

## A PROBABILIDADE, A MAQUETE TÁTIL, O ESTUDANTE CEGO: UMA TEIA INCLUSIVA CONSTRUÍDA A PARTIR DA ANÁLISE INSTRUMENTAL

**Aida Carvalho Vita<sup>1</sup>**

Universidade Estadual de Santa Cruz

**Sandra Maria Pinto Magina<sup>2</sup>**

Universidade Estadual de Santa Cruz

**Irene Maurício Cazorla<sup>3</sup>**

Universidade Estadual de Santa Cruz

### RESUMO

Neste artigo discute-se as contribuições da análise instrumental, na construção de uma maquete tátil (MT), proposta por Vita para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por estudantes cegos. A MT, composta por artefatos, tarefas de reconhecimento tátil e tarefas da sequência de ensino *Os Passeios Aleatórios do Jefferson*, resultou da construção evolutiva de cinco protótipos (M1, M2, M3, M4, M5). O M5 foi validado como a MT, após análise instrumental conforme investigações das situações de atividades coletivas instrumentadas, segundo o modelo de Rabardel, entre quatro polos, a saber: o estudante cego (S), a maquete tátil (I), os cbP (O) e os pesquisadores (P). A MT mostrou-se flexível às adaptações curriculares, eficiente para atender as necessidades dos estudantes cegos e eficaz para o trabalho com os cbP abordados sob a ótica do modelo de letramento probabilístico de Gal. Espera-se que as discussões trazidas neste artigo possam contribuir para o processo educacional inclusivo e para a aprendizagem de Probabilidade por todos os estudantes, inclusive os cegos, possibilitando o desenvolvimento do letramento probabilístico dos mesmos.

**Palavras-chave:** Probabilidade. Análise Instrumental. Estudante Cego. Maquete Tátil.

---

<sup>1</sup>[aida2009vita@gmail.com](mailto:aida2009vita@gmail.com)

<sup>2</sup>[sandramagina@gmail.com](mailto:sandramagina@gmail.com)

<sup>3</sup>[icazorla@uol.com.br](mailto:icazorla@uol.com.br)

## ABSTRACT

This paper discusses the contributions of instrumental analysis, toward the construction of a tactile model (TM), proposed by Vita for learning basics of Probability (CBP) among blind students. The TM, composed by artifacts, tactile recognition tasks and teaching sequence called by *The Random promenade of Jefferson*, resulted from evolutionary construction of five prototypes (M1, M2, M3, M4, M5). The M5 was validated as the TM just after had been submitted to the instrumental analysis, according investigations of situations instrumented collective activities. The study followed Rabardel's model among four poles, namely: the blind student (S), tactile model (I), the CBP (O) and researchers (P). The TM proved to be flexible to curricular adaptations, efficient to meet the needs of the blind and effective to students work with CBP under the perspective of literacy probabilistic of Gal's model. It is expected that discussions brought from this paper contributes to the inclusive educational process and the probability of learning for all students, including the blind, enabling their own development of probabilistic literacy.

**Keywords:** Probability. Instrumental Analysis. Blind Student. Tactile Model.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o ensino de Probabilidade é recomendado tanto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática - PCN para o ensino fundamental (estudantes de 6 a 14 anos) (BRASIL, 1997, 1998a), como pelas Orientações Curriculares para o ensino médio (estudantes de 15 a 17 anos) (BRASIL, 2006); e sugerem que este conteúdo seja abordado como um conjunto de ideias e procedimentos que permitam aplicar a Matemática em questões do mundo real.

Nos PCN (BRASIL, 1997, 1998a), mais especificamente no bloco de conteúdo Tratamento da Informação, os professores encontram orientações para que a abordagem dos conceitos probabilísticos possibilite aos estudantes vivências que os levem a compreender que existem inúmeros acontecimentos do cotidiano que são de natureza aleatória, incentivando-os assim, à realização de experimentos e a observação de eventos em espaços equiprováveis, com os quais as noções de acaso e incerteza possam se manifestar intuitivamente. A partir dessas situações espera-se que os estudantes contem, organizem os seus resultados por meio de tabelas e/ou diagrama da árvore, bem como construam o espaço amostral em situações como lançamento de dados, moedas, indicando a possibilidade de sucesso de um evento pelo uso de uma razão.

Nas Orientações Curriculares para o ensino médio (BRASIL, 2006), no eixo temático Análise de Dados, a recomendação para os professores é que os conceitos probabilísticos construídos no ensino fundamental sejam ampliados, apresentando a probabilidade como uma medida de incerteza; assim como vivenciar situações que envolvam modelos úteis para simular eventos e estimar probabilidades, compreender que intuições nem sempre corretas, podem levar a conclusões equivocadas.

Corroborando com as recomendações desses documentos, Coutinho (2001), Batanero e Godino (2002), afirmam que durante o processo do desenvolvimento do raciocínio probabilístico é importante que o estudante vivencie a percepção do acaso, ideia de experiência aleatória e noção de probabilidade. Lopes (2003), Kataoka, Rodrigues e Oliveira (2007) reforçam essa ideia, ressaltando que é desejável que o professor aborde os conceitos probabilísticos por meio de atividades em que os estudantes realizem experimentos e observem os eventos, promovendo a

manifestação intuitiva do acaso e da incerteza, construindo, a partir desses resultados, métodos matemáticos para o estudo de tais fenômenos.

De fato, o ensino de Probabilidade deve possibilitar aos estudantes, de acordo com Gal (2005) o desenvolvimento de habilidades básicas, formais ou informais, que lhes permitam ler e interpretar informações probabilísticas presentes em seu dia a dia e, a partir daí, tomar decisões, tornando-os letrados em Probabilidade.

Refletindo sobre a importância do desenvolvimento do letramento probabilístico dos estudantes, ainda na educação básica, Vita (2012) investigou os documentos supracitados e constatou que não haviam recomendações direcionadas para o ensino de Probabilidade a estudantes cegos. Diante dessa constatação, essa pesquisadora desenvolveu a abordagem de Probabilidade em sua pesquisa com estudantes cegos, partindo da afirmação de Vygotsky (1998) que a criança com alguma deficiência, inclusive a cegueira, tem capacidade para se desenvolver adequadamente, com tanto que ela seja orientada para a superação da cegueira e para a normalidade e saúde. Assim, Vita (2012) sugere que o preconizado nos documentos oficiais para o ensino desse tema no nível fundamental e médio (BRASIL, 1997, 1998, 2006) possa ser adequado também ao estudante cego.

No que se refere especificamente à superação da cegueira em situações de sala de aula são encontradas orientações em diversos documentos oficiais, a exemplo dos PCN: Adaptações Curriculares (BRASIL, 1998b) e do Projeto Escola Viva (BRASIL, 2000). Essas orientações visam subsidiar a prática docente para melhor atender os estudantes com algum tipo de deficiência, e propõem dois grupos de adaptações: i) *adaptações de grande porte* voltadas para as instâncias político-administrativas superiores (Secretarias Estaduais e Municipais de Educação, unidades escolares e equipes técnicas); ii) *adaptações de pequeno porte* ou ações docentes e medidas preventivas que podem transformar as condições físicas, ambientais e materiais da sala de aula, levando o estudante a aprender os conteúdos curriculares de maneira mais ajustada às suas condições individuais. Essas adaptações de pequeno porte são divididas em cinco grandes categorias: adaptação de objetivos; adaptação de conteúdo; adaptação do método de ensino e da organização didática; adaptação do processo de avaliação e adaptação de temporalidade do processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, torna-se

fundamental que os professores desenvolvam essas adaptações, para que os estudantes com necessidades educacionais especiais, dentre eles os estudantes cegos, possam ter acesso no ambiente escolar às atividades que abordam conceitos matemáticos como a Probabilidade.

Vale salientar que alguns estudos brasileiros, como por exemplo, Ferronato (2002), Fernandes e Healy (2006), Fernandes (2008) e Vita (2012), tem proposto adaptações ou adequações em materiais pedagógicos voltados para a aprendizagem matemática de estudantes cegos. Numa perspectiva internacional, podemos identificar em Matemática o estudo de Spindler (2006) e em Estatística as pesquisas de Gibson e Darron (1999), Tanti (2006) e Marson, Harrington e Wall (2012).

Ferronato (2002) criou o instrumento denominado multiplano buscando proporcionar aos estudantes cegos uma compreensão mais concreta da Matemática na disciplina Cálculo Diferencial e Integral. Ele defende a criação de instrumentos que aproximem métodos e procedimentos de ensino para cegos e videntes, facilitando o trabalho do professor em sala de aula.

Fernandes e Healy (2006) têm buscado 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” (FERNANDES; HEALY, 2006, p.1).

Em seu estudo, Fernandes (2008) analisou processos de ensino e aprendizagem utilizando objetos geométricos com estudantes cegos e com visão-subnormal (baixa visão) inseridos em classes regulares. Conclui que os estudantes não conseguiram associar o paralelismo presente na figura bidimensional (Geometria Plana) a uma figura com três dimensões (Geometria Espacial).

Spindler (2006) realizou um estudo de caso, no qual discute a experiência de tutoria de Cálculo na Universidade com um estudante cego, indicando as estratégias e desafios. Entre as estratégias, citou como exemplo, a frase verbal correta de fórmulas, materiais manipuláveis simples e repetição. Este autor encontrou diferenças importantes e semelhanças entre a aprendizagem de estudantes cegos e videntes, e recomenda que as instituições de ensino, bem como os professores sejam mais flexíveis no ensino de Ciências Exatas para estudantes cegos.

Gibson e Daron (1999), em sua pesquisa, verificaram que o uso de dispositivos de ensino de baixo custo, de fácil construção e baixa tecnologia, construídos a partir de papelão e massa de modelar para o ensino de Estatística, tem propiciado a estudantes cegos uma exploração tátil que aumenta o nível de compreensão conceitual dos mesmos.

