



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

WILLA NAYANA CORRÊA ALMEIDA

A ARGUMENTAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE
MATEMÁTICA: O Problema das Formas em um Clube de Ciências

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, na área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Doutor João Manoel da Silva Malheiro.

Belém – PA
2017

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –
Biblioteca do IEMCI, UFPA**

Almeida, Willa Nayana Corrêa. 1989-

A argumentação e a experimentação investigativa no ensino da matemática: o problema das formas em um Clube de Ciências / Willa Nayana Corrêa Almeida, orientador Prof. Dr. João Manoel da Silva Malheiro – 2017.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2017.

1. Matemática – estudo e ensino. 2. Clube de ciência – UFPA. 3. Prática de ensino. I. Malheiro, João Manoel da Silva, orient. II. Título.

CDD - 22. ed. 510.7

WILLA NAYANA CORRÊA ALMEIDA

**A ARGUMENTAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE
MATEMÁTICA: O Problema das Formas em um Clube de Ciências**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, na área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Doutor João Manoel da Silva Malheiro.

Data da avaliação: 05 de Maio de 2017.

Banca Examinadora

Orientador (Presidente): _____
Professor Doutor João Manoel da Silva Malheiro
Instituição: Universidade Federal do Pará/PPGDOC

Membro interno: _____
Professor Doutor Wilton Rabelo Pessoa
Instituição: Universidade Federal do Pará/PPGDOC

Membro externo: _____
Professor Doutor Paulo Vilhena da Silva
Instituição: Universidade Federal do Pará/Instituto de
Ciências Exatas e Naturais

Dedico,

A Deus, por tornar tudo possível.

A minha amada mãe Arlinda Corrêa, que esteve comigo em cada passo da minha vida, sempre me apoiando, motivando e me ensinando a ser uma pessoa melhor.

A minha família e amigos, que foram de fundamental importância em minha vida pessoal e acadêmica.

E especialmente a Luiz Antônio Coelho, pelo carinho, compreensão, apoio e paciência concedidos a mim durante todos os dias dessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Ninguém vence sozinho. Qualquer trabalho acadêmico é o resultado da contribuição de muitas pessoas que de maneira direta ou indireta, participaram de sua realização. Assim sendo, registro aqui, com algumas sinceras palavras, meus agradecimentos a todos aqueles que colaboraram para a concretização deste estudo.

Agradeço primeiramente a Deus que me iluminou, me deu forças e não me deixou desistir diante das barreiras.

A minha mãe, Arlinda Corrêa Almeida, que sempre foi sinônimo de amor incondicional e que muitas vezes renunciou aos seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus. Tenho a honra de compartilhar a alegria deste momento com você.

Ao meu amado esposo Luiz Antônio de Lima Coelho, por toda a sua paciência, amor, dedicação e companheirismo. Em seus acalantos e palavras de tranquilidade sempre encontrei segurança e incentivo para seguir adiante. Sem você nada seria possível.

Sou grata pela paciência de minha família, aos meus verdadeiros amigos, estando próximos ou distantes, que tentaram entender o motivo de minhas ausências durante essa caminhada. Em especial aos meus irmãos, Wellen Nayra Corrêa Almeida e Whendson Corrêa Almeida, por compreenderem minhas faltas e o cansaço, e por me proporcionarem belos momentos de descontração e relaxamento.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Manoel da Silva Malheiro, pela parceria, confiança, paciência em momentos ímpares, pelo profissionalismo, atenção e acima de tudo, por me permitir realizar as minhas pretensões dando o suporte necessário e aparando as arestas do trabalho, mostrando o melhor caminho a seguir. Agradeço ainda às inúmeras oportunidades de envolvimento em estágios, monitorias, formação docente e participação em eventos. Esses momentos foram essenciais para meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico.

Aos colegas do Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão FormAÇÃO de Professores de Ciências, meu muito obrigada pelas discussões, leituras e sugestões que também contribuíram no desenvolvimento da investigação. Especialmente aos colegas professores Antonia Ediele de Freitas Coelho, Antônia Luciana Souza dos Santos, Carlos José Trindade da Rocha e Erivandro do Carmo Tavares, por terem acompanhado e auxiliado de maneira mais direta essa jornada.

Aos professores-monitores e alunos do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam Wanderley Picanço Diniz”, da Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal, em particular aos discentes investigados, pela colaboração ímpar e concessão dos dados para a pesquisa.

Aos membros da banca, professores Doutor Wilton Rabelo Pessoa, Doutor Paulo Vilhena da Silva e Mestre Ângelo Abeni Bezerra da Silva, por sua dedicação a uma leitura minuciosa e detalhista que em muito contribuiu nessa pesquisa.

A Igor Thiago Vulcão da Silva pela atenção, prontidão e auxílio na edição do vídeo orientativo que resultou no produto final desta investigação.

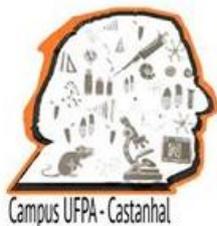
A colega de trabalho Andrea Feitosa pelas palavras de apoio durante essa etapa e a ajuda com a correção ortográfica e gramatical desse texto.

Aos amigos da turma do Mestrado Profissional, pela convivência e parceria constante no percorrer desta jornada acadêmica. Em especial, a Maria Eliana Soares e Joel Silva Ferreira, que juntos formamos a tríade castanhalense. Em nossa parceria de viagem e estudos tivemos momentos bons e ruins, alegres e tristes, de tranquilidade e de absoluto desespero, em meio a calmaria ou em situações que não sabíamos o que fazer para seguir em frente, sempre nos mantivemos unidos e com apoio incontestável. Muito provavelmente sem a presença de vocês essa trajetória não teria sido tão rica.

Agradeço aos professores e técnicos do Instituto de Educação Matemática e Científica, da Universidade Federal do Pará, que durante todo o curso mostraram grande interesse em desenvolver um trabalho de qualidade, auxiliando-me durante as necessidades e me possibilitando um crescimento acadêmico proporcional à minha vontade de aprender.

A Capes pela concessão da bolsa por meio do Programa Observatório da Educação.

Meu sincero carinho e muito obrigada a todos vocês que me ajudaram de uma maneira ou de outra, seja pelos saberes científicos, experiências, incentivos, conversas e amizade.



Clube de Ciências Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz

1

A Motivação²

[...] Quem são essas professoras, que por gerações seguidas, tentam ensinar os meninos a juntar as letras para formar palavras que supostamente permitiriam a transformação? Nestas águas grandes, seus esforços não dizem muito para o homem que vive do rio, a pendurar a isca, a consertar a rede, a levantar o assoalho, a capinar, a enterrar sementes, a embarcar o gado e a embriagar-se.

De que destino falará aquele homem que senta sobre suas pernas e observa o malabarismo das águas, fumando um cigarro que ele mesmo faz? Seus pais, como ele, não tinham as informações para serem capazes de apreciar o que significavam os esforços da professora... E não fariam só para agradá-la.

Nesta orquestra sem regentes, sem música, sem instrumentos, a criatura não saberá de si mesmo.

*Viverá sem saber de seus irmãos de outras terras.
E caminhará entre o amanhecer e o ocaso.
E morrerá, como nós, como todos homens.*

O direito inalienável que nos faz iguais através do acesso à educação e que nos habilita a usar da experiência humana acumulada, jamais será exercida em sua plenitude [...] Distribuídos por esse imenso território, os alunos precisam ser alcançados e motivados a permanecer nas escolas a despeito de sua inadequação [...]

Cristovam Wanderley Picanço Diniz

¹ Logomarca oficial do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam Wanderley Picanço Diniz”. Disponível em: https://scontent.fgig1-3.fna.fbcdn.net/v/t1.0-9/13177083_844079549051791_6209197253924284740_n.jpg?oh=92b780987c39cab537b8cbd4de7f168f&oe=5937EFA0, acesso em: 20/12/2016.

² Texto obtido no vídeo “A motivação”, produzido pelo Laboratório de Investigações em Neurodegeneração e Infecção (LNI), vinculado ao Hospital Universitário João de Barros Barreto, da Universidade Federal do Pará. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QwKhYxTmGU>, acesso em: 20/05/2016.

RESUMO

O presente estudo objetiva analisar as contribuições das intervenções da professora-monitora para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre discentes participantes do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, durante uma atividade experimental investigativa sobre os conceitos introdutórios de área e perímetro. O mesmo emergiu das reflexões da pesquisadora durante suas experiências pessoais e profissionais na sala de aula, e que contribuem para a constituição de nossa identidade como educadora de Matemática. À vista disso, aplicamos uma sequência de ensino baseada nas etapas da experimentação investigativa, na qual identificamos, em nossas intervenções como professora-monitora, os propósitos pedagógicos e epistemológicos expressados para favorecer a argumentação entre os estudantes. Em relação às falas dos educandos, procuramos verificar no processo argumentativo tanto os elementos e a estrutura de acordo com o Padrão de Toulmin (2001), bem como as operações epistemológicas apresentadas pelos alunos que expressassem as relações ocorridas durante a construção do conhecimento matemático. A pesquisa se caracteriza como qualitativa, na qual utilizamos como instrumentos de constituição de dados as videogravações, fotografias, gravações de áudio e notas de campo, com posterior transcrição das falas dos sujeitos. Para interpretação das informações levantadas, optamos em utilizar a Análise de Conteúdo. O espaço investigado é considerado um ambiente alternativo destinado ao ensino, pesquisa e extensão de ações didáticas voltadas às Ciências e Matemáticas. Os discentes participantes foram quatro alunos do quinto ano e três do sexto ano, totalizando sete sujeitos. Durante as análises realizadas foi possível identificar, em cada um dos episódios considerados mais proeminentes, que nossas intervenções como professora-monitora tiveram grande relevância, já que a partir dos propósitos pedagógicos e epistemológicos desenvolvidos foi possível organizar e guiar a atividade investigativa de maneira que a mesma auxiliasse no surgimento da argumentação e na construção do conhecimento matemático. Verificamos que surgiram organismos argumentativos de acordo com o padrão de Toulmin, sendo constituídos de dados (D), conclusão (C), garantia (W), apoio (B), qualificador modal (Q) e refutação (R). Em relação às operações epistemológicas apresentadas pelos alunos no desenvolvimento da argumentação, percebemos que surgiram diversas formas de ação e pensamento, sendo exploradas principalmente a dedução, a indução, a causalidade, a definição, a classificação, o apelo a analogias e atributos, consistência com experiência e a plausibilidade. O produto final gerado pela pesquisa consiste em um vídeo orientativo que explicita as etapas da experimentação investigativa e evidencia a postura do educador para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre os estudantes.

Palavras-Chaves: Argumentação no Ensino de Matemática. Experimentação Investigativa. Clube de Ciências.

ABSTRACT

The present study objective to analyze the contributions of the interventions of the teacher-monitor for the emergence and development of the argumentation among students participating in the Science Club "Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz", of the Federal University of Pará - Campus Castanhal, during an investigative experimental activity on the introductory concepts of area and perimeter. It Emerged from the reflections of the researcher during her personal and professional experiences in the classroom, and that contribute to the constitution of our identity as educator of Mathematics. In view of this, we apply a sequence of teaching based on the stages of investigative experimentation, in which we seek to identify, in our interventions as teacher-monitors, the pedagogical and epistemological purposes expressed to favor the argumentation among the students. Regarding the students' statements, we tried to verify in the argumentative process developed, both the elements and the structure according to the of Toulmin's Pattern (2001), such as the epistemological operations presented by students expressing the relations that occurred during the construction of mathematical knowledge. The research is characterized as qualitative, in which we use as video recording instruments, video recordings, photographs, audio recordings and field notes, with subsequent transcription of the subjects' speeches. For the interpretation of the information collected, we chose to use Content Analysis. The space investigated is considered an alternative environment destined for teaching, research and extension of didactic actions turned to Science and Mathematics. The participants were four students of the fifth year and three of the sixth year, totalizing seven subjects. During the analysis, it was possible to identify, in each of the episodes considered more prominent, that our interventions as teacher-monitor had great relevance, since from the developed epistemological purposes and pedagogical actions it was possible organize and guide the investigative activity so that it helps in the emergence of argumentation and the construction of mathematical knowledge. We verified that emerged argumentative organisms according to the Toulmin pattern, being constituted of data (D), conclusion (C), warranty (W), backing (B), modal qualifier (Q) and refutation (R). In relation to the epistemological operations presented by the students in the development of the argumentation, we perceive that various forms of action and thought have arisen, being mainly explored deduction, induction, causality, definition, classifying, appeal to analogies and attributes, consistency with experience and plausibility. The final product generated by the research consists of a video guidance that explains the stages of investigative experimentation and evidences the attitude of the educator for the emergence and development of argumentation among students.

Keywords: Argumentation in Mathematics Teaching. Investigative Experimentation. Science Club.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Padrão de argumento básico proposto por Toulmin	35
Figura 2: Exemplo de aplicação do padrão de argumento básico proposto por Toulmin	35
Figura 3: Padrão de argumento completo proposto por Toulmin.....	36
Figura 4: Exemplo de aplicação do padrão de argumento completo proposto por Toulmin....	37
Figura 5: Propósitos e ações pedagógicas do educador para promover argumentação.....	39
Figura 6: Propósitos e ações epistemológicos do educador para promover argumentação.....	41
Figura 7: Operações epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação	43
Figura 8: Etapas da experimentação investigativa	48
Figura 9: Anotações feitas pelo Grupo 1 durante a resolução do problema.....	67
Figura 10: Desenhos criados pelos alunos A3 e A5.	68
Figura 11: Layout do argumento desenvolvido pelo Grupo 2 durante o teste da hipótese do quadrado.....	79
Figura 12: Layout do argumento desenvolvido por A6.....	82
Figura 13: Layout do argumento desenvolvido pelo Grupo 1 durante a resolução do problema...	84
Figura 14: Layout do argumento desenvolvido pelo Grupo 1 durante a resolução do problema envolvendo prédios	88
Figura 15: Layout do argumento desenvolvido durante a resolução da situação problema do Pato Donald.....	93
Figura 16: Layout do argumento desenvolvido durante a ilustração do formato do terreno do Pato Donald.....	96
Figura 17: Surgimento e desenvolvimento das argumentações durante a resolução do problema das formas	98

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Prédio em que acontecem as atividades do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”	58
Fotografia 2: Sujeitos da investigação participando da atividade experimental investigava ...	62
Fotografia 3: Materiais utilizados na atividade experimental investigativa proposta	64
Fotografia 4: Alunos manipulando os materiais para solucionar o problema.....	66
Fotografia 5: Aluna desenvolvendo uma possível solução para o problema do Pato Donald..	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelo de quadro para a transcrição das falas dos sujeitos.....	56
Quadro 2: Identificação dos sujeitos da investigação.....	61
Quadro 3: Episódio 1 – Momento de apresentação dos materiais e proposição do problema .	72
Quadro 4: Episódio 1 – Momento de apresentação dos materiais e proposição do problema (continuação).....	73
Quadro 5: Episódio 2 – Momento de teste da hipótese do formato quadrado.....	77
Quadro 6: Episódio 3 – Momento de intervenção do discente A6.....	81
Quadro 7: Episódio 4 – Momento de resolução do problema pelos alunos do 5º ano	83
Quadro 8: Episódio 4 – Momento de resolução do problema pelos alunos do 5º ano (continuação).....	85
Quadro 9: Episódio 5 – Momento de resolução da situação problema do Pato Donald	90
Quadro 10: Episódio 5 – Momento de resolução da situação problema do Pato Donald (continuação)	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A (1, 2, 3 4, 5,6, 7)	Identificação dos alunos participantes da pesquisa
B	<i>Backing</i> (Apoio)
C	Conclusão
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
D	Dados
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LNI	Laboratório de Neurodegeneração e Infecção
PE	Propósitos Epistemológicos
PP	Propósitos Pedagógicos
PPGDOC	Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas
PPGEAA	Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos da Amazônia
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas
Prof	Identificação da professora-monitora
Prof. Dr.	Professor Doutor
Q	Qualificador Modal
R	Refutação
SEI	Sequências de Ensino Investigativas
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPA	Universidade Federal do Pará
W	<i>Warranty</i> (Garantia)

SUMÁRIO

DELINEANDO EXPERIÊNCIAS QUE ME CONSTITUEM EDUCADORA: CAMINHOS QUE JUSTIFICAM A PESQUISA	16
1 CONTEXTUALIZANDO TEORICAMENTE A PESQUISA: A ARGUMENTAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM FOCO	28
1.1 A ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	29
1.1.1 O Padrão de argumento de Stephen Toulmin: Um modelo de análise	33
1.1.2 Propósitos e ações do educador para promover a argumentação	38
1.1.3 Operações epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação	42
1.2 A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E O FAVORECIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA	44
1.2.1 Etapas da experimentação investigativa	47
2 O DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA	53
2.1 OPÇÕES METODOLÓGICAS E PROCEDIMENTAIS	53
2.2 O CLUBE DE CIÊNCIAS “PROF. DR. CRISTOVAM W. P. DINIZ”: O LOCAL, O CONTEXTO E OS SUJEITOS	57
2.2.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa	60
2.3 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA: O PROBLEMA DAS FORMAS	62
2.4 PRODUTO FINAL	70
3 ANALISANDO AS ARGUMENTAÇÕES DESENVOLVIDAS DURANTE A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DAS FORMAS	71
3.1 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS DA PROFESSORA-MONITORA E DA ARGUMENTAÇÃO DESENVOLVIDA PELOS DISCENTES	71
3.2 PRINCIPAIS ASPECTOS QUE EMERGEM DAS ANÁLISES	97
CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	103

DELINEANDO EXPERIÊNCIAS QUE ME CONSTITUEM EDUCADORA: CAMINHOS QUE JUSTIFICAM A PESQUISA

A construção da presente investigação surge a partir do processo de constituição de minha identidade como educadora de Matemática³, na qual as práticas docentes tornaram-se elementos de indagações, observações, análises e intervenções. Nesse movimento de pesquisa e reflexão da própria prática, estou a descobrir-me e identificar-me como profissional de ensino.

Confesso que essa personalidade docente não foi sempre buscada, mas foi assimilada e construída ao longo de vivências e reflexões diversas, pois conforme afirma Freire (1991, p. 32), “ninguém começa a ser educador numa certa terça-feira às quatro horas da tarde, ninguém nasce educador ou [é] marcado para ser educador. A gente se faz educador, a gente se forma como educador, permanentemente, na prática reflexiva e na reflexão sobre a prática”.

Nesse movimento de aceitação e constituição profissional, reconheço que nós, seres humanos, somos organismos contadores de histórias, vivendo de vidas relatadas individual ou coletivamente, sendo a narrativa a maneira pela qual experimentamos o mundo (CONNELLY e CLANDININ, 1995). Em vista disso, somos um somatório de vivências, na verdade, é a maneira como as representamos internamente que define nossa personalidade.

Assumindo que experiência é tudo aquilo que passa, toca ou acontece, e nessa ação nos forma e transforma (LARROSA, 2000), as práticas profissionais são parte importante da identidade humana de um professor, sendo suas histórias de vida essenciais para a sua formação (NÓVOA, 1992).

Entretanto, conforme assevera Nóvoa (2001), uma experiência isolada pode ser apenas uma mera repetição ou uma rotina, não é ela que é formadora. Formadora é a reflexão sobre essa experiência, ou a pesquisa sobre essa experiência. Desta maneira, tal atitude reflexiva surge como uma possibilidade de os professores interrogarem as suas práticas de ensino, fornecendo oportunidades de desenvolvimento profissional, aperfeiçoamento de estratégias didáticas, assim como a integração entre teoria e prática (OLIVEIRA e SERRAZINA, 2002).

Neste contexto, a narrativa de nossas vivências assume um importante papel, pois “permite ao professor, à medida que conta uma determinada situação, compreender causas e consequências de atuação, criar novas estratégias num processo de reflexão, investigação e nova reflexão” (GALVÃO, 2005, p. 343).

³ Utilizaremos o termo Matemática quando desejarmos destacar a área do conhecimento e /ou disciplina, nas outras situações utilizaremos a palavra com letra minúscula.

Sendo assim, buscarei reviver algumas experiências que me constituem, me formam e fazem reconhecer-me como educadora (ALARCÃO, 1996). Apresento relatos de um percurso de formação docente que surgem da condição de aluna e refletem nos fazeres de professora, mostrando como os sucessos, fracassos, indagações, certezas, angústias e alegrias integram minha história pessoal e profissional.

Nessa perspectiva, ao recordar minhas vivências, os tempos passado, presente e futuro criam um diálogo reflexivo que permite estabelecer relações que introduzem e justificam a presente investigação.

Originária de Castanhal⁴, conhecida como cidade modelo do estado do Pará, que está de braços abertos⁵ para acolher moradores e visitantes. Foi nesse adorado município que o matrimônio de meus pais gerou três frutos, sendo que sou o último rebento dessa relação. O casamento de meus genitores não durou muito após o meu nascimento, mas o incansável esforço de minha mãe nunca deixou que os problemas atingissem seus filhos, sendo ela minha referência de vida e porto seguro, sempre me apoiando e me incentivando a vencer pelos estudos.

Nesse aflorar de memórias, recordo minhas vivências como discente da educação básica, particularmente na disciplina de Matemática. As aulas se resumiam à aplicação e sistematização de conhecimentos por meio de uma comunicação unidirecional do professor e/ou dos livros de texto para os alunos, bem como no treino exorbitante de definições, técnicas e demonstrações gerando uma atividade rotineira e mecânica (MÜLLER, 2000; MALHEIRO, 2005; BOAVIDA et. al., 2008).

Nesse processo educacional engessado, sentia que meus saberes ou minhas dúvidas não tinham voz nem vez, já que as interações discursivas e argumentativas só aconteciam em momentos avaliativos com o intuito de gerar notas que não representavam minha real aprendizagem.

Morin (2004) coloca que o ensino de Matemática deve ser levado aquém e além do cálculo servindo como um instrumento do raciocínio, fazendo-se necessário um diálogo entre o pensamento matemático e desenvolvimento dos saberes científicos. Contudo, alguns professores faziam uso de métodos que promoviam a assimilação de um conhecimento já

⁴ Município localizado na região nordeste do estado do Pará, distante 68 quilômetros da capital Belém. Sua origem é atribuída ao povoamento de colonos e imigrantes nordestinos atraídos pelo desenvolvimento ocasionado pela construção da estrada de ferro que ligava Belém a Bragança (CASTANHAL, 2016). Com uma população estimada, em 2015, de 189.784 habitantes (IBGE, 2016), a cidade possui como base econômica as atividades de comércio, serviços, industrialização e agropecuária (BAHIA e GARVÃO, 2015).

⁵ Referência ao Cristo Redentor, monumento símbolo do município, localizado às margens da BR 316.

pronto, desconsiderando etapas que proporcionassem momentos de investigação, experimentação e comunicação de ideias.

Boavida et. al. (2008) acrescentam ainda que a natureza e a essência desta área do saber não se constituem de um aglomerado de números, regras e procedimentos memorizados. Na realidade, devem ser valorizados e criados momentos de interação e argumentação em torno de propostas educacionais significativas, que, ao favorecer a exposição de ideias, contribuem para uma melhor compreensão do próprio pensamento e do conhecimento científico.

Apesar da maioria dos professores usarem métodos que só geravam a antipatia e o desinteresse dos estudantes, sempre gostei dos cálculos matemáticos que me eram lecionados e devido a essa facilidade ajudava meus colegas de classe em suas dúvidas.

Essa singela experiência de magistério na educação básica influenciou na escolha do curso de graduação, pois, devido a facilidade de aprender e ensinar os conhecimentos da área de exatas, optei em fazer Licenciatura Plena em Matemática, na Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Castanhal.

Apesar de haver algumas mudanças curriculares em algumas faculdades, tradicionalmente a formação de professores desta área educacional é composta pelos três primeiros anos de estudos de Matemática pura e aplicada, e o quarto ano de conteúdos pedagógicos, defendendo que o conteúdo a ser transmitido é mais importante e deve preceder qualquer discussão acerca de metodologias de ensino (LORENZATO, 2004).

Malheiro (2005) coloca que esse tipo de formação docente

apoia-se, em geral, no modelo da racionalidade técnica, em que, no início do curso de graduação em licenciatura (os três primeiros anos), os futuros professores estudam (decoram) um número muito grande de informações (estanques) sobre as diversas disciplinas que constam na grade curricular do seu curso. Somente no último ano é que o professor irá tomar contato com as disciplinas que fazem parte do Centro de Educação, isto é, as disciplinas pedagógicas (MALHEIRO, 2005, p. 31).

Desta forma, em função desse currículo, criei aversão a tudo que estava relacionado a conceitos pedagógicos. Em muitas situações me perguntava se realmente tais discussões iriam contribuir para minha formação, pois não enxergava meu curso voltado para a formação de professores, mas sim para formar pesquisadores matemáticos.

Percebendo o desgosto dos estudantes pela educação, um docente da Faculdade de Matemática implementou um projeto de extensão, com o intuito de proporcionar aos futuros professores experiências em sua área de atuação e mostrar que “dominar um conteúdo não garante o privilégio de ensiná-lo bem” (LORENZATO, 2004, p. 4).

