a) e do Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000a) que a adaptação de temporalidade do processo de aprendizagem é uma medida preventiva visando melhorar as condições físicas para a atuação dos alunos cegos. Além disso, tivemos em mente a afirmação de Tanti (2006), de que o tempo necessário a cada aluno depende de sua habilidade com as notações matemáticas envolvidas na tarefa e a presença de uma imagem mental apropriada. Entretanto, neste ponto da pesquisa, não tínhamos algum conhecimento sobre o nível de letramento probabilístico dos alunos para prever o tempo que necessitariam para resolver as tarefas.

Além do exposto, mergulhamos nesta etapa tendo em mente que em Ergonomia dois aspectos se relacionam na análise: como uma pessoa realiza uma tarefa com o protótipo e como as tarefas são realizadas com a utilização dele (CAÑAS; WAERNS, 2001). Com este entendimento investigamos minuciosamente dois aspectos: o primeiro disse respeito às ações de manuseio dos alunos S2 e S3 para conhecer as estratégias cognitivas desenvolvidas por eles enquanto manuseavam o M4 na resolução das tarefas. O segundo se referiu aos diálogos que ocorreram entre eles e a pesquisadora (P) visando, com isto, avaliar o potencial do *design* de M4 (I) como um instrumento mediador de aprendizagens.

Ao investigar os diálogos e as ações dos alunos (S), colocamos em destaque a interação entre ele e os diversos artefatos do protótipo (I), neste caso, entre o tabuleiro, as tampas de sorteio, os brinquedos, a colmeia, as cartas em EVA, e as tarefas. Nesse contexto, pudemos evidenciar, na análise, a **relação [S-I]** do modelo S.A.C.I. adaptado para esta pesquisa.

O tabuleiro foi entregue a S2, bem como a S3 e, após iniciarem seu reconhecimento tátil, pedimos a cada um deles que nomeasse aquele material. Esperávamos que eles reconhecessem aquele artefato como uma maquete. Inicialmente os alunos desenvolveram o reconhecimento tátil do tabuleiro de duas maneiras: de forma livre, sem a interferência da pesquisadora, e com sua interferência na aplicação das tarefas da F1 que foram organizadas especificamente para direcionar este reconhecimento.

Observamos que, para tocar os elementos do tabuleiro, ambos utilizaram inúmeras vezes os dedos de suas duas mãos fazendo movimentos semelhantes, contínuos, da esquerda para a direita e de baixo para cima. Com esta movimentação eles tatearam as ruas do tabuleiro, tocaram nas quadras, nas edificações e nas plantas. Os alunos, por vezes, tatearam os telhados, outras vezes davam tapinhas em um lugar qualquer do tabuleiro. Eles também repetiam de forma pontual alguns dos movimentos já feitos, e neste caso, inclinavam a cabeça e posicionavam seus olhos às vezes para o alto e outras para o chão.

Para compreender melhor as estratégias utilizadas pelos alunos nesse reconhecimento, colocamos, ainda, o foco das nossas reflexões sobre trechos

dos diálogos entre a pesquisadora (P) e os alunos (S), visando encontrar elementos que esclarecessem a relação que está sendo investigada.

Com o tabuleiro à sua frente, pedimos a S2 e S3, cada um a seu tempo, que reconhecesse o MD.

P - DÊ UMA OLHADA NESSE MATERIAL. O QUE RECONHECE NELE? (O ALUNO PASSA AS DUAS MÃOS SOBRE O TABULEIRO).

S2 – NÃO SEI BEM O QUE É. PARECE QUE TEM UMAS CASINHAS.

S3 - TEM UMS QUADRADOS? E TEM UMA COISA EM CIMA QUE PARECE UMA COBERTURA, POR CAUSA DO FORMATO DELE.

P – ISTO REPRESENTA UM BAIRRO. SABE O NOME DESTE MATERIAL?

S2 – NÃO LEMBRO, NÃO.

S3 – NUNCA VI ISTO ANTES.

P – É UMA MAQUETE.

As falas dos alunos indicaram que eles não possuíam conhecimento algum sobre maquete, no entanto, esta realidade não foi empecilho para que eles reconhecessem os elementos presentes no tabuleiro de M4. Vale salientar que não sabíamos previamente qual o conhecimento que S2 e S3 tinham sobre esse tipo de instrumento, diferentemente de S1, que foi escolhido justamente por ser um aluno experiente com maquetes. Em suma, entendemos que os alunos, mesmo não nomeando este MD, reconheceram, no tabuleiro, entre outros elementos, as casas, os telhados e as plantas. Este fato foi um indicativo de que as soluções escolhidas para o *design* deste protótipo, ou seja, os materiais, os desníveis, as texturas e as formas geométricas, foram acertadas, visto que os alunos reconheceram corretamente as informações presentes neste tabuleiro, apesar de não possuir conhecimento anterior sobre maquetes.

A partir deste resultado, procuramos ampliar nosso conhecimento sobre a potencialidade deste protótipo quanto à visibilidade das informações e, portanto, como instrumento mediador entre o aluno e as informações contidas no tabuleiro. Neste sentido, analisamos nas filmagens as estratégias dos alunos durante o reconhecimento tátil do tabuleiro. A seguir, expomos as reflexões que

desenvolvemos para compreender a atividade de S2 para conhecer o tabuleiro (Figura 4.22).

Figura 4.22 - Reconhecimento tátil do tabuleiro por S2



O aluno S2 utilizou as duas mãos para se movimentar livremente sobre o tabuleiro. Enquanto fazia isso, ele descreveu os elementos reconhecidos por ele no percurso tateado. Para emitirmos uma opinião sobre esses movimentos de forma mais balizada, pesquisamos também as ações táteis feitas livremente por S3 sobre o tabuleiro (Figura 4.23).

Figura 4.23 - Reconhecimento tátil do tabuleiro por S3



Ao se movimentar sobre o tabuleiro S3, assim como o fez com o S2, envolveu continuamente suas duas mãos. Vale destacar que S3, por causa de uma deficiência no braço direito, faz a leitura em Braille com a mão esquerda. Ainda assim, observamos que ela geralmente utilizou as duas mãos

independentemente da paralisia que possuía. É necessário ter em mente que foi desta mesma maneira que agiu o aluno S1 ao manusear o tabuleiro de M2.

A partir dessas observações, deduzimos que esta aparente coincidência na utilização das duas mãos pode ser uma estratégia que os alunos utilizam para obter com mais propriedade as informações, ou melhor, para ter maior visibilidade e legibilidade da informação tateada. Por fim, não vimos, na utilização das duas mãos, uma limitação proveniente da configuração ou padronização do tabuleiro, visto que tanto o hábil sujeito S1 quanto os inexperientes S2 e S3 utilizaram suas duas mãos no reconhecimento tátil do MD.

Tão logo ficamos sabendo que esses alunos eram inexperientes com maquetes, procuramos construir uma ideia mais segura quanto à percepção deles sobre o arranjo físico do tabuleiro de M4. Iniciamos averiguando como S2 e S3 viam a forma geométrica do bairro e o posicionamento das casas dos amigos. Assim, observamos as estratégias utilizadas por eles para solucionar esta tarefa envolvendo conceitos geométricos (quadrado, diagonais, lados, vértices entre outros) que supúnhamos já conhecidos por eles. Vejamos, a seguir, um trecho do diálogo da pesquisadora (P) com S2 e S3.

Enquanto P dialoga com S2 e S3, eles permanecem tateando o tabuleiro.

P – QUAL A FORMA GEOMÉTRICA DO BAIRRO?

S2 – É UM QUADRADO. (PASSA AS DUAS MÃOS SOBRE O TABULEIRO).

S3 – É QUADRADO. (PASSA AS DUAS MÃOS SOBRE O TABULEIRO).

P – E NESTE QUADRADO, ONDE SE LOCALIZAM AS CASAS DOS AMIGOS?

S2 – NA DIAGONAL

S3 – DE UMA PONTA PARA OUTRA.

A partir dessas falas, observamos que os dois alunos reconheceram a forma quadrada da base do tabuleiro e dos quarteirões nele contidos. Reconheceram ainda o posicionamento das casas dos amigos, apesar de S3 não ter nomeado a localização como diagonal do quadrado da base, como o fez S2. Assim, podemos dizer que enquanto S2 apresentou uma solução formal

(nomeando geometricamente) S3 deu uma solução informal (simplesmente descritiva).

Para termos mais confiança na coerência das ponderações feitas sobre as falas dos alunos, confrontamos nossos resultados com as atividades de manuseio desenvolvidas por eles no momento desse diálogo. Buscamos ainda conhecer outros detalhes em suas estratégias tátteis desenvolvidas por eles para solucionar esta tarefa. Vejamos inicialmente uma cena do manuseio de S2 sobre M4 na Figura 4.24.

Figura 4.24 - S2 reconhecendo a forma do bairro



Ao investigar a forma geométrica do tabuleiro, o aluno S2 tocou os vértices do quadrado da base, segurou nos cantos e passou a mão pelas laterais. Além disso, ele nos informou que este tabuleiro possuía mais de meio metro em suas laterais e, para confirmar, medi-o por meio de seus palmos, como mostra a Figura 4.25.

Figura 4.25 - S2 medindo o tabuleiro



Vale lembrar que, diferentemente de S2, o S1 empregou seu braço como instrumento aferidor das medidas de M2.

Tendo já uma ideia mais clara de que a resposta de S2 era legítima, pois suas falas eram congruentes com suas ações, partimos para investigar se S3 também apresentava congruência entre suas falas e seus procedimentos. Nesse sentido, refletimos sobre suas ações para nomear a forma do bairro expostas na Figura 4.26.

Figura 4.26 - S3 reconhecendo a forma do bairro



Observamos que S3, assim como S2, tocou os cantos do tabuleiro mantendo sempre uma das mãos em um canto já tocado e com a outra mão foi tocando os que ainda não haviam sido tocados. Além disso, passou suas mãos nas laterais do tabuleiro. Estas ações parecem demonstrar uma correlação coerente entre seus movimentos tátteis e sua fala, quando informou que o bairro tinha uma forma quadrada.

Para determinar a localização das casas dos amigos, S2 tocou uma a uma, sempre utilizando as duas mãos. Neste movimento, ele manteve a mão direita sobre a casa já apresentada e com a mão esquerda à frente ia buscando a casa a ser informada (Figura 4.27).

Figura 4.27 - S2 localiza as casas dos amigos

A manutenção da mão direita sobre o tabuleiro pode ter funcionado para S2 como um ponto de referência, dando-o mais certeza de estar prosseguindo sobre a diagonal. Ele constantemente tocava com a mão esquerda em sua mão direita, fazia movimentos de idas e vindas sobre a diagonal, como se estivesse conferindo a informação. A seguir expomos as nossas reflexões sobre as atividades desenvolvidas por S3 para determinar o posicionamento das referidas casas (Figura 4.28).

Figura 4.28 - S3 localiza as casas dos amigos

Para realizar a tarefa solicitada, ou seja, localizar a casa dos amigos sobre a diagonal, S3 começou tateando a casa de Aida, na sequência tocou as outras casas uma a uma, informando em voz alta o nome de seus donos. Conforme observamos na cena em destaque, S3 manteve a mão direita sobre a casa de Aida, enquanto informava a casa dos outros amigos .

Analizando estas cenas, tivemos a oportunidade de compreender que os movimentos de S2 e S3 que acabamos de discutir parecem demonstrar que estes alunos, além do tato, recorreram a outros sistemas-guia quando mantiveram uma das mãos estacionadas, por exemplo, nas esquinas do tabuleiro ou em uma das casas já informadas. Provavelmente nestas atividades eles tenham se amparado em referenciais próprios, buscando constituir um conhecimento cada vez mais amplo deste MD. Tal interpretação está em consonância com os esclarecimentos dados pelos Cadernos da TV Escola do MEC (BRASIL, 2000b), já citado no Capítulo 2 desta tese. Por fim, interpretamos que os movimentos táteis dos alunos, seja nas soluções formal de S2 e na informal de S3, apresentadas oralmente à pesquisadora foram coerentes.

Para complementar as análises exibidas até aqui sobre a interação dos alunos com o M4, vejamos como eles lidaram com as informações em Braille presentes no tabuleiro, fruto das sugestões de S1 a partir do seu manuseio em M2. Neste sentido, expomos, na Figura 4.29, uma cena em que S2 faz a leitura em Braille do nome dos amigos.

Figura 4.29 - S2 lendo em Braille o nome dos amigos



Observamos que, mais de uma vez, S2 utilizou as duas mãos enquanto fazia a leitura em Braille. Com este objetivo, ele passou algumas vezes sobre a etiqueta seu dedo indicador esquerdo e, outras vezes, o indicador direito, porém todas as vezes que ele leu uma das etiquetas utilizou suas duas mãos e, em todas elas demonstrou certa dificuldade para fazer a leitura. Mais tarde ficamos sabendo que suas mãos calejadas pelo trabalho do campo têm sido um grande

empecilho para o desenvolvimento de sua leitura tátil. Da mesma forma, S3 fez a leitura das etiquetas conforme Figura 4.30.

Figura 4.30 - S3 lendo em Braille o nome dos amigos



Esta aluna, assim como S2, levou as duas mãos até a etiqueta, apesar de fazer a leitura em Braille somente com a mão esquerda.

Além destas particularidades presentes na leitura de cada aluno, percebemos também que, tanto S2 quanto S3 recorriam, com maior frequência, às informações contidas nas etiquetas no início do manuseio deste protótipo. No entanto, com o passar dos encontros eles foram demonstrando cada vez mais segurança para informar o posicionamento das casas dos personagens de forma memorizada. É necessário registrar que de forma semelhante procederam com as etiquetas contendo N e L (Norte e Leste), que indicavam a direção do movimento sobre as ruas do tabuleiro.

Cabe explicitar ainda que S2 e S3 só recorriam à informação em Braille quando tinham alguma dúvida sobre o nome do amigo. Neste movimento compreendemos que estas informações podem ter funcionado como mais um guia auxiliar dos alunos na solução das tarefas e, consequentemente, proporcionaram ao instrumento um melhor nível de usabilidade.

Visando ampliar nosso conhecimento sobre o potencial de cada um dos artefatos que compõem o M4, demos prosseguimento a esta análise. Neste sentido, pesquisamos a relação dos alunos (S) com as tampas para o sorteio (I) que, por sua vez, também envolveu a **relação [S–I]** do modelo S.A.C.I. adaptado.

Com este objetivo, refletimos sobre as ações de S2 ao manusear pela primeira vez as tampas para o sorteio (Figura 4.31).

Figura 4.31 - S2 fazendo a leitura tátil da tampa para o sorteio



Conforme observamos nesta cena, S2 fez o reconhecimento tátil do emborrachado EVA colado no verso da tampa. Assim, ele tocava o EVA com movimentos lentos feitos com a ponta dos dedos. Vale salientar que este aluno percebeu rapidamente a diferença entre o liso e o atoalhado colados em cada uma das tampas.

Na Figura 4.32 expomos uma cena de S3 desenvolvendo o reconhecimento tátil das tampas.

Figura 4.32 - S3 fazendo leitura tátil da tampa para o sorteio

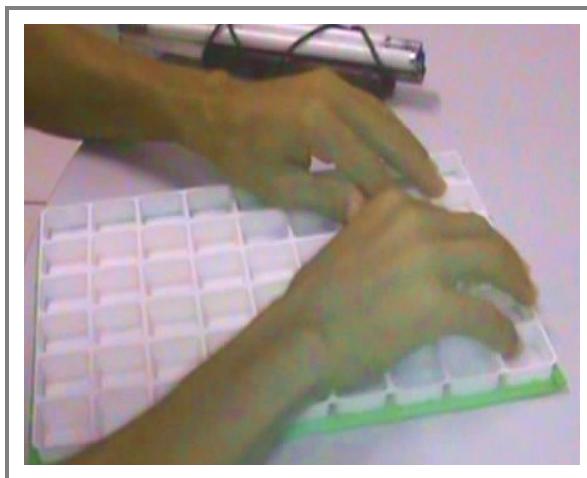


S3 explora, com seus dedos, minuciosamente, o emborrachado EVA colado no verso das tampas. Para S3, o EVA liso era igual ao das passeios e ao das ruas, e o atoalhado, ao das quadras. Conforme observamos, tanto S2 quanto S3 mostraram facilidade no manuseio das tampas. Este resultado nos permitiu

afirmar que as tampas apresentaram uma adaptação compatível com os objetivos desta pesquisa e com as características dos alunos. Contudo, faltava-nos ainda a clareza sobre o seu nível de usabilidade em situações de sorteio, o que avaliaremos posteriormente.

A seguir investigamos a relação entre os alunos e o artefato usado para o registro dos sorteios e dos amigos visitados, qual seja a colmeia. Desta maneira, procuramos atender à sugestão do Especialista em Matemática presente na banca de Qualificação (P4) quanto à validação do instrumento de registro. Nesse sentido, exibimos na Figura 4.33 S2 fazendo o reconhecimento tátil da colmeia. Para analisar estas atividades, também, envolvemos a **relação [S-I]** e, desta forma, procuramos legitimar mais este artefato que compôs o M4.