Tanti (2006) expõe que ajudou um estudante cego na construção do gráfico de barras de modo que o resultado desejável fosse obtido. Afirma também que sua participação mediadora entre o estudante e os conceitos matemáticos, incluindo a manipulação de dados, trabalhados foi fundamental para a aprendizagem do mesmo. Neste movimento, ela afirma ter atuado também como professora, observadora e ledora. Para essa pesquisadora os cegos podem seguir as instruções dadas durante uma lição, mas é importante a presença de um facilitador para auxiliá-lo nas tarefas de Matemática; bem como é imprescindível o uso correto dos artefatos, instruções e avaliação satisfatórias para que os cegos 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 estudantes cegos ao conhecimento.

Marson, Harrington e Wall (2012) desenvolveram diferentes estudos sobre o ensino da Estatística e concluíram que o professor tem a responsabilidade ética de criar condições de igualdade, como, por exemplo, a construção de artefatos que facilitam a aprendizagem de conceitos estatísticos de estudantes cegos, deficientes visuais e videntes, porque o entendimento destes conceitos depende muitas vezes da visualização.

Em sua pesquisa, Vita (2012) teve como objetivo identificar a potencialidade de um material didático, do tipo maquete tátil (MT) para a aprendizagem de conceitos básicos de Probabilidade (cbP) por estudantes cegos. Para avaliar a potencialidade da MT, foi utilizado o conceito ergonômico de usabilidade, que é adequado às metodologias centradas no usuário, definidas pela norma ISO 9241-11 (1998) a partir de três aspectos distintos: (i) eficácia ou capacidade que confere aos usuários para alcançar seus objetivos com qualidade; (ii) eficiência, que se refere à qualidade de recursos, como o tempo, esforço físico e cognitivo que o sistema solicita aos usuários; (iii) satisfação ou emoção que proporcionam aos usuários em face dos resultados obtidos. Sob esse enfoque a usabilidade na MT visou: facilitar a aprendizagem do

estudante, 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 estudante investindo em direção a suas habilidades e motivação.

Respalhada no conceito de usabilidade, Vita (2012) construiu a MT seguindo a Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU) que é organizada, conforme a norma ISO 13407 (1999), como um modelo cíclico de construção de artefatos, a partir da seguinte rotina: inicia-se o processo com a identificação da necessidade do projeto centrado no usuário (Etapa 1). Em seguida, discrimina-se as especificações do contexto de operação e das exigências dos usuários (Etapa 2 e Etapa 3). Na sequência, apresenta-se uma solução de *design* (Etapa 4). Depois, avalia-se esta solução de *design* (Etapa 5). Se a solução se mostrar inconsistente, retorna-se às especificações, revendo-as e apresentando uma nova solução que, por sua vez, deverá ser igualmente submetida à avaliação. Caso a solução tenha atendido às exigências elencadas, o ciclo é fechado e a proposta do *design* acatada como viável. Caso contrário, volta-se novamente ao ciclo descrito. Em sua pesquisa, Vita (2012) construiu de forma evolutiva cinco protótipos ou modelos táteis de baixo custo, denominados de M1, M2, M3, M4 e M5.

Salienta-se que neste artigo as discussões estão centradas na Etapa 5, isto é, na avaliação da MT como material didático para a aprendizagem de Probabilidade por estudantes cegos fundamentada por Vita (2012) na análise instrumental de Rabardel (1995).

A Análise Instrumental de Rabardel (1995) é uma abordagem proveniente da Ergonomia Cognitiva e se ampara nas ideias de mediação de Vygotsky (1998). Essa abordagem instrumental também conhecida como Teoria da Instrumentação (TI), permite analisar os processos ligados ao uso dos artefatos entendidos como objetos de transmissão, apropriação e desenvolvimento do sujeito que atua sobre eles (VERILLON; RABARDEL, 1995).

Pelo exposto e tendo em vista o valor do ensino de Probabilidade e a necessidade de criação de condições escolares mais favoráveis a estudantes cegos, com adaptações de recursos didáticos para a abordagem desse conteúdo, este artigo

tem como objetivo discutir as contribuições da análise instrumental (RABARDEL, 1995) para a avaliação do instrumento pedagógico desenvolvido por Vita (2012).

## **ANÁLISE INSTRUMENTAL**

Conforme Schneuwly e Dolz (2004) a teoria da análise instrumental de Rabardel (1995) prolonga as ideias de Vygotsky ao postular que o domínio de um instrumento, quanto ao seu uso, está para além de uma representação sobre ele, não podendo ser reduzido a um artefato técnico ou a uma máquina. Para Bégun e Rabardel (2000) 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. Sendo assim, o artefato agregado aos esquemas de utilização do sujeito evolui para a condição de instrumento de sua atividade.

A transformação de artefato em instrumento é investigada nesta teoria a partir da gênese instrumental, que segundo Rabardel (1995) é um processo complexo que alia as características do artefato com suas potencialidades e suas limitações e as atividades do sujeito, com seus conhecimentos, experiências anteriores e habilidades. Esse processo se desenvolve em duas direções: a instrumentação, voltado para o próprio sujeito, isto é a evolução dos esquemas de utilização e de ação instrumentada; e, a instrumentalização que é orientado para a evolução das componentes do artefato do instrumento, por exemplo, a seleção, o reagrupamento e a transformação do artefato. Neste estudo a ênfase foi dada ao componente artefato, uma vez que a nossa maquete tátil sofreu várias modificações para se adequar às necessidades do estudante cego.

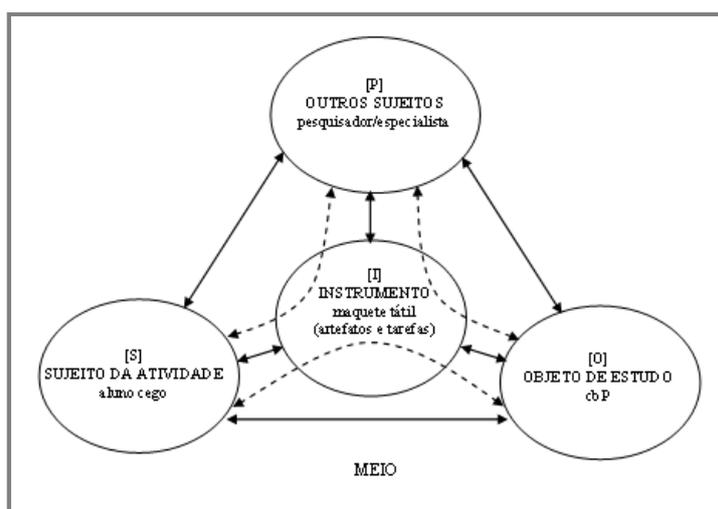
Para proceder à análise, Rabardel (1995) propôs dois modelos, o Modelo das Situações de Atividades Instrumentadas (S.A.I.) composto por três polos (sujeito da atividade, instrumento mediador, objeto de estudo) e o Modelo das Situações de Atividades Coletivas Instrumentadas (S.A.C.I.) com quatro polos (sujeito da atividade, instrumento mediador da atividade, objeto de estudo a ser investigado, outros sujeitos presentes na atividade).

Segundo Rabardel (1995) seu modelo quadripolar permite investigar as lógicas voltadas ao trabalho coletivo (coletividades ou grupos) envolvendo tecnologias contemporâneas, isto é, as interações do sujeito com outros sujeitos, as colaborações e as cooperações às relações habituais já existentes entre os sujeitos, os objetos e os instrumentos. Tendo em vista essa investigação em um contexto coletivo, Vita (2012) utilizou o Modelo quadripolar S.A.C.I. conforme detalhado a seguir, por considerar que a MT, proposta por ela, é fruto da contribuição de vários sujeitos, além dos estudantes cegos.

### O Modelo S.A.C.I. na pesquisa de Vita

O Modelo das Situações de Atividades Coletivas Instrumentadas ou simplesmente S.A.C.I. foi estruturado por Vita (2012) em quatro polos de investigação, a saber (Figura 1): (i) polo sujeito da atividade, estudante cego; (ii) polo do instrumento mediador da atividade, maquete tátil (artefatos e tarefas); (iii) polo objeto de estudo a ser investigado, conceitos cbP; (iv) polo dos outros sujeitos presentes na atividade, pesquisador.

**Figura 1.** Modelo S.A.C.I. quadripolar



**Fonte:** Vita (2012, p. 63).

Com o modelo S.A.C.I. a MT, na forma de protótipos, foi avaliada. A leitura das relações presentes entre os polos foi feita à semelhança do modelo teórico S.A.C.I. proposto por Rabardel (1995), isto é as linhas contínuas se referiram às relações bipolares ou interação entre os polos ([S-I], [S-O], [P-S], [P-I], [P-O], [I-O]) e as

tracejadas demarcam as interações tripolares ([P-(I)-S], [P-(I)-O], [S-(I)-O]), que envolvem três polos, sendo um deles o instrumento mediador, neste caso particular a MT.

A seguir apresenta-se informações sobre os quatro polos na pesquisa de Vita (2012) que foram julgadas importantes para uma melhor compreensão de como se deu a avaliação da MT.

### **O polo sujeito da atividade (S): estudante cego**

Na pesquisa de Vita (2012) o polo do sujeito da atividade foi representado pelo estudante cego que segundo a International Classification of Diseases (WHO, 2010) é quem têm cegueira “irreversível” (sem percepção da luz) ou quem têm uma percepção de luz, menor que 3/60 no melhor olho. Assim, na pesquisa em destaque participaram quatro estudantes com cegueira adquirida (S) e matriculados, à época na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e denominados (S1, S2, S3, S4).

O S1 residia e estudava na Cidade de Araras – SP. Ele 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, apresenta sensibilidade tátil ágil e desenvolvida; além de ter muita experiência na manipulação de maquetes. Foi alfabetizado na escrita convencional, pois estudou até a 8ª série (9º Ano) em escola regular antes de perder a visão. No período da pesquisa, cursava o 3º ano do Ensino Médio.