Mesmo não almejando atuar na educação básica, aceitei o desafio de participar desse programa de extensão aplicado em uma escola municipal de Castanhal, atuando em turmas de 6º ao 9º ano do ensino fundamental. Durante as atividades desenvolvidas tive contato com inúmeras obrigações do cotidiano docente, sendo que, no decorrer de minhas observações e interações em aulas de Matemática, notei que os ensinamentos, em sua maioria, se restringiam ao uso do livro didático com o intuito de repassar o máximo de conteúdo possível, o que ocasionava nos alunos um estado de inércia e aversão em relação à disciplina (LORENZATO, 2010).

Foi então que minha identidade docente começou a aflorar, passando a entender que o objetivo da educação não é o de transmitir os conhecimentos mais numerosos aos alunos (MORIN, 2004), e que aprender a ciência Matemática não consiste simplesmente em assimilar conceitos prontos e imutáveis, mas ser capaz de fazer investigação e experimentação dentro desta área de estudo, percebendo verdadeiramente a sua utilidade no mundo (BRAUMANN, 2002; LORENZATO, 2010).

Desta forma, juntamente com a coordenação do projeto, busquei desenvolver atividades práticas diferenciadas, com ênfase no lúdico e no experimental, com o intuito modificar a visão negativa dos alunos sobre a disciplina, criando espaços que favorecessem o encontro entre diversos conhecimentos que estimulassem uma atitude crítica, reflexiva e autônoma dos estudantes (CARVALHO, 2013).

A partir desses momentos pedagógicos diversificados, pude perceber que o estudante tem uma maneira própria de abordar e resolver um problema, e que a comunicação desses métodos pode auxiliar todos os envolvidos na solução da mesma problemática, já que

uma resolução diferente revela, muitas vezes, aspectos diferentes. O exercício de compreensão das estratégias e métodos usados por outros e o esforço desenvolvido para avaliar a sua correção, validade e utilidade, contribuem para o alargamento do conhecimento matemático. Além disso, à medida que os alunos vão explicitando as suas ideias, o professor tem oportunidade de perceber como eles estão a pensar, o que lhe permite identificar concepções erradas, “arbitrar” o uso da linguagem matemática e planejar novos desafios a colocar (BOAVIDA et. al., 2008, p. 61, grifos do autor).

Por conseguinte, compreendi que as interações discursivas e argumentativas fazem parte de uma aprendizagem significativa (BOAVIDA et. al., 2008), pois esses não configuram apenas como instrumentos de verbalização, mas assumem uma natureza de negociação de significados, com vista à construção do conhecimento matemático (GUERREIRO et. al., 2015).

O envolvimento com projetos de extensão me possibilitou uma visão diferenciada sobre docência e, aos poucos, fui aprendendo a rever meus conceitos e atitudes sobre a educação matemática, iniciando, assim, um processo de reflexão da própria prática (SCHÖN, 2000).

Tal vivência foi de fundamental importância para minha formação profissional, pois a “sabedoria construída pela experiência do magistério, além de insubstituível, é também necessária para aqueles que desejam aprender, de modo significativo, a arte de ensinar” (LORENZATO, 2010, p. 9).

Finalizado o curso de licenciatura decidi que futuro seguir: trabalhar como bancária em um conceituado banco nacional. Essa escolha foi motivada pelo prestígio e valorização que essa profissão possui, bem como a estabilidade proporcionada. Tal situação é algo que não existe na carreira de educador, pois no Brasil, essa atividade profissional, “ainda se encontra cercada de discriminação, caracterizada pela desvalorização do docente, impedindo assim o caminhar de um processo, a educação, capaz de mudar a história e o rumo de um país” (SOUZA e BRITO JUNIOR, 2007, p. 58).

Trabalhei durante um ano envolvida em funções administrativas e de atendimento ao público. No entanto, apesar de estar com a carreira encaminhada, não me sentia entusiasmada com a profissão. E então, sentindo-me incompleta e insatisfeita, abandonei a profissão de bancária e passei atuar na área para a qual fui formada: a educação em Matemática.

Assim que abandonei a atividade administrativa, notei que precisava buscar novas formações para voltar a ser professora, pois, conforme Aragão (2007, p. 10), “nem sempre os docentes têm claro porque, como e para que ensinar um conteúdo, e não outro; como lidar com as relações que estão envolvidas no processo educativo, e ainda qual seu papel e o papel da escola na atualidade”. Frente a essas incertezas, busquei me especializar em Metodologia de Ensino de Matemática e Física.

Algum tempo depois, fui contratada para trabalhar em uma unidade escolar de uma conceituada rede católica. O colégio, por ser particular, possuía uma excelente estrutura, com poucos alunos por sala e formações pedagógicas frequentes. Os professores eram valorizados e incentivados a desenvolverem práticas diferenciadas com os alunos.

Diante das ótimas condições de trabalho, não tive dificuldades para desenvolver minhas atividades educacionais, pois, apesar da aversão que os alunos tinham em relação à Matemática, promovi intervenções pedagógicas que aplicavam o conteúdo estudado no cotidiano, favorecendo, assim, o que hoje reconheço como momentos de discussões reflexivas e práticas argumentativas. Com essas atitudes, fui conseguindo cativá-los e mostrar-lhes o prazer de aprender (SOUZA e BRITO JUNIOR, 2007).

Buscava propor atividades de interação, em que o diálogo entre professora-alunos e alunos-alunos acontecessem de maneira natural, reduzindo as características expositivas tão comuns em aulas de Matemática.

Depois de algum tempo atuando no ensino particular, passei a trabalhar, também, na rede estadual de educação, em uma pequena cidade do interior do estado do Pará. Sendo que, ao chegar nas unidades de ensino fiquei decepcionada, pois apesar de saber que escolas públicas não eram um exemplo de estrutura, idealizava espaços totalmente diferentes, com condições mínimas para o ensino e a aprendizagem dos estudantes. As salas eram pequenas e superlotadas, sem ventilação, banheiros em condições deploráveis e sem ambientes pedagógicos adequados.

Para os estudantes da Educação de Jovens e Adultos, a situação era um pouco mais complicada, pois a unidade de ensino se localizava em uma região afastada, sendo o público estudantil noturno muito influenciado por ações do tráfico de drogas. Com frequência eram encontrados na escola alunos drogados ou vendendo entorpecentes.

Com o tempo fui percebendo um padrão nos educandos daquela cidade. A maioria estudava porque eram obrigados pelos pais, ou ainda porque não tinham nada para fazer em casa. Grande parte apresentava dificuldades na escrita e leitura, e não conheciam números e operações básicas.

Mostravam-se desinteressados, pois afirmavam que não tinham esperança de crescimento. Só conseguiam oportunidades aqueles que podiam pagar por elas, e aqueles que pensavam que poderiam conseguir sucesso com os estudos eram imediatamente desestimulados por seus pais e/ou colegas que afirmavam que estudar não traria estabilidade econômica de imediato.

Possivelmente, tal situação não ocorresse somente devido às condições sociais e familiares que viviam, mas também em relação à postura dos educadores que tiveram ao longo de sua história, já que se torna difícil aceitar pacientemente o uso de quadro e giz para transmissão de conhecimentos, ou ainda acatar vozes e ações imperativas e unidirecionais que subestimavam talentos e capacidades reflexivas (MALHEIRO, 2005; BOAVIDA et. al., 2008).

Percebi também uma postura padrão nos professores, uma vez que se preocupavam apenas em repassar o conteúdo necessário e aplicar provas, deixando os alunos em segundo plano. Infelizmente, para muitos de meus colegas de trabalho, educar era uma obrigação bem dolorida e os momentos na escola eram demasiados pesados.

Sobre essa situação, Perrenoud (1999) afirma que qualquer professor que é colocado numa situação difícil, sem formação adequada, desenvolve uma atitude reflexiva por necessidade, o que pode auxiliar na criação e/ou adoção de estratégias didáticas eficazes.

Entretanto, ao meu ver, aqueles cujas competências disciplinares, didáticas e transversais são frágeis arriscam-se no cotidiano a perder o domínio de sua aula e desenvolver práticas defensivas de atuação, tais como se fechar aos métodos ativos e ao diálogo com outros profissionais.

Para Piaget (1996) essa postura reduz a educação a uma simples instrução, ocupando-se apenas de enriquecer faculdades já elaboradas, sem formá-las. Basta apenas fazer com que os alunos acumulem conhecimento na memória, ao invés de conceber a escola como um centro de atividades reais e experimentais.

Mesmo com todas as adversidades, gostava de estar em sala de aula e buscava fazer alguma diferença. Para isso procurava mesclar em aulas expositivas momentos individualizados, sempre conversando com os alunos para conhecer seus anseios, dificuldades, reclamações, dúvidas, enfim, relacionar-me com eles.

Utilizava situações cotidianas do município para problematizar os conteúdos, tentando aproveitar as informações que traziam para dentro da sala para gerar investigações e interações argumentativas (CARVALHO 2013; SASSERON, 2013), afinal todo saber é válido, e tudo pode criar condições para que o aluno construa seu próprio conhecimento (LORENZATO, 2010).

Freire (1998, p. 22) concorda que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. Sendo que, quando entramos em sala de aula, devemos estar abertos a “indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições, um ser crítico e inquiridor” (Ibidem, p. 22). E assim, o ensino irá potencializar a aprendizagem, fazendo com que ambas se tornem “dois lados de uma mesma moeda, duas faces de uma mesma aula” (CARVALHO et. al., 2009, p. 10).

Acredito que essa maneira de lecionar não deve ser exclusiva de poucas realidades, já que apesar das diferenças e dificuldades existentes, a mesma educação que é viabilizada em escolas particulares pode ser promovida em escolas públicas. Com vontade e ações conjuntas podemos mudar a situação da educação pública, em que devemos

procurar através de nossas atividades, promover momentos de reflexão com nossos alunos a respeito das implicações de como os conhecimentos aprendidos ou construídos em sala de aula, podem ter efeitos satisfatórios para além do âmbito escolar, ou seja, no meio social que nos cerca (SOUZA e BRITO JUNIOR, 2007, p. 58).

Deste modo, diante das experiências vividas na educação básica, constatei que para se desencadear um processo de aprendizagem diferenciado, o educador precisa pensar sua prática de maneira reflexiva e crítica, sendo questionador e provocador, possibilitando que os

estudantes desenvolvam a capacidade de construir seus conhecimentos e torná-los atuantes na sua atividade cidadã (SCHÖN, 2000; ALARCÃO, 2007; CARVALHO et. al., 2009).

Para isso, precisava aperfeiçoar minha formação, bem como meus estudos e leituras para poder lidar com as situações adversas que são inerentes da docência. Foi então que entrei no Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas – Mestrado Profissional.

Por meio das discussões e experiências promovidas pelas disciplinas do programa, fui levada a refletir sobre meu papel como educadora, e como poderia ajudar meus alunos na aprendizagem dos conhecimentos, e assim ajudá-los a exercer sua cidadania de maneira autônoma (ZEICHNER, 1993; ALARCÃO, 2007).

Antes desses estudos, possuía a ideia que professor pesquisador era apenas aquele que estava na academia, seja estudando ou lecionando. Entretanto, pude perceber que na educação básica também podemos desenvolver pesquisas que colaborem significativamente com a melhoria do ensino e da aprendizagem dos estudantes (ZEICHNER, 1998). Para isso, devemos analisar, refletir e intervir sobre nossa própria prática (STENHOUSE, 1984; ALARCÃO, 1996), e assim, fazer com que os educadores também se tornem produtores de conhecimentos (ZEICHNER, 1998).

Dickel (1998, p. 42), considera que “a prática reflexiva somente tem sentido para os professores que desejam pensar sobre as dimensões sociais e políticas da educação e do contexto em que ela se insere. Nesse campo, não cabe a neutralidade e a imparcialidade”.

Desta maneira, entendo que para desenvolver competências necessárias para atuar em sociedade é necessário, que o educador trabalhe com problematizações, propondo tarefas e desafios que incitem os alunos a mobilizarem seus conhecimentos. Isso implica em um ensino ativo no qual o docente percebe-se como sujeito que organiza situações didáticas envolvendo seus alunos para gerar novas aprendizagens (MALHEIRO, 2005, 2016; MALHEIRO e FERNANDES, 2015).

Nesse processo de (trans)formação profissional, foi de extrema relevância a participação no Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão “FormAÇÃO de Professores de Ciências”, da Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal, sob a coordenação do professor Doutor João Manoel da Silva Malheiro. Sendo este um espaço de discussões e debates que engrandecem os saberes docentes de seus participantes, constituindo um espaço antagônico que ameniza as inquietações enquanto propicia novas provocações (SILVA, 2015; MALHEIRO, 2016).

No contato com as formações e os debates sobre artigos, livros, dissertações e teses, pude conhecer pesquisas que tratam de metodologias ativas de aprendizagem, em especial a experimentação investigativa (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013), bem como estudos que dissertam sobre os benefícios do uso argumentação em sala de aula (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000; TOULMIN, 2001; SASSERON, 2013; SASSERON e CARVALHO, 2013).

Com o grupo FormAÇÃO tive a oportunidade de conhecer e me envolver com as atividades do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz” da UFPA-Castanhal, que objetiva implementar um ambiente alternativo de ensino de Ciências e Matemática em prol da popularização da ciência, da iniciação científica infanto-juvenil e da formação inicial e continuada de professores. Para isso, adota uma proposta pedagógica construtivista e interdisciplinar de educação, ao fazer uso de metodologias ativas de aprendizagem como a experimentação investigativa proposta por Carvalho et. al. (2009) (MALHEIRO, 2016).

Nessa perspectiva, passei a compor o quadro de professores-monitores⁶ que atuam no clube desempenhando um papel essencial na construção do conhecimento dos estudantes, pois ao fazer uso da problematização e da investigação conseguem lecionar não apenas conceitos e conteúdos, mas também atitudes, valores e normas (CARVALHO et. al., 2009).

O ensino investigativo proposto também promove a construção e explicitação de ideias pelos discentes, promovendo o surgimento da argumentação (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013). Esta pode ser concebida como todo processo (oral, escrito ou gestual) que relaciona evidências e dados teóricos ou empíricos, permitindo o estabelecimento de uma conclusão, que podem estar associados a justificativas e refutações que alicercem e fortaleçam as alegações levantadas (TOULMIN, 2001).

Desta maneira, de acordo com os propósitos e ações do educador para promover a argumentação em sala de aula (SASSERON, 2013), os estudantes podem apresentar uma estrutura padrão em seus argumentos (TOULMIN, 2001), bem como operações epistemológicas que qualificam o processo argumentativo (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Sendo assim, diante das trajetórias de constituição profissional e pessoal, e com o intuito de analisar minha prática educativa no Clube de Ciências da UFPA Castanhal, me propus a investigar: *Em que termos as intervenções da professora-monitora contribuíram para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre discentes participantes do Clube de*

⁶ Denominação dos professores que atuam no Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz” da Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal.

Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, durante uma atividade experimental investigativa sobre os conceitos introdutórios de área e perímetro?

Para responder tal questão, objetivo *Analisar as contribuições das intervenções da professora-monitora para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre discentes participantes do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, durante uma atividade experimental investigativa sobre os conceitos introdutórios de área e perímetro.*

Mais especificamente, busco ainda:

- Identificar os propósitos pedagógicos e epistemológicos desenvolvidos pela professora-monitora para favorecer a argumentação dos estudantes na atividade experimental investigativa proposta;
- Reconhecer os elementos qualitativos e estruturais dos argumentos manifestados pelos alunos durante a atividade experimental investigativa;
- Avaliar em que medida as características da atividade experimental realizada contribuiu para a elaboração de argumentos.

Para se atender tais intenções, proponho e aplico uma sequência de ensino baseada nas etapas da experimentação investigativa (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013), que busca problematizar os conceitos introdutórios de área e perímetro de figuras planas. Ao fazer uso dessas atividades, bem como de alguns propósitos e ações pedagógicos e epistemológicos, almejo estimular o desenvolvimento de conjecturas, testagem de hipóteses e a explicitação individual e conjunta de ideias, favorecendo o surgimento da argumentação (SASSERON, 2013). Tais argumentos serão analisados de acordo com sua estrutura argumentativa (TOULMIN, 2001) e a qualidade epistemológica que apresentam (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Escolhi a temática argumentativa por compreender que esta pode auxiliar no entendimento de conceitos matemáticos, já que assume um papel mediador na construção do conhecimento e na promoção do pensamento independente e crítico-reflexivo dos estudantes, tão essencial em várias facetas da vida.

A opção pela geometria deu-se em função do importante papel que exerce na aprendizagem matemática, bem como sua vasta aplicabilidade com a realidade, o que favorece a problematização, a investigação, a exploração e a redescoberta de suas propriedades e conjecturas.

Outro fator relevante para essa seleção é que esta área de estudo, por diversas razões, não tem ocupado o seu devido lugar no ensino, sendo possível e necessário que suas definições sejam enfatizadas, já que as experiências geométricas propiciam que os estudantes raciocinem

geometricamente e construam uma visão completa das concepções e ideias matemáticas (LORENZATO, 2010).

A escolha pelo Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz” ocorreu devido esse ambiente diferenciado me possibilitar a atuação como professora-monitora, em que pudesse desenvolver uma educação em que acredito, que deixa de ser uma simples instrução ou um aglomerado de conteúdos para memorização, e se torna um ensino que favorece a argumentação em sala de aula, auxiliando na construção e na real aprendizagem de conhecimentos diversos, promovendo a autonomia, a redescoberta do mundo, a formação cidadã e uma atuação consciente em sociedade.

Partindo desses limitantes, organizo a presente pesquisa em três capítulos, conforme discorro a seguir:

No Capítulo 1, **Contextualizando Teoricamente a Pesquisa: A Argumentação e a Experimentação Investigativa em Foco**, exponho aportes teóricos que versam sobre o uso da argumentação no ensino, destacando o Padrão Argumentativo proposto por Toulmin (2001), os Propósitos e Ações Pedagógicas do Educador para promover argumentos (SASSERON, 2013), bem como as Operações Epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000). Em seguida, disserto sobre a experimentação investigativa, enfatizando sua relevância no favorecimento da argumentação em sala de aula, assim como as etapas para implementação dessa metodologia de ensino conforme Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013).

No Capítulo 2, **O Desenho Metodológico da Pesquisa**, apresento as opções metodológicas e procedimentais adotadas na investigação. Procuro ainda delinear e caracterizar o Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, que é o universo de constituição de dados, e definir os sujeitos da pesquisa. Logo após, discorro sobre as etapas da atividade experimental investigativa aplicada para os estudantes. Por fim, procuro apresentar o produto final a ser desenvolvido a partir dos resultados e conhecimentos obtidos na pesquisa, que será destinado a professores da educação básica.

O Capítulo 3, **Analisando as Argumentações Desenvolvidas Durante a Resolução do Problema das Formas**, se constitui de recortes das falas dos sujeitos ressaltando as interações argumentativas existentes entre os alunos e com as intervenções da professora-monitora.

Na última seção, exponho as **Considerações Finais** da investigação, na qual se busca apresentar ao leitor os principais resultados obtidos, destacando alguns aspectos relevantes identificados, assim como avaliar em que medida as características da atividade experimental realizada estimulou a elaboração de argumentos.

Esclareço aos leitores que a opção pela escrita em primeira pessoa do singular, nesta seção de apresentação do trabalho, ocorreu em função desta parte conter reflexões e memórias da pesquisadora, que levam à justificativa na escolha da temática e se entrelaçam na constituição dos objetivos da investigação. A partir do próximo capítulo, o texto será conduzido na primeira pessoa do plural, demarcando um processo de construção coletiva, fruto de estudos e discussões das ideias dos autores adotados, pontuadas com minhas considerações.

1 CONTEXTUALIZANDO TEORICAMENTE A PESQUISA: A ARGUMENTAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM FOCO

Ainda que não percebamos, o uso da argumentação se faz presente em nosso cotidiano, tanto em situações corriqueiras como no exercício de atividades educacionais e profissionais, sendo que nossas manifestações fazem parte de uma construção individual e coletiva em que nossos argumentos e enunciados são criados e adequados de acordo com nossas necessidades (PERELMAN e OLBRECHTS-TYTECA, 2005).

Esse movimento de elaboração de argumentos é uma importante característica do cidadão participativo e responsável, já que o argumentar é parte de um processo de assumir-se sujeito que aprende, defende, discute e que se envolve nas transformações das realidades, projetando nisto o seu futuro, tanto individual como social (MORAES, 2002).

Logo, existe a necessidade de promoção da argumentação em sala de aula, envolvendo os estudantes em constantes atividades de resolução de problemas que oportunizem a discussão, explicação e justificativas de ideias, conjecturas e hipóteses sobre as mais diferenciadas temáticas (BOAVIDA et. al., 2008; SASSERON, 2013). Tal ambiente argumentativo pode ser proporcionado por meio de atividades experimentais investigativas (CARVALHO et. al., 2009; SASSERON, 2013).

Desta forma, nas próximas linhas apresentamos alguns estudos que exploram a temática da argumentação no ensino. Optamos por pesquisas no âmbito da educação matemática e científica, por estas apresentarem relevantes contribuições teóricas para interpretação dos dados da presente investigação, auxiliando na análise do desenvolvimento da argumentação em uma atividade experimental investigativa de matemática.

Abordamos de maneira mais específica as ideias do Padrão de Argumento proposto por Stephen Toulmin (2001), os Propósitos e Ações Pedagógicas do Educador para promover argumentos (SASSERON, 2013), bem como as Operações Epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000). Discutimos ainda a experimentação investigativa (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013) como metodologia de ensino que favorece a competência argumentativa.

1.1 A ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Muitos são os estudos concernentes à argumentação na educação, que destacam a importância do aprimoramento da habilidade argumentativa dos estudantes, buscando a melhoria nas aprendizagens e uma formação cidadã (BOAVIDA, 2005; LEITÃO, 2007). Banks-Leite (2011, p. 8) coloca que existe “a necessidade de se promover o desenvolvimento de capacidades/competências do argumentar como forma de adquirir um pensamento crítico, fundamental para que os indivíduos atuem em situações envolvendo posicionamento e valores”.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática (BRASIL, 1998) defendem a importância de uma formação cidadã contemporânea, em que os alunos devem ser estimulados a construir e analisar diferentes processos de resolução de situações-problema, buscando argumentos plausíveis para solucioná-los.

Nesse documento norteador para o ensino de Matemática, a argumentação “está fortemente vinculada à capacidade de justificar uma afirmação e, para tanto, é importante produzir alguma explicação, bem como justificá-la” (BRASIL, 1998, p. 70). Sendo que, para que um argumento seja considerado pertinente, o mesmo deve estar sustentado por conteúdos e saberes científicos adequados, respondendo sempre que possível, aos contra-argumentos ou réplicas impostos.

Vieira e Nascimento (2013, p. 19) concebem que “um argumento pode ser caracterizado pelo procedimento de justificar uma determinada opinião com vistas ao seu aceiteamento por um público (auditório) particular”, pressupondo a existência de contraposições e defesas de ideias.

Os autores destacam também que prática argumentativa na educação está associada à algumas características formadoras, já que potencializa o surgimento de compreensões conceituais e epistêmicas nos estudantes; possibilita a construção de afirmações baseadas em evidências, levando os alunos a refletirem e criticarem suas colocações e de seus pares, promovendo a construção do pensamento crítico; favorece a exposição e avaliação de ideias; promove o crescimento de processos cognitivos de ordem superior; e contribui para o desenvolvimento nos alunos de sua autonomia em tomadas de decisões conscientes, em que eles podem assumir o papel ativo na autorregulação de suas próprias ações (VIEIRA e NASCIMENTO, 2013).

Esses pesquisadores ressaltam o conceito de auditório defendido por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2005), que consiste em um “conjunto daqueles que o orador quer influenciar com sua argumentação” (p. 22, destaque no original). Para que ocorra tal influência, faz-se

necessário o uso de um conjunto de linguagens adaptáveis, tais como falada, escrita, gestual, de acordo com as características psíquicas e sociais apresentadas pelo grupo a ser persuadido, já que “*é em função de um auditório que qualquer argumentação se desenvolve*” (PERELMAN e OLBRECHTS-TYTECA, 2005, p. 6, destaque no original).

Argumentar equivale, então, a um processo de defesa de uma determinada conjectura, com o intuito de provocar ou aumentar a adesão de um auditório. Sendo assim, uma argumentação eficaz é aquela que “consegue aumentar essa intensidade de adesão, de forma que se desencadeie nos ouvintes a ação pretendida (ação positiva ou abstenção) ou, pelo menos, crie neles uma disposição para a ação, que se manifestará no momento oportuno” (Ibidem, p. 50).

Em sala de aula, “o auditório pode restringir-se apenas a um aluno que delibera consigo próprio, pode ser constituído pela turma, na sua globalidade, ou por alguém em particular com quem se estabelece um diálogo” (BOAVIDA, 2005, p. 2), ou pode ser formado pela comunidade acadêmica ou escolar.