Figura 4.33 - S2 fazendo o reconhecimento tátil da colmeia



Notamos que, no reconhecimento tátil da colmeia, S2, além de utilizar suas duas mãos, tocou com seus dedos as extremidades da mesma, em seguida introduziu seus dedos em vários compartimentos como se quisesse comparar estes compartimentos e as dimensões tocadas pelas pontas dos dedos. Já na Figura 4.34 exibimos o mesmo reconhecimento, porém desenvolvido por S3.

Figura 4.34 - S3 fazendo o reconhecimento tático da colmeia



Ao tatear pela primeira vez a colmeia, S3 colocou dois dos seus dedos da mão esquerda em vários orifícios e, além disso, com movimentos lentos e contínuos tateou em torno da colmeia, pegou em suas extremidades e em suas laterais. Percebemos que S3 exibiu estratégias tátteis muito semelhantes às de S2. Por enquanto, não tínhamos uma opinião mais segura sobre a qualidade deste artefato para a função de registros.

Além das tarefas já descritas, propusemos a S2 e S3 várias tarefas contidas na Ficha 1 e, portanto, semelhantes às que foram propostas a S1. Para solucioná-las os alunos desenvolveram estratégias que apontaram que o tabuleiro de M4, que era uma configuração compatível com os conhecimentos deles. Por que as informações nele contidas foram bem compreendidas pelos alunos e ao repetirem seus movimentos sobre o tabuleiro apresentavam um ritmo cada vez mais acelerado, localizaram a casa e dos amigos com crescente habilidade.

Os resultados até aqui apresentados permitiram-nos afirmar que os artefatos que compunham o protótipo M4 apresentavam uma compatibilidade dentro do esperado. No entanto, precisávamos conhecer, ainda, qual o nível de usabilidade destes artefatos para atender às características físicas dos alunos em situações de sorteio. Partimos para investigar a interação entre os alunos e o objeto matemático, isto é, os cbP presentes em situações que envolveram os seguintes procedimentos: sorteio com as tampas, movimento com o carrinho sobre o tabuleiro e registro dos sorteios e do amigo visitado na colmeia. Desta

forma, voltamos o nosso olhar para analisar o papel mediador de M4 (I) entre o aluno (S) e os cbP (O), desta vez colocando em jogo a **relação [S-(I)-O]**.

No contexto desta mediação instrumental pesquisamos as estratégias táticas de S2 e S3 para solucionarem duas tarefas da F1 que envolveram contextos de sorteios. Assim, com a tarefa F1e, o aluno sorteou 4 vezes as tampas, partindo da casa do Jefferson. Informou onde ele chegou após os quatro sorteios e, por fim, expôs se existiam outros caminhos para chegar neste mesmo lugar. Já com a tarefa F1f ele registrou os sorteios e os amigos visitados.

Para compreender como os alunos manusearam o M4 neste contexto, expomos, a seguir, trechos dos diálogos entre a pesquisadora (P) e cada aluno. Iniciamos expondo um diálogo entre P e S2 buscando compreender as rotinas iniciais que ocorreram entre eles.

Todos os artefatos de M4 estão sobre uma mesa localizada entre S2 e a pesquisadora.

P - COLOQUE O CARRO NA POSIÇÃO INICIAL

S2 - NA CASA DO JEFFERSON, PERTO DO POSTE?

A pesquisadora mistura as tampas de sorteio e pede a S2 que escolha aleatoriamente uma delas.

P - SORTEIE UMA TAMPA. PEGUE UMA DAS DUAS.

O aluno passa o dedo no verso da tampa.

S2 - LISO

P - FAÇA O REGISTRO DA JOGADA.

P aproxima do aluno uma caixa com as cartas de registro. S2 pega uma delas e S2 procura uma carta em EVA liso.

S2 - ATOALHADO NÃO SERVE.

P - PROCURE QUE VOCE ACHA.

S2 coloca a carta lisa na colmeia e, em seguida, movimenta o carrinho sobre o tabuleiro.

P - O CARRINHO DO JEFFERSON VAI ANDAR PARA O NORTE OU PARA O LESTE?

S2 - PARA O LESTE.

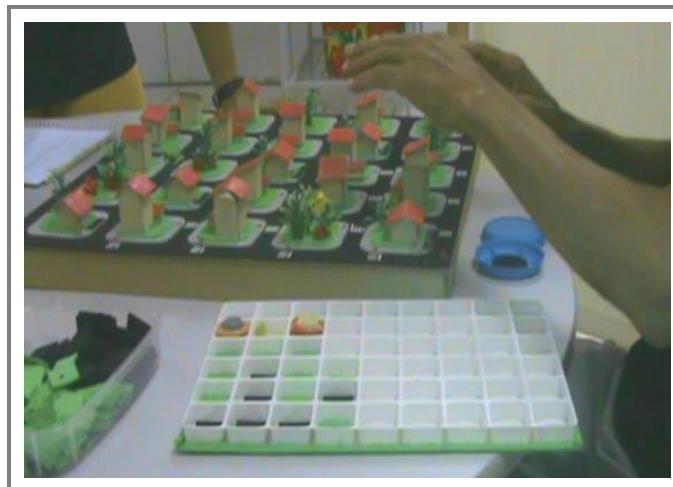
P - Ok.

S2 passa o dedo indicador da mão direita sobre o tabuleiro procurando uma faixa de pedestre, na qual ele para o carrinho.

S2 - PARA AQUI.

As falas do aluno denotaram, por um lado que ele era hábil para solucionar as tarefas e, por outro, que os instrumentos apresentaram as adaptações convenientes para o contexto em análise. No que se refere aos registros dos sorteios na colmeia feitos por S2, observamos, na Figura 4.35, que ele registrou, na primeira linha da colmeia, uma carta em EVA liso e três atoalhado.

Figura 4.35 - S2 em contato com os cbP por meio de M4



Com essas rotinas, S2 foi colocado em contato com o objeto matemático cbP mediado pelo protótipo M4, mais especificamente com o registro do amigo visitado. Refletindo sobre o registro do amigo visitado feito por S2 na primeira linha da colmeia, vejamos a continuação do diálogo entre P e S2.

P - QUANTAS VEZES VOCE JÁ JOGOU?

S2 coloca suas duas mãos sobre a colmeia e, com os dois indicadores, faz a leitura tátil das cartas.

S2 - QUATRO.

P - COMO VOCE SABE QUE JÁ JOGOU QUATRO VEZES? COMO É QUE VOCE SABE?

S2 - PORQUE TEM QUATRO CARTAS COM ESTA AQUI. (APONTA COM O INDICADOR DIREITO UMA A UMA).

P - ENTÃO VEJA AÍ QUEM FOI QUE VOCE VISITOU?

S2 solta a colmeia e coloca suas duas mãos sobre o tabuleiro.

P - PROCURE A CASINHA E O POSTE.

S2 - DEVE SER A CASA DE MARCOS. ELE SEGURA A CASA DE AIDA E PROSSEGUE NA DIAGONAL PASSANDO A MÃO SOBRE OS TELHADOS, PARA NA CASA DE MARCOS, E LOGO DEPOIS FAZ A LEITURA EM BRAILLE COM O DEDO INDICADOR ESQUERDO SOBRE A ETIQUETA. É DE MARCOS!

P - O QUE ELE VAI GANHAR DE PRESENTE?

S2 - UM IOIÔ.

P - AGORA VOCE DEVE REGISTRAR LÁ.

S2 retoma a colmeia e, tateando com as duas mãos, procura o compartimento livre na primeira linha adiante das para o registro dos sorteios; ele colocou o ioiô (Figura 4.35).

A seguir expomos um trecho dos diálogos que ocorreram entre P e S3 também em contextos envolvendo sorteios, mais especificamente o registro dos sorteios feitos na primeira linha da colmeia, exposta na Figura 4.36.

P - QUAL FOI A SEQUÊNCIA DOS SORTEIOS QUE VOCE REGISTROU NA COLMEIA?

S3 - EU FUI PRO LESTE. AÍ FUI PRO OESTE. NÃO É ISTO NÃO. EU FUI PRO NORTE, NORTE, LESTE, LESTE.

P - ENTÃO VEJA AÍ QUEM FOI QUE VOCE VISITOU. PROCURE O POSTE E A CASA DO AMIGO.

S3 passou as duas mãos sobre as casas localizadas na diagonal e, em seguida, leu o nome na etiqueta.

S3 - VISITEI PETER.

Figura 4.36 - S3 em contato com os cbP por meio de M4



A aluna S3 coerentemente solucionou a tarefa, pois após sortear uma das duas tampas misturadas por P, se movimentou com o carrinho sobre o tabuleiro e registrou corretamente os resultados. Tanto as cenas quanto os diálogos sinalizaram coerência entre as ações de S2 e S3 e as tarefas propostas oralmente por P. Este fato nos permite ponderar que entre os alunos e a pesquisadora houve sintonia e entendimento, e, portanto constatamos que houve harmonia na **relação [P-S]**.

As análises das filmagens também apontaram que, pouco a pouco, os alunos foram adquirindo habilidade no manuseio dos artefatos e, estes, por sua vez mostraram-se cada vez mais adaptados para atender tanto às tarefas quanto às características físicas deles.

A partir destas análises sentimos maior segurança para afirmar que o M4 estava habilitado para as tarefas de sorteio, pois S2 e S3, por meio deste instrumento, demonstraram desempenho satisfatório frente às tarefas propostas por P. Com este resultado, validamos todos os artefatos deste protótipo, pois ao manuseá-los os alunos demonstraram competência para reconhecer as informações no tabuleiro por meio da percepção tátil; facilidade na interpretação das tarefas propostas pela pesquisadora e elaboração mental conveniente para

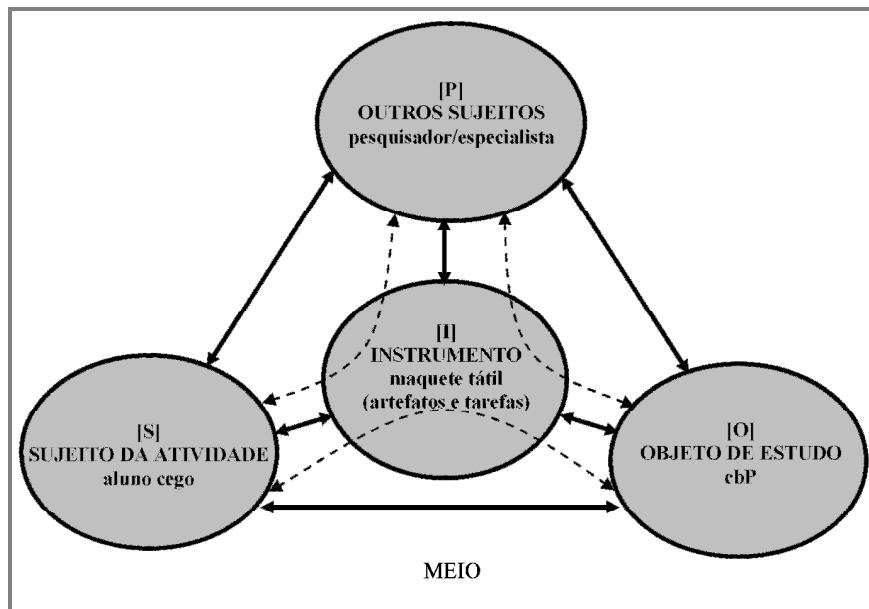
solucioná-las. Desta forma passamos a admitir que M4 apresentou uma boa seleção de material, uma montagem de *design* compatível com os interesses desta pesquisa e mostrou-se adaptado para atender às necessidades dos alunos na resolução das tarefas.

Percebemos ainda que M4, no que diz respeito ao princípio de *design*, prevenção de erro (NIELSEN, 1993), apesar de não permitir aos alunos uma grande autonomia para a execução das tarefas, seu arranjo físico permitiu-lhes corrigir seus movimentos, voltar atrás ou mesmo ser alertado do seu erro. Além disso, observamos que os alunos adquiriram, com a repetição dos movimentos, mais velocidade em seu manuseio tátil e se mostraram cada vez mais coerentes nas soluções dadas às tarefas. Da mesma maneira tornaram-se cada vez mais hábeis com as tampas para os sorteios e com o registro dos sorteios e do amigo visitado na colmeia. Em suma, a avaliação que fizemos de M4 aponta que seu nível de usabilidade para as situações de sorteios atende ao esperado pela pesquisa.

Por fim, consideramos que as ações de manuseio de S2 e S3 deram indicativos de que M4 foi um instrumento mediador compatível com as necessidades deles para atender às solicitações das tarefas. No entanto, conjecturarmos sobre o experimento da F2 que seria proposto aos alunos nos próximos encontros, no qual eles teriam que visitar 30 vezes o amigo, o que representaria 120 sorteios, com esta mesma quantidade de movimentos sobre o tabuleiro e registros na colmeia. Por conta disto, propusemos a eles experimentar um tabuleiro mais simplificado, com menos informações, visando, desta forma, facilitar a movimentação deles após os sorteios sobre o tabuleiro. Portanto, a criação de um novo design foi fruto da reflexão da pesquisadora sobre o manuseio de M4 pelos alunos S2 e S3 no contexto que envolveu os sorteios.

Para finalizar esta seção, cabe voltar o nosso olhar para buscar, no modelo S.A.C.I. adaptado, as relações que mais se evidenciaram na análise de M4. Neste sentido estiveram em evidência os polos do sujeito da atividade (S), dos outros sujeitos (P) e do instrumento (I); além disso, observamos os primeiros envolvimentos do polo do objeto (O), conforme Figura 4.37.

Figura 4.37 - As relações do modelo S.A.C.I. adaptado utilizada na análise de M4



Em suma, a avaliação de M4 a partir das relações utilizadas sinalizou a necessidade de retirada de diversos elementos do tabuleiro para que seu nível de usabilidade permitisse ao aluno executar as tarefas com maior competência. Diante dos elementos apontados, acreditamos ter deixado claro que M4 possuía um nível de usabilidade satisfatório, porém entendemos que ele poderia ser ainda melhor. Por isto, investimos na construção de uma quinta solução de *design*, o M5.

4.5 Construção e Avaliação do Protótipo M5

Construímos o protótipo M5, assim como os anteriores, seguindo as etapas da Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU), nas fases A e B; visando adequá-lo às características dos alunos de tal maneira que os possibilitasse desenvolver as tarefas do Estudo Principal de forma mais eficiente.

Na Fase A, tomamos os elementos norteadores de *re-design* observados na avaliação do protótipo anterior e reorganizamos as especificações (Etapas 2 e 3). Nessa reorganização, foram feitas mudanças no tabuleiro com a retirada das praças e de parte das edificações, sendo mantidas apenas as árvores e as casas dos personagens da história presentes na tarefa F2a, bem como a estrutura das

calçadas, faixas de pedestres. Tendo em mãos estas informações, estruturamos a solução de *design* do tabuleiro de M5 cumprindo a Etapa 4 da DCU. Fotografamos o passo a passo da construção, mas apresentaremos somente o produto final do tabuleiro deste protótipo na Figura 4.38.

Figura 4.38 - Tabuleiro do protótipo tátil M5



Além do tabuleiro simplificado, o protótipo M5 foi composto por: 240 cartas em EVA atoalhado e liso, sete colmeias, 300 brinquedos, um carrinho, duas tampas para sorteio e as tarefas. Ressaltamos que estes outros artefatos que compunham M5 não sofreram modificações como o tabuleiro, por terem atingido um nível satisfatório de usabilidade em M4.

Com esta nova solução de *design*, partimos para a Fase B, qual seja, a aplicação das tarefas do Estudo Principal. Procedemos a avaliação de M5 (Etapa 5 da DCU) investigando as soluções dadas pelos alunos (S2, S3 e S4) para as tarefas contidas nas Fichas F1, F2 e F3, as estratégias táteis utilizadas por eles no manuseio dos artefatos; bem como as opiniões dos alunos sobre o tabuleiro e a satisfação dos mesmos no uso deste instrumento. Durante este processo de avaliação, esperávamos delinear de forma mais clara o potencial e as limitações de M5 e, por conseguinte, determinar o seu nível de usabilidade para ser utilizado como material didático (MD) na aprendizagem dos cbP por alunos cegos. Assim, utilizando as categorias de análise extraídas do modelo S.A.C.I. adaptado, iniciamos esta exposição apresentando as interações referentes à **relação [S-I]**, entre os alunos e o tabuleiro de M5.

I. Interação entre o aluno (S) e o instrumento tabuleiro (I)

Como o tabuleiro de M5 (I) era uma novidade para S2 e S3, procuramos saber a opinião dos mesmos a respeito dessa nova solução de *design*. No entanto, não foi necessário aplicarmos as tarefas de reconhecimento tátil da Ficha 1, pois esses alunos rapidamente identificaram as transformações deste novo protótipo, como podemos observar nos diálogos entre a pesquisadora (P) e cada um deles (S).

Com o tabuleiro de M5 à frente do sujeito, pedimos a S individualmente que procedesse ao reconhecimento do novo material.

P - DÊ UMA OLHADA NESSE MATERIAL. O QUE RECONHECE NELE (ALUNO PASSA AS DUAS MÃOS SOBRE O TABULEIRO)?

S2 - O BAIRRO SEM TODAS AS CASAS... É MAIS RÁPIDO E FICA MAIS FÁCIL PARA VISITAR OS AMIGOS.