Os outros três, S2, S3 e S4 residiam e estudavam no Sul da Bahia, sendo um do Município de Ilhéus (S2) e outros dois de Itabuna (S3 e S4). O S2 tinha 32 anos e frequentava o 2º ano do Ensino Médio no momento em que participou do estudo, casado e com um casal de filhos. Quando criança tinha baixa visão e ficou cego aos 21 anos por motivo de doença. Aprendeu com seu pai as operações fundamentais por meio do cálculo mental e não teve contato anterior com maquetes.

Já o S3 quando participou da pesquisa estava com 34 anos e frequentava o 1º ano do Ensino Médio. Ela informou ter ficado cega aos 22 anos por causa de um tumor

no cérebro. Além disso, teve paralisia parcial do lado direito do corpo, perna e braço, e não tem segurança para andar sozinha, apesar disso não usa bengala. Não tinha experiência com maquetes.

Quanto a S4, no momento da pesquisa estava matriculada no 3º ano do Ensino Médio e estava com 23 anos. Ficou cega aos 5 anos de idade e foi alfabetizada somente em Braille. Ela escrevia e lia neste código com muita facilidade; fazia cálculos muito bem com o Soroban, apresentava uma memória privilegiada para cálculos mentais e já tinha certa experiência com maquetes.

### O polo instrumento (I): maquete tátil

O material didático que Vita (2012) denominou por maquete tátil (MT) estruturada com vistas à aprendizagem dos cbP é um conjunto de artefatos e tarefas (Figura 2). De fato, foi validado como a MT, o protótipo tátil M5 composto pelos artefatos: 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, duas tampas plásticas para os sorteios e tarefas.

**Figura 2.** Protótipo Tátil M5



**Fonte:** Vita (2012, p.108).

A escolha definitiva desses artefatos resultou da análise instrumental que será detalhada na seção 4 que trata da avaliação dos protótipos. As tarefas envolveram exploração tátil da MT e a sequência de atividades denominada *Os Passeios Aleatórios do Jefferson* (SE PAJ) proposta aos estudantes cegos no ambiente manipulativo da MT.

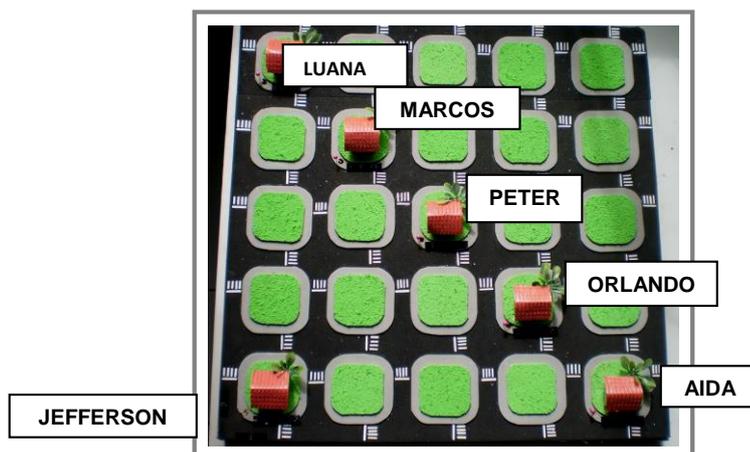
As atividades da SE PAJ foram adaptadas tanto da sequência *Os passeios aleatórios da Mônica*, (CAZORLA; SANTANA, 2006), quanto da sequência *Passeios Aleatórios da Carlinha*, de Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010). A exemplo destas autoras, a sequência de Vita (2012) também inicia com uma história, isto é uma situação contextualizada de visitas a amigos e, que se aproxima da vivência e do conhecimento intuitivo do estudante. Portanto, aos moldes do que sugerem os documentos oficiais, que é levar os estudantes a vivenciarem atividades que envolvam o conceito de aleatoriedade.

De forma mais detalhada, na pesquisa as tarefas foram organizadas em quatro fichas: F1, F2, F3 e F4 (Apêndice A). A F1 intitulada *Tarefas de exploração* envolveram os princípios de usabilidade, continha nove tarefas que visaram orientar o estudante no reconhecimento tátil dos artefatos da maquete. A F2 denominada *Tarefas de contextualização, Tarefas de experimentação aleatória e Tarefas de representação gráfica*, além da história continha dez tarefas com os cbP. De forma sucinta, essas tarefas foram aplicadas como descrito a seguir.

Inicialmente a pesquisadora leu para o estudante a seguinte História:

O Jefferson e seus amigos moram no mesmo bairro (Figura 3). 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 o acaso 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, andar 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.

Conforme se observa na Figura 3, o bairro está representado pelo tabuleiro da MT, 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. 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 faixas de pedestre em alto relevo que indica parada obrigatória a cada sorteio.

**Figura 3.** Bairro da sequência *Os Passeios Aleatórios do Jefferson*

Fonte: Vita (2012, p.183).

Após ouvirem a leitura da história, os estudantes discutiram entre a primeira e a segunda maneira do Jefferson visitar os amigos. Tal discussão informal tratava sobre a diferença entre experimento determinístico e aleatório. Na sequência, manusearam a maquete para solucionar as tarefas que envolveram um experimento de 30 visitas, ou seja, 120 sorteios. Estes sorteios foram feitos com duas tampas plásticas, ao invés de uma moeda. As tampas continham em seu verso EVA atalhado (verde) que, ao ser sorteada, indicaria movimento para o Norte, e a outra, com EVA liso (preto), movimento para o Leste.

Para determinar o amigo a ser visitado, os estudantes fizeram os quatro sorteios. A cada sorteio, a pesquisadora misturou as tampas, e os próprios estudantes sortearam uma delas e com o tato fizeram a leitura da tampa sorteada. Em seguida, os estudantes movimentaram o carrinho parando na faixa de pedestre de acordo com o caminho sorteado. Finalmente, após realizarem esse movimento quatro vezes, chegaram à casa de um dos amigos e receberam um presente do amigo visitado. Após esses procedimentos, os estudantes fizeram os registros, utilizando os artefatos (cartas, brinquedos e colmeia) que foram adaptados com este fim. Para registrar os sorteios, utilizaram as cartas em EVA atalhado (movimento para o Norte) e liso (movimento para o Leste) e, para o registro das visitas, eles utilizaram o brinquedo referente a cada amigo. Na sequência, representaram o resultado de todos os sorteios em um gráfico pictórico ou pictograma utilizando somente os brinquedos e a colmeia. Para finalizar estas tarefas, os estudantes comparam seus resultados com o de outro colega.

Na F3 as tarefas envolveram a construção da árvore de possibilidades e a sua representação gráfica. O termo “árvore de possibilidades” referiu-se apenas ao quarto ramo (final) representado pelos brinquedos na colmeia. Na sequência os estudantes representaram os caminhos, também com os brinquedos na colmeia, por meio do pictograma, e foram incentivados a calcular as probabilidades teóricas a partir do registro em uma TDF. Nesse sentido, os estudantes, com a ajuda da pesquisadora, sistematizaram os resultados como fizeram com as tarefas da F2.

Como na sequência Cazorla, Kataoka e Nagamine (2010) foi proposto aos estudantes, como tarefa-chave, responder ao seguinte questionamento: Todos os amigos têm a mesma chance de serem 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. Objetivou-se com ela saber a interferência da experimentação ou da árvore de possibilidades na solução encontrada pelo estudante, em outras palavras, leva-lo a perceber que as probabilidades de visita aos amigos não são iguais.

Já as tarefas da F4 visaram a comparação das formas de atribuir probabilidades. Com elas os estudantes poderiam comparar as estimativas encontradas ou frequências relativas com as probabilidades teóricas e informar qual delas, eles consideram como a mais correta. Portanto, confrontariam os resultados observados (experimento aleatório) e os resultados esperados (modelo teórico) e poderiam verificar que não são obrigatoriamente iguais.

### **O polo objeto de estudo (O): conceitos básicos de Probabilidade**

Os conceitos básicos de Probabilidade (cbP) que compõem o polo do objeto (O) no modelo S.A.C.I., envolveram: espaço amostral, eventos, probabilidade de eventos simples, diferenças entre experimento determinístico e aleatório, estimativa de probabilidades por meio da frequência relativa, cálculo da probabilidade teórica a partir da árvore de possibilidades, análise de padrões observados e esperados, bem como construção de tabelas simples e gráficos.

Em sua pesquisa, Vita (2012) fundamentou a concepção de Probabilidade com o Modelo de Letramento Probabilístico proposto por Gal (2005). Esse modelo 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.

Segundo Gal (2005) a abordagem de grandes tópicos deve possibilitar aos estudantes se familiarizarem, entre outros tópicos, com variação, aleatoriedade, independência, previsão e incerteza. Além disso, permite que eles desenvolvam um conhecimento crítico quanto à representação, interpretação e implicações das afirmações probabilísticas.

Quanto ao segundo elemento do componente cognitivo, cálculos probabilísticos, os estudantes devem se familiarizar com 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. Referente à linguagem, o estudante deve dominar a probabilidade, o que significa dominar também inúmeros conceitos, entre eles: variabilidade, aleatoriedade, independência, previsibilidade, certeza, além de chance, possibilidade ou risco.

Para abordar o elemento contexto, o professor deve propiciar aos estudantes vivenciar diferentes contextos ou situações da vida que os permita compreender e dar significados às mais variadas informações probabilísticas. Desta forma, ao tratar do contexto, pode levar em consideração, tanto os conhecimentos desta área específica, quanto sua relação com o mundo do conhecimento. Em relação ao quinto elemento do modelo, as perguntas críticas relativas ao contexto da Probabilidade devem permitir ao estudante refletir criticamente acerca de uma estimativa ou de uma declaração probabilística, bem como atentar para os erros e conceitos falsos presentes nas situações em estudo.