Paralelamente às ideias de Perelman e Olbrechts-Tyteca, o filósofo Stephen Toulmin (2001) traz a argumentação para situações mais cotidianas, afirmando que, apesar dos argumentos pertencerem a diferentes situações e contextos, eles podem apresentar semelhanças estruturais. Sendo assim, o autor apresenta um padrão ou modelo de argumento⁷ que coloca o discurso argumentativo como uma célula composta por até seis elementos.

A importância dos trabalhos de Perelman e Toulmin é fortemente reconhecida em pesquisas acadêmicas de diversas áreas, ambos os filósofos são referidos por vários investigadores que estudaram questões associadas à argumentação na sala de aula, como por exemplo Boavida (2005), que desenvolve em sua tese doutoral um estudo sobre argumentação em aulas de Matemática analisada a partir do trabalho colaborativo com duas professoras, na qual busca descrever e analisar as ações pedagógicas das educadoras para envolver seus alunos em tarefas investigativas ou situações-problema que favorecessem a argumentação.

A autora coloca que ao mobilizar raciocínios, linguagens, símbolos e imagens, o processo argumentativo põe em jogo relações entre pessoas, estimula intenções, estratégias, processos de persuasão, e situa-se num contexto social, científico, econômico, político, ideológico.

Desta forma, a argumentação pode ser analisada e utilizada em múltiplas disciplinas, pois “podemos interessar-nos pela sua articulação com a lógica, pela sua inserção na linguagem

⁷ O padrão de argumento de Toulmin e seus elementos constitutivos serão apresentados a partir da página 32.

e nas atividades linguísticas, pelo desenvolvimento da capacidade de argumentar nas crianças e adolescentes, pelo seu papel e importância na produção de conhecimento científico” (BOAVIDA, 2005, p. 23).

Esta pesquisadora usa a expressão “argumentação matemática” para designar conversações desenvolvidas em aulas de Matemática que assumem a forma de raciocínios de caráter explicativo e justificativo destinados seja a diminuir riscos de erros ou incertezas na escolha de um caminho, ou para convencer um auditório a aceitar ou rejeitar certos enunciados, ideias ou posições.

Para Boavida (2005), a construção de uma cultura argumentativa em sala de aula requer que o educador envolva os alunos em atividades que explorem a fundamentação de raciocínios, a descoberta do porquê de determinados resultados ou situações, a resolução de desacordos através de explicações e justificações convincentes e válidas de um ponto de vista matemático, a formulação e avaliação de conjecturas e a refutação ou prova dessas conjecturas.

A autora afirma ainda que o uso de propostas educativas que promovem argumentação pode introduzir no trabalho do professor complexidades de vários tipos, colocando-o diante de desafios que exigem atenção não só às particularidades dos discursos e práticas das comunidades matemáticas, mas também à aspectos de ordem afetiva e social.

Nunes (2011) desenvolveu uma investigação em que propõe a prática da argumentação como método de ensino de conceitos matemáticos. Segundo ele, o uso dessa metodologia pode favorecer a aquisição da competência argumentativa, possibilitar que os discentes se apropriem de estratégias para solucionar problemas, desenvolver a linguagem necessária para expressar ideias matemáticas, relatarem, ouvirem e discutirem a propósito de sua compreensão sobre os assuntos estudados, além de aflorar o respeito pela opinião do outro, favorecendo a compreensão dos conceitos em jogo.

O autor admite que as argumentações em Matemática

são práticas que se apresentam sobre determinado assunto, por um lado, constituídas, sobretudo, por ações que possibilitam coleta de evidências; e representações, sejam numéricas, figurais ou algébricas, que sirvam para tornar plausível, persuadir e aumentar a convicção sobre ideias postas à prova. E, por outro, são constitutivas de asserções, justificativas escritas ou faladas, diálogos consonantes ou controversos e gestos. Essa prática deve propiciar aos alunos a competência argumentativa (NUNES, 2011, p. 75).

Sendo assim, o estudante deixa de ser um receptor e admite a função de emissor de ideias em sala de aula, já que assume junto com os colegas e o educador a tarefa de produção de conhecimentos no processo de ensino e de aprendizagem. Desse modo, o uso coerente e constante do raciocínio argumentativo deveria ser parte consistente da experiência educativa,

pois promove a competência argumentativa, possibilitando ao aluno ser proativo, tomar decisões e respeitar os pontos de vistas diferentes (NUNES, 2011).

Jiménez-Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003) desenvolveram uma pesquisa sobre o discurso e argumentos em sala de aula de ciências, e concebem a argumentação como a “capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes” (p. 361).

Tal ideia é compartilhada por Sasseron (2013), que entende a argumentação como um processo de construção e explicitação de ideias, que acontece por meio da análise de dados, evidências e variáveis para o estabelecimento de uma afirmação ou conclusão, que podem estar associadas a justificativas e/ou refutações.

A pesquisadora assume que para que os argumentos realmente surjam em sala de aula, é necessário que o professor promova situações de investigação por meio da resolução de problemas que favoreçam a análise de dados e evidências. Tal exploração, possibilita o reconhecimento de variáveis e o estabelecimento daquelas que são relevantes, permite, ainda, o estudo de hipóteses que favorecerá a avaliação do que se investiga (Ibidem).

Para Leitão (2007, 2011) a argumentação assume papel de mediadora na construção dos saberes e a promoção do pensamento crítico-reflexivo, pois desencadeia nos estudantes um tipo de experiência cognitiva que lhes possibilita tomar consciência e agir sobre o conhecimento.

Desta forma, entende-se que o processo argumentativo é concebido como uma atividade discursiva caracterizada pela defesa de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias, sendo que a necessidade de defender uma opinião e responder à oposição cria um processo de negociação no qual concepções sobre o conhecimento curricular abordado são formuladas, revistas e transformadas (Ibidem).

Leitão (2011) afirma ainda que as práticas em sala de aula focalizadas na elaboração de argumentos possibilitam uma melhor apropriação de temas curriculares pertencentes a diferentes campos de conhecimento e em qualquer nível de escolaridade, sendo que as temáticas precisam ser polemizadas para que seja possível articular múltiplos e opostos argumentos.

Sobre a escolha dos tópicos curriculares para o surgimento de argumentos, Leitão (2011) acrescenta:

O engajamento em argumentação sobre tópicos curriculares exige dos participantes um contínuo esforço de formulação explícita e fundamentação de seus pontos de vista; ao fazê-lo, abrem-se para o participante oportunidades não só de expansão e elaboração do seu entendimento do tema (conteúdo) sobre o qual argumenta, mas, também, de compreensão e apropriação de formas de raciocínio características do campo do conhecimento em que aquele se insere. Por outro lado, a necessidade de examinar e responder a perspectivas

contrárias (contra-argumentação) impele o argumentador a avaliar ('testar') a força e sustentabilidade de suas próprias afirmações, à luz de críticas e ideias alternativas trazidas pelo oponente. O diálogo entre pontos de vista, que se estabelece na argumentação, confronta os participantes com múltiplas perspectivas acerca de um mesmo tópico, possibilitando-lhes, portanto, exame, compreensão e apropriação de uma multiplicidade de posições sobre o tema (LEITÃO, 2011, p. 42).

A autora aponta ainda algumas ações que o professor pode desenvolver para efetivamente construir argumentos em sala de aula. Tais ações podem ser agrupadas em três categorias gerais: a) ações que criam condições para o surgimento da argumentação, sendo consideradas atuações em nível pragmático, pois criam as condições necessárias para que o processo se instale; b) ações que geram e sustentam a argumentação, que buscam instaurar, expandir e sustentar diretamente os argumentos, sendo denominadas, portanto, ações em nível argumentativo; c) ações epistêmicas, que trazem para o discurso argumentativo informações, conceitos, definições pertinentes ao tema e/ou implementam modos de raciocínio.

Já Sasseron e Carvalho (2011, p. 100) entendem argumentação como “todo e qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados”. Sendo assim, as autoras defendem que os argumentos possuem dois vieses que precisam ser considerados no trabalho em sala de aula: um deles diz respeito à estrutura do argumento e o outro trata de sua qualidade.

Diante das contribuições teóricas apresentadas, compreendemos que o uso da argumentação favorece a construção do conhecimento, contribuindo para a formação crítica e cidadã dos estudantes, sendo necessário que o professor promova situações para que o processo argumentativo realmente aconteça. Desta forma, optamos como fio condutor para nossas análises as ideias de Toulmin (2001), que serão expostas a seguir.

1.1.1 O Padrão de argumento de Stephen Toulmin: Um modelo de análise

Stephen Toulmin (2001), em seu livro “Os usos dos argumentos”, publicado originalmente em 1958, procura estabelecer a validade de um raciocínio por meio da interpretação estrutural de argumentos. Sendo que, ao examinar a forma da argumentação do cotidiano de diferentes áreas (tais como direito, política, ciência, etc.), o filósofo compara um argumento à um organismo que possui “uma estrutura bruta, anatômica, e outra mais fina e, por assim dizer, fisiológica” (TOULMIN, 2001, p. 135).

Para o autor, quando um argumento é explicitado podem-se distinguir as principais fases que marcam o processo argumentativo, partindo de uma afirmação inicial de um problema não-resolvido até a apresentação final de uma conclusão. Cada uma dessas fases representam as unidades anatômicas, podendo ser denominadas de “órgãos” de um argumento. Já a estrutura mais fina é possível ser reconhecida dentro das sentenças individuais que compõem a argumentação, sendo que é neste nível fisiológico que se introduz a ideia de forma mais lógica e onde a validade dos argumentos pode ser estabelecida ou refutada.

Ao centralizar sua investigação nessa estrutura fisiológica, Toulmin (2001) delimita as funções de determinados tipos de proposições em um padrão, especificando o lugar lógico dos elementos que irão compor um argumento considerado válido. Com isso, o pesquisador considera que é possível analisar os microargumentos existentes na estruturação mais fina do organismo argumentativo, e propõe um *layout* ou modelo padronizado para a análise de argumentos a partir de componentes lógicos, que pode se apresentar no formato básico ou completo.

Em sua estrutura mais básica, de acordo com Toulmin (2001), o padrão apresenta os seguintes elementos:

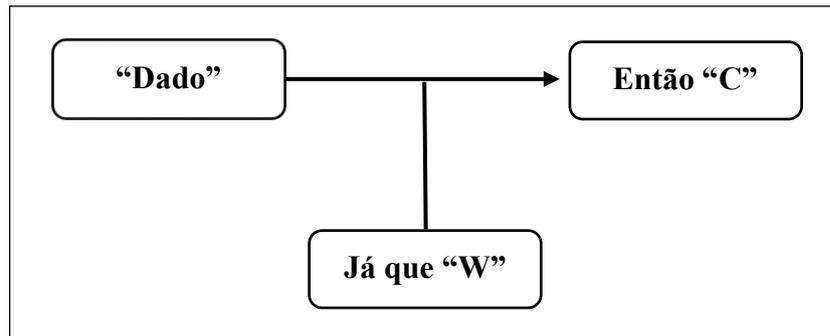
- **Dados (D):** São os fatos aos quais recorreremos como fundamentos para a conclusão encontrada.
- **Conclusão ou alegação (C):** É uma alegação ou ideia a ser estabelecida.
- **Garantias (W⁸):** São afirmações que, no processo de justificação, garantem a relação entre os dados e a conclusão apresentada, já que somente os fatos não bastam para validar uma alegação. Essas proposições podem ser regras, princípios, exemplos ou o que quiser, desde que não sejam novos itens de informação.

Conforme o pesquisador, “o apelo explícito de um argumento vem diretamente da conclusão para os dados com que se contou para fundamentá-los; a garantia é, num certo sentido, incidental e explanatória” (TOULMIN, 2001, p. 143), com a única tarefa de registrar a legitimidade do passo envolvido.

Com esses termos constituintes, o autor representa por uma seta a relação entre os dados e a conclusão que eles sustentam, e indica como garantia, escrita sob a seta, alguma informação que autoriza essa passagem. Desta maneira, temos que a estrutura básica do *layout* argumentativo é dada por: a partir de D (**dados**), já que W (**garantia**), então C (**conclusão**). Este esquema do padrão básico de Toulmin é apresentado na Figura 1:

⁸ W – Inicial da palavra original em inglês Warranty, que significa Garantia.

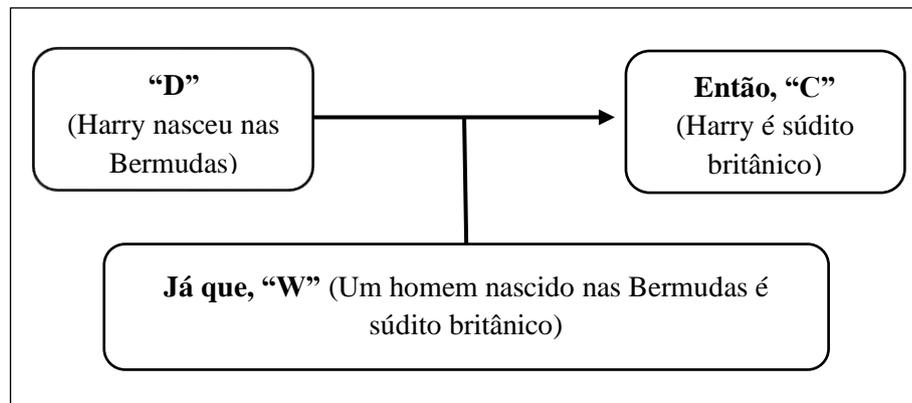
Figura 1: Padrão de argumento básico proposto por Toulmin



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001, p. 143)

Para ilustrar a aplicação de seu padrão básico, Toulmin (2001) apresenta o seguinte exemplo:

Figura 2: Exemplo de aplicação do padrão de argumento básico proposto por Toulmin



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001, p. 143)

Nessa situação hipotética, os dados (D) correspondem a informação “Harry nasceu nas Bermudas”, dos quais se chega a conclusão (C) que “Harry é súdito britânico”, já que a garantia (W) afirma que “um homem nascido nas Bermudas é súdito britânico”.

Ainda segundo o autor, estes três elementos podem não ser suficientes para analisar um argumento, já que nem sempre as garantias e os dados permitem inferir a conclusão com o mesmo grau de força. Sobre isso, Toulmin (2001, p. 144) coloca que

Há garantias de vários tipos, e elas podem conferir diferentes graus de força às conclusões que justificam. Algumas garantias nos autorizam a aceitar inequivocamente uma alegação, sendo os dados apropriados; estas garantias nos dão o direito, em casos adequados, de qualificar nossa conclusão com o advérbio “necessariamente”; outras nos autorizam a dar provisoriamente o passo dos dados para a conclusão; ou a só dá-lo sob certas condições com exceções ou qualificações – para estes casos, há outros qualificadores modais mais adequados, como “provavelmente” e “presumivelmente” (TOULMIN, 2001, p. 144, grifos do autor).

Desta forma, além dos dados, conclusão e garantia, o modelo necessita de mais alguns termos constituintes, passando a ser mais complexo. Esses outros elementos são:

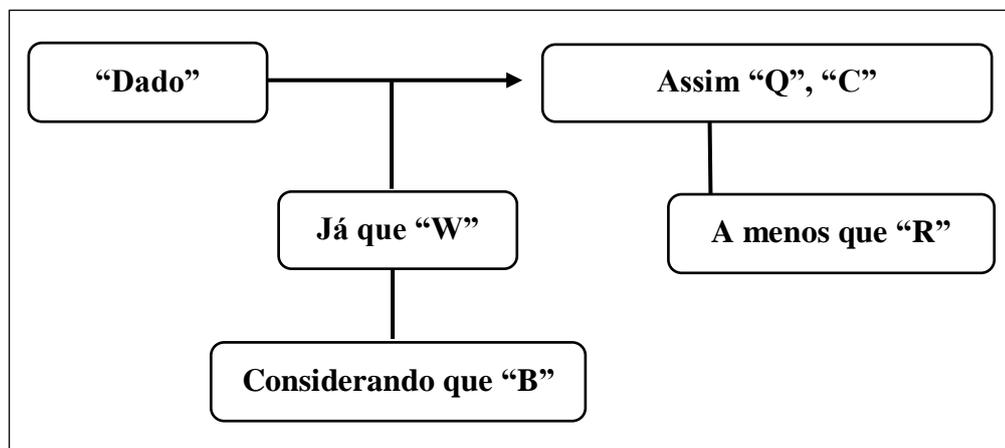
- **Qualificador modal (Q):** É uma referência explícita ao grau de confiança que os dados conferem à conclusão em virtude da existência da garantia, ou seja, indica a força que a garantia empresta à conclusão, apresentando-se, de maneira geral, por meio de um advérbio.
- **Condições de exceção ou refutação (R):** Mostra as situações nas quais a autoridade da garantia não tem validade, contestando as suposições criadas.
- **Conhecimento básico ou apoio (B⁹):** São fatos adicionais com o objetivo de legitimar, defender e auxiliar na validação ou refutação de uma garantia, fazendo uma referência categórica baseada em um conhecimento básico, uma lei ou uma autoridade, por exemplo.

Enfatizamos que, segundo Toulmin (2001, p. 152),

Para haver argumento é preciso apresentar os dados de algum tipo; uma conclusão pura, sem quaisquer dados apresentados em seu apoio, não é um argumento. Mas o apoio das garantias que explicitamos não tem de ser explicitados, pelo menos para começar; as garantias podem ser aceitas sem desafio, e seu apoio pode ser deixado subentendido (TOULMIN, 2001, p. 152).

Assim, os qualificadores modais e refutadores são diferentes tanto dos dados como das garantias, por essa razão possuem lugares separados no modelo proposto, já o apoio está ligado à garantia. Desta maneira, o padrão proposto por Toulmin (2001) para analisar a microestrutura de um argumento assume o seguinte aspecto:

Figura 3: Padrão de argumento completo proposto por Toulmin



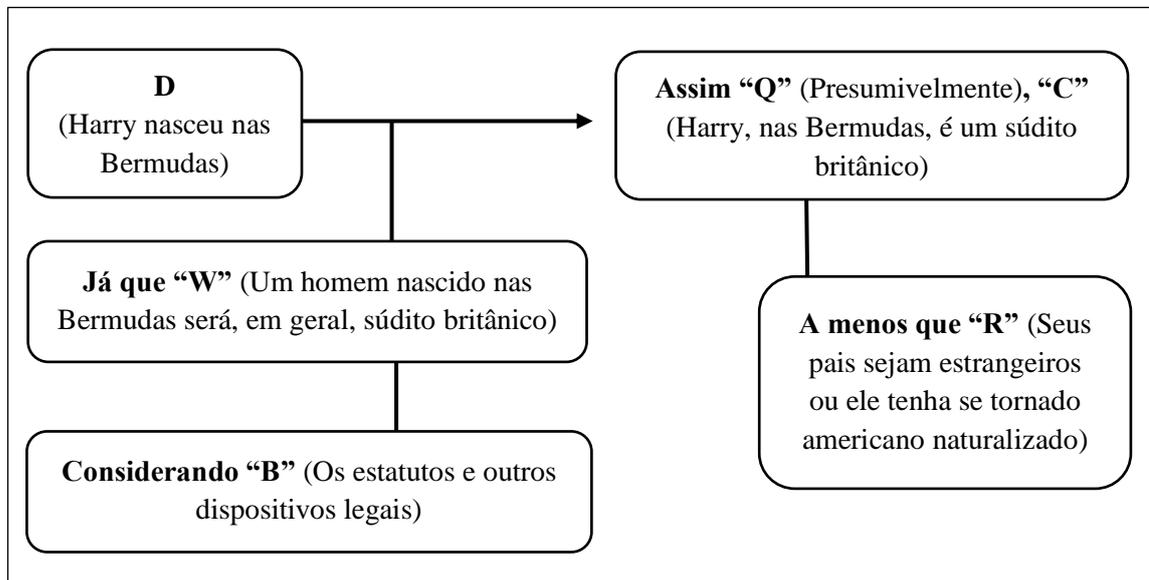
Fonte: Adaptado de Toulmin (2001, p. 150)

⁹ B – Inicial da palavra original em inglês Backing, que significa Apoio.

Assim, uma apresentação do argumento conforme o padrão de Toulmin pode ser representada como: a partir de D (**dados**) assim, Q (**qualificadores**), C (**conclusão**), já que W (**garantia**), considerando que B (**apoio**), a menos que R (**refutação**).

Para o exemplo exposto anteriormente, o modelo completo ficará da seguinte maneira:

Figura 4: Exemplo de aplicação do padrão de argumento completo proposto por Toulmin



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001, p. 151)

Logo, essa situação apresenta um argumento no padrão completo de Toulmin, em que

Em apoio à alegação (C) de que Harry é súdito britânico, apelamos ao dado (D) de que ele nasceu nas Bermudas, e a garantia pode então ser afirmada na forma 'um homem nascido nas Bermudas pode ser considerado súdito britânico'; no entanto, como as questões de nacionalidade são sempre sujeitas a qualificações e condições, teremos de inserir um 'presumivelmente' qualificado (Q) diante da conclusão, e notar que a nossa conclusão pode ser refutada caso se verifique (R) que seus pais eram estrangeiros, ou então que, depois disso, ele se naturalizou norte-americano. Finalmente, caso a própria garantia seja desafiada, poderemos inserir o apoio (B) (TOULMIN, 2001, p. 150, grifos do autor).

O modelo em discussão funciona como um indicador para avaliar a solidez dos argumentos, de maneira que se eles podem ser enquadrados no *layout* proposto então são considerados sólidos, pois apresentam coerência (os elementos lógicos do padrão estão relacionados) e consistência (os argumentos são livres de contradições internas) (VIEIRA e NASCIMENTO, 2013).

Desta maneira, apesar do padrão de Toulmin não se tratar especificamente do campo educacional, ele mostra-se útil para a análise e compreensão da argumentação em sala de aula,

tendo como foco observação da coesão e consistência do argumento a partir de sua estrutura e seus elementos lógicos constitutivos.

Por essa razão, o modelo de análise da microestrutura de um argumento é amplamente utilizado por vários pesquisadores de educação matemática e científica para analisar, totalmente ou parcialmente, os argumentos em sala de aula: Krummheuer (1995), Capecchi e Carvalho (2000), Driver, Newton e Osborne (2000), Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000), Osborne et. al. (2001), Pedemonte (2002), Erduran, Simon e Osborne (2004), Boavida (2005), Locatelli e Carvalho (2007), Sasseron (2008), Nunes (2011), Carmo e Carvalho (2012), Vieira e Nascimento (2013), Sasseron e Carvalho (2011, 2013, 2014), Carmo (2015), entre outros.

Enfatizamos que este padrão foi concebido para analisar funções de elocuições particulares que se encontram ao nível das frases individuais e contínuas. Entretanto, pensando nos processos discursivos que ocorrem em sala de aula, pode acontecer do argumento se completar somente após várias colocações ou ainda de maneira coletiva, podendo alguns elementos lógicos acontecerem de maneira implícita (DRIVER, NEWTON e OSBORNE, 2000; SASSERON, 2008).

Nesse sentido, compreendemos por argumentação todo processo (oral, escrito ou gestual) que relaciona evidências e dados teóricos ou empíricos, permitindo o estabelecimento de uma conclusão, que podem estar associados a justificativas e refutações que alicercem e fortaleçam as alegações levantadas.

Sendo assim, defendemos que o padrão argumentativo de Toulmin contribui para a estruturação do argumento, e será utilizado como referencial de análise dos argumentos produzidos durante a aplicação da atividade experimental investigativa.

Outro instrumento que utilizaremos para analisar o desenvolvimento argumentativo em nossa proposta metodológica, são alguns propósitos e ações do professor para favorecer a argumentação em sala de aula que serão explanados no tópico a seguir.

1.1.2 Propósitos e ações do educador para promover a argumentação

O processo de argumentação em classe possui finalidades delimitadas, que emergem da interação professor-alunos-conhecimentos. Sendo que, para se atingir tais objetivos, algumas ações precisam ser realizadas pelo docente de forma “a possibilitar que os estudantes trabalhem na construção de entendimento sobre temas debatidos em sala de aula” (SASSERON e CARVALHO, 2013, p. 176).

A partir dos propósitos do educador, pode-se perceber como o planejamento está associado à estruturação do argumento, pois tais etapas caracterizam-se por organizar as atividades pedagógicas propostas e auxiliar no estabelecimento dos elementos constituintes do argumento. Desta maneira, associado a cada intenção, existem ações que o professor desempenha, as quais se referem a organização do espaço e ao conteúdo abordado, que despontam possibilidades de se examinar a qualidade das ideias em discussão (SASSERON, 2013; SASSERON e CARVALHO, 2013).

Sobre esses propósitos e as ações, Sasseron (2013) afirma que existem duas grandes esferas da atuação do professor que promovem a argumentação em sala de aula: os pedagógicos e epistemológicos. Segundo a autora, ambas as dimensões devem acontecer simultaneamente para que as interações entre alunos e professor aconteçam e, assim, ocorra o surgimento de argumentos.