S3 - A MAQUETE FICOU MELHOR ASSIM. VAI SER MELHOR PRA JOGAR.

Essas falas dos alunos indicam a aprovação inicial ao novo modelo, pois explicitamente compararam I com o *design* anterior. Assim, partimos para a aplicação das tarefas da F2, visto que, a nosso ver, M5 se constituía apenas uma versão simplificada do protótipo anterior. Além disso, os termos *mais rápido*, *mais fácil* e *melhor* utilizados pelos alunos sinalizaram uma receptividade positiva deles para com o material apresentado, mas não que essas novas características o tornariam um modelo melhor em termos de aprendizagem.

Uma segunda mudança ocorrida em M5 diz respeito à instrução para os registros dos sorteios. Até o manuseio de M4, eles seguiam a seguinte rotina: (a) sorteavam uma das tampas; (b) movimentavam o carrinho sobre o tabuleiro até a primeira faixa de pedestre encontrada; (c) selecionavam a carta referente ao sorteio; (d) colocavam a carta na colmeia registrando o sorteio, repetiam quatro vezes e a seguir os dois passos seguintes; (f) recebiam um brinquedo e (g) colocavam o brinquedo na colmeia registrando o amigo visitado. Esta rotina parecia solicitar do aluno um esforço muito grande. A partir de M5, foi proposta a seguinte rotina: a) fazer sequencialmente os quatro sorteios; b) selecionar as cartas; c) na sequência, registrar na colmeia os sorteios; d) movimentar o carrinho

sobre o tabuleiro; e) verificar o amigo visitado; f) receber o brinquedo e registrá-lo também na colmeia.

O motivo para propormos essa nova rotina é que imaginávamos que com M5 os alunos empregariam um ritmo rápido em seus movimentos. Assim, propusemos a sequência de procedimentos à semelhança da aplicação feita por Cazorla e Santana (2006) e Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010). Ao procederem desta maneira, os alunos S2 e S3, além de apresentarem um ritmo cada vez mais rápido em seus movimentos tátteis sobre o tabuleiro, também demonstraram uma crescente autonomia para manusear os artefatos de modo geral e, em particular, os de registro. Destacamos ainda que, por algumas vezes após os quatro sorteios, os alunos expunham oralmente o nome do amigo visitado, sem precisar movimentar-se sobre o tabuleiro. Tal é uma indicação de que a estratégia de fazer os quatro sorteios de uma só vez facilitou a visualização global do percurso entre a casa do Jefferson e a casa do amigo visitado antes mesmo de iniciar sua movimentação sobre o tabuleiro. Por exemplo, norte, norte, norte, norte, ele já sabia que levaria à casa de Luana. S2 e S3 afirmaram também estar mais satisfeitos com este tabuleiro que com o anterior.

Analisando os resultados apresentados por S2 e S3 no manuseio de M5, tivemos uma ideia mais clara dos elementos necessários ao tabuleiro. Porém, ainda era cedo para tecer qualquer juízo sobre a condição de usabilidade deste instrumento para a resolução das tarefas, uma vez que não tínhamos a certeza de que o domínio de S2 e S3 sobre I procedesse de uma melhor condição de M5 ou que fosse o resultado da vivência deles com o protótipo anterior. Levantamos, então, a seguinte questão: a destreza dos alunos em se movimentar por M5 foi decorrente da experiência adquirida com o manuseio de M4 ou foi porque esse último modelo mostrou-se mais eficiente, em termos de usabilidade, do que seu antecessor? Visando solucionar esse problema, apresentamos M5 a um novo aluno (S4), sem que tivesse tido contato algum com M4.

Como S4 estava em seu primeiro contato com o M5, aplicamos as tarefas da F1 para que esta aluna fizesse o reconhecimento tático do tabuleiro e de todos os outros artefatos que compunham este protótipo. Somente depois que S4 apresentou certo domínio com o MD, partimos para a aplicação das tarefas

contidas na F2. Vale ressaltar que o tempo utilizado por S4 para apresentar agilidade no manuseio de M5 foi de aproximadamente uma hora. Esse tempo foi muito menor do que o gasto por S2 e S3 para apresentar certo domínio sobre M4, que foi de um encontro de duas horas e meia. A seguir, exibimos um trecho de diálogo do primeiro encontro entre S4 e P.

Entregamos o tabuleiro para S4 e pedimos que o descrevesse.

P - O QUE VOCE RECONHECE NESSE MATERIAL?

S4 - PASSOU A MÃO POR UM TEMPO PELAS RUAS DO TABULEIRO, POR VEZES DANDO TAPINHAS NOS TELHADOS DAS CASAS OU SOBRE AS QUADRAS, OUTRAS VEZES CONTORNANDO O LIMITE DO TABULEIRO.

S4 - PARECE QUE TEM CASINHAS. NÃO SEI BEM O QUE É.

P - VOCÊ SABE O NOME DESSE MATERIAL?

S4 - NÃO SEI NÃO.

P - ISTO É UMA MAQUETE.

S4 - MAQUETE...? É MESMO!!!

P - JÁ OUVIU FALAR EM MAQUETES?

S4 - SIM. NA ESCOLA, MINHA EQUIPE FEZ UMA E EU APRESENTEI UMA PARTE, MAS EU NÃO FIZ NADA NÃO. SEI QUE TEM CASINHAS E RUAS, PASSEIOS E ÁRVORES...

P - QUE FORMA TEM ESSA MAQUETE?

S4 - É QUADRADO.

O diálogo acima indica que a aluna reconheceu vários elementos presentes no tabuleiro de M5 e, embora não o nomeado por maquete, quando comunicamos que se tratava de uma maquete, ela a reconheceu como tal. Entendemos que a supressão das edificações não se constituiu em empecilhos para que S4 aceitasse I como sendo uma maquete. No entanto, deixamos claro para esta aluna que a maquete de nosso estudo era composta por todos os artefatos que compuseram o M5.

Durante a resolução das tarefas, notamos que os três alunos, vez por outras, deram tapinhas nos objetos. Este procedimento, segundo eles, se tratava também de uma estratégia visando colher informações auditivas, além das táteis, sobre aqueles objetos. Por fim, podemos afirmar que as falas de S4, ao ter contato com M5, foram muito parecidas com as de S2 e S3 quando tiveram os seus primeiros contatos com o tabuleiro de M4, isto é, apesar de não nomearem aquele artefato, reconheceram os elementos presentes no mesmo.

Precisávamos, ainda, ter claro qual seria o desempenho de S4 em situações de sorteio. Neste sentido, apresentamos a S4 as tampas de sorteio, a colmeia e os brinquedos, sugerimos uma simulação de visita nos moldes do que ocorreria mais tarde nas tarefas da F2. Ao testemunharmos o desempenho satisfatório na movimentação de S4 sobre I, observamos que esta aluna tateou o tabuleiro sem maiores entraves.

Pelo exposto da investigação, tanto por meio dos diálogos, quanto das observações das estratégias dos alunos, destacamos que o instrumento M5 poderia ser o *design* definitivo da maquete desta pesquisa. Contudo, precisávamos, ainda, aprofundar a análise, no que se referia ao seu uso na aprendizagem dos cbP propriamente dito, bem como conhecer seu potencial e limitação para esse propósito, sem que S tivesse a necessidade de primeiro manusear M4. A seguir, detalhamos os resultados obtidos durante a aplicação das tarefas da F2 e da F3, que tinham como meta identificar que conceito os alunos tinham sobre Probabilidade e, a partir daí, ter um maior entendimento sobre o que aprenderam a partir do manuseio com I. Neste sentido, lançamos o nosso olhar investigativo para a interação entre o aluno (S) e os cbP (O).

II. Interação entre o aluno (S) e os cbP (O)

Buscamos conhecer a interação entre o aluno (S) e o objeto matemático, os cbP – (O). Para tal, elegemos a **relação [S-O]** no Modelo S.A.C.I. Adaptado e investigamos alguns procedimentos que ocorreram no Estudo Principal. No primeiro encontro, os alunos foram estimulados a externar suas concepções

sobre probabilidade⁵⁹ antes da manipulação do protótipo para a exploração das tarefas adaptadas para este fim. Vejamos um trecho dos diálogos:

A pesquisadora (P) informa a cada um dos alunos (S):

P - A GENTE VAI BRINCAR DE FAZER VISITAS À CASA DOS AMIGOS. A BRINCADEIRA É ASSIM: VOCÊ SORTEIA UMA DAS TAMPAS QUATRO VEZES E REGISTRA O RESULTADO DOS SORTEIOS NA COLMEIA. PARTINDO DA CASA DO JEFFERSON, MOVIMENTA O CARRINHO NA DIREÇÃO SORTEADA. FAÇA ISTO QUATRO VEZES E AÍ DESCUBRA QUAL O AMIGO QUE FOI VISITADO.

S2 - PRA QUE FAZER ISTO?

P - O OBJETIVO É SABER QUAL A PROBABILIDADE DE CHEGAR NA CASA DE CADA AMIGO SORTEANDO ASSIM. VOCÊ JÁ OUVIU FALAR EM PROBABILIDADE?

S2 - NÃO. PROBABILIDADE É UMA PALAVRA QUE.... É POSSÍVEL?

P - É POSSÍVEL! COMO É POSSÍVEL CHEGAR NA CASA DE FULANO JOGANDO DESTA FORMA?

INSISTINDO NA SIGNIFICAÇÃO DAS PALAVRAS, PERGUNTAMOS:

P - PODEMOS SUBSTITUIR A PALAVRA PROBABILIDADE PELA PALAVRA CHANCE?

S2 - PODE SER! É POSSÍVEL!

Notamos que S2, mesmo afirmando desconhecer a palavra probabilidade, demonstrou ter algum conhecimento de termos informais, como possível, presentes no campo conceitual deste conceito matemático. O uso desses termos, segundo Gal (2005), demonstra que o indivíduo já possui certo nível de letramento probabilístico. Salientamos, também, que insistimos no uso do vocábulo chance, que, segundo Watson (2006), pode ser adotado como uma aproximação da probabilidade para distinguir aspectos mais intuitivos e experimentais da probabilidade teórica baseada nos espaços amostrais. Diferentemente de S2, as outras duas alunas (S3 e S4) afirmaram não saberem nada sobre probabilidade, embora S4 nos tenha informado que sua professora de

⁵⁹ Como dito no Capítulo 2, no nosso estudo a palavra “probabilidade” será utilizada com a letra inicial minúscula quando nos referirmos a “medida associada a ocorrência de eventos aleatórios sendo que o valor mínimo possível seria zero, quando o evento não poderia ocorrer e o valor máximo um, quando o evento coincidisse com todos os eventos do espaço amostral” (CAZORLA; SANTANA, 2006 , p. 47).

Matemática já havia falado sobre tal, mas ela não se lembrava de nada sobre o assunto. Diante da constatação da falta de significado para estas alunas da palavra probabilidade, decidimos deixar para citar os vocábulos possível e chance ao aplicarmos as tarefas F2b e F2c.

Após essa investigação preliminar, partimos, efetivamente, para a aplicação das tarefas da F2 e da F3. Nessa etapa, o intuito era avaliar tanto o conhecimento probabilístico dos alunos como o nível de usabilidade do instrumento, seja ele a parte das tarefas ou os outros artefatos, como mediador entre o aluno e a probabilidade naquilo que foi possível ser trabalhado, respeitando o nível de conhecimento dos alunos. Sendo assim, foi utilizado do modelo S.A.C.I. adaptado à interação entre o aluno (S) e os cbP (O), mediado pelo instrumento (I), relação [S-(I)-O].

III. Interação entre o aluno (S) e os cbP (O), mediado pelo instrumento (I)

Na tarefa F2a, contamos a história e, logo após, aguardamos que os alunos (S2, S3 e S4) nos informassem qual a diferença entre a forma antiga e a nova de o Jefferson visitar seus amigos. Os três alunos solucionaram esta tarefa, que tinha como objetivo conhecer suas concepções intuitivas sobre o experimento determinístico e o aleatório, atingindo os objetivos propostos de forma esperada. Assim, nos informaram que na primeira situação sempre sabíamos qual o amigo a ser visitado e, na segunda, dependeria dos resultados dos sorteios. Observamos que eles não sabiam como conceituar formalmente esses dois tipos de experimentos, mas demonstraram uma compreensão informal satisfatória sobre os dois modos de visita.

Ainda em relação a esta questão, chamaram-nos atenção as respostas de S2, que demonstraram a influência da contextualização em suas explicações. Vejamos um trecho do diálogo entre a pesquisadora (P) e o aluno (S2).

DIZ A PESQUISADORA AO ALUNO:

P - VOU LHE CONTAR UMA HISTORINHA. (...) PARA TORNAR MAIS EMOCIONANTE (...).

TERMINADA A LEITURA, PERGUNTAMOS:

P - QUAL A DIFERENÇA ENTRE A FORMA ANTIGA E A NOVA FORMA DE O JEFFERSON VISITAR SEUS AMIGOS?

S2 - ACHO QUE TANTO A FORMA ANTIGA QUANTO NA NOVA SÃO EMOCIONANTES PARA VISITAR UM AMIGO...

P - OK! MAS VOCE VÊ ALGUMA DIFERENÇA ENTRE ELAS?

S2 - SIM. O SORTEIO PODE TER SAÍDO E AÍ NÃO ENCONTRA NINGUÉM EM CASA. E AQUELE QUE JÁ SABIA O DIA DE SER VISITADO, CHEGADO O DIA ESTÁ TUDO ARRUMADO PARA RECEBER O AMIGO. ISSO CRIA UMA ROTINA. NA NOVA FORMA, NÃO CRIA ROTINA E PODE PEGAR DE SURPRESA, POIS O AMIGO NÃO SABE O DIA QUE ELE IRIA LÁ. DEPENDE DE PARA ONDE O SORTEIO CAIA. POR EXEMPLO, A VISITA DA CASA DA LUANA É SEGUNDA-FEIRA, MAS SORTEANDO FOI *VISITAR ELA* NA QUINTA FEIRA. AÍ ELA NÃO ESTAVA ESPERANDO. ESTÁ NA RUA COM A MÃE OU COM O ESPOSO.

Refletimos sobre este diálogo e percebemos que S2, ao responder à nossa solicitação, traz para o diálogo as suas vivências de visitas diárias, isto é, experiências de sua vida real que não estavam relacionadas diretamente com os conceitos de experimentos determinístico e aleatório, mas que trazem à tona uma visão diferenciada da situação e importante de ser discutida.

Note que, embora S2 tenha trazido a situação hipotética para uma situação plausível de acontecer no cotidiano, sua explicação sobre a diferença do que ocorre numa situação determinística – chegado o dia tudo está arrumado para receber o amigo – para uma situação aleatória – a nova forma não cria rotina... depende para onde o sorteio cair – denota que ele intuitivamente comprehende o que significa (pelo menos em termos de consequência) cada um dos eventos. Sendo assim, para S2, o fato de na nova forma haver possibilidade de o amigo não estar presente no momento da visita poderia tornar a história decepcionante.

Mesmo observando a coerência nas respostas de S2, a pesquisadora realizou intervenções a fim fazer emergir a conceituação dos dois tipos de experimentos subjacentes à atividade, por entendemos que há vantagens na utilização de situações contextualizadas, mas que as mesmas devem permitir ao aluno compreender e dar significados às informações probabilísticas, como afirma

Gal (2005), e não tirá-lo do foco em estudo. Concordamos também com Nagamine, Henriques e Utsumi (2010), quando eles afirmaram que existe uma conexão entre a realidade do aluno e o conhecimento científico e que é possível colocá-la em “jogo” durante a aprendizagem. Por outro lado, achamos que a contextualização pode levar profissionais inexperientes a se distanciar do campo conceitual do objeto matemático em estudo, o que termina por não contribuir com a compreensão do aluno sobre o mesmo. Mesmo com essas ressalvas, retomando a discussão da tarefa 2a, acreditamos que os resultados no geral indicam que a contextualização contribui para as respostas dos alunos.

Prosseguindo na análise sistemática dos resultados, focando na mediação instrumental na aprendizagem dos cbP dos alunos, verificamos que, na tarefa **F2b**, S2, S3 e S4 identificaram que no sorteio das tampas havia duas soluções, com EVA liso ou atoalhado, determinando, assim, mesmo que de maneira informal, os eventos e o espaço amostral desse experimento. No entanto, tivemos uma ideia mais clara sobre as concepções probabilísticas dos alunos ao analisarmos as soluções apresentadas por esses alunos na tarefa **F2c**, na qual o conceito de probabilidade foi tratado a partir do termo chance. Para ilustrar, exibimos um trecho do diálogo entre os alunos (S) e a pesquisadora (P).

VISÃO DOS ALUNOS SOBRE OS SORTEIOS DAS TAMPAS

P - QUAIS OS POSSÍVEIS RESULTADOS AO SORTEAR AS TAMPAS?

S2 - COMO ASSIM? TEMOS DUAS TAMPAS, UMA COM ATOALHADO E OUTRO COM LISO? OU VAI PARA O NORTE OU PARA O LESTE. NÃO É ASSIM?

P - OK! FAZ DE CONTA QUE VOCÊ JOGOU. QUAL A CHANCE DE SAIR NORTE? E QUAL A CHANCE DE SAIR LESTE? QUAL A PROBABILIDADE DE SAIR NORTE OU LESTE?