### **O polo outros sujeitos (P): pesquisadores**

A participação da própria autora do estudo (VITA, 2012), a orientadora de sua tese e a opinião de outros pesquisadores foram fundamentais para a construção da

MT, por este motivo estes pesquisadores constituíram o polo outros sujeitos (P) do modelo S.A.C.I. no referido estudo conforme será detalhado na seção 4.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como já dito anteriormente, na pesquisa de Vita (2012), a MT resultou da construção evolutiva de cinco protótipos ou modelos táteis de baixo custo (M1, M2, M3, M4 e M5) utilizando as etapas da Metodologia do Design Centrado no Usuário (DCU). Os dois primeiros protótipos (M1, M2) foram desenvolvidos para determinar a conformação mínima da maquete ou *design* inicial de seu tabuleiro. Nesse sentido, Vita (2012) inicialmente organizou as especificações (Etapas 2 e 3), na sequência apresentou uma solução de design (Etapa 4) que nomeou por protótipos e, para a construção de cada um deles foram precisos cálculos, traçados, dobraduras, recortes, colagens e etc. A escolha da técnica de construção de protótipos ou modelos justifica-se por ser uma técnica intimamente ligada às etapas da DCU e, por permitir construir a MT de forma preliminar, rapidamente e com baixo custo para ser submetida à avaliação.

A construção de cada protótipo sob o enfoque da DCU foi desenvolvida em duas fases, a primeira voltada para a materialização do *design* de cada protótipo (M1, M2, M3, M4, M5) e a segunda destinada ao manuseio do protótipo pelos estudantes. Assim, todos os protótipos tiveram a primeira fase, e somente M2, M4 e M5 tiveram em sua construção a segunda fase, referente à interação dos estudantes com o protótipo para solucionar as tarefas e apresentar elementos indicativos da usabilidade desses protótipos.

O número de encontros para cada estudante foi variável e neles, foram avaliadas as ações e estratégias dos estudantes ao explorarem os artefatos durante as tarefas em salas de recursos multifuncionais ou de apoio, conhecidas ou frequentadas semanalmente por eles. Essas salas são espaços da escola da rede de ensino onde se realiza atendimento educacional especializado para estudantes com NEE a partir de estratégias de aprendizagem que favoreça a construção de conhecimentos pelos estudantes (PEIXOTO; HORA, 2011).

Como não faz parte do escopo desse artigo a construção dos protótipos, discutiremos na próxima seção apenas a análise instrumental de cada um deles.

## A ANÁLISE INSTRUMENTAL NA AVALIAÇÃO DA MAQUETE TÁTIL

Para a avaliação (Etapa 5 da DCU) de cada protótipo da MT, Vita (2012) se fundamentou na análise instrumental utilizando como categorias de análise as interações entre os polos do S.A.C.I, a saber: bipolares [S-I], [S-O], [P-S], [P-I], [P-O], [I-O] e tripolares [P-(I)-S], [P-(I)-O], [S-(I)-O].

Na avaliação de maneira geral, quando foram encontradas incongruências total ou parcial da solução face às especificações listadas, Vita (2012) modificou as especificações, propondo em seguida uma nova solução de design e reavaliando-a. Esse procedimento foi repetido até que a solução apresentada estivesse alinhada com as especificações elencadas e apresentasse um nível de usabilidade aceitável. Nas próximas subseções descrevemos a avaliação de cada protótipo com as interações utilizadas.

Salientamos que a partir daqui faremos menção no texto apenas a Vita, suprimindo a referência do ano da sua pesquisa, para não nos tornarmos repetitivos.

### Análise Instrumental do Protótipo M1

Para a construção de M1 a pesquisadora organizou as especificações (Etapas 1, 2 e 3), na Etapa 4 estruturou a solução de *design* conforme Figura 4.

**Figura 4.** Tabuleiro do protótipo tátil M1

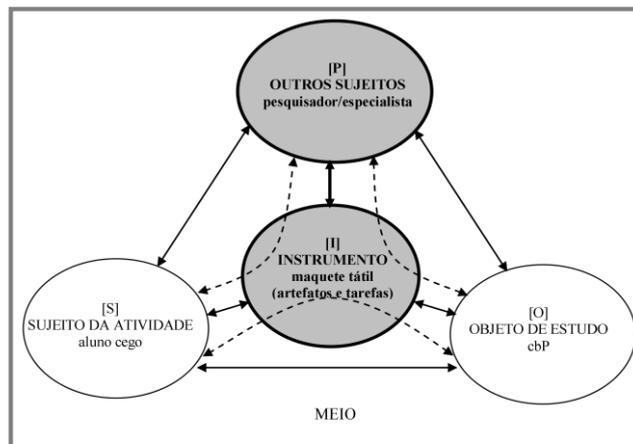


**Fonte:** Vita (2012, p.139).

Na sequência, o M1 foi avaliado (Etapa 5) para saber se a configuração do seu tabuleiro atendia aos requisitos de usabilidade (flexibilidade, eficiência e eficácia) para a aplicação das tarefas pretendidas e organizados como especificações.

Em sua avaliação a pesquisadora colocou em destaque o polo *outros sujeitos* (P) e *polo do instrumento* (I) conforme S.A.C.I. quadripolar (Figura 5) e algumas relações entre eles.

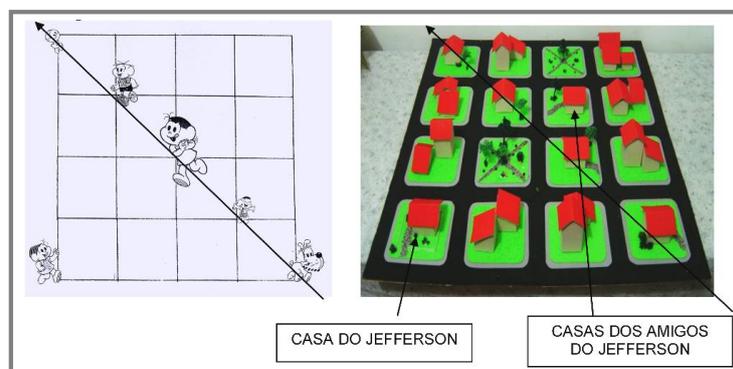
**Figura 5.** Relações do S.A.C.I. evidenciadas na análise de M1



Fonte: Vita (2012, p.142).

Utilizando a relação **[I-lo]**, não evidente no modelo S.A.C.I., pois relacionava o instrumento com um outro ao invés de relacioná-lo com um dos demais polos, Vita (2012) avaliou o tabuleiro de M1 (I) ou solução tridimensional comparando-o com o cartaz da PAM (Io) em representação bidimensional, conforme Figura 6.

**Figura 6.** Posicionamento das casas no cartaz e no tabuleiro de M1



Fonte: Vita (2012, p. 140).

A partir da análise instrumental foi possível inferir que a solução M1 não manteve a congruência no posicionamento das casas dos amigos na diagonal como no cartaz em 2D, o que se constituiu uma limitação na usabilidade do artefato para a execução das tarefas por estudantes cegos, já que a casa de Peter deveria ficar na diagonal como a dos outros amigos.

Essa limitação foi discutida por Vita, denominada pesquisadora (P) e a orientadora de sua tese (P1) o que ela destacou como uma interação **[P-P1]**, também não evidente no modelo S.A.C.I. Assim, o problema da falta de alinhamento das casas dos amigos foi resolvido com a proposta de construção de um novo protótipo com tabuleiro de 5x5, isto é um bairro com 25 quadras.

A análise instrumental, além de estar voltada para que o M1 atendesse as tarefas (especificações da Etapa 2), visou também atender às características físicas do estudante cego (especificações da Etapa 3), isto é, ao contexto do usuário. O resultado apontou 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 e (f) a aba no tabuleiro.

E como pontos a serem modificados: (a) diminuição da largura das ruas para facilitar a movimentação tátil, (b) correção da falta de alinhamento das casas dos amigos, (c) retirada dos caminhos de areia e bancos com massa de *biscuit* nas praças, (d) diminuição da escala de desenho utilizada (1:200), (e) Diminuição do quadrado base de 86x86 cm<sup>2</sup> para facilitar o transporte do protótipo, (f) mudança no traçado da base para 4 x 4, (g) retirar cerca da casa de Jefferson.

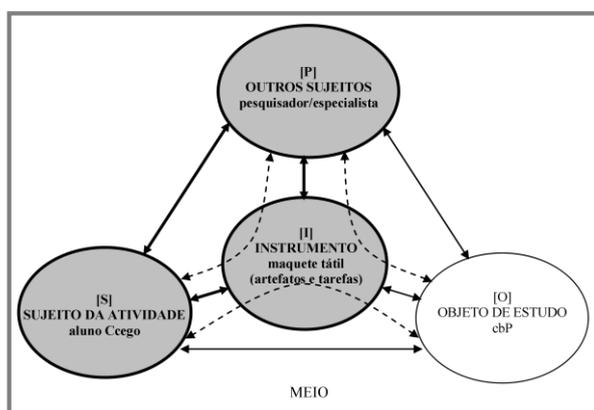
Por fim, as limitações de M1 demandaram em prejuízos para sua usabilidade e indicou a necessidade da construção de uma segunda solução de design, o M2.

## **Análise Instrumental do Protótipo M2**

Para a construção de M2, as especificações foram reorganizadas, adaptando ou descartando os pontos a serem modificados apontados na análise instrumental do M1 e acatando aqueles considerados positivos, cumprindo assim as Etapas 2 e 3. Já na Etapa 4, a solução de *design* M2 foi apresentado com o tabuleiro, acessórios e tarefas da F1. A Escala de Desenho utilizada no traçado do tabuleiro de 5 x 5 com 25 quadras, foi de 1:400 ficando o quadrado base em torno de dois palmos. Nesse tabuleiro já não foram mais colocados os caminhos de areia, bancos em massa de *biscuit* das praças e a cerca da casa de Jefferson.

Vale lembrar que na estruturação de M2 vários elementos foram mantidos, a exemplo da utilização de materiais como o emborrachado EVA liso preto, atalhado verde e liso cinza para as ruas, quadras e passeios, respectivamente; o papelão Paraná natural para as edificações e micro ondulado vermelho para os telhados; e 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. Para que M2 tivesse uma avaliação mais consistente, a pesquisadora incorporou à análise instrumental elementos provenientes do manuseio desse protótipo por S1. Assim, foram mobilizadas nessa análise relações entre os polos do sujeito da atividade (S), dos outros sujeitos (P) e do instrumento (I), sem, que ainda houvesse envolvimento do polo do objeto (O) (Figura 7).