Os propósitos pedagógicos estão relacionados ao desenvolvimento de intervenções em sala de aula que contribuem para a organização no espaço e do tempo de uma atividade educacional proposta. Essas intenções auxiliam no desenvolvimento da argumentação por estarem associados à criação de possibilidades para que os estudantes realizem investigações, interajam discursivamente e divulguem suas ideias.

Os propósitos pedagógicos e suas respectivas ações são apresentados na Figura 5:

Figura 5: Propósitos e ações pedagógicos do educador para promover argumentação

PROPÓSITOS E AÇÕES PEDAGÓGICOS DO EDUCADOR	
Propósitos Pedagógicos	Ações Pedagógicas
Planejamento da atividade	Definição dos objetivos, organização de materiais necessários e preparação do cronograma.
Organização da atividade	Divisão de grupos e/ou tarefas, organização do espaço, distribuição de materiais, limite de tempo.
Ações disciplinares	Proposição clara das atividades a serem realizadas, atenção ao trabalho dos alunos, ações disciplinares.
Motivação	Estímulo à participação, acolhida das ideias dos alunos.

Fonte: Adaptado de Sasseron (2013, p. 48)

Cada propósito pedagógico do professor, está relacionado com certas atitudes que o mesmo pode desempenhar para organizar sua aula. Desta maneira, a partir das considerações de Sasseron (2013), analisamos detalhadamente essas relações a seguir:

- **Planejamento da atividade:** É importante que as ações ligadas a esse propósito aconteçam antes da aula, pois a definição dos objetivos deve pautar o trabalho futuro. Os materiais precisam ser organizados e testados. Além disso, é necessário preparar o cronograma da aula.

- **Organização da atividade:** As atividades de sala de aula podem prever ações conjuntas e individuais. O professor precisa deixar claro aos discentes como a mesma vai acontecer, promovendo, se necessário, a divisão de grupos e/ou tarefas. Deve-se ainda organizar o espaço de maneira adequada e realizar a distribuição dos materiais.

Além disso, uma atividade deve ter tempo para iniciar e acabar: enquanto os alunos e/ou grupos tiverem verdadeiramente envolvidos com a investigação, o tempo pode ser estendido, mas é preciso estar atento para encerrar uma etapa e iniciar outra quando o trabalho estiver satisfatório para todos (SASSERON, 2013).

- **Ações disciplinares:** Relacionado ao item anterior, estas ações estão relacionadas à execução e orientação das atividades, mas pautam-se nas relações interpessoais. Assim, o docente pode pedir a atenção de todos para determinada discussão, informar qual atividade será feita, repreender comportamentos inadequados, assim como ser claro quanto ao que se pede e se espera dos alunos.

- **Motivação:** O educador pode motivar os alunos usando perguntas intrigantes que servirão de gatilho para análise e discussão dos dados, informações e conhecimentos já existentes. Outra forma de estímulo é acolher todas as ideias dos alunos e oferecer oportunidades para que todos participem.

Outro conjunto de propósitos e ações do professor são aqueles associados à constituição do conhecimento. Sasseron (2013) assevera que essas intenções epistemológicas estão intrinsecamente ligadas à construção de um argumento fundamentado cientificamente.

Segundo a autora são ressaltados alguns passos metodológicos da investigação, como por exemplo o trabalho com dados, informações e saberes; levantamento e teste de hipóteses; explicitação e reconhecimento de variáveis relevantes para o problema em foco; construção de relações entre variáveis; proposição de justificativas e explicações.

As relações propósitos-ações epistemológicas são apresentadas na Figura 6 a seguir:

Figura 6: Propósitos e ações epistemológicas do educador para promover argumentação

PROPÓSITOS E AÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DO EDUCADOR	
Propósitos Epistemológicos	Ações Epistemológicas
Retomada de ideias já discutidas	Referência a ideias previamente trabalhadas e/ou experiências prévias dos alunos.
Proposição de problema	Problematização de uma situação.
Teste de ideias	Reconhecimento e teste de hipóteses.
Delimitação de condições	Descrição, nomeação e caracterização do fenômeno e/ou objetos.
Reconhecimento de variáveis	Delimitação e explicitação de variáveis.
Correlação de variáveis	Construção de relação entre variáveis, construção de explicações.
Avaliação de ideias	Estabelecimento de justificativas e refutações.

Fonte: Adaptado de Sasseron (2013, p. 50)

De acordo com Sasseron (2013), esses propósitos e ações são assim detalhados:

- **Retomada de ideias:** É uma estratégia para o levantamento do que já se tem como alicerce para as discussões que vão ocorrer. É uma maneira de o professor iniciar o trabalho de organização de informações e tomada de consciência sobre os dados à disposição.
- **Proposição de problema:** Atua como gatilho para a investigação. Vale mencionar que, em muitos casos, para que a investigação possa trazer resultados mais consolidados do ponto de vista do argumento em construção, outras perguntas podem ser feitas associadas ao problema central.
- **Teste de ideias:** O teste pode ocorrer de maneira empírica ou hipotética. Ele está associado ao problema proposto pelo professor, sendo um incentivo para que os alunos ponham à prova as ideias que apresentam para a solução da problemática. Muitas vezes aparece como uma condição do tipo “e se...”.
- **Delimitação de condições:** Trata-se da descrição e nomeação de ações realizadas e efeitos obtidos. Sua importância sustenta-se na necessidade de que as ações sejam construídas

ou reconstruídas mentalmente, o que possibilita a tomada de consciência sobre as condições em torno do fenômeno em investigação.

- **Reconhecimento de variáveis:** É um passo posterior ao reconhecimento das ações realizadas. Agora o que está sendo reconhecido são as variáveis que atuam no fenômeno e relevantes para a sua construção.

- **Correlação de variáveis:** Uma vez que os dados foram explicitados, inicia-se a construção de relações entre eles. Pode ser um passo para a avaliação das variáveis anteriormente delimitadas, auxiliando a definir quais delas são, de fato, relevantes. Aqui começam a ser construídas as explicações para o fenômeno.

- **Avaliação de ideias:** Construída as relações entre os fatos, a análise das condições-limite em que certas reações ocorreriam em decorrência de determinadas ações permite avaliar o que foi proposto. Esse movimento de encontrar os limites por meio da avaliação contribui para o estabelecimento de justificativas e de refutações para a resposta encontrada para o problema.

Assim como o professor deve oferecer condições pedagógicas e epistemológicas para o surgimento de argumentos em sala de aula, os alunos também devem apresentar intenções e ações para que ocorra o desenvolvimento da argumentação. Sobre essas atitudes, apresentamos a seguir um conjunto de operações epistemológicas propostas por Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000).

1.1.3 Operações epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação

Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000) analisaram a capacidade dos alunos para desenvolverem argumentos durante a resolução de problemas em sala de aula, procurando diferenciar momentos em que os estudantes faziam e falavam sobre os conteúdos científicos, daqueles em que apenas resolviam as tarefas propostas.

Neste estudo, os autores apresentam uma ferramenta de análise dos argumentos que utiliza o Padrão Argumentativo de Toulmin, para verificar as relações estabelecidas entre as estruturas existentes no modelo, e um quadro que possui diversas formas de ação e pensamento apresentadas pelos estudantes para a construção do conhecimento. Tais atitudes são denominadas de operações epistemológicas e estão especificadas no Figura 7:

Figura 7: Operações epistemológicas apresentadas pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação

OPERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS	
Tipo de Operação Epistemológica	Descrição
Indução	O estudante procura por padrões ou regularidades.
Dedução	Identificação de exemplos particulares de leis ou regras.
Causalidade	O aluno busca por uma relação de causa e efeito, procura por mecanismos de confirmação do conhecimento.
Definição	Manifestação de entendimento de um conceito.
Classificação	Agrupamento de objetos e organismos de acordo com os critérios.
Apelo a: - Analogias - Exemplos - Atributos - Autoridade	O estudante faz apelo a analogias, exemplos ou atributos como uma forma de explicação. Pode-se recorrer ainda a uma autoridade, como por exemplo, a fala do professor, uma ideia levantada em um texto ou um vídeo.
Consistência: - Com outro conhecimento - Com experiência - Compromisso de consistência - Metafísico (estado do objeto)	O aluno utiliza fatores que dão coerência e entendimento ao que está sendo discutido. Essa consistência pode surgir por meio de uma experiência e/ou pelo uso de outros conhecimentos. Pode-se ainda buscar um compromisso de consistência com o que está sendo dito, ou observar o estado metafísico do objeto.
Plausibilidade	Afirmação ou avaliação de seu próprio conhecimento ou dos outros estudantes.

Fonte: Adaptado de Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000, p. 768, tradução nossa)

Os pesquisadores salientam que as operações epistemológicas favorecem a condução da argumentação e proporcionam coerência às ideias expostas e defendidas. É enfatizada ainda a necessidade de o educador criar um ambiente adequado em sala de aula que leve os estudantes

a investigar e resolver problemas de maneira colaborativa, o que propicia a aprendizagem e o desenvolvimento de argumentos coerentes (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Acerca da necessidade de criação de um ambiente investigativo que possa conduzir e mediar a aprendizagem, bem como favorecer a argumentação em sala de aula, apresentamos a seguir algumas discussões sobre experimentação e uma proposta de sequência de ensino baseada em atividades experimentais investigativas.

1.2 A EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA E O FAVORECIMENTO DA ARGUMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Experimentar é próprio da natureza humana, por essa razão crianças pequenas se expõem ao perigo ao tentar conhecer tudo o que as rodeia, os jovens experimentam para descobrir seus limites, já os adultos experienciam para aperfeiçoar seus saberes na culinária, no trânsito, no jogo, etc. Assim sendo, experimentar assume o sentido de pôr à prova, ensaiar, testar, verificar um determinado fenômeno, investigar (LORENZATO, 2010).

Na escola, a experimentação é um processo que permite o aluno se envolver com o conteúdo em estudo, levantar hipóteses, procurar alternativas, avaliar resultados, bem como participar das descobertas e socializações com seus pares. Desta forma, as atividades experimentais possuem um caráter motivador, promovendo o raciocínio, a reflexão, a construção do conhecimento e uma melhor compreensão das etapas de ação das ciências (GIORDAN, 1999; ROSITO, 2000; MALHEIRO, 2005, 2016; LABURÚ, 2006; LORENZATO, 2010).

Experimentar é valorizar também a construção do saber em vez do resultado dele, pois na formação do aluno, “mais importante que conhecer a solução é saber como encontrá-la” (LORENZATO,). Tal aspecto desperta ainda mais o interesse do discente (LABURÚ, 2006), e favorece a aprendizagem com significado (LORENZATO, 2010), pois “só é possível explicar um fenômeno a partir do momento em que este seja pessoalmente significativo, a partir do momento em que a curiosidade seja despertada nos estudantes” (FRANCISCO JUNIOR, FERREIRA e HARTWIG, 2008, p. 36).

A utilização da experimentação em sala de aula exige que o professor conheça bem o assunto a ser aprendido pelos discentes, que os objetivos estejam bem definidos, que as estratégias de ensino e abordagem estejam adequadas, e que os materiais didáticos estejam

disponíveis (LABURÚ, 2006; LORENZATO, 2010; MALHEIRO, 2016). O educador deve ainda “saber de antemão que dificuldades seus alunos podem ter e que perguntas eles podem fazer, além das que ele mesmo deverá fazer para que os alunos tenham possibilidade de dizer o que estão pensando” (CARVALHO et. al., 2009, p. 12).

Sobre os materiais, muitos professores acreditam que o ensino experimental exige equipamentos avançados e sofisticados, entretanto, conforme afirmam Rosito (2000) e Carvalho et. al. (2009), é possível realizar experimentos na sala de aula, ou mesmo fora dela, utilizando materiais de baixo custo.

A experimentação pode ser organizada de muitas maneiras, desde estratégias que focalizam a simples ilustração ou verificação de leis, até aquelas que estimulam a criatividade dos alunos e proporcionam condições para refletirem e reverem suas ideias a respeito dos mais variados fenômenos (OLIVEIRA, 2010). Segundo Araújo e Abib (2003) as práticas experimentais podem ser classificadas em três tipos de abordagens ou modalidades, são elas: atividades de demonstração, de verificação e de investigação.

Os experimentos de demonstração caracterizam-se principalmente pela simples ilustração de alguns aspectos dos conteúdos abordados, sendo um exercício centrado no professor que executa o experimento enquanto os alunos observam os fenômenos ocorridos. Geralmente são integradas às aulas expositivas, sendo realizadas no seu início, com o intuito de despertar o interesse do aluno para o tema a ser estudado, ou no término da aula, como forma de relembrar os conteúdos apresentados (ARAÚJO e ABIB, 2003; OLIVEIRA, 2010).

Já as práticas de verificação são empregadas com a finalidade de se verificar ou confirmar a validade de uma lei ou teoria. Pelo fato de necessitar da abordagem prévia do conteúdo, essa modalidade deve ser aplicada após a aula expositiva. Ao professor cabe a função de propor o experimento e fiscalizar as ações dos estudantes (ARAÚJO e ABIB, 2003). A desvantagem desse tipo de atividade está, principalmente, no fato da pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos e dos resultados dos experimentos serem relativamente previsíveis, o que não estimula a curiosidade dos estudantes (OLIVEIRA, 2010).

As atividades experimentais investigativas representam uma estratégia em que experimentos qualitativos são propostos como forma de investigar as relações e conceitos em foco. Os alunos ocupam uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento, assumindo um papel de maior participação em todas as etapas da investigação (ARAÚJO e ABIB, 2003; OLIVEIRA, 2010; MALHEIRO, 2016).

Para Sasseron (2013), investigação está relacionada com pesquisa, podendo acontecer tanto em meios científicos e acadêmicos quanto em sala de aula, sendo que o mais importante

não é o seu fim, mas o caminho trilhado. Segundo a autora, o essencial é que esses momentos de ensino apresentem uma problemática instigante, assim como condições para resolvê-la.

Malheiro e Fernandes (2015) acrescentam que o recurso ao trabalho experimental investigativo tem o objetivo de resolver um problema real, constituindo “uma estratégia pedagógica com potencial inovador, porquanto possibilita o trabalho em grupo, a pesquisa e a construção de novos conhecimentos e, por isso também, potenciadora de aprendizagens mais amplas e significativas para os alunos” (p. 80).

Segundo diversos autores (MALHEIRO, 2005, 2016; FRANCISCO JÚNIOR, FERREIRA e HARTWIG, 2008; SUART e MARCONDES, 2008; CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013; MALHEIRO e FERNANDES, 2015), a atividade experimental deve surgir em virtude da problematização de um conteúdo. Assim, se uma aula experimental for organizada de forma a colocar o discente diante de uma situação problema, “poderá contribuir para o aluno raciocinar logicamente sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível” (SUART e MARCONDES, 2008, p. 3).

Outro aspecto importante a ser observado na modalidade experimental investigativa é o papel do professor, já que o experimento, sua interpretação e expressão de linguagem científica deixam de ser sua única responsabilidade, passando a assumir a função de problematizador e estimulador de perguntas e reflexões dos estudantes (FRANCISCO JÚNIOR, FERREIRA e HARTWIG, 2008). Desta maneira, existe uma “troca de saberes entre os sujeitos envolvidos no ato educativo, necessariamente comunicativo, pelo qual se constrói um conhecimento novo” (Ibidem, p. 40).

Carvalho et. al. (2009) confirma essa ideia ao afirmar que o professor é a figura-chave no processo de desenvolvimento das atividades experimentais investigativas, pois leva os seus alunos a agir de maneira autônoma e atuar em cooperação. O educador pode ainda usar a experimentação como um instrumento de avaliação formativa, adotando o erro como base de construção do saber.

Sobre o papel do erro em práticas experimentais, Giordan (1999, p. 5) assevera que

Uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado ao que supõe ser a causa explicativa do fenômeno, em lugar de promover uma reflexão racionalizada. O erro num experimento planta o inesperado em vista de uma trama explicativa fortemente arraigada no bem-estar assentado na previsibilidade, abrindo oportunidades para o desequilíbrio afetivo frente ao novo. Rompe-se com a linearidade da sucessão “fenômeno corretamente observado/medido \Rightarrow interpretação inequívoca”, verdadeiro obstruidor do pensamento reflexivo e incentivador das explicações imediatas (GIORDAN, 1999, p. 5, grifos do autor).

Outra característica positiva do uso de experimentos está relacionada à temática central desse capítulo: a argumentação. Muitos são os autores que destacam a contribuição da experimentação investigativa para o desenvolvimento de argumentos em sala de aula, dentre eles podemos citar: Capecchi e Carvalho (2000), Galiazzi e Gonçalves (2004), Biasoto e Carvalho (2007), Colombo Junior et. al. (2012), Oliveira (2013), Sasseron (2013), Motokane (2015), entre outros.

Galiazzi e Gonçalves (2004) colocam que a utilização de atividades experimentais contribui para o diálogo, a explicação do conhecimento e a construção de argumentos válidos. A argumentação é favorecida pela “discussão das teorias pessoais do grupo e, nessa perspectiva, o trabalho em grupo pode ter um papel essencial, colaborando para a autonomia do coletivo e para a socialização dos alunos” (Ibidem, p. 331).

Sasseron (2013) apresenta que em uma atividade de investigação podem acontecer, simultaneamente, diversas interações entre as pessoas, entre as pessoas e os conhecimentos prévios, entre as pessoas e os objetos. A partir dessas relações, muitos momentos exigem a defesa, comunicação e explicitação de ideias, surgindo, assim, a argumentação.

Outros pesquisadores corroboram essa visão e afirmam que a experimentação cria um ambiente propício para que os estudantes apresentem suas opiniões, visando a elaboração de explicações, o que implica na apresentação de argumentos (CAPECCHI e CARVALHO, 2000; COLOMBO JUNIOR et. al., 2012; OLIVEIRA, 2013).

Motokane (2015) considera que sequências didáticas investigativas, dentre elas a experimentação, favorecem o desenvolvimento de habilidades argumentativas ao promover a exteriorização da aprendizagem de um conteúdo ensinado, apresentando argumentos que expressem e justifiquem uma opinião.

Biasoto e Carvalho (2007) acrescentam que os problemas experimentais são os mais adequados para a análise da argumentação, pois os alunos são levados a realizar, em grupo, uma série de operações típicas do desenvolvimento argumentativo.

Aliado à essas colocações, apresentamos a seguir as etapas da experimentação investigativa proposta por Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013).

1.2.1 Etapas da experimentação investigativa

Dentro deste contexto teórico, Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013) propõem Sequências de Ensino Investigativas (SEI) focadas em práticas experimentais de investigação voltadas para o ensino fundamental, isto é, propostas de aulas abrangendo um tópico do

programa escolar em que cada atividade é planejada sob o ponto de vista do material e das interações didáticas.

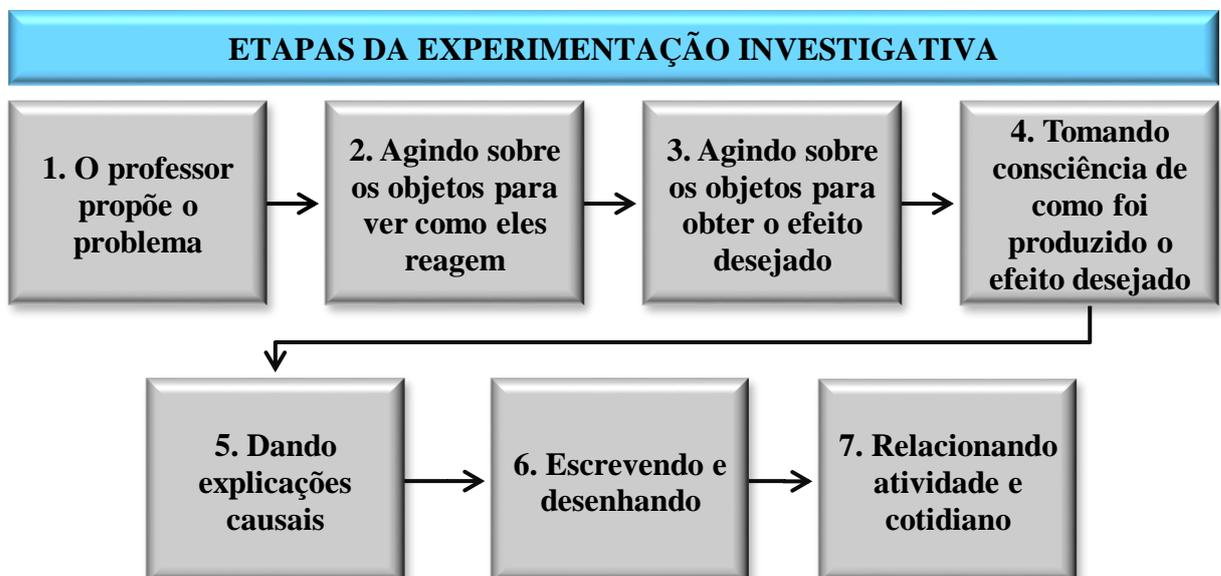
Tais sequências visam proporcionar aos alunos condições de trazer seus saberes prévios para iniciarem os novos, levantar suas próprias hipóteses e testá-las, proporcionando momentos para que essas ideias sejam discutidas em grupo e com orientação do professor; passando, assim, do conhecimento espontâneo ao científico (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

Desta forma, Carvalho et. al. (2009) orientam os professores a adotarem uma “cultura experimental” em que o conhecimento é construído a partir da ação e reflexão dos resultados obtidos nas experimentações. Os autores apresentam, então, uma metodologia construtivista de ensino, que deve conter sete etapas para que a experimentação aconteça. Essas fases irão organizar e guiar o trabalho experimental investigativo, evidenciando o papel do educador e do aluno ao longo das atividades.

Os autores colocam ainda que pode existir a possibilidade de superposição ou inversão dos momentos propostos, entretanto é importante que o professor compreenda a função a cada etapa.

Desta maneira, conforme Carvalho et. al. (2009), evidenciamos na Figura 8 as etapas da experimentação investigativa. Em seguida, especificamos o que acontece em cada momento, destacando a postura do educador e dos alunos ao longo das atividades.

Figura 8: Etapas da experimentação investigativa



Fonte: Adaptado de Carvalho et. al. (2009)

- **Etapa 1: O professor propõe o problema**

Inicialmente, o professor precisa dividir a turma em grupos de quatro ou cinco alunos, que devem ser pequenos para facilitar o diálogo entre os discentes e permitir que tenham mais oportunidades de manipular o material.

Em seguida, o educador propõe o problema aos estudantes, apresentando o material experimental a ser utilizado na solução da situação problemática, tendo cuidado com os gestos para não dar a resposta nem mostrar como manipular os objetos para obtê-la. Na sequência, os materiais são distribuídos entre os grupos.

É importante salientar que a resolução da problemática não deve ser comunicada aos estudantes, pois eles próprios devem chegar a ela. É comum, principalmente nas primeiras séries do ensino fundamental, que o professor indique a resposta sem querer, o que pode eliminar toda a possibilidade de o aluno pensar.

Carvalho (2013) enfatiza que o problema não pode ser uma questão qualquer, pois o mesmo deve ser muito bem planejado, sendo interessante para os discentes de tal modo que eles se envolvam na procura de uma solução e que possam expor os conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto. “É a partir desses conhecimentos anteriores e da manipulação do material escolhido que os alunos irão levantar suas hipóteses e testá-las com a finalidade de resolver o problema” (Ibidem, p. 11).

Quanto ao material didático experimental, ele deve permitir que o estudante, ao resolver o problema, possa diversificar suas ações, já que é quando o aluno varia a ação e observa alterações correspondentes da reação do objeto que ele tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. “Se isso não ocorre, isto é, se não há uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, um fenômeno oferece pouca oportunidade para estruturação intelectual” (Ibidem, p. 11).

- **Etapa 2: Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

Os alunos se debruçam sobre o material experimental para se familiarizar com os elementos e verificar como eles reagem. Ao professor cabe o papel de verificar se o problema proposto foi entendido pelos grupos, dando alguma assistência caso seja necessário sem nunca dar respostas prontas, pois os estudantes devem trabalhar autonomamente para solucionar a situação problemática.

É relevante que o educador observe se todos os discentes estão tendo a oportunidade de manipular o material, já que a atitude entre eles deve ser de colaboração. Contudo, em algumas

ocasiões, alguns alunos podem não dividir as funções e objetos experimentais com os colegas, devendo existir, nesse momento, a intervenção do docente.

- **Etapa 3: Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Num segundo momento da manipulação, quando já estiverem habituados com o material, os estudantes passarão, efetivamente, a agir para obter o efeito que corresponde a solução do problema. O professor deve passar pelos grupos pedindo-lhes que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de certificar-se que os discentes entenderam e conseguiram resolver o problema, o docente cria condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

São as ações manipulativas que darão condições para os alunos levantarem hipóteses (ou seja, ideias para resolvê-lo) e os testes destas hipóteses (ou seja, pôr esses pensamentos em prática). É a partir das hipóteses que, quando testadas experimentalmente e deram certo, eles terão oportunidade de construir o conhecimento em foco. As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nesta construção, pois é a partir do erro que os alunos têm confiança sobre o que é o certo, eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema (CARVALHO, 2013).