S2 - QUER SABER SE CAI O NORTE OU O LESTE? QUAL A CHANCE?

P - SIM! QUAL A CHANCE DE CAIR NORTE OU LESTE?

S2 - JUSTAMENTE! EU NÃO SEI! AQUI NÃO TEM CHANCE, É CASO ACONTECER MESMO!

S3 - DEPENDE DO SORTEIO. CAI LISO OU CAI ATOALHADO. A PROBABILIDADE NÃO SEI NÃO. É A POSSIBILIDADE DEPENDE DO QUE CAIR.

S4 - A POSSIBILIDADE DO SORTEIO VAI DEPENDER QUANDO LEVANTAR A TAMPA. LISINHO OU CRESPO. ESTA COISA DE PROBABILIDADE EU NÃO SEI NÃO.

Observamos que as respostas dos alunos privilegiam a situação concreta advinda da parte artefactual do instrumento, em detrimento do conceito matemático em foco, uma vez que, mesmo tratando a probabilidade como chance, nenhum dos alunos informou que a chance de sortear a tampa com EVA liso ou atoalhado é de 50% ou que são eventos equiprováveis, informando apenas que dependeria do sorteio revelando que, de fato, eles desconheciam formalmente o conceito de probabilidade. Ao discutir com Verônica Kataoka⁶⁰ a solução apresentada pelos alunos para o sorteio das tampas, ponderou a pesquisadora que ela reflete uma dificuldade de algumas pessoas em compreender plenamente o conceito de probabilidade, já que, na prática, as situações ocorrem ou não. Por exemplo, se a mídia anuncia que a probabilidade de chover amanhã é de 70%, esse “número” pode não fazer muito sentido para essas pessoas, já que chove ou não no dia seguinte. Em suma, pode não ser tão imediato no cotidiano das mesmas a compreensão de que a probabilidade indica uma informação preditiva e que pode auxiliar na tomada de decisão ao sair de casa, desde simplesmente levar ou não consigo um guarda chuva.

Continuamos investigando na tarefa **F2d** o conceito de probabilidade dos alunos a partir do evento “amigo a ser visitado”. Nesta tarefa, da mesma forma que na questão anterior, a probabilidade foi tratada como chance. Em particular, os alunos deveriam solucionar a seguinte tarefa: **Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?** Os três alunos (S2, S3 e S4) afirmaram que a chance do Jefferson visitar cada um dos amigos não é a mesma, apesar de nenhum deles apresentarem justificativas baseadas no conceito formal. Resultados similares foram encontrados por Gusmão e Cazorla (2009) e Hernandez, Kataoka e Oliviera (2010) e, segundo esses autores, as soluções dos alunos a essa tarefa podem basear-se na probabilidade teórica ou em crenças, mas que, neste momento do experimento, ainda são imprevisíveis.

Há outro aspecto a ser destacado, em que as soluções dadas pelos alunos não apresentaram a forte presença de um raciocínio equiprovável como encontrado por Cazorla e Santana (2006). Este resultado pode ter sido influenciado pelo contato destes alunos com o tabuleiro antes da aplicação efetiva

⁶⁰ Trata-se de uma conversa informal com esta pesquisadora, da área de Educação Estatística, no ambiente de uma biblioteca pública, em janeiro de 2012.

da sequência de tarefas *Os Passeios Aleatórios do Jefferson*; posto que, no reconhecimento tátil deste instrumento, os mesmos tiveram que identificar os vários caminhos para chegar a um determinado amigo.

A suposição levantada traz ainda outras consequências para nossa análise, a saber, se o reconhecimento tátil influenciou os conceitos intuitivos dos alunos, então poderemos ponderar que as tarefas contidas na F1 não eram apenas de exploração do instrumento, mas também de exploração inicial do objeto matemático, isto é, dos cbP. E como consequência deste entendimento, concordamos com Gal (2005), no sentido de que situações familiares podem levar os alunos a compreenderem intuitivamente a natureza abstrata destes tópicos. Se assumimos este resultado como fruto do manuseio tátil dos alunos, poderemos também ponderar que a maquete, nesta circunstância, contribuiu para a aprendizagem dos cbP destes alunos.

Investigamos o resultado do experimento aleatório desenvolvido pelos alunos na tarefa **F2e**. Essa tarefa foi executada por cada um dos alunos de maneira satisfatória no que refere a obter as 30 simulações e registrar na colmeia corretamente, não obstante tenha acontecido um ou outro equívoco durante os registros ou movimentos sobre o tabuleiro, logo corrigido pelos alunos. O registro do experimento do aluno S2 pode ser observado na Figura 4.39.

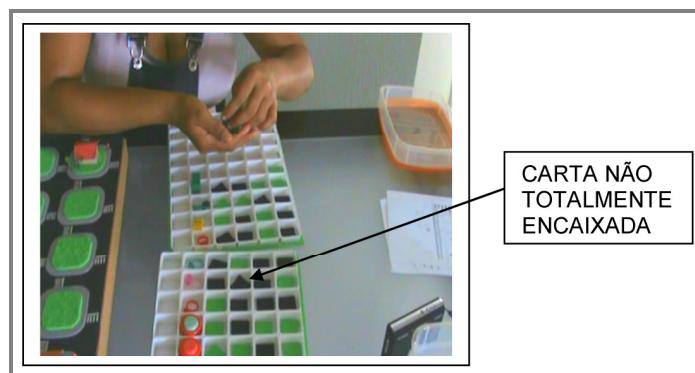
Figura 4.39 - O Experimento de S2



Observamos que S2 organizou as 30 visitas do seu experimento em quatro colmeias. Neste sentido, linha a linha, com quatro cartas, registrou nas quatro

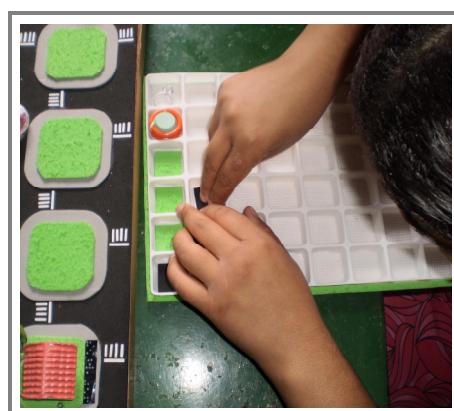
primeiras colunas o resultado dos sorteios e, na quinta coluna (após as cartas), colocou os brinquedos registrando o amigo visitado. No total, S2 utilizou três colmeias completas e mais três linhas de uma quarta colmeia, posto que cada uma delas era composta de nove linhas e seis colunas. A aluna S3 procedeu da mesma forma que S2: após sorteios e movimentação, registrou seu experimento conforme Figura 4.40.

Figura 4.40 - O Experimento de S3



Ressalta-se que a paralisia no braço direito de S3 não foi empecilho para que ela desenvolvesse e registrasse seu experimento com sucesso. Entretanto foi preciso, conforme explicitado anteriormente, proporcionar à mesma o tempo necessário para organizar pacientemente as 30 visitas além de aceitar que algumas cartas não estivessem totalmente encaixadas na colméia, como podemos observar na Figura 4.40. Na sequência, apresentamos, na Figura 4.41, a aluna S4 registrando o resultado completo de uma das visitas do seu experimento.

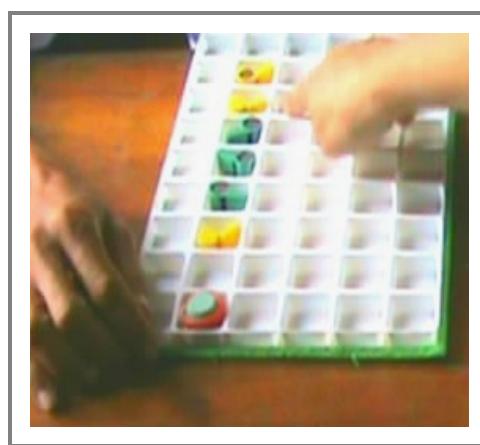
Figura 4.41 - Registro de uma das visitas do experimento de S4



Assim, como os outros dois, S4 mostrou muita habilidade para desenvolver com sucesso as 30 visitas, tendo, inclusive, gastado aproximadamente o mesmo tempo que S2. O resultado demonstrado por S4 sinaliza que o aluno poderá ter contato com M5 para o desenvolvimento desse tipo de tarefa sem que ele tenha tido anteriormente contato com M4.

Na tarefa **F2f**, solicitamos aos alunos que organizassem graficamente os resultados de seu experimento. Inicialmente pedimos a eles que fizessem da maneira que sabiam. Logo detectamos, pela fala dos alunos, que eles não sabiam construir um gráfico, já que sempre receberam representações gráficas prontas, e nem tampouco sabiam ler e interpretar as informações contidas nas mesmas. Resultado similar foi encontrado nos estudos de Feronato (2002). Vejamos a seguir o gráfico desenvolvido inicialmente por S2 (Figura 4.42).

Figura 4.42 - Primeiro gráfico construído por S2



Em seu gráfico, S2 utilizou apenas alguns brinquedos e os colocou em uma única coluna, separando com um espaço livre cada tipo de brinquedo, a exemplo do ioiô e os apitos. Diante desta organização gráfica, perguntamos a S2 quantas vezes cada amigo foi visitado, sendo que o mesmo apresentou muita dificuldade para responder. Assim, sugerimos que utilizasse uma coluna para representar cada amigo visitado, todos os 30 brinquedos correspondentes às visitas e que ele poderia seguir a mesma ordem de posicionamento das casas na diagonal. Desta forma, ele separou cada tipo de brinquedo sobre a mesa e, em seguida, foi colocando na colmeia (Figura 4.43). Percebemos que sua preocupação inicial foi preencher a primeira coluna da esquerda para a direita.

Durante o registro, constantemente passava seus dedos das duas mãos nas bordas externas da colmeia.

Figura 4.43 - Pictograma corretamente construído por S2



Diferentemente de S2, a aluna S3 afirmou que não sabia construir o gráfico, porque nunca lhe foi solicitado na escola ou requisitado no seu cotidiano. Então lhe demos um pictograma de um experimento fictício para que a mesma fizesse o reconhecimento tátil. A partir daí, ela organizou o resultado de seu experimento, conforme Figura 4.44.

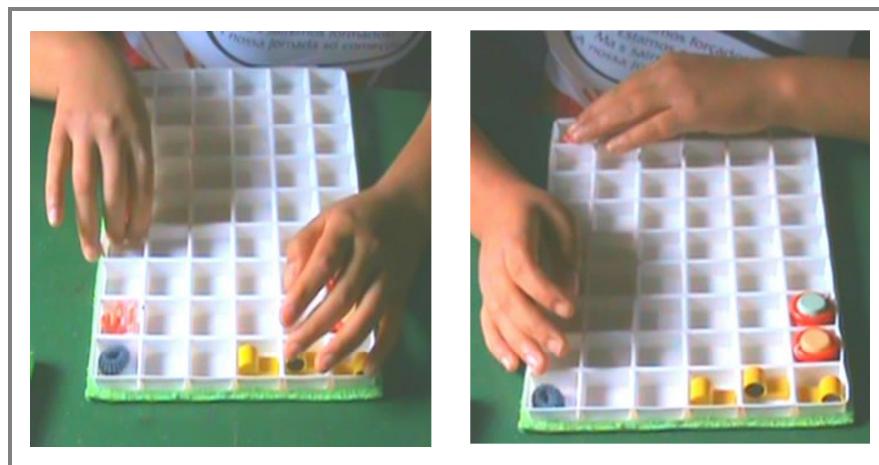
Figura 4.44 - Pictograma construído por S3



O pictograma da Figura 4.44 deixa claro que S3 conseguiu registrar satisfatoriamente os resultados do seu experimento.

No que tange ao primeiro registro de S4, não compreendemos inicialmente como ela tentou organizar as visitas de seu experimento na forma de gráfico, uma vez que a mesma foi colocando os brinquedos apenas nas laterais da colmeia (Figura 4.45).

Figura 4.45 - Imagem de S4 construindo o seu primeiro gráfico



Ao questionar S4 sobre tal organização dos brinquedos, a mesma justificou que os organizou de forma semelhante ao posicionamento no tabuleiro da casa do amigo correspondente. Por exemplo, observa-se, na figura à esquerda, que a mesma colocou a presilha e a boneca juntas na colmeia justificando que os dois brinquedos tinham a mesma quantidade, qual seja uma unidade (1^a foto na Figura 4.45). Em seguida, separou-os informando que as casas dos amigos que correspondiam estes presentes estavam nas pontas do tabuleiro (2^a foto na Figura 4.45).

Na tarefa **F2g**, perguntamos a cada um dos alunos se todos os amigos tinham a mesma chance de ser visitados. Vejamos um estrato do diálogo que ocorreu entre a pesquisadora (P) e os alunos (S) durante a resolução dessa tarefa.

P - TODOS OS AMIGOS TÊM A MESMA CHANCE DE SER VISITADOS?

S2 - DO SORTEIO? SE CAIU AQUI [APONTA O EVA LISO DA TAMPA DE SORTEIO], VAI PRO LESTE. MAS A RESPOSTA PRA ONDE VAI, NÃO SE SABE É CASO ACONTECER MESMO!

S3 - VAI DEPENDER DO SORTEIO.

S4 - TEM QUE JOGAR PRA VER. NÃO TEM COMO ADIVINHAR.

P - E QUAL DELES TEM A MAIOR CHANCE DE SER VISITADO?

S2 - SÓ DEUS SABE O QUE VAI CAIR NO SORTEIO. SÓ SABE SE SORTEAR.

S3 - NÃO SEI DIZER.

S4 - SORTEANDO SABE.

Notamos que os alunos compreendiam o termo chance, por ser mais usual no cotidiano dos mesmos, diferentemente de quando utilizamos a palavra probabilidade. No entanto, eles não conseguiram verbalizar qual era a chance de visita de cada um dos amigos e nem tampouco dizer qual era o amigo mais visitado.

Para resolver a tarefa **F2h**, os alunos precisavam sistematizar os resultados do experimento na Tabela de Distribuição de Frequência (TDF). Nenhum dos alunos teve dificuldades para informar os resultados na segunda coluna da TDF, qual seja o número de visitas de cada um dos amigos (frequência absoluta). Entretanto, no preenchimento da terceira coluna, que era a frequência relativa de visita de cada um dos amigos (calculada pela divisão entre a frequência absoluta dividido pela quantidade total de visitas, ou seja, $hi = fi/30$), o aluno S2 não conseguiu apresentar a solução, nem por meio do cálculo mental e nem tampouco pelo soroban, por não saber realizar operação de divisão envolvendo números decimais. Já S3 não quis fazer qualquer cálculo mentalmente e disse não saber fazer cálculos com o soroban. Somente S4 tinha domínio das operações com o soroban e sabia fazer cálculo mental, mas afirmou não gostar de fazer contas. Por fim, S4 resolveu fazer os cálculos e completou a tarefa diferentemente dos outros dois alunos, contudo os resultados não fizeram sentido para a mesma.

As dificuldades apresentadas pelos alunos com essas operações corroboram com as ponderações de Tanti (2006), no que se refere aos alunos terem maior habilidade com aritmética mental, desde que os cálculos não sejam longos ou complicados. Por fim, a pesquisadora dessa tese realizou os cálculos na calculadora e discutiu os resultados com os mesmos, por concordarmos com Gal (2005) quanto à necessidade de os alunos se familiarizarem com os diferentes cálculos para ampliar seu nível de letramento probabilístico.

Ressaltamos que o fato de os alunos não saberem realizar as operações de divisão com números decimais gerou também prejuízo para que respondessem algumas tarefas da F3 e todas as tarefas da F4. Consideramos este fato como um ponto negativo para a realização dessas tarefas e inesperado, pois suponhamos que, por serem alunos do Ensino Médio, teriam domínio desse

tipo de operação. Faz-se mister admitir que não tivemos o cuidado prévio de investigar o conhecimento dos alunos nas operações fundamentais, e nem tampouco pensamos em transcrever as informações contidas na TDF em Braille para que o aluno mantivesse um contato mais direto com as mesmas, o que poderia ter refletido em um resultado mais positivo, o que é apenas uma suposição.

A falta do preenchimento completo da TDF criou empecilhos, no que tange aos alunos não utilizarem sequer as informações da frequência absoluta, para a realização da tarefa **F2i**, em que era necessário justificar porque todos os amigos não tinham a mesma chance de ser visitados. Em suma, essa tarefa não foi realizada de forma plena.

Finalizando o bloco F2, tínhamos a tarefa **F2j**, na qual cada aluno deveria comparar o pictograma do seu experimento com o de outro colega. A pesquisadora incentivou a realização dessa tarefa, mas os alunos apresentaram dificuldades para solucioná-la, provavelmente por não terem compreendido os resultados da sua própria TDF a ponto de compará-los com os resultados dos experimentos dos colegas.