**Figura 7.** Relações do S.A.C.I. evidenciadas na análise de M2

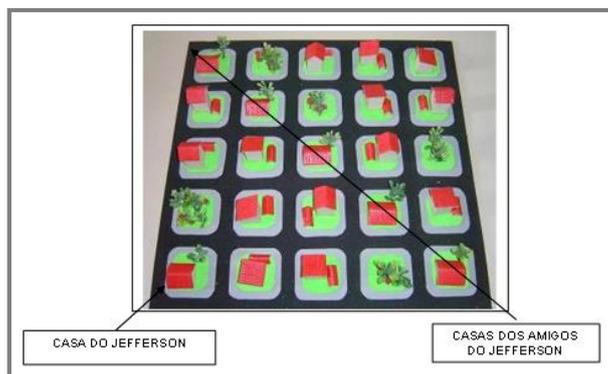


**Fonte:** Vita (2012, p. 155).

Ao evidenciar a relação **[I-lo]** a pesquisadora avaliou mais uma vez a congruência do tabuleiro de M2 (I) com o cartaz em 2D (lo). Nesse sentido, a base

quadrada 5 x 5 com 25 quadras mostrou congruência entre o tabuleiro e o cartaz (Figura 8), pois as casas dos amigos se localizaram sobre a diagonal.

**Figura 8.** Tabuleiro do protótipo tátil M2



**Fonte:** Vita (2012, p. 145).

A pesquisadora (P) visando ainda adequar este protótipo às tarefas colocou o M2 à apreciação da orientadora (P1) e de outros pesquisadores (P1, P2) para solucionar o registro dos amigos visitados (I). Ao analisar este fato ficou evidenciada a relação **[P-P1-P2]**, como dito anteriormente, não evidente no modelo S.A.C.I. Daí surgiu a ideia de propor ao S1 que utilizasse ao invés da moeda nas tarefas para sortear o amigo a ser visitado, duas tampas plásticas contendo no verso de cada uma delas um círculo emborrachado EVA, um em atoalhado e o outro liso.

Para garantir que o tabuleiro de M2 (I) estivesse mais que possível adaptado ao estudante (S) para a resolução das tarefas envolvendo os cbP a pesquisadora envolveu um estagiário (P3), que participou da aplicação desse experimento com o estudante. Na análise instrumental, nesse caso, a pesquisadora colocou em destaque a relação não mediada **[S-P3]** e a relação mediada pelo instrumento **[P3-(I)-S]**. E como resultado, avaliou que o S1 apresentou estratégias próprias e coerentes para executar as tarefas propostas e se comunicou com os pesquisadores presentes na sala multifuncional durante o manuseio sem apresentar dificuldades para entender o que lhe era solicitado.

A análise instrumental proveniente do manuseio de M2 por S1 (Figura 9) colocou em evidência a relação **[S-I]**. Conforme descreve Vita, ao manusear este protótipo, por exemplo, quando colava as etiquetas em Braille, o estudante por diversas vezes tateou com seus dedos da mão direita as ruas do tabuleiro da esquerda

para a direita ou de baixo para cima. Outras vezes, bateu ou alisou os telhados e segurou com a ponta de seus dedos as árvores plásticas de uma praça qualquer. Por fim o S1 reconheceu o tabuleiro de M2 como uma maquete.

Para ter certeza que S1 compreendia o que deveria fazer com o instrumento nas situações de sorteio, mais uma vez a relação **[S-I]** foi envolvida na análise. Foi pedido a S1 que demonstrasse com as mãos e verbalmente o movimento que Jefferson faria se partisse de sua casa e chegasse a uma praça. Vita destaca que S1 se movimentava sobre o tabuleiro com qualquer uma de suas mãos e tendo bastante cuidado com os elementos do tabuleiro. A partir dos movimentos de S1, a pesquisadora pode inferir que certas especificações presentes no tabuleiro de M2 permitiu ao estudante se localizar com facilidade, por exemplo, a largura das ruas era satisfatória para a movimentação dos dedos, a padronização das edificações isto suas larguras e alturas, não foram empecilhos para seus movimentos táteis, mesmo quando cruzava seus braços sobre o tabuleiro. Segundo Vita, a análise instrumental sobre o manuseio do tabuleiro de M2 por S1 sinalizou flexibilidade e eficiência, portanto um nível de usabilidade razoável, visto que o estudante se mostrou cada vez mais hábil para manusear este protótipo.

**Figura 9.** S1 colando as etiquetas em Braille



**Fonte:** Vita (2012, p.148).

Com o manuseio de S1, e investigando a relação **[S-I]**, foram incorporados à estrutura do protótipo etiquetas em Braille com o nome das personagens da história como Jefferson e seus amigos Luana, Marcos, Peter, Orlando e Aida colados em suas respectivas casas. Além disso, este estudante contribuiu para que as tampas fossem avaliadas como um possível artefato de sorteio da maquete. Nesse sentido, foi pedido

a S1 que sorteasse quatro vezes as tampas partindo da casa de Jefferson e se movimentasse sobre o tabuleiro conforme os sorteios. Esse procedimento foi feito diversas vezes para que ela pudesse construir um melhor juízo do instrumento e de suas ações sobre ele.

Visando conhecer, minuciosamente, como o estudante se portava em situações nas quais o amigo visitado seria determinado pelos quatro sorteios com as tampas a análise se deu entre o S1 e o pesquisador (P2) envolvendo a relação **[S-(I)-P2]**. O S1 demonstrou domínio sobre as tampas de sorteio ao informar que elas facilitaram conhecer o resultado do sorteio ao tatear o emborrachado EVA em seu verso.

Por fim, a análise instrumental de M2 constituído pelo tabuleiro e pelos brinquedos sinalizou que este protótipo poderia ser a configuração de base ou *design* mínimo da MT para atender às características físicas dos estudantes durante a resolução das tarefas. Entretanto, com a avaliação do manuseio de S1 ainda que as dimensões do tabuleiro de M2 tenham possibilitado ao mesmo, certa liberdade para manuseá-lo de forma tátil, este estudante informou a necessidade de inserir neste tabuleiro diversos elementos que permitissem executar as tarefas satisfatoriamente. Portanto, Vita conclui que as limitações deste artefato comprometeram amplamente sua usabilidade e apontaram para a construção de um novo protótipo, o M3.

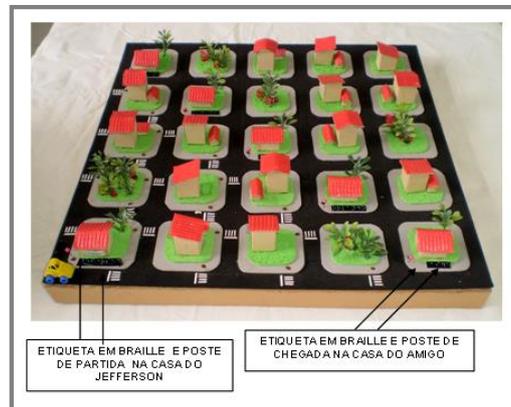
### **Análise Instrumental do Protótipo M3**

Para a construção de M3, alguns elementos norteadores foram aproveitados e outros descartados do protótipo anterior, portanto as especificações foram reorganizadas cumprindo as Etapas 2 e 3 da DCU.

Já na Etapa 4, a solução de *design* M3 foi apresentado com o tabuleiro, acessórios e tarefas da F1. Para facilitar a movimentação do estudante sobre o tabuleiro durante a resolução das tarefas envolvendo os cbP foi acrescido ao protótipo anterior: um carrinho, 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, sinalizando o ponto de

partida na casa do Jefferson e o de chegada na casa de cada amigo, 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.

**Figura 10.** Tabuleiro do protótipo tátil M3

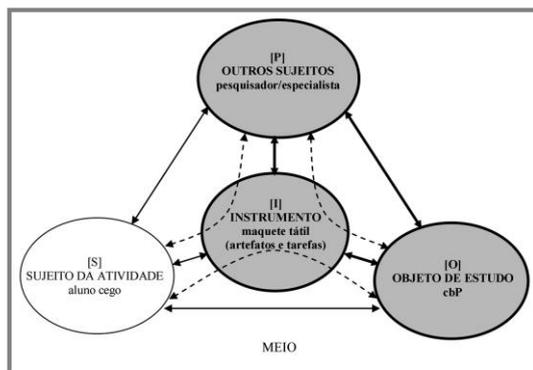


Fonte: Vita (2012, p.157).

Com 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, foi pesquisado minuciosamente o potencial da MT para ser utilizado como material didático na aprendizagem dos cbP (O) pelos estudantes cegos.

Na análise instrumental de M3, foram mobilizados no modelo S.A.C.I. três polos: outros sujeitos (P), instrumento (I) e o polo do objeto (O), sem, contudo, ser envolvido diretamente o polo do sujeito da atividade (S), conforme Figura 11.

A própria pesquisadora (P) avaliou inicialmente o M3 (I) utilizando o tabuleiro apresentado na Figura 10, colocando assim em destaque a relação **[P-I]**. Como resultado da avaliação informou que este protótipo oferecia aceitável condição de usabilidade, pois atendeu às especificações listadas para a concepção do mesmo. Pontuou ainda, que ele estava estruturado para atender às solicitações do estudante na resolução das tarefas, ou seja, simular movimentos de sorteio, registrar a posição do visitador, registrar chegada e partida do movimento sobre o tabuleiro, bem como parar após cada jogada.

**Figura 11.** Relações do S.A.C.I. evidenciadas na análise de M3

Fonte: Vita (2012, p.160).