- **Etapa 4: Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Depois que os grupos terminarem de resolver o problema, o professor deve recolher o material experimental a fim de que a atenção se volte para a discussão das questões. Em seguida deve desfazer os grupos pequenos e organizar a classe para um debate entre todos os alunos e o educador.

O ideal é um grande grupo, em círculo ou semicírculo, em que cada aluno possa ver, escutar e discutir as opiniões com todos os seus colegas. Quando equipes menores são mantidas, é comum surgir, em cada uma, um “porta-voz”, o que tira a oportunidade de todos contarem o que fizeram, dificultando a organização individual das ideias e conceitos que estão sendo sistematizados.

Para começar a discussão, o professor pede que os alunos contem como fizeram para resolver o problema, buscando a participação dos estudantes, levando-os a tomar consciência do que fizeram. O docente deve estar atendo à todas as colocações e descrições, mesmo que elas se repitam, ouvindo com entusiasmo todos os relatos e considerações feitas.

Esta etapa corresponde à passagem do trabalho manipulativo à ação intelectual, em que os “alunos vão mostrando, por meio do relato do que fizeram, as hipóteses que deram certo e

como foram testadas. Essas ações intelectuais levam ao início do desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências” (CARVALHO, 2013, p. 12).

- **Etapa 5: Dando explicações causais**

Quando o professor percebe que todos já relataram o que e como fizeram para resolver o problema, a próxima pergunta deve ser “Por que vocês acham que deu certo?” ou “Explique por que deu certo?”. Ao se fazer esses questionamentos, nem sempre os estudantes chegam de imediato a uma explicação, devendo o docente reformular as questões para que todos possam avançar no conhecimento.

Nesta fase, os alunos irão procurar uma justificativa para o fenômeno ou mesmo uma explicação causal, mostrando para todos uma argumentação científica sobre os conteúdos em foco. Essa explanação leva a procura de uma palavra ou um conceito que explique o fenômeno. É nessa etapa que existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos (CARVALHO, 2013).

- **Etapa 6: Escrevendo e desenhando**

Essa é a etapa da sistematização individual do conhecimento. Durante a resolução da situação problema os estudantes construíram uma aprendizagem social ao discutir primeiramente com seus pares e depois com a classe toda sob a supervisão do professor. É necessário, então, um momento de aprendizagem individual (CARVALHO, 2013).

Para isso, o educador solicita aos alunos que escrevam e/ou façam um desenho sobre a experiência, podendo ser sugerido que contem o que fizeram, expliquem por quê o fenômeno aconteceu e ainda o que aprenderam com o experimento.

- **Etapa 7: Relacionando atividade e cotidiano**

Esse é o momento de aproximação com a realidade, ou seja, ultrapassa-se a manipulação de objetos e propõem-se atividades que levam à contextualização social do conhecimento e/ou aprofundamento do conteúdo abordado pela experimentação.

São vários os tipos de atividades possíveis de serem planejadas. As mais simples se reduzem a questões relacionadas a situações no cotidiano. Com isso, o professor estimula os estudantes e valoriza a diversidade de experiências particulares que cada um traz para a sala de aula.

Podem ser usados diversos tipos de estratégias e materiais didáticos como: pequenos vídeos, imagens, desenhos, textos de contextualização, apresentações em slides, jogos, simulações, entre outros. O ideal é que essas atividades constituam aplicações interessantes do conhecimento que está sendo desenvolvido e que sejam pensadas como momentos investigativos que levem todos a discutir e expor suas ideias.

A partir desses momentos busca-se desenvolver a sistematização do saber envolvido nas etapas anteriores, ou seja, almeja-se que o conteúdo curricular seja explorado e que os alunos consigam compreender sua aplicação no cotidiano.

Diante desses pressupostos, adotamos a experimentação investigativa como instrumento metodológico por entendermos que ela favorece o desenvolvimento da competência argumentativa, bem como a análise da estrutura e da qualidade dos argumentos apresentados pelos alunos.

Para viabilizar a concretização de nossa proposta, no próximo capítulo descreveremos os caminhos trilhados e a metodologia adotada, assim como caracterizaremos os sujeitos da pesquisa, a dinâmica do ambiente pesquisado, o experimento aplicado e o produto final gerado por esta investigação.

2 O DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Toda investigação se baseia em alguma orientação teórica acerca de suas opções metodológicas, devendo o pesquisador estar consciente dos fundamentos estruturais e procedimentais adotados para que possa produzir e analisar seus dados. Tal fundamentação se torna relevante pois a “teoria ajuda à coerência dos dados e permite ao investigador ir para além de um amontoado pouco sistemático e arbitrário de acontecimentos” (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 52).

Entendendo ainda que existe uma compatibilidade indissolúvel entre o problema a ser pesquisado, o referencial teórico sobre o qual essa problemática é entendida e a metodologia empregada para resolvê-lo (CARVALHO, 2011), buscamos, no presente capítulo, apresentar o desenho metodológico da investigação.

Para isso, inicialmente anunciamos as opções metodológicas e procedimentais, destacando os princípios teóricos assumidos. Na sequência, caracterizamos o Clube de Ciências “Prof. Cristovam W. P. Diniz” da Universidade Federal do Pará – Campus Castanhal, destacando suas peculiaridades, público alvo e metodologia adotada. Em seguida, descrevemos a atividade experimental investigativa proposta, denominada pelos estudantes de Problema das Formas. Logo após, indicamos a proposta de produto final da investigação.

2.1 OPÇÕES METODOLÓGICAS E PROCEDIMENTAIS

Considerando a questão norteadora e os objetivos dessa pesquisa, assumimos uma abordagem metodológica qualitativa de acordo com os pressupostos de Bogdan e Biklen (1994), que a concebem como um conjunto de “estratégias de investigação que partilham determinadas características” (p. 16), constituindo-se, assim, como um processo de reflexão e análise da realidade observada (OLIVEIRA, 2014).

Nesse sentido, de acordo com a caracterização feita por Bogdan e Biklen (1994), os dados são constituídos em um ambiente natural educativo, sendo ricos em pormenores descritivos. Logo, o investigador qualitativo busca observar todo o processo ao invés de apenas os resultados, sempre analisando as informações à medida que forem sendo obtidas e agrupadas, para assim se chegar à interpretação válida e fidedigna dos fatos alcançados.

A constituição dos dados a serem analisados deu-se essencialmente por meio de videografações na íntegra das aulas, com posteriores transcrições das falas dos alunos e da professora-monitora. Segundo Carvalho (2011), a utilização de filmagens em investigações educacionais permite a transposição do limite do observável em relação aos métodos de ensino e aprendizagem, levando a uma mudança de paradigma nas pesquisas didáticas.

Este procedimento facilita a observação das argumentações desenvolvidas durante uma atividade em sala de aula, assim como a visualização das atitudes do professor para conduzir o processo (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000; TOULMIN, 2001; CARVALHO, 2011, 2013; SASSERON, 2013).

Carvalho (2011) ressalta que o pesquisador deve preocupar-se em triangular os seus dados, ou seja, buscar outras fontes de informações que possam oferecer visões distintas do mesmo fenômeno. Desta maneira, para complementação dos elementos obtidos pelas câmeras de vídeo, também fizemos uso de fotografias, gravações de áudio e notas de campo.

Cabe ressaltar que tais opções de levantamento informacional possibilitam o retorno, sempre que necessário, aos materiais da investigação. Esse ver e rever traz às pesquisas em ensino uma coleção de dados novos, permitindo ver “aquilo que não foi possível observar durante a aplicação do experimento em sala de aula” (CARVALHO, 2011, p. 33).

Para interpretação das informações, optamos em utilizar a Análise de Conteúdo desenvolvida por Bardin (2011). Tal metodologia é definida pela autora como um

conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48, grifos do autor).

Ainda de acordo com Bardin (2011), comunicação é entendida como um veículo de significados de um emissor para um receptor. Logo, esta técnica de análise pode ser aplicada a variados tipos de códigos linguísticos, icônicos ou semióticos, abrangendo monólogos, diálogos, comunicações em massa ou em um grupo restrito.

Sendo assim, essa abordagem tem por finalidade efetuar deduções lógicas e justificativas, referentes às mensagens tomadas em consideração. Para isso, o analista possui a sua disposição um conjunto de operações analíticas, adaptáveis à natureza do material e à questão que se procura resolver (Ibidem).

Bardin (2011) elenca um conjunto de três fases a serem seguidas para que se aplique a análise de conteúdo, são elas: (a) A pré-análise; (b) A exploração do material; e (c) O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

A pré-análise consiste na organização dos materiais a serem analisados, com o intuito de torná-los operacionais e sistematizar as ideias iniciais. Já a segunda fase corresponde à exploração do material para a definição de categorias de análise, bem como a identificação das unidades de registro e de contexto.

A terceira e última etapa diz respeito ao tratamento dos resultados obtidos e interpretação, na qual ocorre a condensação e o destaque das informações fornecidas pela análise. Nesse momento, se o analista tiver “à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos - ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas” (Ibidem, p. 131).

Para melhor visualização, interpretação e disposição das falas, da escrita, dos gestos e ações dos alunos e da professora-monitora, buscamos promover a transcrição dos dados levantados, dispondo-a na análise deste trabalho (CARVALHO, 2011).

Ao transcrever essas informações procuramos ser totalmente fiéis às falas, sem substituição de termos por sinônimos. Já os momentos de descontração e conversas paralelas que não tinham relação com o objetivo da pesquisa não foram transcritos. Em relação aos erros de concordância ou das diferenças existentes entre a linguagem oral e escrita, realizamos pequenas correções de ortografia ou gramaticais, contudo procuramos manter as singularidades da linguagem verbal, as interjeições e as gírias (Ibidem).

Carvalho (2011) coloca que as transcrições devem ser organizadas em episódios de ensino, os quais apresentam momentos extraídos da aula em que ficam evidentes eventos que se deseja investigar, sendo selecionadas palavras-chaves que estão relacionadas com a questão problema. Vale ressaltar que em ocasiões educacionais, as interações não ocorrem em uma sequência ininterrupta, já que “os diálogos, as discussões em sala de aula, não são retilíneos” (Ibidem, p. 34).

Nesse sentido, buscamos transcrever em episódios os momentos mais proeminentes em que se evidenciam a participação dos estudantes ao promoverem o levantamento de hipóteses durante a resolução do problema experimental, a argumentação desenvolvida nas discussões, os tipos de perguntas promovidas pela professora-monitora, as sequências das explicações dos estudantes durante uma atividade, entre outras situações (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000; CARVALHO, 2011; CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013).

Outro aspecto relevante das transcrições é a “possibilidade de não se perder informações sobre entonação, pausas, humor, grau de certeza nas afirmações, entre outros” (CARVALHO, 2011, p. 35). Para isso, busca-se padronizar os códigos que facilitem a compreensão do

momento transcrito. Desta maneira, em concordância com Preti (1999) e Carvalho (2011), apresentamos a seguir as principais normas e sinais usados em nossas transcrições:

- Reticências ... : para demarcar uma pausa mais longa. Vale ressaltar que para pausas menores foram usados vírgulas e pontos em seguida. Para demarcar perguntas utilizamos o ponto de interrogação. Outros sinais típicos da língua escrita, como o ponto de exclamação, ponto e vírgula ou dois pontos não foram usados;
- Parênteses (): para inserção dos comentários e observações do pesquisador, tais como gestos e atitudes que auxiliem no entendimento do diálogo. Tais inserções serão destacadas pelo uso do texto em itálico;
- Reticências entre parênteses (...): utilizado para assinalar retomada da fala que foi interrompida em algum momento;
- Letras maiúsculas: para indicar entonação enfática.

Consoante com esses códigos, as transcrições serão evidenciadas de acordo com o quadro abaixo:

Quadro 1: Modelo de quadro para a transcrição das falas dos sujeitos

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas

Fonte: Adaptado de Carvalho (2011)

Na primeira coluna estão dispostos os **Turnos** das falas, que são organizados em uma sequência numérica crescente, indicando a ordem de surgimento dos discursos. Enfatizamos que os turnos são dispostos de acordo com a sequência de apresentação no texto, já que, para a análise dos dados, selecionamos os diálogos que apresentavam pontos mais relevantes para o objetivo da pesquisa.

Em seguida, apresentam-se os **Discursos** dos alunos e da professora-monitora, sendo que, conforme Bakhtin (2003), entendemos por discurso todo enunciado (oral, escrito ou gestual) proferido pelos participantes durante a atividade experimental investigativa aplicada.

Já na terceira coluna será realizada uma breve **Análise** das manifestações discursivas, na qual evidenciamos os **Propósitos da educadora** para promover argumentos, destacando tanto os propósitos pedagógicos (PP) quanto os epistemológicos (PE) desenvolvidos pela professora-monitora (SASSERON, 2013). Identificaremos, ainda, os elementos do **Padrão Argumentativo de Toulmin** (2001), assim como as **Operações Epistemológicas** apresentadas

pelos estudantes no desenvolvimento da argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Diante dos aspectos teórico-metodológicos apresentados, buscamos, a seguir, caracterizar o Clube de Ciências “Prof. Cristovam W. P. Diniz”, destacando suas peculiaridades, público alvo e metodologia adotada, para assim aproximar o leitor do local, do contexto e dos sujeitos da investigação.

2.2 O CLUBE DE CIÊNCIAS “PROF. DR. CRISTOVAM W. P. DINIZ”: O LOCAL, O CONTEXTO E OS SUJEITOS

A educação tem sido proclamada como uma das áreas-chave para se enfrentar os desafios gerados pela globalização, pelo avanço tecnológico e, conseqüentemente, a desmotivação dos estudantes pelos estudos. Nesse cenário, existe a necessidade de se transpor os muros das escolas para espaços não-formais de ensino (GOHN, 2001).

Segundo Gohn (2001), a educação não-formal aborda processos educativos que ocorrem fora das unidades escolares formais, sendo organizada pela sociedade civil ou por instituições de ensino básico ou superior em parceria com a comunidade.

Esse espaço alternativo deve proporcionar experiências didáticas em que o conhecimento possa ser construído e os saberes prévios dos estudantes sejam respeitados. Para isso, ações construtivistas e interdisciplinares podem ser implementadas, fazendo-se uso de metodologias ativas de aprendizagem como a experimentação investigativa e a problematização (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

A partir dessa óptica, o Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão “FormAÇÃO de Professores de Ciências” idealizou e implementou o Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz” na Universidade Federal do Pará - Campus de Castanhal (MALHEIRO, 2016), sendo inaugurado em 19 de setembro de 2015.

Sob a coordenação geral do professor Dr. João Manoel da Silva Malheiro¹⁰, este projeto de educação não-formal, vem desenvolvendo atividades semanais com cerca de 50 estudantes do Ensino Básico, com encontros nas manhãs de sábado, nas dependências da UFPA-Castanhal.

¹⁰ Professor adjunto da Faculdade Pedagogia da Universidade Federal do Pará - Campus de Castanhal, do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas/PPGECM/UFPA, do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas/PPGDECIM/UFPA e do Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos da Amazônia (PPGEAA)/Campus UFPA Castanhal. Pesquisador no Ensino de Ciências com ênfase em Conhecimento Científico e Espaços de Diversidade da Educação das Ciências. Coordenador do Grupo de Pesquisa, Estudo e Extensão FormAÇÃO de Professores de Ciências (UFPA Castanhal). Fundador e coordenador do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”.

A Fotografia 1 mostra o prédio em que acontecem as atividades do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”.

Fotografia 1: Prédio em que acontecem as atividades do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Outubro/2016)

Sua nomenclatura homenageia o renomado educador Dr. Cristovam Wanderley Picanço Diniz¹¹, por suas contribuições no campo da educação experimental investigativa e da problematização, assim como por seu “exemplo de dedicação e empenho para tornar o Ensino de Ciências mais dinâmico, prazeroso e atrativo para nossos alunos” (MALHEIRO, 2009, p. 6).

Em seus ensinamentos, esse mestre pesquisador evidencia que os estudantes “precisam ser alcançados e motivados a permanecer nas escolas a despeito de sua inadequação” (DINIZ, 2012, n.p.), para isso “a educação para a ciência, é componente fundamental” (DINIZ, 2012, n.p.), pois “quem salva um aluno, salva o mundo inteiro” (DINIZ, 2016, n.p.).

Diante dessas lições, o Clube busca implementar um ambiente alternativo destinado, especificamente, para o ensino, pesquisa e extensão de ações didáticas voltadas às Ciências e Matemáticas, almejando a popularização da ciência, a iniciação científica infanto-juvenil e a formação inicial e continuada de professores, e assim apresentar aos participantes novos paradigmas educacionais (MALHEIRO, 2016).

¹¹ Professor associado do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará e chefe do Laboratório de Investigações em Neurodegeneração e Infecção (LNI), vinculado ao Hospital Universitário João de Barros Barreto. Coordenador do Curso de Férias no Estado do Pará, com edições que acontecem desde 2005 (MALHEIRO, 2009; CNPQ, 2016).

Assim sendo, as atividades do projeto são voltadas para estudantes do Ensino Fundamental, mais especificamente 5º e 6º anos (4ª e 5ª séries), com idades entre 9 e 15 anos, e que residam e estudem na área entorno da Universidade.

Tal opção de público alvo deu-se em função da carência social e educacional existente na região. Considera-se ainda que é nesse nível estudantil que os alunos devem e podem vivenciar os conceitos e fenômenos químicos, físicos, biológicos e matemáticos, de modo que construam seus primeiros significados importantes do mundo científico e cotidiano, e se sintam motivados a evoluir nos estudos (CARVALHO et. al., 2009).

Para se alcançar os objetivos pretendidos, adota-se a Experimentação Investigativa como principal metodologia ativa utilizada. Como exposto anteriormente, tal perspectiva pedagógica possui como ponto de partida um problema que, para ser solucionado, é necessário que se execute uma experiência (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

Seguindo as etapas propostas por Carvalho et. al. (2009), a cada dois sábados uma atividade experimental é desenvolvida. No primeiro dia de encontro, efetuam-se os seis primeiros passos, são eles: **1- O professor propõe o problema, 2- Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem, 3- Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado, 4- Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado, 5- Dando explicações causais e 6- Escrevendo e desenhando.**

O segundo sábado é dedicado à sétima e última etapa, **Relacionando atividade e cotidiano**, na qual é realizada a contextualização e a sistematização do conhecimento construído no decorrer do experimento. Nesse momento é comum o uso de imagens, jogos, dinâmicas, histórias em quadrinho, desenhos, simulações, apresentações em slides, exposições teatrais, entre outros.

Vale ressaltar que os materiais utilizados nas experimentações e aproximações com a realidade são de baixo custo e/ou reciclados, tais como garrafas plásticas, isopor, utensílios domésticos, papelão, papéis variados, baldes, bacias, madeira, canetas, lápis, etc.

Em alguns encontros específicos são desenvolvidas atividades de recreação e exibição de filmes infanto-juvenis, dos quais se procura problematizar, a partir do lúdico, algumas situações cotidianas e científicas (CARVALHO, 2013).

Os educadores que acompanham e aplicam as ações experimentais com os alunos são voluntários chamados de professores-monitores, sendo eles licenciados ou em formação inicial, em sua maioria do curso de Pedagogia, que têm a oportunidade de vivenciar na prática pedagógica as metodologias ativas de ensino e aprendizagem que são trabalhadas no Clube (MALHEIRO, 2016).

Para que estejam capacitados a desenvolver o método adotado pelo projeto, os professores-monitores primeiramente participam de um curso de formação¹², no qual os integrantes entram em contato com a perspectiva educativa da Investigação Experimental e da Problematização proposta por Carvalho et. al. (2009).

Os docentes são incentivados, ainda, a publicarem suas práticas pedagógicas em eventos e periódicos que discutem o ensino de Ciências e Matemáticas, contribuindo, assim, em sua formação profissional e acadêmica, bem como na disseminação das experiências educacionais produzidas.

2.2.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Diante da apresentação do local e do contexto da pesquisa e suas respectivas peculiaridades, buscaremos a seguir identificar e caracterizar os estudantes do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz” que participaram como sujeitos desta investigação.

Devido ao grande número de crianças nas salas de aula, e às discussões e movimentações geradas pelos experimentos, buscamos realizar a atividade com um pequeno grupo de alunos. Este procedimento foi necessário para que pudéssemos observar a evolução das argumentações, reduzindo ao máximo as intervenções externas e os ruídos nas filmagens (CARVALHO, 2011).

Segundo Doxsey e Riz (2007, p. 62), o uso desse tipo de técnica permite “reduzir o número de sujeitos numa pesquisa, sem risco de invalidar resultados ou de impossibilitar a generalização para a população como um todo”. Logo, a seleção de alguns estudantes para participarem do trabalho experimental investigativo proposto não compromete os resultados da investigação.

Consideramos, ainda, que “a resolução do problema precisa ser feita em pequenos grupos, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes têm mais facilidade de comunicação” (CARVALHO, 2013).

Assim sendo, após a realização de observações durante alguns encontros do Clube de Ciências, optamos por selecionar quatro alunos do quinto ano e três do sexto ano, totalizando sete sujeitos, sendo todos de escolas públicas municipais ou estaduais, com idades variando de 10 a 14 anos.

¹² A “Escola de Formação de Professores-Monitores para Atuarem no Clube de Ciências” é ministrada por professores-formadores integrantes do Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão FORMAÇÃO de Professores de Ciências.

Os critérios de escolha dos partícipes foram: representatividade de alunos de ambas as séries de ensino do projeto, assiduidade nas aulas, compromisso e envolvimento com as atividades desenvolvidas a cada sábado (DOXSEY e RIZ, 2007).

Os sujeitos envolvidos nos diálogos serão identificados pela letra maiúscula **A**, acompanhada de números sequenciados para diferenciação de cada aluno (**A1**, **A2**, **A3**, **A4**, **A5**, **A6** e **A7**). Já as falas da professora-monitora serão evidenciadas por **Prof.**

O Quadro 2 apresenta algumas informações dos sujeitos:

Quadro 2: Identificação dos sujeitos da investigação

Identificação do Aluno	Idade	Ano/Série de Estudo
A1	10 anos	5º ano/4ª série
A2	11 anos	5º ano/4ª série
A3	10 anos	5º ano/4ª série
A4	10 anos	5º ano/4ª série
A5	11 anos	6º ano/5ª série
A6	14 anos	6º ano/5ª série
A7	12 anos	6º ano/5ª série

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Ressalta-se que ao realizarem a inscrição no Clube de Ciências, os pais ou responsáveis dos estudantes assinam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a participação das crianças nas pesquisas realizadas nesse ambiente de ensino, liberando o uso das falas e das imagens (CARVALHO, 2011).

Destacamos ainda, que para respeitar as questões éticas de transparência, assim com evitar ansiedade e questionamentos por parte dos alunos, foram discutidos com os participantes os objetivos de nossa pesquisa, bem como a importância de sua participação no desenvolvimento da mesma (Ibidem).

A Fotografia 2 mostra os sujeitos da investigação participando da atividade experimental investigativa proposta, com a professora-monitora ao fundo. Na primeira imagem apresentam-se os alunos do quinto ano (Grupo 1), estando logo abaixo os estudantes do sexto ano (Grupo 2).

Fotografia 2: Sujeitos da investigação participando da atividade experimental investigativa



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

A partir da caracterização do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, bem como da apresentação e identificação dos sujeitos da pesquisa, buscaremos, a seguir, descrever a Sequência de Ensino Investigativa proposta aos estudantes.

2.3 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA: O PROBLEMA DAS FORMAS

A sequência de ensino seguiu as etapas de experimentação investigativa propostas por Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), sendo composta de sete momentos específicos. Tal atividade foi adaptada de uma prática pedagógica apresentada por Cazzola (2008) e buscou problematizar os conceitos introdutórios de área e perímetro de figuras planas (DOLCE e POMPEO, 2013), explorando questões ligadas à maximização de áreas e minimização de perímetros (FIGUEIREDO, 1989; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; MORETO, 2013).

Para auxiliar nesse processo, fizemos uso de experimentações e manipulações de objetos, bem como a observação, análise, interpretação e construção de figuras, imagens, desenhos e vídeos (PAIS, 1996; LORENZATO, 2010).

Esses recursos possibilitaram um movimento de ida e volta, de composição e decomposição, que proporcionaram aos alunos a visualização, compreensão e operação das conjecturas geométricas em um todo e também das partes que as compõem, contribuindo, assim, no desenvolvimento do pensamento geométrico (PAIS, 1996; LORENZATO, 2010).

Considerando o nível educacional dos estudantes (5º e 6º anos) e os objetivos da presente investigação, nos delimitamos a introduzir o conceito de área e perímetro, apresentando a possibilidade de maximizar uma superfície ocupada minimizando o seu contorno (CAZZOLA, 2008).

Devido à confusão de definições e ideias que os alunos apresentaram durante o desenvolvimento da atividade, também buscamos destacar as características e aplicações no cotidiano das principais formas geométricas planas levantadas por eles (triângulo, quadrado, retângulo, trapézio, pentágono, hexágono, heptágono, octógono, círculo).