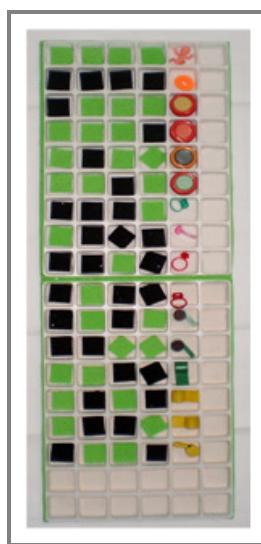
Na tarefa **F3a**, foi solicitado aos alunos que determinassem quais eram os caminhos possíveis para visitar cada um dos amigos por meio da construção da árvore de possibilidades⁶¹. Durante a execução dessa tarefa, a maior dificuldade apresentada pelos alunos deu-se no registro dos caminhos possíveis para visitar o Peter. Neste sentido, eles deveriam representar na colmeia seis combinações entre duas cartas em EVA atoalhado e duas em liso. Os alunos organizaram quatro dos seis caminhos e, após inúmeras tentativas, reafirmaram que havia somente os quatro caminhos já registrados. A pesquisadora precisou intervir para que todos os caminhos fossem identificados e registrados, visto que esse resultado seria utilizado em tarefas posteriores. Depois dessa interferência da pesquisadora, os três alunos (S2, S3 e S4) registraram na colmeia os 16 caminhos possíveis conforme o esperado. Portanto, com as cartas, registraram os

⁶¹ Com dito no Capítulo 2, nesse estudo, o termo árvore de possibilidades está sendo utilizado referindo-se apenas ao quarto ramo da árvore, qual seja, o registro final do percurso (por exemplo, quatro cartas em atoalhado), por conseguinte, o brinquedo correspondente ao amigo visitado.

caminhos possíveis e, na sequência, registraram o amigo visitado utilizando o brinquedo.

O S2 organizou em duas colmeias o resultado exposto a seguir. Investigando a relação do aluno com o objeto matemático a partir das tarefas [S-(I)-O], foi possível avaliar o potencial do instrumento colmeia na representação pictórica de todos os caminhos possíveis (Figura 4.46). Para que S2 organizasse todos os caminhos, foi preciso a interferência do pesquisador.

Figura 4.46 - Registro de S2 para todos os caminhos possíveis para visitar os amigos



A partir do registro do número de caminhos possíveis para visitar cada um dos amigos, ainda na tarefa F3a, solicitamos aos alunos a construção de um pictograma que representasse estes resultados (Figura 4.47).

Figura 4.47 - Pictograma dos caminhos possíveis feito por S2



S2 organizou seu pictograma com os 16 caminhos possíveis, com um jeito muito particular de organização na colmeia, sempre tendo o cuidado de criar um ponto de referência para facilitar a leitura. Este aluno, já demonstrava o domínio da construção do pictograma, pois registrava e lia as informações com habilidade. Neste caso específico ele organizou os brinquedos em colunas e fez a leitura tátil e oral das colunas de cima para baixo. Apesar de não ser usual esta forma de leitura, o aluno demonstrou coerência na sua representação gráfica e justificou informando que a posição da colmeia não era relevante, mas a organização do primeiro brinquedo de cada um dos amigos deveria manter um mesmo alinhamento. Já S3 e S4 posicionaram as colunas dos seus pictogramas na horizontal.

Os alunos responderam facilmente as tarefas **F3b** a **F3g**, no que se refere à determinação do número de caminhos possíveis para cada um dos amigos, já que era apenas o registro da contagem realizada na tarefa **F3a**, mas apresentaram dificuldades para informar o que havia de comum entre os caminhos para chegar na casa de um determinado amigo. Por exemplo, para S3 encontrar todos os caminhos para a casa de Marcos, ela movimentou sempre o carrinho sobre o tabuleiro, porém, para nos informar sobre o padrão, ou a regularidade, presente nesses caminhos, ela utilizou apenas a colmeia, onde registrou três cartas em atoalhado representando três movimentos para o norte e uma carta em liso, movimento para o leste. Este fato parece sinalizar a complementariedade destes artefatos (tabuleiro e colmeia) para atender a solicitação das tarefas. Neste momento, ela dialoga com P.

P - VOCÊ JÁ ENCONTROU QUATRO CAMINHOS PARA IR ATÉ A CASA DE MARCOS. ACHA QUE EXISTEM OUTROS?

S3 - DIFERENTE! NÃO VAI TER COMO.

P - COMO ASSIM?

S3 - VEJA BEM! (PASSA O DEDO INDICADOR ESQUERDO SOBRE A FAIXA DE PEDESTRE LOCALIZADA AO NORTE DA CASA DO JEFFERSON). EU TENHO QUE IR PARA O NORTE, MAS POSSO IR PARA O LESTE.

P - VOCÊ VÊ ALGUMA COISA EM COMUM NOS CAMINHOS PARA A CASA DE MARCOS QUE VOCÊ REGISTROU?

S3 - EM COMUM? (PASSA A MÃO NAS CARTAS QUE INDICAVAM OS REGISTROS PARA A CASA DE MARCOS).

P - SEMELHANTE. PARECIDO.

S3 - SEMPRE QUE EU IA PARA A CASA DE MARCOS, EU GANHAVA UM IOIÔ.

P - ESTÁ CERTO. MAS VOCÊ VÊ UMA OUTRA SEMELHANÇA?

S3 - EM TODOS OS CAMINHOS PARA IR PARA A CASA DE MARCOS EU TENHO QUE IR TRÊS VEZES PARA O NORTE E UMA VEZ PARA O LESTE. (ENQUANTO RESPONDE, S2 VAI TATEANDO AS CARTAS NA COLMEIA).

P - EXATAMENTE.

Inferimos que a resposta desta aluna atendeu de sobremaneira à solicitação da Banca de Qualificação ao *design* de M3, quanto à presença no instrumento de um artefato que, validado pela experimentação, permitisse registrar os caminhos possíveis e descobrir a regularidade presente neles.

Os resultados das tarefas **F3a** a **F3g**, isto é, os registros e a leitura dos mesmos, demonstraram que os alunos entenderam e se apropriaram das informações, o que nos permite afirmar que a colmeia, as cartas e os brinquedos foram mediadores apropriados entre o aluno cego e os conceitos envolvidos nas referidas tarefas.

Na tarefa **F3h**, perguntamos novamente aos alunos se todos os amigos tinham a mesma chance de ser visitados. Dessa vez, os três alunos responderam que nem todos os amigos tinham a mesma chance, e justificaram as suas respostas baseados no número de caminhos possíveis de visita para cada um dos amigos. Os alunos afirmaram que o Peter (casa do centro do tabuleiro) tinha mais possibilidade de ser visitado e que Aida e Luana (casas dos cantos do tabuleiro) tinham menos possibilidades de serem visitadas. Além disso, Orlando e Marcos tinham mais chances que Aida e Luana e menos que Peter. Esses resultados indicam que os alunos apresentaram respostas esperadas para essa tarefa. Sendo assim, consideramos que a mesma foi realizada de forma satisfatória.

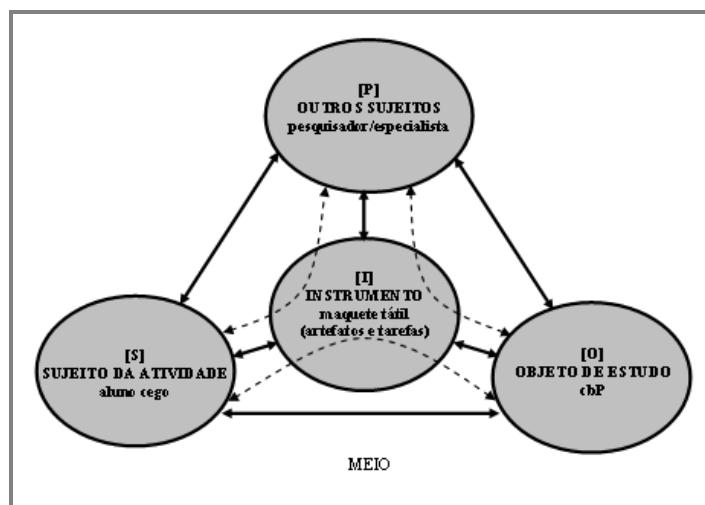
Salientamos que a tarefa **F3i** não foi devidamente explorada pela pesquisadora, pois entendemos que os alunos teriam dificuldade para realizar o cálculo da probabilidade teórica de o Jefferson visitar cada um dos seus amigos. Essa nossa interpretação foi em decorrência dos resultados obtidos na tarefa **F2h**. Desta forma, passamos logo para a aplicação da tarefa **F3j**. Nela, os alunos teriam que organizar, em uma tabela de distribuição de frequência (TDF), o número de caminhos possíveis (segunda coluna), baseado nos resultados da

tarefa F3a, a fração entre o número de caminhos e o total de caminhos (terceira coluna) e a probabilidade (quarta coluna). De fato, os alunos só informaram os dados, ficando a cargo da pesquisadora anotar na TDF o número de caminhos possíveis. A terceira e a quarta coluna não foram preenchidas devido à dificuldade dos alunos no desenvolvimento dos cálculos; como dito, esse também foi o motivo da não aplicação das tarefas F4.

Quanto ao tempo para a aplicação das tarefas contidas especificamente em F2 e F3, foram precisos três encontros com S2 (sete horas e meia), quatro encontros com S3 (oito horas e meia) e três encontros com S4 (sete horas). Vale lembrar que Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010) levaram seis horas para aplicar estas mesmas questões com sujeitos videntes.

Por fim, percebemos que as relações do modelo S.A.C.I. adaptado mais evidentes no manuseio de M5 relacionaram os quatro polos do modelo, isto é: do sujeito da atividade (S), dos outros sujeitos (P), do instrumento (I) e do objeto (O), conforme Figura 4.48. Ressaltamos que, apesar de não terem sido utilizadas explicitamente relações envolvendo a pesquisadora (outros sujeitos) com os demais polos, estamos considerando a participação da mesma enquanto mediadora na aplicação do estudo principal, quer seja para fazer a leitura oralmente das tarefas, misturar as tampas, dar as cartas ou algum brinquedo, efetuar os registros escritos, incentivar os alunos em vários momentos, repetir as instruções sempre que era necessário, dentre outras.

Figura 4.48 - As relações do modelo S.A.C.I. adaptado utilizada na análise de M5



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Delineamos estas considerações visando expor as potencialidades e limitações de um instrumento do tipo maquete tátil (maquete) concebido para servir como material didático (MD) na aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por alunos cegos. Para tal, evidenciamos e refletimos sobre os principais resultados no processo de análise dos cinco protótipos propostos nessa tese, em especial o M5 que foi considerado como a última versão da maquete. Nessa reflexão final, consideramos a concepção desse MD mantendo o olhar centrado nos referidos alunos.

Trajetória da Tese

Para contextualizar nosso tema, expomos aspectos a cerca da educação inclusiva na escola básica no Brasil e refletimos sobre os desafios para sua implementação na escola pública. Neste panorama direcionamos nosso interesse mais particularmente para as adaptações curriculares de pequeno porte, isto é, aquelas que os documentos oficiais expõem como sendo de responsabilidade dos professores e que devem ser por eles desenvolvidas. Na perspectiva da adaptação de materiais didáticos, pensamos e estruturamos este estudo com quatro alunos cegos, sendo um deles de São Paulo e três da Bahia. Desta forma, acreditamos poder contribuir para o processo educacional inclusivo dos mesmos, para as pesquisas na área da Educação Matemática, bem como para a nossa formação pedagógica e de pesquisadora, especialmente sobre o tema da inclusão.

Tendo em mente o objetivo traçado, concebemos e construímos a maquete na forma sequenciada de cinco protótipos (M1, M2, M3, M4, M5) e, para tal, seguimos as cinco etapas da Metodologia do *Design Centrado no Usuário* (DCU): identificação da necessidade do projeto centrado no usuário (Etapa 1), especificações do contexto de operação (Etapa 2), especificações das exigências dos usuários (Etapa 3), produção de soluções de *design* (Etapas 4), avaliação conforme especificações (Etapas 5). Por fim, validamos este instrumento a partir de uma análise instrumental desenvolvida na perspectiva da Teoria da Instrumentação de Rabardel (1995). Para efetivar a análise utilizamos as relações entre os quatro pólos do modelo das situações de atividades coletivas instrumentadas (S.A.C.I.) adaptado para esta tese, sendo estes: aluno cego (S), maquete (I), cbP (O) e pesquisadores/especialistas (P).

Os resultados da análise instrumental dos cinco protótipos nos permitiram conhecer a potencialidade deste instrumento, o qual foi investigado em sua usabilidade, ou seja, em seu potencial de eficácia, eficiência e satisfação na perspectiva dos princípios de *design* de Nielsen (1993). Assim, tendo em mente estes princípios pudemos refletir sobre as estratégias táteis dos alunos cegos ao manusear a maquete durante a resolução das tarefas, bem como extrair das soluções dadas por eles os elementos para caracterizar a usabilidade da maquete.

Os cbP foram tratados sob a ótica do modelo de letramento probabilístico, proposto por Gal (2005), para solucionar a sequência de tarefas dentro da situação que denominamos *Os passeios aleatórios do Jefferson*. Em suma, foi neste contexto que buscamos as adaptações curriculares necessárias para que a maquete tátil fosse configurada para ser utilizada como MD na aprendizagem de cbP dos alunos.

A construção da maquete foi estruturada em duas Fases: a Fase A, voltada para delinear as adaptações a serem feitas nos protótipos e a Fase B destinada a conhecer como os alunos solucionavam as tarefas por meio deste instrumento. Visando uma melhor sistematização dos dados coletados na interação do aluno com a maquete, os encontros foram denominados Estudo Piloto e o Estudo

Principal. Após a análise das informações coletadas nesses estudos, sentimo-nos confiantes para responder à questão de pesquisa que norteou esta tese:

**QUAL A POTENCIALIDADE DE UMA MAQUETE TÁTIL, PLANEJADA E CONSTRUÍDA
PARA A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BÁSICOS DE PROBABILIDADE POR
ALUNOS CEGOS?**

Extraímos a resposta a esta questão da interpretação cuidadosa dos principais resultados coletados ao longo da construção de cada um dos cinco protótipos. Estamos certas de que cada um deles contribuiu para a configuração final da maquete e, portanto, influenciou diretamente seu potencial como MD para as condições estabelecidas.

Os Principais Resultados

A análise instrumental foi desenvolvida protótipo a protótipo visando encontrar a versão mais bem adaptada de uma maquete tátil para atender o objetivo estabelecido. Com os protótipos M1 e M2 procuramos determinar a concepção de base do tabuleiro da maquete, em outras palavras, o design inicial do seu tabuleiro. Assim, da construção destes dois protótipos salientamos os seguintes resultados:

- a) A mudança da representação de um bairro em 2D (cartaz) para 3D (tabuleiro da maquete) determinou transformações significativas no instrumento. O que não estava plenamente adequado às tarefas em M1 foi reorganizado e M2 foi escolhido a configuração da base do tabuleiro da maquete;
- b) A beleza tátil foi um recurso significativo na estruturação do tabuleiro, pois solicitou a escolha de materiais com texturas, formas e dimensões adequadas e agradáveis à exploração tátil dos alunos cegos;
- c) Os materiais de baixo custo, já utilizados por outros pesquisadores, deram resultados positivos, a exemplo dos emborrachados EVA e do papelão;

- d) O quadrado da base do tabuleiro com lado medindo aproximadamente cinco palmos dificultou o transporte de M1. Já a base de M2, medindo em torno de dois palmos, facilitou o transporte e seu manuseio pelo aluno;
- e) Para fazer os sorteios, o aluno preferiu usar duas tampas (uma delas um círculo em EVA atoalhado e a outra um círculo em EVA liso) a ter que utilizar uma moeda. Além disso, ele reconheceu sem dificuldade os brinquedos em miniatura que representavam os amigos visitados;
- f) No encontro em que ocorreu o manuseio do M2 pelo aluno, a utilização da sala multidisciplinar bem como a presença de pesquisadores experientes em maquetes e que eram seus conhecidos, parece ter dado a ele mais confiança para participar desta pesquisa;
- g) A participação de outros sujeitos (outros pesquisadores e especialistas em maquetes) foi fundamental na construção do instrumento;
- h) A explanação e a leitura das tarefas pelos pesquisadores foi um excelente procedimento para que o aluno conhecesse as tarefas e as solucionasse. Esse método passaria a ser adotado nos modelos mais avançados da maquete;
- i) No reconhecimento tátil de M2 o aluno desenvolveu movimentos contínuos e livres sobre o tabuleiro, utilizando, entre outros elementos, os cantos do quadrado da base do tabuleiro e a textura dos materiais como sistema-guia para conhecer o tabuleiro. Tal estratégia parece ter facilitado a habilidade do aluno em manusear este instrumento. As observações dessas estratégias tátteis utilizadas pelo aluno nos auxiliaram na investigação do nível de usabilidade de M2, permitindo uma caracterização mais acurada do sujeito de pesquisa, isto é, do aluno adulto com cegueira adquirida;
- j) Na construção da base do tabuleiro, utilizamos as informações retiradas da literatura consultada. Porém, somente com a observação *in locu* da manipulação de M2 pelo aluno, no Estudo Piloto, é que percebemos que novas adaptações se mostraram necessárias, as quais foram feitas em M3.