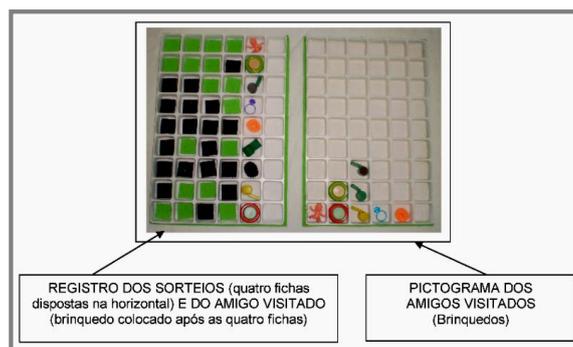
Contudo, ainda que o M3 (I) não tenha sido manuseado por um estudante, precisou ser apreciado por outros pesquisadores (P2) quanto ao atendimento das tarefas que envolvessem a regularidade dos caminhos para se visitar cada um dos amigos e conhecer qual o amigo visitado a partir do número de vezes que o estudante se movimentou para o Norte, e a quantidade de vezes que caminhou para o leste, nesse sentido ficou evidenciada a relação **[P2-(I)-O]**.

A análise sinalizou que o M3, da maneira que estava estruturado, não permitiria ao estudante responder as questões evidenciadas, por falta de artefatos para estes registros. Assim, Vita concluiu que o M3 poderia comprometer a mediação entre os estudantes (S) e os cbP comprometendo a usabilidade de M3 e sinalizando a construção do protótipo M4.

### **Análise Instrumental do Protótipo M4**

Na estruturação de M4 a pesquisadora buscou resolver a incongruência instrumental de M3, como dito, a necessidade de registros que permitisse ao estudante inferir sobre a regularidade presente nos caminhos para visitar cada um dos amigos. Nesse sentido, foram adaptados dois artefatos (Figura 12): (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 atalhado e liso. As colmeias permitiram o registro dos sorteios e dos amigos visitados, bem como para a construção do pictograma dos amigos visitados.

**Figura 12.** A colmeia, as cartas e os brinquedos



**Fonte:** Vita (2012, p.107).

As cartas foram estruturadas visando facilitar a percepção tátil dos estudantes, nesse sentido foi levado em consideração suas texturas. Observemos a terceira linha da colmeia à direita, de cima para baixo, há duas cartas de textura atalhado (verde) que indicam dois sorteios para o Leste (LL) e duas cartas de textura liso (preto) representando dois sorteios para o Norte (NN). Nesta mesma linha, após as cartas, há um apito indicando que Jefferson visitou seu amigo Peter. Assim, o protótipo M4 foi estruturado conforme Figura 13: quatro fichas de tarefas, duas tampas de sorteio, um carrinho, um tabuleiro, além dos instrumentos para registro dos sorteios e dos amigos visitados, isto é sete colmeias, 240 cartas em EVA atalhado e liso, e 300 brinquedos, sendo 60 bonecas, 60 ioiôs, 60 apitos, 60 anéis, e 60 presilhas.

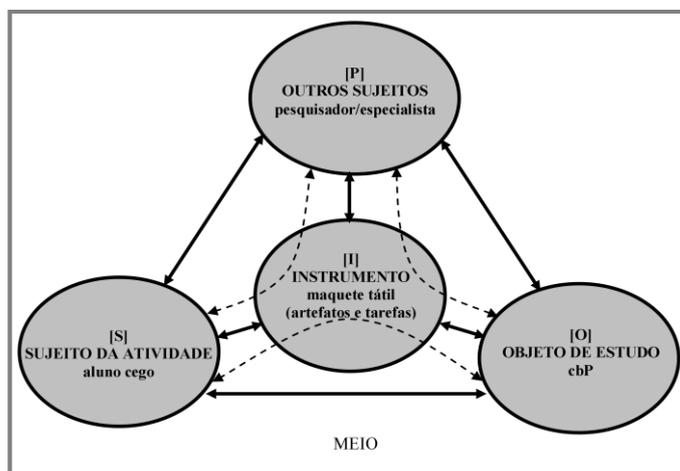
**Figura 13.** Protótipo tátil M4



**Fonte:** Vita (2012, p. 162)

Efetivamente, este protótipo foi preparado para que os estudantes S2 e S3 tivessem acesso ao objeto matemático (cbP) por meio das tarefas, visto se dizerem e se mostrarem inicialmente inexperientes com o manuseio de maquetes. Assim, na análise instrumental de M4 todos os polos do modelo S.A.C.I. (Figura 14) foram evidenciados, isto é: o do sujeito da atividade (S), dos outros sujeitos (P), do instrumento (I) e do objeto (O).

**Figura 14.** Relações do S.A.C.I. evidenciadas na análise de M4



**Fonte:** Vita (2012, p. 181).

Em diversos encontros na sala de recursos frequentada por um cada um desses dois estudantes, a pesquisadora apresentou oralmente apenas as tarefas da Ficha F1.

Ao investigar como se deu a interação entre os estudantes S2 e S3 (S) e os artefatos do M4 (I), portanto na relação **[S-I]**, diz à pesquisadora que eles desenvolveram estratégias semelhantes durante o reconhecimento tátil deste protótipo. Utilizaram mãos e braços como referenciais para conhecer as dimensões do protótipo comparando-os com as extremidades e as laterais do tabuleiro ou da colmeia. Finalmente, eles demonstraram muita satisfação em interagir com o M4, e informaram que as etiquetas em Braille com o nome das personagens da história, coladas no tabuleiro, auxiliaram sua movimentação tátil sobre o mesmo, principalmente no início das tarefas.

Quanto às tampas de sorteio, brinquedos, colmeia, cartas em EVA e as tarefas, Vita prosseguiu a análise instrumental ainda com a relação **[S-I]** do modelo S.A.C.I., neste caso específico entre os estudantes (S) e as tampas para o sorteio (I). S2 tocou

o EVA colado em cada uma das tampas, com movimentos lentos feitos com a ponta dos dedos e rapidamente informou a diferença entre o EVA liso e o atoadhado. O S3 manuseou pela primeira vez as tampas para o sorteio (Figura 15).

**Figura 15.** S3 em leitura tátil das tampas para o sorteio



**Fonte:** Vita (2012, p.173).

Semelhante a S2, o S3 explorou com seus dedos, minuciosamente, o emborrachado EVA colado no verso das tampas. Para Vita esses resultados demonstraram que as tampas apresentaram uma adaptação compatível com os objetivos desta pesquisa e com as características dos estudantes. Contudo, ainda era necessário ter clareza sobre o nível de usabilidade das tampas em situações de sorteio.

A pesquisadora também colocou em destaque a relação **[S-I]** na investigação da relação entre os estudantes (S) e o artefato de registro dos sorteios e dos amigos visitados, isto é a colmeia (I), buscando dar legitimidade a este artefato que compôs o M4 (Figura 16).

**Figura 16.** S2 faz o reconhecimento tátil da colmeia



**Fonte:** Vita (2012, p.174).

Ao tatear pela primeira vez a colmeia, S2 colocou dois dos seus dedos da mão esquerda em vários orifícios e, além disso, com movimentos lentos e contínuos bateu em torno da colmeia, pegou em suas extremidades e em suas laterais. Assim, a partir da análise instrumental a pesquisadora inferiu que o S3 demonstrou facilidade para perceber a estrutura da colmeia e exibiu estratégias táteis muito semelhantes às de S2, entretanto era preciso saber, efetivamente, a qualidade deste artefato para a função de registros.

Para conhecer qual o nível de usabilidade dos artefatos que compunham M4, visando atender às características físicas dos estudantes em situações que envolvam procedimentos de sorteio com as tampas, movimento com o carrinho sobre o tabuleiro e registro dos sorteios e do amigo visitado na colmeia; a pesquisadora investigou a interação [S-I], isto é, entre os estudantes (S) e o M4 (I). Assim, na tarefa F1d, o estudante sorteava quatro vezes as tampas, e, partindo da casa do Jefferson, deveria informar onde ele chegou, e por fim, se existiam outros caminhos para chegar nesse mesmo lugar. Em seguida, na tarefa F1 o estudante deveria proceder ao registro dos quatro sorteios e o amigo visitado. S2 e S3 solucionaram as tarefas realizando o experimento quatro vezes (Figura 17). Vita observou que os estudantes foram adquirindo habilidades no manuseio do artefato e cada vez mais adaptados para situações envolvendo sorteio.

**Figura 17.** S3 registrando os resultados dos sorteios na colmeia com M4



**Fonte:** Vita (2012, p.179).

Durante este processo de sorteio foi necessário investigar também a interação entre a pesquisadora (P) e o estudante (S2 e S3), visto que P participou da leitura das

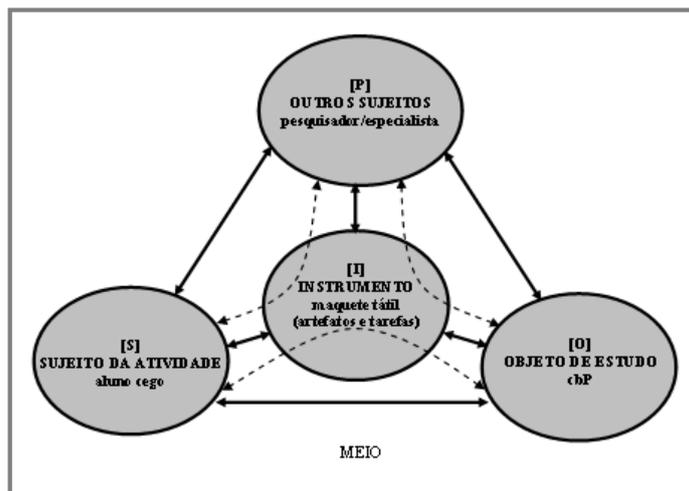
tarefas e da mistura das tampas de sorteio, nesse contexto ficando evidente a relação **[P-S]**. Nesse sentido, a análise instrumental sinalizou que os estudantes compreenderam o que foi requerido pela pesquisadora, posto que solucionaram as tarefas demonstrando habilidade. Informa Vita que eles coerentemente sortearam uma das duas tampas misturadas por P, se movimentaram com o carrinho sobre o tabuleiro, registraram de maneira correta e demonstraram satisfatoriamente os resultados na colmeia utilizando fichas e brinquedos. Assim, ela pontuou com mais segurança que o M4 estava habilitado para as tarefas de sorteio.