É importante salientar que, como buscávamos desenvolver a argumentação em um momento experimental específico, não procuramos explicitar as definições e fórmulas para o cálculo da área e do perímetro de cada uma das formas geométricas planas estudadas. Embora esse não fosse nosso objetivo, o professor poderia tranquilamente desenvolver esses conceitos em aulas subsequentes, utilizando o experimento para introduzir o conteúdo a ser estudado.

Como a proposta de ensino foi desenvolvida no Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, aplicamos a atividade de acordo com sua programação. Desta maneira, os estágios da Experimentação Investigativa apresentadas por Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013) aconteceram em dois sábados consecutivos, com duração de 2 horas e 30 minutos em cada momento.

Sendo assim, na primeira aula foram conduzidos os seis primeiros passos, em que os alunos agiram e refletiram sobre o problema proposto. O segundo encontro foi dedicado à sétima e última fase, na qual aconteceram a contextualização e sistematização dos saberes construídos no decorrer do experimento.

Com o intuito de deixar a atividade experimental mais lúdica e próxima dos discentes, foi solicitado que eles nomeassem a Sequência de Ensino Investigativa aplicada, a qual foi denominada de “Problema da Formas”, tendo suas etapas descritas a seguir:

- **Etapa 1: O professor propõe o problema**

De acordo com Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), essa etapa é composta por algumas ações que antecedem a proposição do problema. Assim sendo, inicialmente dividimos os alunos em duas equipes, considerando o seu nível de escolaridade, O Grupo 1 foi composto

por quatro alunos do 5º ano e o Grupo 2 por três estudantes do 6º ano. “É importante que os grupos sejam pequenos para facilitar o diálogo entre as crianças e permitir que elas tenham mais oportunidades de manipular o material” (CARVALHO et. al., 2009).

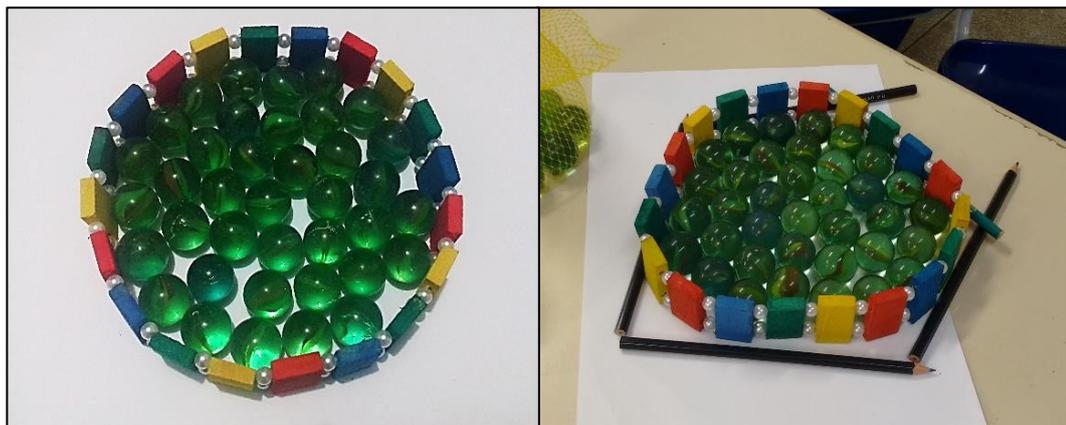
Em seguida, apresentamos e distribuímos os materiais a serem utilizados na resolução da situação problemática para cada grupo de alunos. Os objetos eram: 1- Bolinhas de gude/petecas¹³; 2- Bloquinhos de madeira unidos por um fio ou arame formando uma circunferência¹⁴.

É importante que as madeiras possuam uma certa distância entre si para que a peça não fique muito rígida, facilitando, assim, a manipulação dos estudantes na construção de variadas figuras planas. Para produzir esse espaço colocamos missangas em formato esférico, mas que poderiam ser substituídas por amarrações ou outros objetos.

Durante a resolução do problema, os alunos utilizaram alguns lápis como apoio na elaboração das formas. Essa ideia partiu dos alunos em um momento específico, logo não existe a necessidade de fornecer esses materiais, exceto se os estudantes solicitarem no decorrer da atividade.

A Fotografia 3 apresenta os materiais utilizados na atividade experimental investigativa proposta. Na primeira imagem podemos visualizar as bolinhas de gude e a circunferência feita de madeira, já na segunda figura evidencia-se a utilização dos lápis pelos alunos durante a resolução da situação problema.

Fotografia 3: Materiais utilizados na atividade experimental investigativa proposta



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

¹³ Na região do nordeste paraense, as bolinhas de gude também são conhecidas como “petecas”.

¹⁴ Esse material foi nomeado pelos estudantes de várias maneiras, entretanto, o mais usado foi o nome de “cercado”.

Após a distribuição dos materiais, iniciamos a proposição da problemática a ser resolvida. Para isso, discutimos uma situação hipotética na qual os estudantes foram questionados se caso alguém decidisse criar uma nova cidade com um muro em volta dela, como elas achariam que deveria ser o formato dessa localidade. Em seguida, apresentamos o seguinte problema: **Entre todas as formas possíveis de uma cidade, qual o melhor formato para que ela possa ter mais casas com menos muros?**¹⁵

Para solucionar essa questão, os alunos teriam que construir com os bloquinhos de madeira (muros) várias formas geométricas planas, verificando em qual delas caberia mais bolinhas de gude (casas) em sua superfície, sem que ficasse alguma peteca sobreposta. Após essa manipulação dos materiais, eles chegariam à conclusão que o melhor formato seria o circular (CAZZOLA, 2008).

Ressaltamos que para explorar a área de figuras planas, as bolas de gude precisariam ocupar toda a região interna do cercado, não podendo estar umas sobre as outras. Caso as petecas estivessem sobrepostas, eles passariam a representar o volume de sólidos, envolvendo, assim, um conteúdo de geometria espacial (CAZZOLA, 2008; DOLCE e POMPEO, 2013).

A explicação matemática para esse experimento está relacionada com a Geometria Euclidiana, mais especificamente com o Teorema Isoperimétrico, também conhecido como Problema de Dido ou Problema da Cerca¹⁶ (FIGUEIREDO, 1989; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; MORETO, 2013). Essa proposição afirma que “dado um comprimento fixo, dentre todas as figuras planas, fechadas, convexas e de perímetro igual a esse comprimento, o círculo é a que possui maior área” (MORETO, 2013, p. 50).

Durante a Idade Média, o resultado do Problema Isoperimétrico já era muito utilizado para a construção de muros de proteção para as cidades. Tais muros eram de pedra e a construção era cara e trabalhosa. Sendo assim, era necessário utilizar-se de um perímetro mínimo para obter a área máxima. Consultando os mapas da época, de fato, encontramos muros com formatos circulares ou semicirculares (MORETO, 2013, p. 43).

Desta maneira, por meio da experimentação, os alunos conseguiriam perceber e comprovar empiricamente essa propriedade da geometria euclidiana, entendendo que para se obter o máximo de casas construídas (área) com o mínimo de muros (perímetro), a cidade deveria ter a forma arredondada (FIGUEIREDO, 1989; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; CAZZOLA, 2008; MORETO, 2013).

¹⁵ Problema adaptado de Cazzola (2008).

¹⁶ Problema relacionado com uma antiga lenda contada por Virgílio na obra *Eneida*, sobre uma princesa chamada Dido, que fundou a cidade de Cartago no norte da África fazendo uso intuitivo do Teorema Isoperimétrico (FIGUEIREDO, 1989; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; MORETO, 2013). Essa história será melhor explicitada a partir da página 68.

- **Etapa 2: Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

Esse momento corresponde àquele em os alunos manipulam o material para verificar como o mesmo reage à variados estímulos e manipulações (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

Logo após a apresentação da questão problema, os estudantes rapidamente associaram os bloquinhos de madeira aos muros da cidade e as bolinhas de gude às casas em seu interior. Ao entender essa relação, cada grupo manipulou os objetos para resolver a pergunta proposta, identificando de que maneira cada elemento se comportava.

- **Etapa 3: Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Esta fase está imbricada com a etapa anterior, já que durante a manipulação dos materiais, novas situações podem acontecer, levando os discentes a identificar a reação dos objetos para obter o efeito desejado e solucionar o problema. Desta maneira, pode acontecer das etapas 2 e 3 aconteçam simultaneamente em alguns momentos (CARVALHO et. al., 2009).

Após verificar como os materiais reagem, os alunos entenderam que deveriam construir um muro com vários formatos para constatar qual delas caberia mais bolinhas de gude. Para isso, os grupos contavam e notavam quantas petecas cabiam em cada figura.

Dentre as formas elaboradas por eles estão o quadrado, triângulo, círculo, retângulo, pentágono, trapézio, heptágono, octógono, coração, maçã e gota de chuva. Devido à essas escolhas, foram utilizados alguns lápis como apoio para a fixação dos lados de algumas figuras.

Assim, por meio da manipulação experimental, os estudantes chegaram à resposta da problemática, concluindo que o melhor formato era o circular. Como comprovação, ambos os grupos mostraram que caberiam no máximo 40 casas (bolinhas de gude) na cidade redonda.

A Fotografia 4 mostra os grupos manipulando os materiais para solucionar o problema:

Fotografia 4: Alunos manipulando os materiais para solucionar o problema



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

- **Etapa 4: Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Segundo Carvalho (2013), esta etapa corresponde à passagem da ação manipulativa à intelectual, pois os alunos socializam suas ideias, hipóteses e conclusões. Desta maneira, após a manipulação dos materiais e a solução da questão levantada, foi solicitado que cada estudante relatasse como fizeram para resolver o problema, descrevendo as ações tomadas.

Para estimular a participação de todos, levantamos algumas questões: “Qual foi a maior quantidade de bolinhas que vocês conseguiram colocar dentro do cercado?”, “Como vocês encontraram a solução para o problema?”, “Qual foi o passo a passo que vocês fizeram para resolver o problema?”.

- **Etapa 5: Dando explicações causais**

Ao percebermos que todos já haviam relatado o que e como fizeram para solucionar o problema, pedimos que os discentes explicassem o motivo do formato circular ser o melhor para se construir uma cidade. Com essa fase tínhamos a intenção que os alunos discutissem e inferissem sobre a justificativa e/ou explicação causal da situação proposta (CARVALHO et. al., 2009), levando, assim, ao conceito matemático envolvido no experimento.

As perguntas foram: “Por que vocês acham que o melhor formato para a cidade é o circular?”, “Como vocês explicam por que os outros formatos não cabiam tantas casas?”.

- **Etapa 6: Escrevendo e desenhando**

Essa correspondeu à última etapa do primeiro dia de encontro, na qual buscamos que os alunos explicitassem individualmente suas conclusões sobre o experimento (CARVALHO et. al., 2009). Vale ressaltar que durante as etapas 2 e 3 os grupos fizeram anotações sobre as hipóteses levantadas dos formatos que a cidade poderia possuir. Desta maneira, a Figura 9 apresenta algumas dessas informações suscitadas pelo Grupo 1:

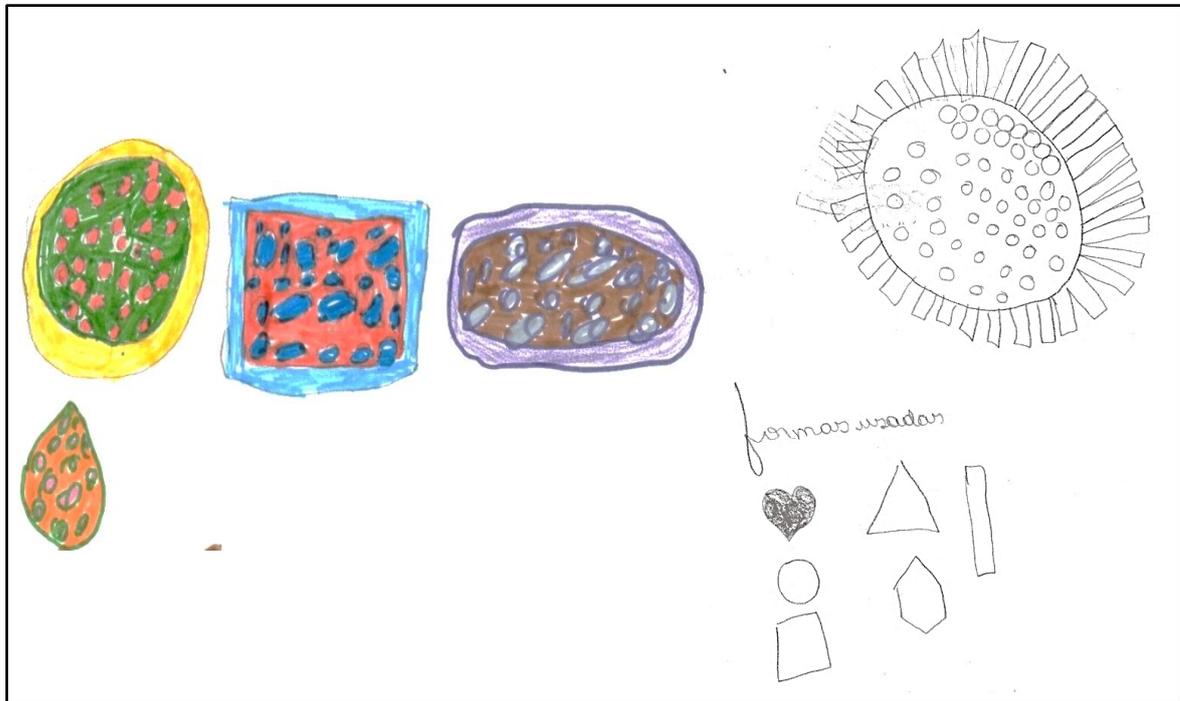
Figura 9: Anotações feitas pelo Grupo 1 durante a resolução do problema

A primeira cidade o formato fu un círculo e caben 40 casas
 A segunda cidade o formato de um ringo de chulla caben 31 casas
 A terceira forma caben 30 casas
 A quarta forma de um quadrado caben 32 casas
 A quinta forma caben 31 casas
 6: Comden 33

Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

Aliado a esses registros, foi solicitado que os alunos escrevessem e/ou desenhassem sobre a experiência. Em sua maioria, os estudantes optaram em ilustrar por meio figuras o experimento. Apresentamos abaixo os desenhos dos alunos A3 (imagem colorida) e A5 (imagem em preto e branco), respectivamente:

Figura 10: Desenhos criados pelos alunos A3 e A5.



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

- **Etapa 7: Relacionando atividade e cotidiano**

Essa etapa aconteceu no segundo sábado de encontro, e corresponde à fase de aproximação com a realidade, bem como de aprofundamento e sistematização do conteúdo abordado no experimento (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

Para isso, utilizamos vários tipos de estratégias e recursos didáticos, tais como apresentações em slides, vídeos, imagens, jogos e simulação de situações, buscando envolver ludicamente os alunos de maneira que participassem ativamente das investigações, discussões e exposição de suas ideias.

Desta maneira, iniciamos as atividades relembrando o experimento e o problema resolvido no sábado anterior. Em seguida, provemos uma discussão sobre o que eram formas geométricas e se existiria alguma diferença entre elas. Para estimular a conversa sobre onde

essas figuras poderiam ser encontradas em nosso cotidiano, apresentamos os primeiros quatorze minutos do desenho animado “Donald no país da Matemática¹⁷”.

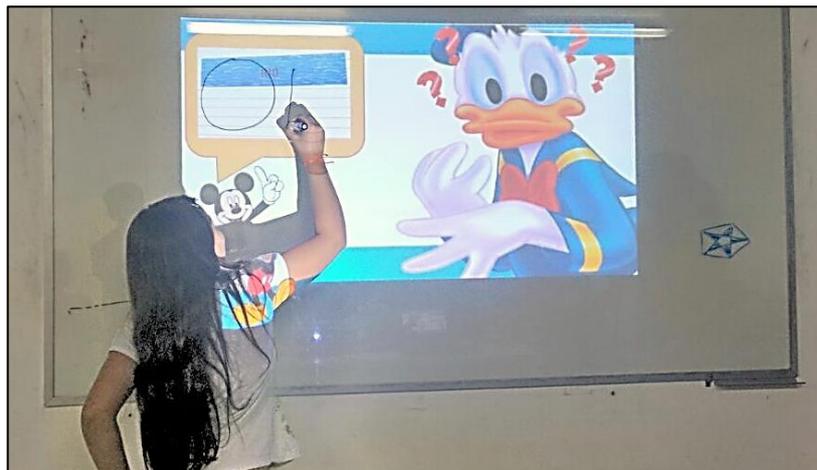
Logo após, buscamos relacionar a atividade experimental promovida com a sistematização dos conceitos matemáticos de área e perímetro, mostrando, por meio de debates e imagens, que o contorno da cidade correspondia ao perímetro e que as casas ocupavam sua área total.

Posteriormente, para continuarmos relacionando o experimento com a Matemática, apresentamos uma situação que envolvia o Mickey e o Pato Donald, que consistia no seguinte: “O Mickey possuía um sítio que passava um rio por dentro dele, como o ratinho desejava doar parte de seu terreno para Donald propôs um desafio a seu amigo, de maneira que para receber esse presente, o pato deveria cercar o máximo de terra com o couro de apenas um boi”.

Esse contexto mostra de maneira lúdica um problema resolvido pela princesa Dido¹⁸, que utilizou de maneira intuitiva os conceitos de maximização de área com o mínimo de perímetro. Nesse sentido, após a resolução da situação proposta, foi exibido a parte inicial de um vídeo¹⁹ que contava a história de Dido, relacionando essa situação com o nosso cotidiano.

A Fotografia 5 apresenta uma aluna desenvolvendo uma solução para o problema:

Fotografia 5: Aluna desenvolvendo uma possível solução para o problema do Pato Donald



Fonte: Coleta de dados feita pela pesquisadora (Maio/2016)

¹⁷ Desenho animado produzido pelos estúdios Walt Disney, em que o pato Donald realiza uma viagem em um mundo de fantasia chamado País da Matemática. Nos primeiros quatorze minutos, o personagem passeia por várias situações cotidianas em que a Geometria está envolvida, abordando essa temática desde os antigos gregos. O vídeo está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wbftu093Yqk>, com acesso em: 13/04/2016.

¹⁸ A lenda conta que Dido, também conhecida como Elisa, foi uma princesa que fugiu para o norte da África e fundou uma nova cidade, conhecida como Cartago. No lugar escolhido para a cidade, ela tentou comprar terras da realeza local para que pudesse se estabelecer (VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; MORETO, 2013). “O arranjo que conseguiu com o rei foi que só teria em terras o que pudesse abranger com a pele de um boi. Dido e seu grupo decidiram, então, cortar a pele em tiras tão finas quanto possível, emendá-las e com elas englobar, em forma de semicírculo, um terreno beirando o mar” (VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005, p. 5).

¹⁹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=SSaOcnmYt6I>. Acesso em: 13/04/2016.

Para finalizar a atividade experimental investigativa, promovemos uma dinâmica de interação entre os alunos, os quais deveriam contar uma história a partir de formas geométricas e algumas de suas aplicações com a realidade.

2.4 PRODUTO FINAL

Na presente investigação objetivamos analisar o desenvolvimento da argumentação em uma atividade experimental investigativa de matemática. Aliado à essa intenção, buscamos ainda gerar um produto final, destinado a professores de Matemática da educação básica, ou ainda à docentes de outras áreas que se interessem pela proposta explicitada.

Desta maneira, tal produto consiste em um vídeo orientativo intitulado “A Experimentação Investigativa no Ensino de Matemática: O Problema das Formas”²⁰, produzido a partir das gravações e imagens gerados durante a aplicação da sequência de ensino, que apresentará as etapas de uma atividade experimental proposta por Carvalho et. al. (2009), evidenciando a postura do educador para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre os alunos.

A partir da divulgação desse filme, almejamos que os professores possam utilizá-lo como apoio para organização e elaboração de aulas investigativas, favorecendo o desenvolvimento da argumentação em sala, para assim contribuir com uma formação crítica e cidadã dos estudantes.

A produção audiovisual será disponibilizada na página do Grupo de Estudo Pesquisa e Extensão FormAÇÃO de Professores de Ciências, sendo veiculada também por meio de mídias digitais diversas, redes sociais e sites especializados em educação. Com isso, buscamos um maior alcance e acesso de seu público alvo, bem como a difusão da proposta pedagógica investigativa junto aos docentes.

²⁰ Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CGjuvQ6aNP8> .

3 ANALISANDO AS ARGUMENTAÇÕES DESENVOLVIDAS DURANTE A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DAS FORMAS

Neste capítulo buscamos expor as análises e interpretações da argumentação que surgiu e se desenvolveu durante a atividade experimental investigativa por nós aplicada. Sendo assim, almejando investigar a nossa própria prática como professora-monitora, procuramos observar em nossas falas os propósitos pedagógicos e epistemológicos para favorecimento de momentos argumentativos entre os estudantes (SASSERON, 2013). Exploramos, ainda, os elementos qualitativos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000) e estruturais dos argumentos manifestados pelos alunos (TOULMIN, 2001).

3.1 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS DA PROFESSORA-MONITORA E DA ARGUMENTAÇÃO DESENVOLVIDA PELOS DISCENTES

Com o intuito de alcançar os objetivos definidos, procuramos planejar antecipadamente todas as etapas da atividade experimental investigativa a serem desenvolvidas com os estudantes (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013). Assim, confeccionamos e organizamos os materiais a serem utilizados, verificando as condições de uso; preparamos slides com vídeos, desenhos, imagens e dinâmicas que auxiliassem no momento de aproximação com a realidade, assim como nos preocupamos com o cronograma e o tempo para cada fase da proposta pedagógica.

Esse **planejamento da atividade** se configura como um importante propósito pedagógico do educador para promover a argumentação em sala de aula, pois auxilia na composição, orientação e concretização do momento investigativo (SASSERON, 2013).

No primeiro dia de aplicação, realizamos algumas ações pedagógicas voltadas para a **organização da atividade**, em que preparamos o espaço da sala, arrumando as mesas e os materiais que seriam utilizados. No horário previsto, os alunos foram agrupados e acomodados de acordo com suas séries/anos de estudos, formando duas equipes: Grupo 1, composto de quatro estudantes de 5º ano, e o Grupo 2, com três discentes de 6º ano (SASSERON, 2013).

Primeiramente, explicamos o motivo dos educandos participarem separadamente da atividade experimental, bem como da necessidade de filmagem e gravação das falas durante todo o encontro. Essa ação é relevante para reduzir a curiosidade, ansiedade e inquietude dos

alunos, voltando sua atenção para a problemática a ser resolvida (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013).

Em seguida, de acordo com Carvalho et. al. (2009), iniciamos a etapa em que o **professor propõe o problema**. Para isso, buscamos apresentar os materiais a serem utilizados²¹ e que estavam dispostos sobre as mesas, para isso fomos questionando os alunos sobre cada objeto. Esse momento de interação está apresentado no Quadro 3 abaixo:

Quadro 3: Episódio 1 – Momento de apresentação dos materiais e proposição do problema

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
1	Prof: E então vamos lá? Vocês chegaram e viram que nas mesas de vocês tem um material, não é?	Ações disciplinares (PP) Motivação (PP)		
2	A6: É.			
3	Prof: Quais são os materiais que tem?	Ações disciplinares (PP) Motivação (PP)		
4	A6: Peteca e um negócio que não sei ...			
5	Prof: Peteca e um negócio que eu também não sei ...	Motivação (PP)		
6	A6: (...) uma coroa.			
7	Prof: (...) uma coroa. Com o que mais que parece?	Motivação (PP)		
8	A4: Um cordão, uma pulseira.			
9	Prof: um cordão ...	Motivação (PP)		
10	A3: Um muro, uma cerca.			
11	Prof: Uma cerca, um muro... o que mais que parece? E a peteca lembra o que?	Motivação (PP)		
12	A4: Bola.			
13	A2: Uma pérola.			
14	Prof: Uma bola, uma pérola...	Motivação (PP)		

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Ao iniciarmos essa etapa, desenvolvemos nos turnos 1 e 3 os propósitos pedagógicos **ações disciplinares e motivação**, nos quais chamamos a atenção dos estudantes para a

²¹ O material fornecido para cada grupo de alunos foram cinquenta petecas e um cercado de madeira.

apresentação dos materiais que será realizada, de maneira que todos estivessem motivados a se envolver na conversa (SASSERON, 2013).

Nas falas posteriores, percebemos que a intenção se mantém na **motivação**, pois buscamos acolher as ideias dos alunos, estimulando sua participação. Essa acolhida fica explícita nos turnos 5, 7, 9, 11 e 14, na qual repetimos as falas dos educandos para confirmar o entendimento do que está sendo colocado (Ibidem).

Também utilizamos perguntas intrigantes que servissem de gatilho para análise do material (SASSERON, 2013). Com esses questionamentos, os discentes foram relacionando os objetos com o seu cotidiano, no qual aproximaram o cercado de madeira com cordão, pulseira, coroa, muro, cerca; e as petecas foram comparadas com pérolas e bolas.