Na configuração do arranjo físico de M3 destacamos:

- a) A partir do manuseio do protótipo anterior introduzimos novos artefatos ao *design* da maquete para atender as suas necessidades na resolução das tarefas. Assim, foram introduzidos um carrinho plástico, postes de partida e de chegada, faixas de pedestres e etiquetas em Braille;
- b) Em discussão com outros sujeitos (Pesquisadores da área de Probabilidade e de Educação Matemática) foi sinalizado que o instrumento não estava adequado para o registro dos sorteios e do amigo visitado. Chegou-se a conclusão que a maquete necessitava de adaptações para atender às tarefas. Este fato exigiu novas adequações à maquete que foram atendidas em M4.

Na construção de M4 ressaltamos os seguintes resultados:

- a) Os alunos (S) tiveram efetivamente contato com os cbP (O) por meio deste protótipo, o qual continha um tabuleiro, 240 cartas em EVA atoalhado e liso para o registro dos resultados dos sorteios e dos amigos visitados, sete colmeias, 300 brinquedos, um carrinho, duas tampas para sorteio e as tarefas;
- b) Os alunos demonstraram muita satisfação em interagir com os artefatos que compunham M4;
- c) Esses artefatos que foram agregados à maquete com o objetivo de ampliar a concepção de I, parece ter sido os principais responsáveis pela interação S-O;
- d) Os alunos desenvolveram estratégias tátteis semelhantes durante o reconhecimento tátil de M4. Utilizaram mãos e braços como referenciais para conhecer as dimensões do protótipo. Além disso, estrategicamente criaram outros sistemas-guia, entre eles as extremidades e as laterais do tabuleiro ou da colmeia;
- e) As informações em Braille auxiliaram a movimentação sobre o tabuleiro, principalmente no início do manuseio deste instrumento;

- f) Em situações de sorteio, as edificações sobre o tabuleiro criaram certa dificuldade para os movimentos dos alunos sobre o mesmo. A constatação de tal situação exigiu novas adaptações ao instrumento, para assim atender de maneira mais eficiente às necessidades dos alunos na resolução das tarefas. Assim M5 foi construída com objetivo de simplificar M4.

Na construção de M5 foi significativo:

- a) A simplificação do tabuleiro, com a retirada de informações desnecessárias, tais como todas as edificações a menos das casas de Jefferson e dos amigos, foi fundamental por permitir que os alunos se movimentassem sobre o tabuleiro de M5 uma forma mais rápida e eficiente de que no protótipo anterior;
- b) Alunos experientes ou novatos apresentaram domínio semelhante sobre este instrumento. Observamos uma crescente facilidade para se movimentar, menor esforço para operar e mais rapidez para solucionar as tarefas. Tal resultado nos permitiu inferir que a habilidade sobre este protótipo não dependeu da habilidade com o protótipo anterior;
- c) Algumas vezes, após terem feito os quatro sorteios, os alunos informaram oralmente o nome do amigo que seria visitado, sem precisar de se movimentar sobre o tabuleiro. Isto é um indicador de que M5 facilitou que os alunos memorizassem o posicionamento das casas;
- d) Avaliamos que o nosso desconhecimento sobre o nível de letramento probabilístico dos alunos e de sua habilidade com as operações fundamentais prejudicou o desenvolvimento das tarefas;
- e) O tempo de resolução das tarefas, tanto dos alunos experientes quanto do novato, em M5 foi semelhante, o que denota que este instrumento mostrou-se efetivamente mais eficiente que o anterior. Uma das razões para tal pode ter sido a retirada dos inúmeros elementos que não só dificultavam a movimentação tátil sobre a maquete, bem como chamava atenção para objetos alheios a tarefa;

- f) Os alunos não nomearam o tabuleiro como maquete, mas facilmente reconheceram seus elementos;
- g) Os alunos desenvolveram com sucesso as trinta visitas do experimento, neste sentido utilizaram estratégias tátteis semelhantes;
- h) Os alunos afirmaram inicialmente não saber construir, ler ou interpretar as informações em um gráfico, pois sempre os receberam prontos, mas após discussões e contato com um exemplo de pictograma eles conseguiram executá-lo satisfatoriamente. Tal discussão foi promovida pela pesquisadora, o que indica seu importante papel de mediadora;
- i) Quanto aos eventos e ao espaço amostral no sorteio das tampas, os alunos identificaram, de maneira informal, que havia duas soluções: com EVA liso ou atoalhado;
- j) Para responder a pergunta “Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?” os alunos inicialmente apresentaram soluções a partir de suas vivências, ou experiências, de sua vida real, com as quais buscaram compreender e dar significados às informações probabilísticas ali presentes. Com o desenrolar do experimento, a resposta para esta pergunta ganhou maior sistematização e sentido probabilístico;
- k) Entre as limitações da maquete tátil observamos: a falta de um dispositivo para prevenção de erros durante a movimentação sobre o tabuleiro ou nos registros com a colmeia, a impossibilidade do aluno manusear sozinho os artefatos que compunham este instrumento, tarefas escritas em Braille.

Tendo esses resultados em mente e não perdendo de vista as teorias que respaldaram esta tese, podemos agora passar a responder a questão de pesquisa da tese.

Respostas à Questão de Pesquisa

Iniciamos por afirmar que a maquete apresentou um grande potencial como MD para o ambiente educacional. Ela mostrou-se um instrumento eficiente na medida em que foi facilmente moldado às adaptações curriculares que se fizeram necessárias para atender as necessidades dos alunos cegos durante a resolução das tarefas.

Ao analisar globalmente as tarefas que os alunos executaram utilizando o representante da maquete tátil, isto é M5, notamos que as estratégias táteis dos alunos foram semelhantes entre si, demonstrando competência e ritmo cada vez maior em seus movimentos sobre o tabuleiro e registros nas colmeias. O que denota a eficácia deste MD.

Uma possível interpretação para tal resultado é que a maquete funcionou como um instrumento mediador adequadamente padronizado e com um arranjo físico mais bem configurado. Em outras palavras, o M5 funcionou como uma interface mais amigável ou, ainda, com um nível de usabilidade melhor do que os protótipos anteriores.

Tal interpretação nos leva a conjecturar que este protótipo proporcionou aos alunos maior foco nas informações que realmente importavam, fato este que consideramos fundamental para o desenvolvimento das tarefas. Assim, podemos afirmar que M5 apresentou uma estética e design minimalista (NIELSEN, 1993). E, nesse sentido, o tabuleiro de M5 aproximou do cartaz proposto por Cazorla e Santana (2006) para representar a história dos passeios aleatórios, sendo utilizadas apenas as casas e os nomes dos personagens em Braille para substituir as imagens dos mesmos.

Ponderamos, ainda, que a maquete mostrou-se, por um lado, coerente com as características físicas de alunos que utilizam o tato para coletar as informações e, por outro lado, pareceu estar em conformidade com as dimensões pré-estabelecidas e dimensionado de forma eficiente, eficaz e satisfatória para a aprendizagem dos cbP. Isto porque possibilitou ao aluno, por exemplo, demonstrar competência e proficiência no experimento aleatório.

Salientamos que a beleza tátil foi outro recurso importante na construção da maquete tátil, pois ao solicitar a utilização de materiais e texturas agradáveis ao tato, ela se tornou mais adequada aos alunos cegos. Além disso, suas dimensões a tornaram acessível ao aluno tanto pelo agradável manuseio tátil, quanto pela possibilidade dele ter uma visão global desse tabuleiro, como, ainda, pela facilidade do seu transporte.

A partir da Metodologia do Design Centrado no Usuário, foi possível desenvolver um instrumento com a efetiva participação do aluno. Este participou, por meio de valiosas informações e experimentações, do processo de construção deste instrumento pensado, projetado e construído com vistas a sua própria aprendizagem.

Assim, acreditamos que esta maquete tátil pode levar o aluno a aprender conteúdos curriculares de maneira mais ajustada às suas condições individuais, o que poderá representar uma transformação das condições materiais da sala de aula.

De fato, durante a estruturação do MD foi preciso fazer inúmeras adaptações, além de adaptação de conteúdo com as adequações das tarefas às condições físicas dos alunos. Também foi preciso realizar adaptação no que tange à temporalidade, já que tivemos a preocupação de respeitar o tempo que cada aluno precisava para solucionar, por meio da maquete, as tarefas envolvendo os cbP.

Os resultados nos permitem inferir que a maquete tátil, concebida para esta tese, pode contribuir com a realidade escolar no que tange à aprendizagem dos cbP de alunos cegos. Com este instrumento diferentes alunos solucionaram as tarefas com competência, o que reflete sua eficácia.

Dessa forma, sentimo-nos confortáveis para afirmar que o uso da maquete tátil correspondeu as nossas expectativas. A configuração da maquete tátil foi compatível com os conhecimentos dos alunos, pois as informações nela contidas foram bem compreendidas pelos mesmos. Além disso, eles foram favoráveis a sua utilização e afirmaram estar satisfeitos por tê-la usado na solução das tarefas propostas. Destacamos a viabilidade de seu uso em escolas da rede pública de

ensino, uma vez que se trata de um instrumento construído com materiais acessíveis e de baixo custo, podendo ser construído na própria escola e com a participação dos alunos cegos.

A partir dessas considerações, consequência direta de nossas análises, surgem reflexões que possivelmente podem ser temas para futuros estudos.

Reflexões a partir do estudo

“Ser cego é apenas uma das muitas formas corporais de estar no mundo, mas como qualquer estilo de vida, um cego necessita de condições sociais favoráveis para levar avante seu modo de viver a vida” (DINIZ, 2007).

Retomamos a epígrafe com a qual iniciamos esta tese, para refletir o quanto a criação de um MD voltado para a aprendizagem de Matemática por alunos cegos pode transformar efetivamente as condições sociais dos mesmos.

Ao responder a nossa questão de pesquisa assumimos que a maquete tátil é um instrumento que possibilita que alunos cegos apropriarem-se e ampliarem seus entendimentos a cerca cbP. Assim, reconhecemos que este instrumento tem grande potencial para ser utilizado como MD na aprendizagem dos cbP por essa clientela.

Vale ressaltar ainda que, apesar de termos chamado o M5 de representante da maquete tátil, tal denominação pode passar uma idéia de que este protótipo possui um caráter de permanência. Na verdade, temos clareza de que todo protótipo tem, por excelência, um status provisório, já que com seu uso sempre pode surgir a necessidade de uma nova alteração ou adaptação, seja para o avanço no ensino dos cbP ou de outro conceito qualquer. Assim fica claro o estado de impermanência presente em todo e qualquer modelo.

Estes resultados nos remetem a realidade vivida em nossas escolas, trazendo-nos inquietações quanto às políticas públicas nacionais voltadas para o processo inclusivo, tendo em mente principalmente a formação de professores para atender alunos com alguma deficiência. Quando nos voltamos para este panorama nos questionamos: Como cursos aligeirados e de curta duração podem

preparar os professores para atender alunos cegos? Como os professores têm sido preparados para utilizar os recursos didáticos que são necessários à aprendizagem desses alunos?

De fato, como relatado na Apresentação, os alunos cegos demonstraram um potencial normal para desenvolver seus conhecimentos, independentemente da condição da cegueira. No entanto, é preciso transformar efetivamente o ambiente educacional para que este seja compatível com as necessidades desses alunos.

Neste contexto, mais inquietações povoam nossa mente: como os professores poderão utilizar os MDs criados para cegos dentro de atividades em que tanto alunos videntes como cegos delas participem conjuntamente? Quais conceitos matemáticos os professores poderão trabalhar a partir de um MD? De que forma dar-se-ia tal trabalho, isto é, como oferecer uma formação efetiva ao professor de maneira a incorporar em sua prática o uso desses materiais? E anteriormente a todas estas perguntas, qual o caminho a ser percorrido para aproximar os vários MDs, produzidos nas inúmeras pesquisas, do professor?

É preciso considerar que são muitos os desafios a serem superados para que a educação inclusiva, no que tange à Escola Pública, atenda a todos os alunos cegos com as particularidades que são pertinentes a cada um. Ademais, sabemos que o ensino de Probabilidade, entre outros conceitos, é ainda pouco trabalhado na educação básica. Assim, torna-se fundamental a construção de instrumentos para que os alunos cegos tenham acesso a esses e outros conceitos.

Estamos plenamente a favor do desenvolvimento de pesquisas que envolvam a criação de instrumentos para a aprendizagem matemática de alunos cegos. Entretanto, ao refletirmos sobre os investimentos voltados para a pesquisa surgem ainda outras indagações: O que tem sido feito do instrumento criado por Fernandes (2008), do Multiplano produzido por Feronato (2002) e de tantos outros MD com potencial para a aprendizagem escolar de alunos cegos? O que seria necessário para que estes MD, aos quais incluímos a nossa maquete tátil, fizessem parte dos recursos pedagógicos utilizados por professores em suas aulas?

Por fim, advogamos que a pesquisa, envolvendo as adaptações curriculares de pequeno porte, pode auxiliar o trabalho pedagógico dos professores e, portanto, possibilitar a criação de condições favoráveis para o surgimento de uma Escola para Todos.

Sugestões para futuras pesquisas

A partir da conclusão de nosso estudo e após a restrita, mais inquietante, reflexão exposta acima, sentimo-nos impelidas a sugerir a realização de alguns estudos, com o intuito de avançarmos no oferecimento de MD eficientes para os processos de ensino e aprendizagem conjuntas de alunos, videntes e cegos, da educação básica. Nesse sentido, iniciamos por propor que a nossa M5 seja testada com um grupo maior de sujeitos e abrangendo em concomitante alunos videntes e cegos.

Para essa proposta, a nossa sugestão é que se realize um estudo com foco nos cbP e utilizando todos os artefatos que compõem M5, com três duplas, sendo uma formada por alunos cegos, outra por videntes e a terceira por um cego e um vidente. Haveria diferença entre suas estratégias? Se sim, qual (is)? Como se daria a interação dentro de cada dupla?

Uma segunda sugestão ainda explorando o nosso MD e os cbP poderia ser voltado para a formação de professores. Esta formação seria realizada em uma escola inclusiva com docentes voluntários, os quais desenvolveriam e testariam atividades de sala de aula envolvendo tanto alunos cegos quanto videntes.

Por fim, sabemos que são apenas sugestões que podem contribuir com o avanço da inclusão. Temos a consciência que ainda há muito por ser feito para atender às necessidades escolares do aluno cego.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. I. Ergonomia: modelos, métodos e técnicas. Em: CONGRESSO LATINO-AMERICANO. 2. e SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA. 6, UnB/IP. **Anais...** Disponível em: <www.brunazo.eng.br/voto-e/textos/sergiotese.pdf>. Acesso em: out. 2009.

ADREZZO, Karina I. **Um Estudo do Uso de Padrões Figurativos na Aprendizagem de Álgebra por Alunos Sem Acuidade Visual.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: PUC/SP, 2005.

ALMEIDA, Rosângela Doin de. **Do desenho ao mapa: iniciação cartográfica na escala.** São Paulo: Contexto, 2001.

ALMEIDA, I. C. de; NOGUEIRA, R. E. Iniciação cartográfica de adultos inviduais. In: NOGUEIRA, R. E. (Org.). **Motivações Hodiernas para Ensinar Geografia.** 1. ed. Florianópolis, SC: Nova Letra, 2009. p. 107-129.

AMIRALIAN, Maria Lúcia T. M. **Compreendendo o cego:** uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997.

BATANERO, C; GODINO, J. **Stochastics and its didactics for teachers:** Edumat-Teachers project. Granada, Universidad de Granada, 2002. Disponível em: <<http://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/welcome.html>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

BÉGUIN, P.; RABARDEL, P. Designing for instrument-mediated activity. **Scandinavian Journal of Information Systems**, 12. 2000. p. 173-191.

BRAGA, Theodoro. **Desenho Linear Geométrico**. 13 ed. São Paulo: Ícone, 1987. 230 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria nº 552/1945**, de 13 de novembro de 1945.

_____. **Lei de Diretrizes e Base da Educação nacional, Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>. Acesso em: maio 2010.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC/SEF/SEESP. 1997.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais: adaptações curriculares**. Brasília: MEC/SEF. 1998a. 62p.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática**. Brasília: MEC/SEF. 1998b.

_____. Ministério da Educação. **Portaria nº 319/1999**, de 26 de fevereiro de 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/port319.pdf>. Acesso em: maio 2010.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Projeto Escola Viva – Garantindo o acesso e permanência de todos os alunos na escola – Alunos com necessidades educacionais especiais. Adaptações curriculares de pequeno porte**, v. 6. Brasília: MEC/SEF, 2000a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. **Cadernos da TV Escola/ Deficiência visual**. Brasília: MEC, 2000b.

_____. Ministério da Educação. **Diretrizes nacionais para a educação especial na educação básica**. Secretaria de Educação Especial. Brasília: MEC/SEF, 2001. 79 p.

_____. Secretaria de Educação Especial. **Portaria nº 1.010/2006**, de 11 de maio de 2006. 2006a. Disponível em:
http://www.universia.com.br/html/noticia/noticia_dentrodocampus_cjfbcg.html. Acesso em: maio 2010.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares nacionais para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2006b.

CAIADO, K. R. M. **Aluno deficiente visual na escola**: lembranças e depoimentos. 2. ed. Campinas: Ed. Autores Associados, 2006.

CAÑAS, J. J.; WAERNS, Y. **Ergonomía Cognitiva**. Aspectos Psicológicos de La Interacción de Iñas Personas con la Tecnología de la Información. Madrid, Espanha: Editorial Médica Panamericana, 2001.