Ainda que Vita tenha validado o referido protótipo, ela (P) verificou a relação **[P-(I)-S]** e observou que os estudantes (S) ao manusearem os artefatos de M4 (I) nas tarefas que envolveram situações de sorteios, geralmente utilizaram suas duas mãos devido à presença das edificações no tabuleiro; e, no decorrer da resolução das tarefas mostraram-se cansados e lentos. Portanto, Vita concluiu que as edificações criavam empecilhos aos movimentos táteis dos estudantes, se configurando desnecessárias, à exceção das casas das personagens, e que dessa forma, o tabuleiro poderia ser mais simplificado, com menos informações, investindo na construção de uma quinta solução de *design*, o M5.

### **Análise Instrumental do Protótipo M5**

Conforme dito o M5 foi estruturado apenas com uma simplificação sobre o tabuleiro de M4 e manutenção dos demais artefatos que o compunha. Para garantir que a análise instrumental não apresentasse resultado enviesado, o M5 foi manuseado por S2, S3 que já conheciam a versão o protótipo anterior e S4 que não teve contato com M4. Com o M5 os estudantes resolveram as tarefas que envolveram: visitar 30 vezes o amigo e registrar 120 sorteios na colmeia.

As relações do modelo S.A.C.I. 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 18.

**Figura 18.** Relações do S.A.C.I. evidenciadas na análise de M5

Fonte: Vita (2012, p.181).

Como aconteceu na análise de M4, a interação entre a pesquisadora (P) e o estudante (S), avaliada a partir da interação **[P-S]**, sinalizou que foi fundamental a participação de P para que S resolvesse as tarefas, em procedimentos como: leitura oral das tarefas, mistura das tampas, entrega de cartas ou algum brinquedo, execução dos registros escritos, incentivo aos estudantes para repetir as instruções sempre que era necessário.

Avaliando a interação **[S-I]**, entre o S4 (S) e o M5 (I), observou-se que esta estudante apresentou agilidade no manuseio do tabuleiro em aproximadamente uma hora, enquanto foram necessárias duas horas para que S2 e S3 apresentassem certo domínio sobre M4. O S4 com o manuseio tátil, umas vezes alisando as casas e dando tapinhas nos telhados, outras vezes contornando o quadrado base, assim reconheceu com facilidade os elementos do tabuleiro, e afirmou parecer com uma maquete que teve contato em sua escola. Na sequência, vivenciando uma simulação de visita nos moldes do que ocorreria mais tarde nas tarefas ela apresentou um desempenho satisfatório no reconhecimento dos demais artefatos que compunham o M5, ou seja: as duas tampas de sorteio, a colmeia e os brinquedos.

Para evidenciar o desempenho de S2, S3 e S4 (S) em situações envolvendo o objeto matemático, os cbP (O), isto é, considerando a relação **[S-O]**, apresentamos a seguir alguns resultados de Vita. Inicialmente os estudantes foram estimulados a externar suas concepções sobre probabilidade, sendo que S2 demonstrou algum

conhecimento informal, ao utilizar os vocábulos, possível e chance. Já as outras duas alunas (S3 e S4) afirmaram não saberem nada sobre Probabilidade, embora S4 tenha informado que sua professora de Matemática já havia falado sobre tal.

Vale lembrar que o uso desses termos, segundo Gal (2005), demonstra que o indivíduo já possui certo nível de letramento probabilístico. Além disso, postula Watson (2006) que o uso do vocábulo chance pode ser adotado como uma aproximação da probabilidade para distinguir aspectos mais intuitivos e experimentais da probabilidade teórica baseada nos espaços amostrais.

Os estudantes (S2, S3 e S4) não souberam conceituar formalmente o experimento determinístico e o aleatório, mas demonstraram uma compreensão informal satisfatória sobre os dois modos de visita de Jefferson aos amigos.

Os resultados da interação **[S-I]** e da interação **[S-O]** apresentaram elementos para avaliar a interação entre os estudantes (S) e os cbP (O), mediado pelo instrumento (I), relação **[S-(I)-O]**. Neste contexto, pode-se inferir, tanto sobre o conhecimento probabilístico deles, quanto o nível de usabilidade do instrumento (tarefas ou artefatos), como elemento mediador entre os estudantes e a probabilidade naquilo que foi possível ser trabalhado, respeitando o nível de conhecimento deles.

Vita (2012) salienta que o tabuleiro de M5 foi o que mais se aproximou do cartaz proposto por Cazorla e Santana (2006) (Figura 6) 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. Nesse contexto, ao avaliar a interação entre S2, S3 e S4 (S) e os cbP envolvidos (O), pondo em evidencia a relação **[S-O]** e **[S-(I)-O]**, os estudantes cegos demonstraram competência para desenvolver seus conhecimentos, independentemente da condição da cegueira, como podemos observar nos resultados apresentados a seguir.

Na tarefa F2a, em que foi questionado sobre a diferença entre a forma antiga (situação determinística) e a nova (experimentação aleatória) de o Jefferson visitar seus amigos, os três estudantes informaram que na primeira situação sempre sabíamos qual o amigo a ser visitado e, na segunda, dependeria dos resultados dos sorteios. Vita observou que eles não sabiam como justificar formalmente, mas demonstraram uma compreensão informal satisfatória sobre os dois modos de visita.

Na tarefa F2b os estudantes identificaram que no sorteio das tampas havia duas soluções, com EVA liso ou atalhado, assim determinaram de maneira informal, os eventos e o espaço amostral desse experimento. No entanto, a pesquisadora teve uma ideia mais clara sobre as concepções probabilísticas dos estudantes ao analisar as soluções apresentadas por esses estudantes na tarefa F2c, na qual o conceito de probabilidade foi tratado a partir do termo chance. Observou pelas respostas que eles privilegiaram 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 estudantes nos informou que a chance de sortear a tampa com EVA liso ou atalhado 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.

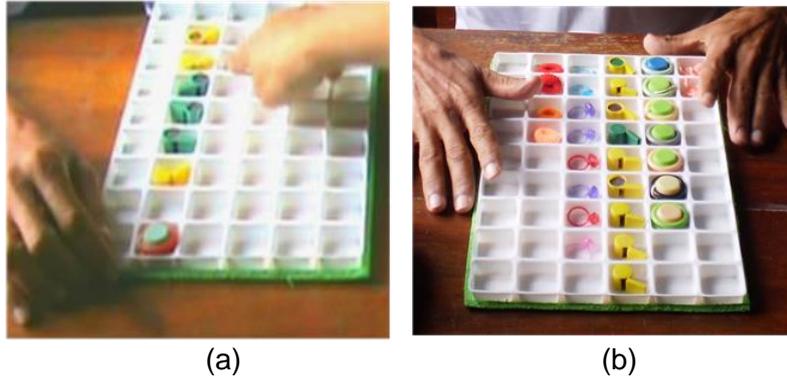
Na tarefa F2d os estudantes, quando questionados se todos os amigos têm a mesma chance de ser visitados, afirmaram que a chance não era a mesma, apesar de nenhum deles apresentarem justificativas baseadas no conceito formal. Outro aspecto destacado por Vita, é que essas soluções não apresentaram uma forte presença de um raciocínio equiprovável, o que pode ter sido influenciado pelo contato destes estudantes com o tabuleiro antes da aplicação efetiva da SE PAJ, posto que, no reconhecimento tátil deste instrumento, os mesmos já tinham vivenciado situações de sorteio.

Vita observou que na tarefa F2e, os estudantes realizaram de maneira satisfatória os 30 experimentos e registraram corretamente os resultados na colmeia. Na tarefa F2f que solicitava a organização gráfica dos resultados de seu experimento, isto é, as frequências observadas. Ela verificou que S2 organizou inicialmente os brinquedos em linha, separando com um espaço livre cada tipo de brinquedo, a exemplo do ioiô e dos apitos na Figura 19a.

Diante desta organização gráfica dos brinquedos em linha, Vita perguntou a S2 que utilizando seu gráfico, dissesse quantas vezes cada amigo foi visitado. Ele apresentou muita dificuldade para responder, então a pesquisadora sugeriu que reorganizasse seu gráfico utilizando uma coluna para representar cada amigo visitado, com os 30 brinquedos correspondentes às visitas e seguisse a mesma ordem de posicionamento das casas na diagonal do tabuleiro. Desta forma, ele separou cada

tipo de brinquedo sobre a mesa e, em seguida colocou na colmeia, da primeira coluna da esquerda para a direita de acordo com a Figura 19b.

**Figura 19.** Pictogramas 3D construídos por S2



**Fonte:** Vita (2012, p.194-195).

A aluna S3, afirmou não saber construir o gráfico, porque nunca lhe foi solicitado na escola, então Vita lhe deu um pictograma 3D de um experimento fictício para que ela fizesse inicialmente o reconhecimento tátil. A partir daí, ela organizou seu experimento conforme Figura 20.

**Figura 20.** Pictograma construído por S3



**Fonte:** Vita (2012, p.195).

A partir deste pictograma 3D, Vita inferiu que S3 registrou corretamente os resultados do seu experimento, mas novamente após a interferência da pesquisadora. Já S4 organizou inicialmente as visitas de seu experimento colocando os brinquedos apenas nas laterais da colmeia, mas separados de acordo com os amigos visitados (Figura 21).

**Figura 21.** Imagem de S4 construindo o seu primeiro gráfico

**Fonte:** Vita (2012, p.196).

Segundo S4, esta organização dos brinquedos se assemelhava ao posicionamento no tabuleiro da casa do amigo correspondente. Após sugestão da pesquisadora, ela também organizou seu pictograma 3D à semelhança do construído por S3.