Após apresentar e envolver os alunos com o material a ser utilizado, propomos a problemática a ser resolvida por eles:

Quadro 4: Episódio 1 – Momento de apresentação dos materiais e proposição do problema (continuação)

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
15	Prof: Então vamos fazer assim meninos, com esses materiais que vocês têm, vocês vão ter que resolver o problema que vai ser proposto, tá? O material de vocês vai ser esse que vocês me disseram. Esse material que vocês falaram que é cerca, que é muro, que é coroa, que é cordão, que é pulseira e as petecas. Vão ter que resolver o problema com esses materiais... <i>(acontecem conversas paralelas)</i> .	Motivação (PP) Retomada de ideias já discutidas (PE)		
16	Prof: Bora lá estudar o problema? Entendam como vai ser o problema... “Um governo, um determinado governo aí de um país, ele quer construir uma cidade, só que para ele fazer essa cidade ele quer fazer um muro em volta dessa cidade, tá? O problema que vocês vão ter que resolver então é esse” ... <i>(a professora-monitora mostra o quadro branco em que o problema está escrito e inicia a leitura)</i> . “Entre todas as ...	Ações disciplinares (PP) Proposição de problema (PE)		
17	A3: Entre todas as formas... <i>(faz uma pausa após ler o início do problema escrito no quadro branco)</i> .			
18	Prof: (...) vai lê A3.	Motivação (PP)		
19	A3: Entre todas as formas possíveis de uma cidade, qual o melhor formato para que ela possa ter mais “coisas” com menos muros?			

20	A5 e A4: Casas (<i>fazendo a correção da leitura feita</i>).			
21	Prof: Mais casas com menos muros... Então, manipulando aí as petecas e o cercado... a pulseira... a coroa... Vocês têm que ver qual o formato que a cidade vai ter que ter para que caiba mais casas dentro dela, com o menor tamanho de muro, tá? Podem resolver...	Proposição de problema (PE)		
		Ações disciplinares (PP)		

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Ao iniciar esse momento, no turno 15, realizamos a pergunta “Então vamos fazer assim meninos, com esses materiais que vocês têm, vocês vão ter que resolver o problema que vai ser proposto, tá?”. Com isso, procuramos atingir a **motivação** dos estudantes ao fazer-lhes um questionamento que estimulasse sua curiosidade.

Nesse mesmo turno, recorremos ao propósito epistemológico **retomada de ideias já discutidas** ao relembrar as colocações feitas anteriormente sobre os materiais. O intuito era que os discentes começassem a organizar as informações que possuíam e tomassem consciência dos dados que tinham a disposição para solucionar a problemática que seria colocada (SASSERON, 2013).

Na sequência, como os alunos se envolveram em conversas paralelas, desenvolvemos **ações disciplinares** para pedir a atenção de todos e, assim, iniciar com a **proposição de problema** (SASSERON, 2013). Para isso, primeiramente apresentamos uma situação hipotética: “Um governo, um determinado governo aí de um país, ele quer construir uma cidade, só que para ele fazer essa cidade ele quer fazer um muro em volta dessa cidade [...]”.

Dando prosseguimento, ao iniciarmos a leitura da pergunta que estava no quadro branco, fomos interrompidos por A3 que estava desenvolvendo a mesma ação. Nessa situação, percebemos que a **motivação** implementada nos turnos anteriores estimulou esta estudante a participar mais ativamente desse momento, sentindo-se à vontade para ler a problemática (turno 19).

Por fim, no turno 21, reforçamos os materiais e o problema a ser resolvido com o intuito de que o mesmo fosse realmente compreendido por todos, para assim, atuar como gatilho da investigação (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013; SASSERON, 2013).

Vale ressaltar que, de acordo com as considerações de Carvalho et. al. (2009), durante a apresentação da pergunta foi tomado todo o cuidado para não dar a solução ou alguma dica por meio de gestos das mãos ou ainda com falas que pudessem sugerir algum caminho a ser tomado.

Nota-se que nesse episódio de apresentação do material e proposição do problema, a maior parte dos discursos é da professora-monitora. Essa situação é inerente da dinâmica da experimentação investigativa proposta por Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), em que os educadores devem buscar envolver os estudantes com os materiais e a problemática, já que estes não podem ser algo que os espantem, mas sim provoquem o interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução, permitindo momentos de discussão e exposição de ideias e conhecimentos anteriormente adquiridos, favorecendo, assim, a argumentação.

Com a fala da professora-monitora “Podem resolver...”, no final do turno 21, promovemos **ações disciplinares** com o intuito indicar aos estudantes que poderiam manipular os objetos para solucionar a pergunta colocada.

Na sequência, iniciaram-se as etapas **agindo sobre os objetos para ver como eles reagem e agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado** (CARVALHO et. al., 2009), que em nossa atividade aconteceram simultaneamente, já que durante a resolução do problema os alunos precisavam pensar em formatos variados para a cidade. Sendo que para cada nova forma primeiramente eles verificavam como cada material reagia para depois tentar encontrar o efeito que se buscava, que consistia em colocar mais petecas dentro do cercado.

Ao iniciar esse estágio, conforme coloca Carvalho et. al. (2009), os discentes debruçaram-se sobre o material experimental enquanto procuramos observar os grupos, verificando se o problema proposto foi compreendido e ainda analisando se todos estavam tendo oportunidades de manipular os objetos, desenvolvendo, assim, algumas **ações disciplinares** e de **motivação** (SASSERON, 2013).

Logo no princípio alguns discentes acreditaram que para colocarem o máximo de petecas dentro do cercado precisariam apenas dispor umas sobre outras. Entretanto, levamos os alunos a compreender que cada bolinha de gude correspondia a uma habitação da localidade que seria construída, e que elas precisavam ocupar toda a superfície da circunferência de madeira, sem que estivessem sobrepostas. Essa ação foi importante para que os alunos não confundissem área e volume, já que buscávamos explorar apenas os conceitos introdutórios de área e perímetro de figuras planas (CAZZOLA, 2008; DOLCE e POMPEO, 2013).

Durante as observações, constantemente pedíamos que os alunos mostrassem e contassem o que estavam fazendo, qual forma estavam experimentando para a cidade, quantas petecas eles haviam conseguido em cada formato. Com isso, procurávamos nos certificar se os estudantes conseguiriam resolver a pergunta que foi colocada, bem como criar condições para que refizessem mentalmente suas ações e as verbalizassem (CARVALHO et. al., 2009; SASSERON, 2013; SASSERON e CARVALHO, 2013).

Ressaltamos que, de acordo com Carvalho et. al. (2009) e Sasseron (2013), com essas intervenções não procuramos solucionar a problemática pelos educandos, pois eles chegariam nela sozinhos. Buscávamos apenas promover a comunicação e a defesa de ideias para, assim, favorecer o surgimento de argumentos entre eles.

Ao manipular os materiais, ambos os grupos iniciaram experimentando intuitivamente o formato circular, conseguindo colocar o máximo de 40 petecas dentro do cercado. Como esta forma correspondia à solução do problema e o ideal seria que os estudantes levantassem e tentassem várias hipóteses para chegar em sua resposta, realizamos algumas perguntas para direcioná-los, tais como: “Quais são os outros formatos que vocês podem tentar? ”; “Vocês têm que ver quais são os formatos, não é? ”; “Mas em que formato cabe mais? Lembrem-se que você tem que dar o formato da cidade”; “Será que em outro formato de cidade não vai caber mais casas?”.

Esses questionamentos são considerados por Sasseron (2013) como parte do propósito epistemológico **proposição de problema**, já que quando se deseja que a investigação proporcione resultados mais consolidados tanto do ponto de vista do conhecimento em construção quanto da argumentação, algumas questões menores podem ser feitas associadas à problemática central.

A partir das perguntas que realizamos, e depois de primeiramente experimentarem o formato de círculo, cada grupo tomou caminhos diferentes para encontrar a resposta da problemática colocada.

O Grupo 1, composto por alunos do 5º ano, testou variadas hipóteses de formatos para a cidade, tais como pingo de chuva (com 31 petecas), maçã (com 30 petecas), quadrado (com 32 petecas), triângulo (com 31 petecas) e retângulo (com 33 petecas). Já o Grupo 2, com estudantes do 6º ano, fizeram os formatos de coração (com 31 petecas), quadrado (com 32 petecas), triângulo (com 35 petecas), pentágono (com 36 petecas) e retângulo (com 31 petecas).

Notamos que os discentes utilizaram formas que estavam associadas a seu cotidiano, como o pingo de chuva, a maçã e o coração. Segundo Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), essa fase é importante, pois é a partir de situações vivenciadas anteriormente e seus conhecimentos prévios, que a manipulação dos materiais auxiliam na construção do conhecimento, ensinando-os a pensar e ver o mundo científica e matematicamente.

Para exemplificar a etapa manuseio dos materiais e busca pela resposta do problema, o episódio a seguir mostra um momento do Grupo 2 em que manipulam os objetos e testam a hipótese de que o quadrado poderia ser o melhor formato para a cidade.

Quadro 5: Episódio 2 – Momento de teste da hipótese do formato quadrado

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
22	A7: Agora vamos fazer um quadrado.			
23	A6: Deixa eu tentar fazer um quadrado aqui (<i>começa construir um quadrado com o cercado de madeira</i>).		Dados	
24	A7: Isso é um retângulo. Tem que ser um quadrado, tem que ter lados iguais.		Garantia	Dedução Definição
25	A6: Tá... Pronto... Vamos colocar as peças na mesma quantidade.			Plausibilidade
26	A5 e A6: Um, dois, três, quatro, cinco... (<i>continuam contando até chegar em trinta e dois</i>).			
27	A6: Está bom porque já está saindo do formato.		Qualificador modal	Plausibilidade Causalidade
28	A7: Trinta e dois (<i>anotando no papel o resultado obtido</i>).			
29	A7: Espera... deixa ajeitar esse quadrado (<i>manipula os lados do cercado para não desfazer o formato de quadrado</i>).		Dados	Indução
30	Prof: Mas que formato é esse mesmo?	Retomada de ideias já discutidas (PE)		
31	A7: Era para ser um quadrado.			Plausibilidade
32	A5: Mas só que ele desmontou quando colocamos as peças.			Plausibilidade
33	A7: Espera... deixa ajeitar esse quadrado (<i>manipula o cercado tentando formar novamente um quadrado</i>).		Dados	
34	Prof: Mas olhem que vocês estão forçando. Retirem um pouco e formem o quadrado certinho.	Delimitação de condições (PE)		
35	A6: Mas está formado agora (<i>mostra o quadrado que conseguiu montar</i>).			
36	Prof: Eu não estou vendo um quadrado aí não.	Delimitação de condições (PE)		
37	A5: Um quadrado tem que ter lados iguais e cantos retinhos... (<i>começa a arrumar o quadrado</i>). Pronto.		Garantia Apoio	Definição
38	A6: Ficou um quadrado com as beiras boleadas por causa do cercado. Mas ficou quadrado.		Refutação Conclusão	Apelo a atributos
39	Prof: Agora está. Mas como vocês vão continuar?	Motivação (PP) Proposição de problema (PE)		

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Nesse episódio o grupo inicia o teste de uma nova hipótese de solução da problemática, para isso A7 expressa sua vontade de verificar uma nova forma ao colocar “Agora vamos fazer um quadrado”. Concordando, A6 auxilia na construção do quadrilátero.

No turno 24, A7 observa as características do tamanho dos lados do formato que estava sendo feito e deduz que o mesmo era de um retângulo. Em seguida, para auxiliar o colega, acrescenta que um quadrado deveria ter lados iguais. Com essas falas, o aluno desenvolve as operações epistemológicas de **dedução**, em que identifica características particulares para se encontrar um conceito, e **definição**, na qual busca explicitar uma regra matemática (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

No turno seguinte, A6 observa e avalia o formato produzido, afirmando que a quantidade de peças deveria ser a mesma. Logo, o aluno desenvolveu a **plausibilidade** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Após construírem a forma desejada e verificarem quantas bolinhas de gude cabiam dentro dela, os estudantes perceberam que as peças estavam forçando os lados do cercado, fazendo com que o quadrado se desfizesse. Para alertar os colegas sobre essa situação, A6 coloca: “Está bom porque está saindo do formato”.

Com essas palavras, o discente desenvolve as operações epistemológicas **plausibilidade** e **causalidade**, pois avaliou e concluiu que se a quantidade de objetos dentro do cercado aumentasse o formato não se manteria. Já no turno 29, A7 procura organizar o cercado de maneira que o mesmo mantenha o padrão quadrado buscado pelo grupo, demonstrando usar a **indução** como operação de estruturação do seu pensamento e ação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Neste momento, perguntamos aos alunos sobre qual era o formato que estava sendo feito, com o intuito de verificar e relembrar as ideias anteriormente debatidas pelos discente durante a manipulação dos materiais, desenvolvendo o propósito epistemológico de **retomada de ideias já discutidas** (SASSERON, 2013).

Para responder o questionamento feito pela professora-monitora, nos turnos 31 e 32, os educandos A5 e A7 utilizam a operação epistemológica **plausibilidade**, na qual procuraram afirmar seu próprio conhecimento sobre o motivo das características do quadrilátero não serem atendidas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Em seguida, nos turnos 34 e 36, procuramos promover a **delimitação de condições**. Com isso, buscávamos que os alunos observassem suas ações, descrevendo-as mentalmente, chegando nas características matemáticas de um quadrado (SASSERON, 2013).

O desenvolvimento desse propósito epistemológico, leva o estudante A5 a explicitar a **definição** de um conceito (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000), ao colocar que “Um quadrado tem que ter lados iguais e cantos retinhos”, já que um quadrilátero que apresenta lados iguais e ângulos medindo 90° é considerado um quadrado (DOLCE e POMPEO, 2013).

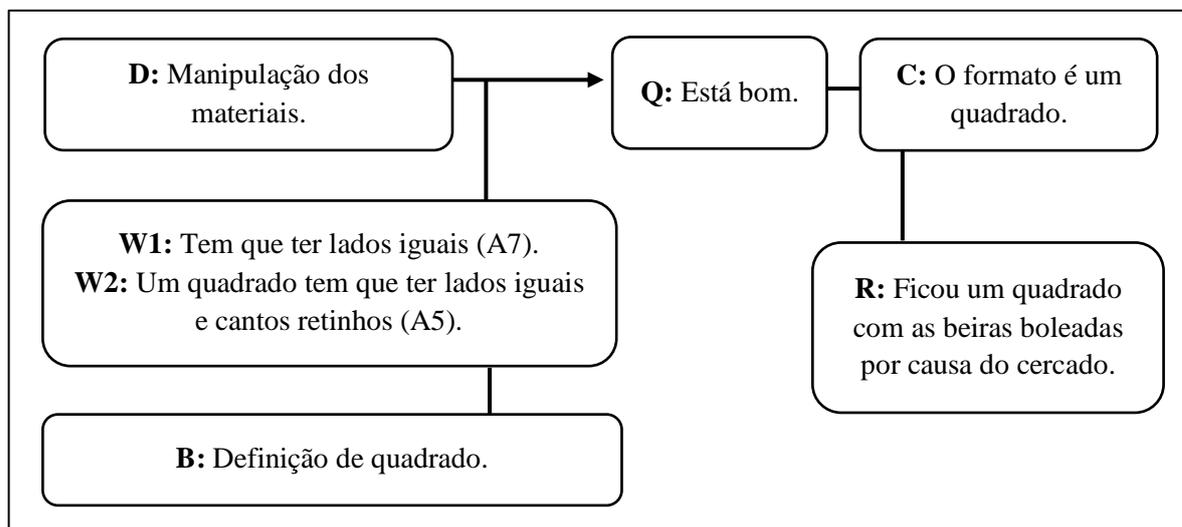
A partir das ações feitas por A5 no turno 37, o grupo consegue formar o quadrilátero desejado. Mas, devido às limitações do material manipulado, A6 percebe que a característica de ângulos retos não será atendida. Para evidenciar sua percepção, o discente faz um **apelo aos atributos** do objeto, afirmando, no turno 38, que “Ficou um quadrado com as beiras boleadas por causa do cercado [...]” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Por fim, no turno 39, quando percebemos que o grupo havia chegado ao conhecimento almejado, promovemos o propósito pedagógico **motivação**, e o epistemológico **proposição de problema**. Ao utilizarmos eles, procuramos estimular os estudantes a confirmar as ações desenvolvidas, além de pensar e testar novas hipóteses de solução (SASSERON, 2013).

Então, neste episódio 2, observamos que a partir da interação existente sobre as características do quadrado, os alunos desenvolveram em conjunto e com o auxílio da professora-monitora, um argumento de acordo com os elementos do padrão de Toulmin (2001).

Destacamos que todos os *layouts* apresentados nessa seção de análise foram organizados a partir da adaptação das falas dos alunos ao longo dos episódios apresentados. Com isso, buscamos mostrar de maneira esquemática como os mais variados discursos organizam-se de acordo com os elementos estruturais de Toulmin (2001). Assim, apresentamos na Figura 11 o modelo de argumento desenvolvido pelo Grupo 2 durante o teste da hipótese do quadrado:

Figura 11: *Layout* do argumento desenvolvido pelo Grupo 2 durante o teste da hipótese do quadrado



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

A partir da manipulação dos materiais durante todo o episódio em análise, os estudantes puderam obter os dados empiricamente, ou seja, em ação direta com a atividade experimental. Desta maneira, segundo Toulmin (2001), temos que a passagem dos dados (**D**) para a conclusão (**C**) de que o quadrilátero que estava sendo analisado era um quadrado, deu-se mediante a autorização explícita das garantias (**W1** e **W2**) feitas por A7 e A5, as quais afirmaram que um quadrado deveria possuir lados iguais e ângulos retos. Logo, o apoio (**B**) desse argumento está definição matemática de quadrado.

Destacamos que, conforme assevera Toulmin (2001), o qualificador modal (**Q**) consiste em uma referência que explicita um certo grau de força para a conclusão, os quais podem ser apresentados por meio de advérbios. Portanto, ao usar o adjunto adverbial “Está bom”, o estudante A6 fortificou o argumento que estava em construção, informando que se fossem colocadas mais bolinhas no cercado o formato não se manteria (CAMPEDELLI e SOUZA, 2000).

Entretanto, devido às limitações existentes no objeto manuseado, A6 encontra uma refutação (**R**) para o conceito encontrado. Tal condição de exceção mostra que nessa situação experimental em particular, a característica de ângulos medindo 90° não pode ser atendida, contestando, assim, as suposições criadas (TOULMIN, 2001).

Desta maneira, a argumentação desenvolvida pelos estudantes se encaixa no *layout* completo proposto por Toulmin (2001), apresentando todos os elementos necessários para um argumento bem estruturado.

Também percebemos que, de acordo com Sasseron (2013) e Sasseron e Carvalho (2013, 2014), as intervenções da professora-monitora no processo argumentativo, levaram os educandos a refletirem conjuntamente suas ações, possibilitando a tomada de consciência sobre o fenômeno investigado, a organização de ideias, bem como a elaboração e exposição de explicações. Logo, nossa postura de mediação auxiliou na constituição de uma estrutura argumentativa completa.

Durante a manipulação e testes de hipóteses para se chegar à solução do problema, os alunos tiveram muitas dúvidas sobre quais eram os nomes dos formatos que estavam construindo. Ao perceber essas incertezas, A6 fez uma intervenção com o intuito de auxiliar seus colegas com as nomenclaturas das figuras geométricas. Esse momento é apresentado no episódio 3 a seguir:

Quadro 6: Episódio 3 – Momento de intervenção do discente A6

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
40	Prof: Olha a dica dele oh... (<i>direcionando-se para A2 e indicando um aluno do outro grupo</i>). Qual é a dica A6?	Ações disciplinares (PP) Motivação (PP)		
41	A6: Tu conta quantos lados tem e se lembra na matemática quantos lados tem... aí você consegue saber qual é esse formato.		Dados Garantia Conclusão	Definição
42	Prof: Nesse teu exemplo aí, só pra eles saberem, qual é esse teu?	Correlação de variáveis (PE)		
43	A6: É um pentágono.		Garantia	Definição
44	Prof: Por que é um pentágono?	Avaliação de ideias (PE)		
45	A6: Porque tem cinco lados.		Garantia	Definição
46	Prof: Porque tem cinco lados (<i>confirma com a cabeça</i>).	Motivação (PP)		
47	A6: Octógono é aquele de luta de UFC e tem oito lados.		Garantia	Apelo a analogias Definição
48	Prof: Hum (<i>confirma novamente com a cabeça</i>).	Motivação (PP)		
49	A6: Só quando é tipo círculo ou retângulo isso não vale... Aí eu já não sei (<i>direcionando-se para A5</i>).		Refutação	

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Ao percebermos que A6 possuía algum conhecimento para partilhar com todos, desenvolvemos o propósito pedagógico **ações disciplinares** para chamar a atenção dos outros alunos para o que seria colocado. Nesse mesmo turno 40, também buscamos atingir a **motivação** de maneira que o estudante se sentisse a vontade para iniciar seu discurso (SASSERON, 2013).

Então, o discente apresenta a **definição** de um conceito prévio sobre a nomenclatura de alguns polígonos: “Tu conta quantos lados tem e se lembra na matemática quantos lados tem... aí você consegue saber qual é esse formato” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Na sequência, no turno 42, por meio da fala “Nesse teu exemplo aí, só pra eles saberem, qual é esse teu?”, solicitamos que A6 promovesse a **correlação de variáveis**, em que deveria apresentar algumas relações estabelecidas, buscando construir explicações, para assim

promover a **avaliação de ideias** e a proposição de justificativas para solução explicitada anteriormente (SASSERON, 2013).

Como resposta, o educando explica que o formato que estava fazendo era um pentágono “Porque tem cinco lados”. Com essa iniciativa, ele manifesta o entendimento desse conceito matemático, desenvolvendo, desta maneira, a operação epistemológica de **definição** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

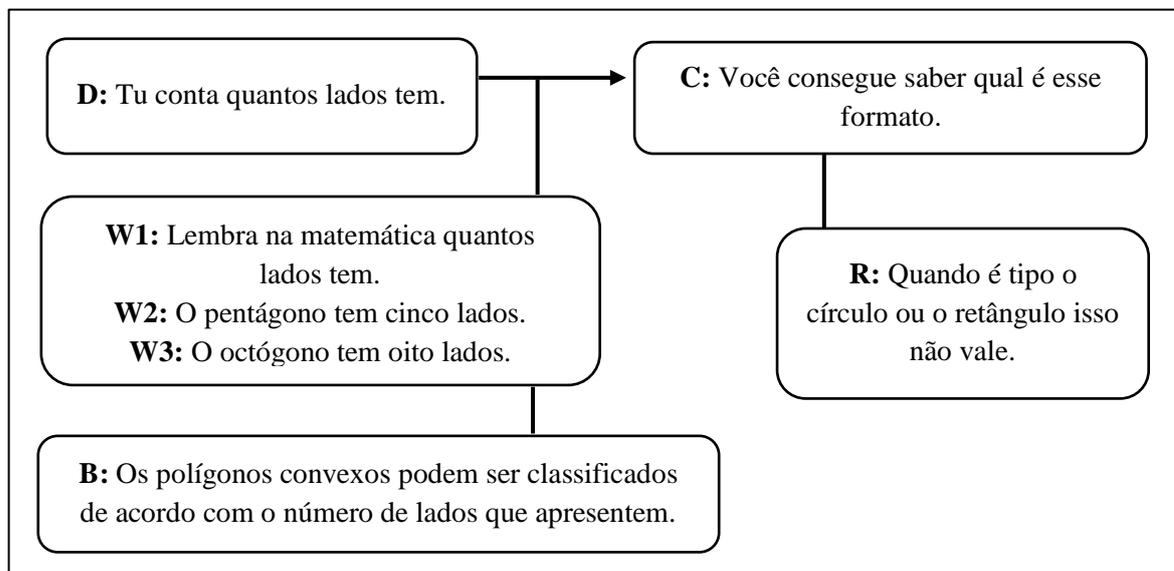
Em seguida, no turno 47, A6 apresenta um novo exemplo: “Octógono é aquele de luta de UFC e tem oito lados”. De acordo com Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000), o aluno primeiramente faz **apelo a analogias**, ao comparar o formato pensado com o ringue das lutas de artes marciais mistas. Depois, utiliza novamente a **definição** para justificar o conhecimento que busca defender.

Nos turnos 46 e 48, acolhemos e confirmamos as ideias que estão sendo colocadas. Desta forma, desenvolvemos a intenção pedagógica **motivação** (SASSERON, 2013).

No final do episódio, o discente comunica em particular com A5, dizendo “Só quando é tipo círculo ou retângulo isso não vale... Aí eu já não sei”. Essa fala demonstra uma deficiência no saber anteriormente apreendido acerca de alguns formatos em particular como o círculo e o retângulo.

A partir dessa explicação, A6 desenvolveu um argumento estruturado conforme os componentes elencados por Toulmin (2001):

Figura 12: *Layout* do argumento desenvolvido por A6



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Nesse argumento temos que os dados (**D**) consistem na contagem da quantidade de lados que um polígono possui. A partir desses fatos chega-se à conclusão (**C**) de qual é o formato que se esteja analisando. Como garantias (**W1**, **W2** e **W3**), admitiu-se que existe a necessidade de se recordar os prefixos matemáticos de classificação, tais como tri- quadri-, pent-, hexa-, etc. Apresentou-se, ainda, dois nomes de polígonos para exemplificar a passagem dos dados para a alegação (TOULMIN, 2001).