CARROL, Thomas. **Cegueira – o que ela é, o que faz e como conviver com ela**. São Paulo, CNEC/MEC/FLCB, 1968.

CAZORLA, I. M.; SANTANA, E. R. S. S. **Tratamento da Informação para o Ensino Fundamental e Médio**. 2. ed. Itabuna-BA: Via Literarum, 2006.

CAZORLA, I. M.; GUSMÃO, T. C. Uma análise semiótica dos passeios aleatórios da Mônica: atividade para ensinar conceitos básicos de probabilidade. In: CONFERENCE INTERNATIONAL ON TEACHING STATISTICS - ICOTS8, 8th. 2010, Ljubljana. **Proceedings... 8th Conference International on Teaching Statistics**, 2010a.

CAZORLA, I.; KATAOKA, V. Y.; GONZAGA, A. da P. Atividade Didática para o ensino de Probabilidade: Passeios Aleatórios da Mônica. ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. 10., **Anais...** Salvador, Bahia, Brasil, 2010.

CAZORLA, I.; KATAOKA, V. Y.; NAGAMINE, C. M. L. **Os passeios aleatórios da Carlinha.** Tutorial do AVALE. Disponível em:
<http://www.iat.educacao.ba.gov.br/avaleeb>. Acesso em: jun. 2010.

CAZORLA, I.; OLIVEIRA, M. S. de. Para saber mais. In: CAZORLA, I.; SANTANA, E. **Do tratamento da Informação ao Letramento Estatístico.** 1. ed. Itabuna-BA: Via Literarum, 2010, p. 113-144.

CAZORLA, I.; GUSMÃO, T., KATAOKA, V. Y. Validação de uma sequência didática de Probabilidade a partir da análise da prática de professores, sob a ótica do Enfoque Ontosemiótico. **Revista Bolema**, 39, p. 537-560, 2011.

CDE. CALIFORNIA DEPARTMENT OF EDUCATION. **Braille Mathematics Standards.** California Department of Education. Sacramento, California. 2006. Disponível em: <http://www.cde.ca.gov/sp/se/sr/documents/braillemathstand.pdf>. Acesso em dez. 2011.

CHAPANIS, A. Hazards associated with three signal words and four colours on warning signs. **Ergonomics**, v. 37. n. 2, 1994. p. 265-275.

COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. **Introduction aux Situations Aléatoires dès le Collège: de la modélisation à la simulation d'expériences de Bernoulli dans l'environnement informatique Cabri-géomètre II.** PhD thesis. Univ. J. Fourier, Grenoble, France. 2001

CYBIS, W. A.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade – Conhecimentos, Métodos e Aplicações.** São Paulo: Novatec Editora. 2007.

D'ABREU V. V.; MARTINS, R. J. Implementation and Usage of a Sound - Tactile Model for Sightless People. **Revista Avances en Sistemas e Informática**, v. 5. n. 2. jun. Medellín, 2008.

D'ABREU, J. V. V.; SOUSA, D. D.; RAVASCHIO, P. P.; PUPO, D. T.; MARTINS, G. S. V. Maquete tátil da Biblioteca Central Cesar Lattes da Unicamp: uma experiência. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis**, v. 13, n. 1, p. 268-275, jan./jun., 2008.

DINIZ, Débora. **O que é deficiência**. São Paulo: Editora Brasiliense, 2007.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

FALZON, Pierre. Natureza, Objetivos e Conhecimentos da Ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática. In: FALZON, Pierre. **Ergonomia**. São Paulo: Editora Blucher, 2007. p. 3-32.

FASSINA, Annie-Weill. Conduites Cognitives en Situation de Travail. In: DADOY, M., HENRY, C. I., HILLIAN, B., TRESSAC, G.; TROUSSIER, J. F., Fassina, A-W. (Orgs.) **Les analyses Du travail enjeux et formes**. Paris: EREQ. 1990.

FERNANDES, Solange. H. A. A. **Uma Análise Vygotskiana da Apropriação do Conceito de Simetria por Aprendizes sem Acuidade Visual**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: PUC/SP, 2004.

_____. **Das Experiências Sensoriais aos Conhecimentos Matemáticos**: Uma análise das práticas associadas ao ensino e aprendizagem de alunos cegos e com visão subnormal numa escola inclusiva. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: PUC/SP, 2008a.

FERNANDES, Cleonice Terezinha et al. **A construção do conceito de número e o pré-soroban**. Brasília: MEC, SEE, 2006. disponível em:
portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/pre_soroban.pdf. Acesso em: 19 jun. 2010.

FERNANDES, Gildásio Guedes. **Interface Humano Computador**: prática pedagógica para ambientes virtuais. Teresina: EDUFPI, 2008b. Disponível em:<http://www.uapi.ufpi.br/conteudo/disciplinas/video/livro_gildasio.pdf>. Acesso em: jul. 2011.

FERNANDES, S. H. A. A.; HEALY, L. Mão que falam; mãos que vêem. O papel do sistema haptico no processo de objetificação do conhecimento matemático por alunos cegos. In: REUNIAO DE DIDÁTICA DA MATEMATICA DO CONE SUL, VI, **Anais...** Águas de Lindóia. São Paulo: PUC São Paulo, 2006. v. 1.

FERNANDEZ, D.; FERNANDEZ, D. X. O prazer de aprender probabilidade através de jogos: descobrindo a distribuição Binomial. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL “EXPERIÊNCIAS E EXPECTATIVAS DO ENSINO DE ESTATÍSTICA – DESAFIOS PARA O SÉCULO XXI”. **Anais...** Florianópolis, SC: UFSC, 1999.

FERREIRA, R. S. **Ensino de probabilidade com o uso do programa estatístico R numa perspectiva construcionista**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo: UNIBAN/SP, 2011.

FERRONATO, Rubens. **A Construção de Instrumento de inclusão no Ensino da Matemática**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2002.

FOLCHER, V.; RABARDEL, P. Hommes-Artefacts-Activités: perspective instrumentale. In: FALZON, P. (Ed). **L'ergonomie**. PUF, 2007. p. 251-268.

GAL, Ido. **Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning**. In: Jones, G.A. USA: Springer: 2005. p. 39-63.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas. 1988.

GRIZ, C.; CARVALHO, G.; PEIXOTO, A. Ergonomia Cognitiva: a combinação de diversos recursos didáticos no ensino de Desenho Arquitetônico. IBEROAMERICAN CONGRESS OF DIGITAL GRAPHICS (SIGraDi). 11th **Proceedings** ... p. 35-40. Mexico, 2007. Disponível em: <cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2007_af96.content.pdf>. Acesso em: 28 out. 2009

GUSMÃO, T.; CAZORLA, I. Uma análise semiótica dos passeios aleatórios da Mônica: atividade para ensinar conceitos básicos de probabilidade. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. IV. **Anais...** SBEM: Taguatinga-DF, 2009.

HALL, R. R. Prototyping for usability of new technology. **International Journal of Human – Computer Studies**, v. 55, n. 2, 2001, p. 485-501.

HENDRICK, H. W. Ergonomics in organizational design and management. **Ergonomics**, London, v. 34, n. 6, p. 743-756, 1991.

HERNANDEZ T., H. M.; KATAOKA, V. Y, OLIVEIRA, M. S. de. Random walks in teaching probability at the high school. In: CONFERENCE INTERNATIONAL ON TEACHING STATISTICS - ICOTS8, 8th, 2010, Ljubljana. **Proceedings...**, 2010.

HOLLNAGEL, Erick. Cognitive ergonomics: It's all in the Mind. **Ergonomics**, v. 40, n. 10, p. 1170-1182, 1997.

IEA. International Ergonomics Association. **Definitions of Ergonomics**.

Disponível em: http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html.

Acesso em: 25 mar. 2010.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9240-11**. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. Genève, 1998.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13407**. Human-centred design process for interactive systems. Genève, 1999.

KATAOKA, V. Y.; RODRIGUES, A.; OLIVEIRA, M. S. Utilização do conceito de probabilidade Geométrica com recurso didático no ensino de Estatística. ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, IX, **Anais...**, Belo Horizonte, MG, 2007.

KATAOKA, V. Y.; HERNANDEZ, H. Sequência de Ensino 1: Perfil da Turma. In: CAZORLA, I.; SANTANA, E. **Do tratamento da Informação ao Letramento Estatístico**. 1. ed. Itabuna-BA: Via Literarum, 2010. p. 23-44.

LEITE, M. D. **Design da interação de interfaces educativas para o ensino de matemática para crianças e jovens surdos**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2007.

LOPES, C. **O Conhecimento Profissional dos professores e suas relações com Estatística e Probabilidade na Educação Infantil.** 2003. Tese (Doutorado): Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

LORENZATO, Sérgio. Laboratório de ensino de matemática e materiais didáticos manipuláveis. In: LORENZATO, Sérgio (Org.). **O laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores.** Campinas, SP: Autores Associados, 2006. p. 3- 37.

MARMARAS, N.; KONTOGIANNIS, T. Cognitive task. In: SALVENDY, G. (Org.) **Handbook of industrial engineering.** New York: John Wiley & Sons. 2001. p. 1013-1040.

MONT'ALVÃO Claudia. Hedonomia, Ergonomia Afetiva: afinal, do que estamos falando? In: MONT'ALVÃO, C; DAMAZIO, V. (Org.). **Design Ergonomia Emoção.** 1. ed. Rio de Janeiro: FAPERJ/ MAUAD X, 2008, v. 1, p. 19-30.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia conceitos e aplicações.** 2. ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

NAGAMINE, C. M. L.; HENRIQUES, A.; UTSUMI, M. Praxiological Analysis of The random Walks of Mônica. In: CONFERENCE INTERNATIONAL ON TEACHING STATISTICS - ICOTS8, 8th. 2010, Ljubljana. **Proceedings...** 2010a.

NAGAMINE, C. L; HENRIQUES, A; CAZORLA, I. Análise A priori dos Passeios Aleatórios da Mônica. ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, X. **Anais...** Salvador, Bahia, Brasil, 2010.

NAGAMINE, C. M. L.; HENRIQUES, A.; UTSUMI, M.; CAZORLA, I. Análise Praxeológica dos “Passeios Aleatórios da Mônica”. **Revista Bolema**, 24, p. 451-472, 2011.

NIELSEN, J. Usability **Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann. Inc., 1993.

OCHAÍTA, E.; ESPINOSA, M. A. Desenvolvimento e intervenção educativa nas crianças cegas ou deficientes visuais. In: COLL, C.; MARCHESI, A.; PALÁCIOS, J. e Col. **Desenvolvimento Psicológico e Educação**: transtornos de desenvolvimento e necessidades educativas especiais. v. 3, 2. ed. São Paulo: Ed. Artmed, 2004.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: Aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-Histórico. 4. ed. São Paulo: Editora Sipione, 2003.

OLIVEIRA, S. A.; CAZORLA, I. M. Ensinando Probabilidades no Ensino Fundamental. **Educação matemática em Revista**, Ano 13. n. 24, 3-6, jun., 2008.

PEIXOTO, J. L. B.; SANTANA, E. R. S. S; CAZORLA, I. M. **Soroban**: uma ferramenta para compreensão das quatro operações. Itabuna-BA: Via Literarum, 2006.

PEIXOTO. J. L. B; HORA, G. S. Deficiência não é Incapacidade ou Doença. In: VITA, A. C; PEIXOTO, j. L. B; HORA, G. S. **Inclusão na Escola**: um bate-papo com a comunidade. Ilhéus-BA: Editus, Itabuna-BA: Via Literarum, 2011. p. 5-9.

PHEASANT, S. **Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work**. London: Taylor & Francis, 1997.

PIMENTEL, A. P. Luis Braille: O criador do sistema Braille. **Revista Benjamin Constant**, v. 5, n. 12, p. 25-26, 1999.

PONCHILLIA, Paul .E. Athletes with visual impairments: Attirbutes and sports participation. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 96, n. 4, 1996.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação**: além da interação homem computador. Porto Alegre: Bookman, 2005.

RABARDEL, Pierre. **Les Hommes et Les Technologies**: approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin, 1995. 239 p. Disponível em: <ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/.../ART372105503765426783.PDF>. Acesso em: 20 maio 2008.

RABARDEL, P.; BOURMAUD, G. **From computer to instrument system**: a developmental perspective. Elsevier B.V., 2003.

RABARDEL, P.; VÉRILLON, P. Relations aux objets et développement cognitif. In: GIORDAN, A.; MARTINAND, J. L. (Eds). **Acte des septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique**. Paris: LIRESP, Université Paris VII, p. 189-196, 1985.

REILY, Lucia. **Escola Inclusiva**: linguagem e mediação. Campinas - SP: Papirus, 2004.

SALAZAR, Jesus V. F. **Gênese Instrumental na Interação com Cabri 3D**: um Estudo de Transformações Geométricas no Espaço. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo: PUC/SP, 2009.

SANTOS, Jaqueline Aparecida Foratto Lixandrão. **O movimento do pensamento probabilístico mediado pelo processo de comunicação com alunos do 7º ano do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade São Francisco, São Paulo: USF/SP, 2010.

SCHENEUWLY, B; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Trad. e org. Roxane Rojo e Gláis Sales Cordeiro. Campinas-SP: Mercado das Letras, 2004.

SILVA, Luciene Maria. Subjetividade mediadas: as relações entre leitores cegos e ledores. In: CONGRESSO DE LEITURA DO BRASIL. 16. **Anais...** Campinas, São Paulo, 2007. Disponível em: http://alb.com.br/arquivo-morto/edicoes_anteriores/anais16/sem09pdf/sm09ss03_07.pdf. Acesso em: jan. 2011.

SPERANDIO, J.; UZAN, G. Ergonomia dos suportes técnicos informáticos para pessoas com necessidades especiais. In: FALZON, Pierre. **Ergonomia**. São Paulo: Editora Blucher, 2007, p. 407-422.

- TANTI, Mariella. **Teaching mathematics to a blind student:** A case study. Unpublished Master in Education dissertation, University of Exeter, UK. 2006. Disponível em: <people.exeter.ac.uk/PErnest/pome20/MariellaTantiTeachingMathematicstoaBlindStudent-ACaseStudy.pdf>. Acesso em: jan. 2010.
- VAN DER LINDEN, J. **Ergonomia e Design:** prazer, conforto e risco no uso dos produtos. Porto Alegre: UniRitter Ed., 2007.
- VEER, R.V.; VALSINER, J. **Vygotsky:** uma síntese. Tradução por Cecilia C. Bartalotti. São Paulo: Loyola, 1996.
- VENDRAMINI, C. M. M.; MAGINA, S. M. P. Sequência de Ensino 5 : Germinação das Sementes. In: CAZORLA, I.; SANTANA, E. **Do tratamento da Informação ao Letramento Estatístico.** 1. ed. Itabuna-BA: Via Literarum, 2010, p. 94-112.
- VENTORINI, Sílvia Elena. **A Experiência como Fator Determinante na Representação Espacial do Deficiente Visual.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Sao Paulo: UNESP/Rio Claro, 2007.
- VENTORINI, S. E.; FREITAS, M. I. C. Cartografia Tátil: elaboração de material didático de geografia para portadores de deficiência visual. SIMPÓSIO IBERO AMERICANO DE CARTOGRAFIA PARA CRIANÇA. 1. **Anais...** Rio de Janeiro. RJ. Brasil, 2002. Disponivel em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/219-E21.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2009.
- VÉRILLON, P.; RABARDEL, P. Cognition and artifacts: a contribution to the study of though in relation to instrumented activity. **European Journal of Psychology of Education**, v. 10, n. 1, p. 77-101, 1995.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **Pensamento e Linguagem.** Tradução Jefferson Luiz Camargo. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. (original em russo publicado em 1934).
- _____. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WATSON, Jane M. **Statistical Literacy at School**: Growth and Goals. Laurence Erlbaum Associates, Publishers, London, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global data on blindness**. Geneva. WHO, Bulletin of the World Health Organization, v. 73, n.1, 1995. p. 115-121.

APÊNDICES

Apêndice A

Tarefas de exploração (Princípios de usabilidade) - Ficha 1 (F1)

F1a - O que reconhece neste objeto? Sabe seu nome? Sente facilidade para reconhecer essas coisas?

F1b - Escolha uma praça e indique um caminho para chegar até ela partindo da casa que fica no centro do tabuleiro. Existem outros caminhos para chegar lá? Mostre um caminho para sair da casa localizada na primeira quadra à esquerda e chegar na casa do cento. Existem outros caminhos?

F1c - Descreva o que há em torno da casa que fica à esquerda, na primeira linha e primeira coluna. Como é ela? Existem outras nas mesmas condições? Onde ficam?

F1d - Sorteie quatro vezes uma tampa e com o carrinho parta da casa que fica à esquerda, na primeira linha e primeira coluna; onde você chega? Existem outros caminhos para chegar nesse mesmo lugar? Mostre esses caminhos.

F1e - Registre, na colmeia, quatro sorteios e o amigo visitado. O que acha dos registros das jogadas e dos amigos visitados na colmeia? Você entende o que está registrado? (*Visibilidade do status do sistema*).

F1f - Acha esse material difícil de manusear? O que vê como semelhante e o que é diferente? O que acha das alturas, desniveis, materiais, dimensões, texturas etc? (*Reconhecimento ou memorização/Flexibilidade, Eficácia, Eficiência de uso*).