Na tarefa F2g, a pesquisadora perguntou novamente a cada um dos estudantes se todos os amigos tinham a mesma chance de ser visitados e notou que os estudantes 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 estudantes precisavam sistematizar os resultados do experimento na Tabela de Distribuição de Frequência (TDF), mas como era necessário determinar a frequência relativa, não conseguiram apresentar a solução, por não saber realizar operação de divisão envolvendo números decimais, nem com o soroban nem com o cálculo mental. Esse fato gerou também dificuldades para que os estudantes respondessem algumas tarefas da F3 e todas as tarefas da F4.

A falta do preenchimento completo da TDF criou empecilhos, no que tange aos estudantes 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.

Finalizando o bloco F2, na tarefa F2j, cada estudante deveria comparar o pictograma do seu experimento com o de outro colega. A pesquisadora incentivou a

realização dessa tarefa, mas os estudantes 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 estudantes que determinassem quais eram os caminhos possíveis para visitar cada um dos amigos por meio da construção da árvore de possibilidades. Vita informou que a maior dificuldade apresentada pelos estudantes foi o registro dos caminhos possíveis para visitar o Peter, e, após inúmeras tentativas, reafirmaram que havia somente quatro dos seis caminhos. 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, os três estudantes registraram na colmeia os 16 caminhos possíveis, determinado assim as frequências esperadas (Figura 22).

**Figura 22.** Registro de S2 para todos os caminhos possíveis para visitar os amigos



**Fonte:** Vita (2012, p.199).

A partir do registro do número de caminhos possíveis para visitar cada um dos amigos, ainda na tarefa F3a, os estudantes construíram o pictograma 3D das frequências esperadas (Figura 23).

**Figura 23.** Pictograma 3D das frequências esperadas feito por S2

**Fonte:** Vita (2012, p.199).

A partir dos registros, os estudantes responderam 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 inicialmente 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 atalhado representando três movimentos para o norte e uma carta em liso, movimento para o leste. Este fato parece sinalizar a complementaridade destes artefatos (tabuleiro e colmeia) para atender à solicitação das tarefas.

Na tarefa F3h, a pesquisadora perguntou novamente aos estudantes se todos os amigos tinham a mesma chance de ser visitados, e eles responderam que nem todos tem mesma chance, e justificaram as suas respostas baseados no número de caminhos possíveis de visita para cada um dos amigos. Os estudantes 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. Além disso, Orlando e Marcos tinham mais chances que Aida e Luana e menos que Peter. Esses resultados indicam que os estudantes apresentaram respostas esperadas para essa tarefa.

As tarefas F3i e F3j, não foram exploradas, pois os estudantes teriam dificuldade (pelos resultados obtidos na tarefa F2h) para realizar o cálculo da probabilidade teórica de o Jefferson visitar cada um dos seus amigos, e, por

consequente, organizar a TDF. Pelo mesmo motivo não foram aplicadas as tarefas de F4.

Em suma, após estas resoluções dos estudantes, o M5 foi aceito como um instrumento mediador com arranjo físico mais bem configurado e adequadamente padronizado; em outras palavras, com uma interface mais amigável ou com nível de usabilidade melhor do que os protótipos anteriores.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Várias adaptações curriculares de pequeno porte foram necessárias para que a MT fosse configurada como material didático na aprendizagem de cbP de estudantes cegos. Nesse contexto, a análise instrumental desenvolvida por Vita, protótipo a protótipo, possibilitou à pesquisadora construir uma MT melhor adaptada para atender o objetivo estabelecido, investigando a potencialidade desse instrumento a partir de sua usabilidade, isto é, seu potencial de eficácia, eficiência e satisfação, a partir das análises que envolveram os polos do modelo S.A.C.I. quadripolar.

A análise de cada protótipo sinalizou a necessidade de manter algumas especificações e mudar outras, de forma sucinta, 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 estudante S1 e as adaptações de M3 para M4 foram provenientes da avaliação feita por outros pesquisadores. A adequação de M4 para M5 foi fruto da reflexão da pesquisadora após ter presenciado as dificuldades de manuseio tátil dos estudantes 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. Sendo assim, com a Metodologia do Design Centrado no Usuário foi possível desenvolver um instrumento e com a análise instrumental, contando também com a efetiva participação do estudante, suas informações e experimentações, a MT pode ser organizada de forma mais ajustada às condições individuais dos estudantes cegos.

Salientamos que os estudantes inicialmente não sabiam construir, ler ou interpretar as informações em um gráfico, mas após discussões e contato com um exemplo de pictograma 3D eles conseguiram executá-lo satisfatoriamente. Eles desenvolveram com sucesso as trinta visitas do experimento e utilizaram estratégias táteis semelhantes. Sendo assim, a análise permitiu compreender que a mediação instrumental teve importante papel na aprendizagem dos mesmos e apontaram que, pouco a pouco, os estudantes 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.

Nesse sentido foi fundamental na organização da MT a escolha dos materiais para a confecção dos protótipos, suas texturas, formas e dimensões buscando as mais adequadas e agradáveis à exploração tátil dos estudantes cegos. Além disso, foi importante considerar o baixo custo desses materiais e a facilidade de adquiri-los, a exemplo dos emborrachados EVA e do papelão por facilitarem a reorganização das soluções de *design*.

Foram também apontadas na análise instrumental como adequações razoáveis: as adaptações de conteúdo e das tarefas às condições físicas dos estudantes; bem como de temporalidade ao respeitar o tempo que cada estudante precisava para solucionar com a maquete as tarefas envolvendo os cbP; além do uso da sala multidisciplinar como ambiente para a manipulação do protótipo pelo estudante, a participação de pesquisadores (outros sujeitos) na construção da MT, a explanação e a leitura das tarefas pelos mesmos.

Em síntese, para Vita os resultados da análise apontaram que a maquete tem potencial e eficiência como material didático para o ambiente escolar na medida em que foi facilmente moldado às adaptações curriculares de pequeno porte que se fizeram necessárias para atender as necessidades dos estudantes cegos durante a resolução das tarefas, possibilitando ao estudante, por exemplo, demonstrar competência e proficiência no experimento aleatório. Vita destacou também a viabilidade do uso da MT em escolas da rede pública de ensino, por se tratar de um instrumento organizado com materiais acessíveis e de baixo custo, podendo ser construído na própria escola e com a participação dos estudantes cegos. Por fim, a

Probabilidade, a maquete tátil, o estudante cego, formaram uma teia inclusiva construída a partir da análise instrumental.

Diante do exposto, podemos considerar que os estudantes cegos da pesquisa de Vita demonstraram competência para desenvolver seus conhecimentos probabilísticos, independentemente da condição da cegueira. No entanto, é preciso transformar efetivamente o ambiente educacional e contribuir com o avanço da inclusão para que este seja compatível com as necessidades desses estudantes. Nesse sentido, vale investir nas adaptações curriculares de pequeno porte que auxiliem o trabalho pedagógico dos professores e na formação de professores de Matemática para atender de uma forma geral aos estudantes com necessidades educacionais especiais.

## REFERÊNCIAS

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**, v.12, p.173-191, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática. Brasília: MEC/SEF/SEESP, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: adaptações curriculares. Brasília: MEC/SEF, 1998a.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: matemática. Brasília: MEC/SEF, 1998b.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Projeto Escola Viva**: garantindo o acesso e permanência de todos os alunos com necessidades educacionais especiais. Adaptações curriculares de pequeno porte, v. 6. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. 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, 2006.

CAZORLA, I.M.; SANTANA, E.R.S.S. **Tratamento da Informação para o Ensino Fundamental e Médio**. Itabuna: Via Literarum, 2006.

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: 10 jun. 2010.

COUTINHO, C.Q.S. **Introduction aux situations aléatoires dès le collège**: de la modélisation à la simulation d'expériences de Bernoulli dans l'environnement informatique Cabri-géomètre II. Thesis - Univ. J. Fourier, Grenoble, France. 2001

FERNANDES, S.H A.A. **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, 2008.

FERNANDES, S.H.A.A.; HEALY, L. **Mãos que falam; mãos que veem. O papel do sistema háptico 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.

FERRONATO, R. **A construção de instrumento de inclusão no ensino da Matemática**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GAL, I. **Exploring probability in school**: challenges for teaching and learning. In: JONES, G.A. New York: Springer: 2005, p.39-63.

GIBSON, W.; DARRON, C. Teaching statistics to a student who is blind. **Teaching of Psychology**, v.26, n.2, p.130-131, 1999.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 9241-11**. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. Genève: ISO, 1998.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 13407**. Human-centred design process for interactive systems. Genève: ISO, 1999.

KATAOKA, V.Y.; RODRIGUES, A.; OLIVEIRA, M.S. Utilização do conceito de Probabilidade Geométrica com recurso didático no ensino de Estatística. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, IX, **Anais...**, Belo Horizonte, MG, 2007.

LOPES, C. **O conhecimento profissional dos professores e suas relações com Estatística e Probabilidade na Educação Infantil**. 2003. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

MARSON, S.M.; HARRINGTON, C.; WALL, A. Teaching introduction to statistics to a blind student. **Teaching Statistics**, v.35, n.1 p. 21-25, 2012.

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.

RABARDEL, P. **Les Hommes et Les Technologies**: approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin, 1995.

SCHENEUWLY, B; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado das Letras, 2004.

SPINDLER, R. Teaching mathematics to a student who is blind. **Teaching Mathematics & its Applications**, v.25, n.3, p.120-126, 2006.

TANTI, M. **Teaching mathematics to a blind student**: a case study. Dissertation (Master in Education) - University of Exeter, UK. 2006.

VÉRILLON, P.; RABARDEL, P. Cognition and artifacts: a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. **Euro. J. Psychol. Educ.**, v.10, n.1, p.77-101, 1995.

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. São Paulo 2012.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WATSON, J.M. **Statistical literacy at school**: growth and goals. London: Laurence Erlbaum Associates, 2006.

WHO - World Health Organization. **Change the Definition of Blindness**. 2010. Disponível em: <http://www.who.int/blindness/Change%20the%20Definition%20of%20Blindness.pdf>

Submetido: junho de 2014

Aceito: novembro de 2014