F1g - Você percebe o erro enquanto manuseia a maquete? Corrige com facilidade?
(*Ajuda aos usuários para reconhecer, diagnosticar erros, prevenir*).

F1h - Você consegue operar sozinho a maquete ou precisa de um parceiro? (*Controle do usuário e liberdade*). Sente-se satisfeito em trabalhar com essa maquete? Sente-se cansado? (*Satisfação de uso*).

F1i - O tabuleiro da maquete tem muita informação? Você tiraria alguma coisa? (*Estética e design minimalista/Ajuda e documentação para manuseá-la*).

Apêndice B

Tarefas de contextualização, experimentação aleatória e representação gráfica - Ficha 2 (F2)

“OS PASSEIOS ALEATÓRIOS DE JEFFERSON”

A história

O Jefferson e seus amigos moram no mesmo bairro. A distância da casa de Jefferson para a casa de Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida é de quatro quarteirões. Jefferson costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem pré-estabelecida: segunda-feira, Luana; terça-feira, Marcos; quarta-feira, Peter; quinta-feira, Orlando e sexta-feira, Aida.

Para tornar mais emocionante os encontros, a turma combinou que a sorte escolhesse o amigo a ser visitado por Jefferson. Para isso, na saída de sua casa e a cada cruzamento, Jefferson deve sortear uma das duas tampas; se sair atoalhado, andará um quarteirão para o Norte, se sair liso, um quarteirão para o Leste. Cada jogada representa um quarteirão de percurso com a parada obrigatória na faixa de pedestre. Jefferson deve sortear quatro vezes as tampas para poder chegar à casa de um dos amigos.

Responda:

F2a - Qual é a diferença entre a forma antiga e a nova de Jefferson visitar seus amigos?

F2b - Quais são os possíveis resultados ao sortear as tampas?

F2c - Qual é a chance de sair atoalhado? E de sair liso? Por quê ?

F2d - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Sim ou não e por quê?

F2e - Jogue agora levan a visitar seus amigos 30 vezes. Faça o registro na colmeia de todos os resultados sorteados e dos amigos visitados.

F2f - Organize, na colméia, um pictograma representando os amigos visitados. Que informações voce pode colher a partir deste gráfico?

F2g - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Sim ou não e Por que ?

F2h -. Sistematize os resultados das colmeias na chamada Tabela de Distribuição de Frequência – TDF.

Tabela 1. Distribuição do número de visitas que cada amigo recebeu de Jefferson

Amigo	Nº de vezes que foi visitado (fi) (respostas favoráveis)	Frequência relativa (hi)	Porcentagem 100*hi
Luana			
Marcos			
Peter			
Orlando			
Aida			
Total	30	1,00	100,00

Onde $hi = fi/30$ representa uma estimativa da probabilidade

F2i - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Por quê?

F2j - Compare os seus resultados com o do colega. O que pensa sobre isto?

Apêndice C

Tarefas de modelagem matemática das possibilidades e representação gráfica - Ficha 3 (F3)

F3a - Represente, na colmeia, todos os caminhos possíveis para visitar cada amigo. Em seguida, construa, em uma colmeia, pictograma de todos os caminhos encontrados.

F3b - Quantos caminhos existem para visitar Luana? O que eles têm em comum?

F3c - Quantos caminhos existem para visitar Marcos? O que eles têm em comum?

F3d - Quantos caminhos existem para visitar Peter? O que eles têm em comum?

F3e - Quantos caminhos existem para visitar Orlando? O que eles têm em comum?

F3f - Quantos caminhos existem para visitar Aida? O que eles têm em comum?

F3g - Quantos caminhos existem ao todo?

F3h - Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? Por quê?

F3i - Como voce calcularia a probabilidade do Jefferson visitar cada um dos amigos?

F3j - Analise e sistematize os resultados na Tabela e determine o número de caminhos pelo número total dos caminhos para visitar cada amigo, portanto a probabilidade Pi.

Tabela 2. Distribuição de probabilidade da visita do Jefferson aos seus amigos

Amigo	Nº de Caminhos	Nº de caminhos/total de caminhos (fração)	Probabilidade Pi
Luana			
Marcos			
Peter			
Orlando			
Aida			
Total			

Apêndice D

Comparação das formas de atribuir probabilidades - Ficha 4 (F4)

F4a - Preencher a Tabela 3 utilizando os resultados contidos nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 3. Quadro comparativo do cálculo de probabilidades

Amigo	Frequência relativa (observada na experimentação) (hi)	Probabilidade (esperada na modelagem) (pi)
Luana		
Marcos		
Peter		
Orlando		
Aida		
TOTAL		

F4b - Qual é a diferença entre essas duas formas de calcular probabilidade?

F4c - Qual das duas formas de calcular probabilidade voce acha a mais correta?

Apêndice E

Cálculo das probabilidades de visita de cada amigo do Jefferson

1) Cálculo das probabilidades de visita de cada amigo do Jefferson em 1 (um) experimento

Distribuição Binomial

$n = 4$ sorteios da tampa

$p = 0,5$ – probabilidade de sortear a tampa atoalhada (Norte)

X: nº de tampas atoalhadas em 4 lançamentos

a) Aida – $P(X = 0) = \binom{4}{0} (0,5)^0 (0,5)^4 = 0,0625$

b) Orlando - $P(X = 1) = \binom{4}{1} (0,5)^1 (0,5)^3 = 0,2500$

c) Peter - $P(X = 2) = \binom{4}{2} (0,5)^2 (0,5)^2 = 0,3750$

d) Marco - $P(X = 3) = \binom{4}{3} (0,5)^3 (0,5)^1 = 0,2500$

e) Luana - $P(X = 4) = \binom{4}{4} (0,5)^4 (0,5)^0 = 0,0625$

2) Cálculo das probabilidades de visita de cada amigo do Jefferson em 30 (um) experimentos

Distribuição Binomial

$n = 30$ experimentos

p = probabilidade de visitar um determinado amigo

Y: nº de visitas para um determinado amigo em 30 experimentos

a) Aida – $P(X = 30) = \binom{30}{30} (0,0625)^{30} (0,9375)^0 = 7,50 \times 10^{-37}$

b) Orlando - $P(X = 30) = \binom{30}{30} (0,2500)^{30} (0,7500)^0 = 8,67 \times 10^{-19}$

c) Peter - $P(X = 30) = \binom{30}{30} (0,3750)^{30} (0,6250)^0 = 1,66 \times 10^{-13}$

d) Marco - $P(X = 30) = \binom{30}{30} (0,2500)^{30} (0,7500)^0 = 8,67 \times 10^{-19}$

e) Luana - $P(X = 30) = \binom{30}{30} (0,0625)^{30} (0,9375)^0 = 7,50 \times 10^{-37}$

ANEXOS

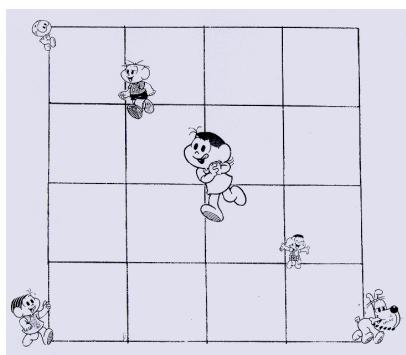
Anexo 01

ATIVIDADE: “OS PASSEIOS ALEATÓRIOS DA MÔNICA”

I. A estória

A Mônica e seus amigos moram no mesmo bairro. A distância da casa da Mônica para a casa de Horácio, Cebolinha, Magali, Cascão e Bidu é de quatro quarteirões, conforme ilustra a Figura 1. A Mônica costumava visitar seus amigos durante os dias da semana em uma ordem pré-estabelecida: segunda-feira, Horácio; terça-feira, Cebolinha; quarta-feira, Magali; quinta-feira, Cascão e sexta-feira, Bidu.

Para tornar mais emocionantes os encontros, a turma combinou que a sorte escolhesse o amigo a ser visitado pela Mônica. Para isso, na saída de sua casa e a cada cruzamento, Mônica deve jogar uma moeda; se sair cara (C), andará um quarteirão para o Norte, se sair coroa (X), um quarteirão para o Leste. Cada jogada representa um quarteirão de percurso. Mônica deve jogar a moeda quatro vezes para poder chegar à casa dos amigos.



Legenda:	
Horácio (dinossauro)	
Cebolinha (careca que tem 3 fios de cabelo)	
Magali (a comilona que gosta de melancia)	
Cascão (o menino que não gosta de tomar banho)	
Bidu (o cachorrinho azul)	
↑	
Norte:	→
	Leste:

Figura 1: Cartaz dos passeios aleatórios da Mônica.

Lendo apenas a estória, sem jogar a moeda, responda:

- 1) Qual é a diferença entre a forma antiga de a Mônica visitar seus amigos e a nova?
- 2) Quais são os possíveis resultados ao lançar uma moeda?

- 3) Qual é a chance de sair cara $P(C)$? E de sair coroa? $P(X)$: Por que vocês acham isso?
- 4) Qual é a chance de Magali ser visitada? Por que vocês acham isso?
- 5) Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados? () Não () Sim
Por que vocês acham isso? Imagine que você jogou 4 vezes a moeda; como você anotaria seu resultado imaginário?

II. Atividade referente à experimentação a ser realizada em dupla

Para Mônica visitar um amigo, vocês têm que lançar a moeda quatro vezes, que denominamos de experimento. Se sair cara, Mônica andará um quarteirão para o Norte, se sair coroa, um quarteirão para o Leste. Você deve repetir esse experimento trinta vezes e representar, na colmeia, os resultados referentes ao Quadro 1. Por exemplo, se sair a sequência: norte, norte, leste, leste, anotar, na coluna, a sequência: cara, cara, coroa, coroa e na coluna do amigo visitado o nome da Magali.

Quadro 1. Resultados da experimentação.

Repetição	Sequência	Amigo	Repetição	Sequência	Amigo
1.			16.		
2.			17.		
3.			18.		
4.			19.		
5.			20.		
6.			21.		
7.			22.		
8.			23.		
9.			24.		
10.			25.		
11.			26.		
12.			27.		
13.			28.		
14.			29.		
15.			30.		

- 1) Selecionem o resultado de uma repetição qualquer e desenhem o percurso percorrido pela Mônica no papel transparente. **Não esqueçam de escrever, nesse papel transparente, seus nomes e a sequência que vocês escolheram.**
- 2) Quem tem mais chance de ser visitado (a)? Por quê?
- 3) Quem tem mais chance de ser visitado, Horácio ou Magali? Por quê?
- 4) De todos, quem tem menos chance de ser visitado? Por quê?
- 5) Existe a chance da Mônica **não** visitar algum amigo? () Não () Sim. Por quê?
- 6) Depois que vocês realizaram o experimento, vocês mudariam de opinião na seguinte questão: “Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?” () **NÃO** () **SIM** Por quê?
- 7) Sistematizem os resultados do Quadro 1 na Tabela 1, chamada de Tabela de Distribuição de Freqüência – TDF.

Tabela 1. Distribuição do número de visitas que cada amigo recebeu da Mônica

Amigo	Nº de vezes que foi visitado (fi)	Freqüência relativa (hi)	Porcentagem 100*hi
Horácio			
Cebolinha			
Magali			
Cascão			
Bidu			
Total	30	1,00	100,00

Onde $hi = fi/30$ representa uma estimativa da probabilidade

- 8) Olhando a Tabela de Distribuição de Frequênci(TDF), qual é a probabilidade de Mônica visitar:
a) Magali? b) Horácio? c) Bidu?
- 9) Quanto por cento das visitas foram para Cascão?
- 10) Depois que vocês realizaram o experimento, vocês mudariam de opinião na seguinte questão: "Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?" () NÃO () SIM
Por quê?
- 11) Comparem seus resultados sistematizados na Tabela 1 com os resultados da dupla ao lado. Esses são iguais? () Sim () Não
Se forem iguais, como vocês explicam essa igualdade nos resultados?
Se forem diferentes, como vocês explicam essa diferença nos resultados?

III. A modelagem matemática

- 1) Desenhe, no croqui, o percurso de todas as maneiras possíveis que a Mônica pode fazer para chegar a casa de Magali. Utilize linhas diferentes ou lápis de cor



- 2) Quantos caminhos existem ao todo, para a Mônica chegar à casa de Magali? Quais são? O que esses caminhos têm em comum?
 - 3) Quantos caminhos existem ao todo, para a Mônica chegar à casa de Cascão? Quais são? O que esses caminhos têm em comum?
 - 4) Quantos caminhos existem ao todo, para a Mônica chegar à casa de Cebolinha? Quais são? O que esses caminhos têm em comum?
 - 5) Quantos caminhos existem ao todo, para a Mônica chegar à casa de Bidu? Quais são? O que esses caminhos têm em comum?
 - 6) Quantos caminhos existem ao todo, para a Mônica chegar à casa de Horácio? Quais são? O que esses caminhos têm em comum?
 - 7) Considerando todos os amigos, quantos caminhos existem ao todo?
 - 8) Depois que vocês analisaram quantos caminhos existem ao todo e quantos desses levam a Mônica para a casa da Magali, vocês mudariam de opinião na seguinte questão: “Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?” () NÃO () SIM
Mudaríamos porque
 - 9) Com esses resultados, como vocês calculariam a probabilidade de Mônica visitar:
 - a. Horácio
 - b. Cebolinha
 - c. Magali
 - d. Cascão
 - e. Bidu

IV. Construindo a árvore de possibilidades.

- 1) Complete a árvore de possibilidades, indicando a seqüência sorteada, o número de caras e o amigo visitado:

- 2) Quantos caminhos existem ao todo?
 3) Analisando e sistematizando os resultados da árvore de possibilidades, preencha a Tabela 2:

Tabela 2. Distribuição de probabilidade da visita da Mônica a seus amigos

Amigo	Nº de caminhos	Nº de caminhos/total de caminhos (fração)	Probabilidade pi
Horácio			
Cebolinha			
Magali			
Cascão			
Bidu			
Total			

Depois que vocês analisaram e sistematizaram os resultados na tabela 2, vocês mudariam de opinião na seguinte questão: “Todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados?”

() **NÃO** mudaríamos porque () **SIM**, mudaríamos porque

V. Comparando as duas formas de atribuir probabilidades.

- 1) Preencham a Tabela 3 utilizando os resultados contidos nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 3. Quadro comparativo do cálculo de probabilidades

Amigo	Frequência relativa (hi)	Árvore de possibilidades (pi)
Horácio		
Cebolinha		
Magali		
Cascão		
Bidu		
TOTAL		

- 4) Qual é a diferença entre essas duas formas de calcular probabilidades?
 5) Analisando os resultados, para vocês, qual dessas duas maneiras de calcular probabilidades é a mais correta?
 6) Compare os resultados da Tabela 3 com os resultados de outra dupla. O que vocês podem concluir?
 7) Você acham justa a distribuição de probabilidades da visita da Mônica entre os amigos?
 () **Sim**, porque () **Não**, porque
 Caso vocês achem injusta essa distribuição, vocês poderiam indicar uma outra forma de sortear o amigo a ser visitado pela Mônica?
 8) Você gostaram das atividades sobre os passeios aleatórios da Mônica? Se SIM, o que elas tiveram de interessantes? Se NÃO, o que elas tinham de chata?
 9) Dentre todas as atividades que vocês realizaram, qual foi (ou quais foram) as atividades que vocês acharam mais legais?
 O que vocês aprenderam (quais assuntos) com as atividades sobre os passeios aleatórios da Mônica?

Anexo 02

TERMO DE RESPONSABILIDADE DA INSTITUIÇÃO

DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins e efeitos legais, que autorizo a Aida Carvalho Vita, doutoranda do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC/SP a publicação, com fins científicos, do nome e dados históricos da Escola _____, onde foi realizada a pesquisa

Análise Instrumental de uma maquete tátil para a aprendizagem de Probabilidade por alunos cegos.

São Paulo, _____.

Prof. _____

Diretora da Escola

Anexo 03**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

PROJETO DE TESE: Análise Instrumental de uma maquete tátil para a aprendizagem de Probabilidade por alunos cegos

TERMO DE COMPROMISSO

O presente documento tem por objetivo dar ciência e solicitar autorização para os procedimentos relativos ao projeto de pesquisa supra citado que está sendo desenvolvido com a colaboração da comunidade da _____ principalmente ao que se refere à coleta e utilização de dados.

A coleta de dados se dará por meio de entrevistas, gravações em áudio e vídeo, observações em sala de aula, atividades realizadas e registros escritos. Para tanto, sempre que necessário, nos comprometemos a solicitar autorização dos participantes ou responsáveis no caso desses serem menores de idade.

O material coletado servirá de base para análises que procuram entender melhor o processo de aprendizagem matemática por alunos cegos. O acesso aos registros em vídeo será exclusivo da doutoranda e só poderá ser apresentado com a autorização e concordância dos participantes. Nas transcrições e registros escritos os mesmos terão seus nomes substituídos por pseudônimos preservando a identidade dos sujeitos.

As informações provenientes das análises do material coletado poderão ainda ser utilizadas pelos pesquisadores em publicações e eventos científicos.

São Paulo, _____.

Aida Carvalho Vita
Doutoranda

Prof. Dra. Sandra Maria Pinto Magina
Orientadora

Estudante