Como apoio (**B**) das garantias explicitadas, tem-se implicitamente o conceito matemático usado para nomear polígonos convexos, o qual afirma que de acordo com o número de lados que possui, os formatos recebem nomes específicos (TOULMIN, 2001; DOLCE e POMPEO, 2013).

Como tal regra só se aplica para as formas que possuem a partir de três lados, o estudante apresentou uma refutação (**R**), mostrando que para o círculo isso não é adotado. Colocou ainda que o retângulo, apesar de possuir quatro lados, possui um nome diferenciado (TOULMIN, 2001).

Essas condições de exceção colocadas mostram o ponto de carência do conhecimento exposto por A6, já que o retângulo é um quadrilátero e o círculo não se encaixa na nomenclatura apresentada (DOLCE e POMPEO, 2013).

A intervenção feita pelo discente não gerou um *layout* completo, já que faltou o elemento qualificador modal, contudo podemos perceber que o argumento está bem estruturado e expõe de maneira bem coerente e coesa o conhecimento do aluno.

Após sua contribuição, o discente voltou a envolver-se na manipulação dos materiais e no teste de hipóteses juntamente com seu grupo, para assim encontrar a solução do problema colocado (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013).

Dando continuidade à nossa análise, apresentamos a seguir um momento de argumentação promovida pelos educandos do Grupo 1. Para isso, esclarecemos que a situação observada acontece após a equipe ter testado várias hipóteses como solução da problemática. Esse cenário está explicitado no Quadro 7:

Quadro 7: Episódio 4 – Momento de resolução do problema pelos alunos do 5º ano

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
50	A4: De todos até agora o formato maior foi o círculo.		Garantia	Plausibilidade
51	A1: Mas foi quarenta no círculo mesmo?	Motivação (PP)		
52	A4: Vamos fazer de novo pra você ver (A3 e A4 colocam quarenta petecas no formato de		Dados	Causalidade

	<i>círculo para comprovar a afirmação feita para A1).</i>			
53	A4: Está vendo como deu quarenta? (<i>direcionando-se para A1</i>).		Garantia	Causalidade
54	Prof: Qual que deu quarenta?	Retomada de ideias já Discutidas (PE)		
55	A4: O círculo.		Conclusão	
56	Prof: Então o que deu mais foi esse?	Retomada de ideias já Discutidas (PE)		
57	A4: Foi.			
58	Prof: Então qual é o formato que a cidade tem que ter?	Proposição de problema (PE)		
59	A3 e A4: Círculo.		Conclusão	

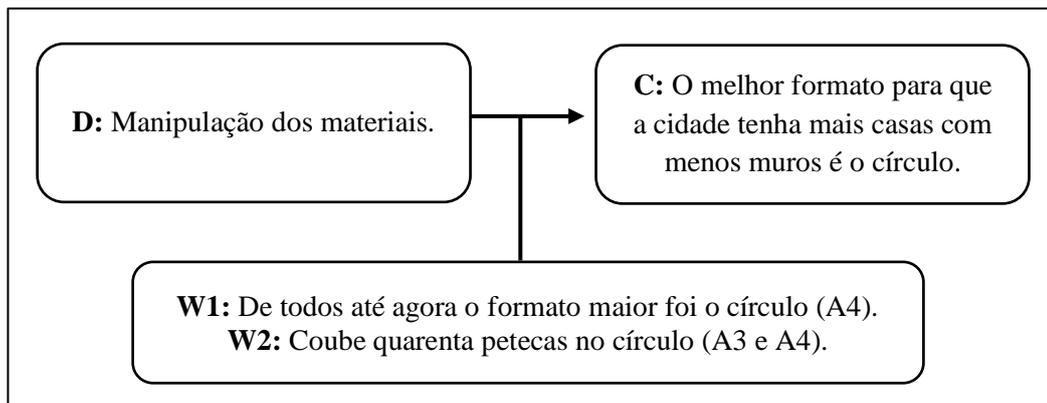
Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Na primeira parte do episódio 4, verificamos novamente que a partir das constatações encontradas com a manipulação dos objetos e a testagem de várias hipóteses de formatos, o grupo obteve os dados (**D**) necessários para justificar a conclusão (**C**) de que o melhor formato para que a cidade tivesse mais casas com menos muros seria o círculo (TOULMIN, 2001).

Como garantias (**W1** e **W2**) de autorização dessa alegação, A4 afirmou que a referida forma foi a que comportou mais petecas dentre todas testadas, sendo mostrado por A3 e A4 que cabiam exatamente quarenta unidades dentro do cercado (Ibidem).

Deste modo, organizando as informações de acordo com Toulmin (2001), averiguamos que os estudantes construíram um argumento com estrutura básica, tendo o seguinte layout:

Figura 13: *Layout* do argumento desenvolvido pelo Grupo 1 durante a resolução do problema



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

No início da construção desse argumento, no turno 50, notamos que A4 procura confirmar para si mesma e seus colegas as verificações encontradas até aquele momento. Assim, com a fala “De todos até agora o formato maior foi o círculo”, ela expressa a operação epistemológica da **plausibilidade** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Na sequência, a discente procurou por um mecanismo de confirmação dessa afirmação, já que A1 tinha dúvidas sobre a colocação feita. Sendo que, ao manipularem os materiais A3 e A4 puderam comprovar que a maior quantidade de petecas no círculo era de quarenta unidades. Com essas ações, procurava-se estabelecer uma relação de causa e efeito, utilizando a operação de **causalidade** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Ao percebermos que os alunos estavam se encaminhando para a resolução da problemática, desenvolvemos, nos turnos 54 e 56, o propósito epistemológico de **retomada de ideias já discutidas**, com o intuito que tomassem consciência dos levantamentos que haviam realizado. A partir disso, no turno 58, fizemos novamente a **proposição de problema** para que sua solução fosse explicitada pelos discentes (SASSERON, 2013).

Assim, fica evidente a contribuição da professora-monitora para o surgimento da argumentação, pois a partir intervenções promovidas os estudantes explicitaram as hipóteses levantadas e a solução encontrada.

Logo após esse momento, procuramos testar se os estudantes conseguiam relacionar as conclusões explicitadas em uma situação diferenciada. Para isso, questionamos qual seria o melhor formato para a cidade, caso seus governantes quisessem construir apenas prédios. Essa situação é apresentada na continuação das falas do episódio 4:

Quadro 8: Episódio 4 – Momento de resolução do problema pelos alunos do 5º ano (continuação)

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
60	Prof: Hum... Ata... E se eu quisesse nessa cidade fazer vários prédios, se quisesse construir pra cima, qual o formato que ia ter? Qual seria?	Proposição de problema (PE)		
61	A4: Ia ser círculo do mesmo jeito.		Qualificador modal Conclusão	Plausibilidade
62	Prof: Por que seria círculo?	Teste de ideias (PE)		
63	A4: Porque eu ia colocar em cima da casa e ia virar um prédio.		Garantia	Causalidade

64	Prof: Ata... Me mostra então como é? Como é vocês iriam fazer?	Delimitação de condições (PE)		
65	<i>(Todos começam a colocar petecas no formato de círculo para comprovar sua afirmação, contando quantas petecas podem caber)</i>		Dados	
66	A2: Deu cinquenta.			
67	Prof: Cinquenta? Se tivesse mais petecas caberia mais ainda?	Reconhecimento de variáveis (PE)		
68	A4: Caberia.			
69	Prof: Então qual é o formato que ia caber mais?	Correlação de variáveis (PE)		
70	A2 e A4: No círculo.		Conclusão	Plausibilidade
71	Prof: Por que o círculo?	Avaliação de ideias (PE)		
72	A4: Porque cabe mais peteca. Porque quando a gente usa os outros formatos, eles ficam querendo se transformar no círculo pra poder caber.		Garantia	Consistência com experiência

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Com a **proposição de problema** (SASSERON, 2013), no turno 60, buscávamos verificar se os discentes conseguiam compreender e relacionar, mesmo que empiricamente, as relações matemáticas de área e perímetro levantadas, independentemente das situações que essas pudessem ser apresentadas.

Como resposta para questionamento, A4 afirma enfaticamente que “Ia ser círculo do mesmo jeito”, buscando afirmar o conhecimento obtido por meio da experimentação desenvolvida. Sendo assim, a estudante apresentou a operação epistemológica da **plausibilidade** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Ao observarmos tanta convicção na solução apresentada, questionamos “Por que seria círculo?”. A partir dessa fala, procurávamos que o grupo promovesse um **teste de ideias**, para que a hipótese levantada fosse colocada à prova e se chegasse à comprovação da afirmação (SASSERON, 2013).

No turno 63, novamente A4 é categórica em sua declaração e apresenta um entendimento empírico que comprovasse sua resposta, atingindo a operação epistemológica da **causalidade** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Para suscitar ainda mais discussões em torno da problemática colocada, incentivamos a **delimitação de condições** por meio dos questionamentos “Me mostra então como é? Como é vocês iriam fazer?”. Desta maneira, solicitamos que os educandos testassem a hipótese, para que descrevessem e nomeassem as ações realizadas e os efeitos obtidos (SASSERON, 2013).

Tal incentivo fez com que os alunos se voltassem novamente para a manipulação do material para, assim, chegarem a um resultado. Entretanto, no turno 67, desejávamos que os estudantes realizassem o **reconhecimento das variáveis** envolvidas no fenômeno e que fossem relevantes para a comprovação da conclusão chegada (Ibidem).

Em nossa fala seguinte, de acordo com Sasseron (2013), incentivamos que fosse feita a **correlação de variáveis**, já que, uma vez explicitadas e delimitadas todas as ações envolvidas, era necessário a construção de relações entre elas para se atingir a **avaliação de ideias**, e encontrar justificativas plausíveis para a solução do problema.

Com o desenvolvimento desses propósitos e ações epistemológicos, nos turnos 70 e 72, o grupo chegou à uma conclusão com **plausibilidade** de que, independente se fossem casas ou prédios construídos, o melhor formato para a cidade seria o círculo. Como comprovação dessa resposta, A4 utilizou a operação epistemológica **consistência com experiência**, em que utilizou fatores observados na manipulação dos materiais para dar coerência e entendimento do que está sendo discutido (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Nesse episódio em análise, evidenciamos a importância dos propósitos e ações da professora-monitora para promover a argumentação (SASSERON, 2013). Em especial, destacamos que foram desenvolvidas todas as intenções epistemológicas, que vão desde a **retomada de ideias**, no turno 54, até a **avaliação de ideias**, no turno 71, e que auxiliaram na construção do conhecimento (SASSERON, 2013).

A partir do turno 60, percebemos que por meio das intervenções promovidas nessa fase da experimentação investigativa, os estudantes produziram coletivamente, e somente após várias colocações e defesas de ideias, um argumento bem estruturado (DRIVER, NEWTON e OSBORNE, 2000; TOULMIN, 2001; SASSERON, 2013).

Assim sendo, de acordo com os elementos e a estrutura proposta por Toulmin (2001), foram obtidos os dados (**D**) por meio da manipulação dos materiais e dos testes das hipóteses levantadas, que levaram os alunos a concluir (**C**) que, do mesmo jeito (**Q**), o melhor formato para a cidade seria o círculo, independentemente se fossem construídas casas ou prédios.

Já a expressão “do mesmo jeito” colocada por A4, é classificada uma locução adverbial que significa ‘do mesmo modo’ ou ‘da mesma maneira’ (CAMPEDELLI e SOUZA, 2000). Desta maneira, tal colocação caracteriza-se como um qualificador modal (**Q**) que concede força à conclusão encontrada pelos estudantes.

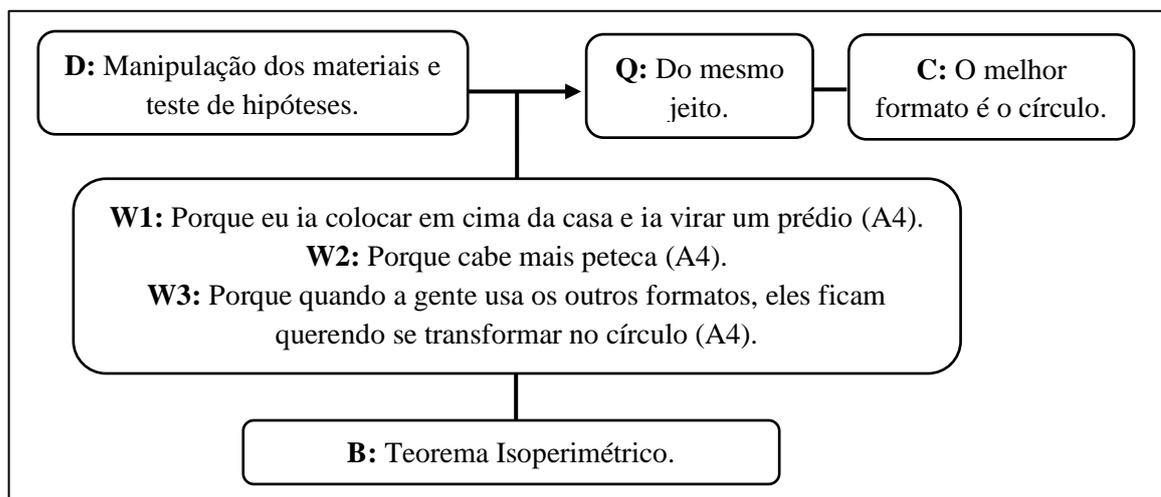
Como garantias dessa alegação, A4 explicitou que ao se colocar as casas (bolinhas de gude) umas sobre as outras elas se tornariam prédios (**W1**). Colocou, ainda, que na forma

circular cabia mais petecas (**W2**). E por fim, acrescentou que ao se testar outras configurações para a cidade, o cercado era forçado e voltava a se transformar em círculo (**W3**).

Tem-se como apoio (**B**) dessa argumentação o teorema isoperimétrico. Ressaltamos que apesar dos alunos não conhecerem esse conceito, suas colocações apoiam-se implicitamente nessa relação (FIGUEIREDO, 1989; TOULMIN, 2001; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; CAZZOLA, 2008; MORETO, 2013).

Desse modo, a partir dos componentes do padrão de Toulmin (2001), temos que o layout desse argumento se apresenta da seguinte maneira:

Figura 14: *Layout* do argumento desenvolvido pelo Grupo 1 durante a resolução do problema envolvendo prédios



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

A partir da observação do episódio 4 e do argumento construído ao longo dele, conseguimos constatar que por meio da experimentação investigativa, os discentes perceberam e comprovaram empiricamente o teorema isoperimétrico (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013). Os estudantes explicitaram suas compreensões de que para se obter o máximo de casas construídas (área) com o mínimo de muros (perímetro), a cidade deveria ter a forma circular (FIGUEIREDO, 1989; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; CAZZOLA, 2008; MORETO, 2013).

Depois de verificarmos que ambos os grupos já haviam resolvido o problema, iniciamos as etapas **tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado e dando explicações causais**²² (CARVALHO et. al., 2009), que também aconteceram simultaneamente.

²² Nessas etapas os alunos reforçaram as ideias e conclusões que foram expostas nos episódios de análise 1, 2, 3 e 4.

Assim sendo, para envolver os alunos nessa fase, utilizamos o propósito pedagógico da **motivação** ao promover perguntas que os estimulassem a compartilhar suas ideias (SASSERON, 2013). Alguns questionamentos feitos foram: “Então vamos socializar o que vocês encontraram? Para resolver o problema, como vocês fizeram?”; “Qual o formato que a cidade deve ter?”; “Como vocês chegaram a essa conclusão de que o muro circular cabia mais?”; “Quais foram as outras formas que vocês fizeram?”; “Como vocês pensaram nos outros formatos além do círculo?”.

Conforme colocam Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), essas indagações levaram os estudantes a expor o caminho tomado para solucionar a problemática procurando dar explicações para o fenômeno investigado, bem como destacar as hipóteses levantadas e o motivo de terem sido refutadas. Logo, por meio desse relato, os educandos tomaram consciência do exercício manipulativo desenvolvido e começaram a ação intelectual da atividade, que buscava levá-los à interpretação e compreensão dos conceitos introdutórios de área e perímetro.

Esse momento funcionou como início da sistematização do conhecimento, sendo importante para que as próximas etapas da atividade se desenvolvessem com êxito. Outro aspecto relevante, esteve na possibilidade da professora-monitora observar as conclusões obtidas e as dúvidas encontradas pelos estudantes, para assim programar o último dia da atividade, que objetivou concluir a organização do saber matemático por meio de aproximações com a realidade.

Após as socializações dos alunos, passamos à última etapa do encontro, **escrevendo e desenhando**, na qual buscava sistematizar individualmente a aprendizagem ocorrida durante a aula (CARVALHO et. al., 2009; CARVALHO, 2013). Destacamos que esse estágio propiciou uma conversa descontraída entre os alunos.

No sábado seguinte aconteceu a fase **relacionando atividade e cotidiano**, em que procuramos complementar a sistematização do conhecimento gerado no encontro anterior, discutindo os principais conceitos, ideias e dúvidas surgidos (CARVALHO et. al., 2009).

Conforme explicitado nas páginas 68 e 69 deste trabalho, esse período foi composto de slides, vídeos, imagens, jogos e simulação de situações com o intuito de envolver os estudantes nas exposições e discussões levantadas, e assim estimular o surgimento de argumentos. Sendo que, para preparar, programar e organizar os materiais e a sala para esse momento, novamente utilizamos os propósitos pedagógicos **planejamento da atividade e organização da atividade** (SASSERON, 2013).

Após relembarmos o experimento e o problema resolvido no sábado anterior, promovemos uma discussão sobre o que eram formas geométricas planas e quais eram as

diferenças entre elas. Inicialmente, esse não seria o foco dessa etapa, contudo, devido as dúvidas que surgiram entre os alunos sobre nomenclatura e características dos formatos, procuramos destacar esse ponto.

Em seguida, a partir das conclusões encontradas durante a resolução da atividade experimental investigativa proposta, sistematizamos os conceitos de área e perímetro. Desta maneira, partimos de uma situação concreta, na qual os alunos desenvolveram relações mentais importantes, para que se construísse o conhecimento matemático (LORENZATO, 2010).

Lorenzato (2010) coloca que tal caminho de formação e compreensão de conceitos pode parecer contraditório, principalmente para os matemáticos. Entretanto, o real palpável possibilita a primeira aprendizagem, para que, em seguida, sejam realizadas as abstrações necessárias.

Assim, a partir da manipulação de objetos durante o experimento e das abstrações realizadas pela professora-monitora durante a sistematização do conhecimento, os educandos puderam realmente compreender e vivenciar o conteúdo de área e perímetro, e não apenas decorá-lo (LORENZATO, 2010).

Posteriormente, para continuarmos relacionando os conceitos explorados com situações reais em que a Matemática estivesse envolvida, apresentamos aos discentes o seguinte contexto: “O Mickey possuía um sítio que passava um rio por dentro dele, como o ratinho desejava doar parte de seu terreno para Donald propôs um desafio a seu amigo, de maneira que para receber esse presente, o pato deveria cercar o máximo de terra com o couro de apenas um boi”²³.

Esse momento em que os estudantes solucionam essa situação é exposto no episódio 5:

Quadro 9: Episódio 5 – Momento de resolução da situação problema do Pato Donald

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
73	A7: Eu colocava um aqui... um aqui... um aqui... (<i>indicando pontos diferentes sobre a carteira que estava sentado</i>).		Dados	Dedução
74	Prof: Mas você colocava o quê?	Teste de ideias (PE)		
75	A7: Uma cerca invisível...			
76	Prof: Cerca invisível? Mas tem que ter o couro de um boi.	Teste de ideias (PE)		
77	A7: Pois é... Eu colocava um pedaço do couro do boi bem aqui... outro pedaço aqui...		Dados	Dedução

²³ A situação foi adaptada do problema resolvido pela princesa Dido ao fundar a cidade de Cartago, e envolvia, de maneira intuitiva, os conceitos de maximização de área com o mínimo de perímetro (VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; MORETO, 2013).

	e outro aqui (<i>novamente indica vários pontos sobre a carteira</i>). Aí chamava de cerca invisível.			
78	Prof: Mas só que... (<i>pega o cercado de madeira usado no experimento proposto</i>). Olhem aqui o meu muro... Não está todo interligado? Não tem nada invisível no muro da nossa cidade. Então como seria se ele quisesse fazer esse muro com o couro do boi pra pegar o máximo de área possível? Pra ter o maior espaço possível para ele fazer uma casa boa pra morar? Mas só pode usar um boi...	Retomada de ideias já discutidas (PE) Proposição do problema (PE)		
79	A7: É fácil... Não é preciso usar o COURO INTEIRO DO BOI. Usa só um pedacinho... Vai cortando de pouquinho em pouquinho assim oh... (<i>desenha linhas horizontais no ar</i>). Aí vai colocando um por cima do outro... Aí daria...		Dados Garantia	Dedução
80	(<i>Iniciam-se momentos de descontração e a professora-monitora pede que os alunos voltem sua atenção para o problema de Donald</i>). Vamos escutar a ideia do A7. Como é A7 que o Donald teria que fazer?	Ações disciplinares (PP) Motivação (PP)		
81	A7: Eu ai...			
82	A6: Eu ia cortando o couro em fitas, e ia construindo... Ia fazendo uma cerca com o couro em fita...		Garantia	Dedução
83	A7: Assim ia dar bastante...			Dedução
84	Prof: Ai então o couro ia dar muito... Aqui (<i>indica A3 para que pudesse falar</i>).	Ações disciplinares (PP) Delimitação de condições (PE)		
85	A3: Ele ia cortando o couro bem fininho e ia colocando...		Conclusão	Dedução
86	Prof: Bem fininho... (<i>confirma com a cabeça</i>). Mas ele ia colocando em que formato?	Correlação de variáveis (PE)		
87	A1, A3, A4 e A7: De círculo...		Conclusão	Classificação
88	A6: Formato circular.		Conclusão	Classificação
89	Prof: Por que circular?	Avaliação de ideias (PE)		
90	A1 e A6: Porque vai ter mais espaço.		Garantia	Causalidade

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Logo após apresentarmos a situação problema que envolvia o Pato Donald, nos turnos 73, 75 e 77, A7 expressou de que maneira iria resolver inicialmente a problemática. Para isso, o estudante faz uso da operação epistemológica **dedução**, já que ele procura identificar

situações e exemplos que auxiliem na construção da cerca em volta do terreno (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Para entender o que o educando estava colocando, nos turnos 74 e 76, utilizamos o **teste de ideias**, com o intuito de que A7 colocasse à prova suas convicções levantadas. Na sequência, como verificamos que o caminho tomado pelo discente não solucionaria a pergunta proposta, realizamos uma **retomada de ideias já discutidas**, seguido da **proposição do problema**. Ao fazermos uso desses propósitos epistemológicos guiamos os estudantes para o levantamento e avaliação de novas hipóteses (SASSERON, 2013).

A partir disso, A7 repensa suas colocações e, utilizando novamente a operação **dedução**, infere que o couro do boi poderia ser cortado em tiras para se delimitar a terra (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Após essa colocação, os alunos iniciam conversas paralelas de descontração, havendo, assim, a necessidade de se empregar **ações disciplinares** para que todos voltassem sua atenção para o problema. Utilizamos ainda, a **motivação** para incentivar A7 a continuar explicitando sua hipótese (SASSERON, 2013).

Desta maneira, nos turnos 82 e 83, A6 e A7 fazem uso da **dedução** para confirmar que com o couro cortado em fitas Donald teria mais material para construir sua cerca (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Na sequência, aplicamos o propósito **delimitação de condições**, para que os estudantes começassem a descrever, nomear e caracterizar de que maneira poderia ser construído o cercado. Desenvolvemos, ainda, **ações disciplinares** para dar oportunidade de A3 pronunciar suas ideias (SASSERON, 2013).

Então, A3 procura caracterizar que o couro deveria ser cortado em tiras finas, utilizando novamente a operação epistemológica **dedução** (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Após essa tomada de consciência, entendemos que só faltava definir qual o formato que essa cerca deveria possuir. Para isso, recorremos à **correlação de variáveis**, para que relações fossem construídas a partir das hipóteses colocadas, encaminhando-se para a solução da problemática (SASSERON, 2013). Além disso, ao questionarmos “Mas ele ia colocando em que formato?”, buscamos inserir na fala dos alunos os termos da linguagem matemática.

A partir dessa colocação, quase de maneira unânime, os educandos colocaram que o círculo seria a melhor forma, desenvolvendo, desta forma, a **classificação** do formato de acordo com suas características (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Com intuito de que os estudantes estabelecem justificativas para o que foi explicitado, no turno 89, recorremos à **avaliação de ideias** (SASSERON, 2013). Sendo que, no turno seguinte, A1 e A6 utilizam a **causalidade** para confirmar o motivo do referido do círculo ser o mais adequado (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

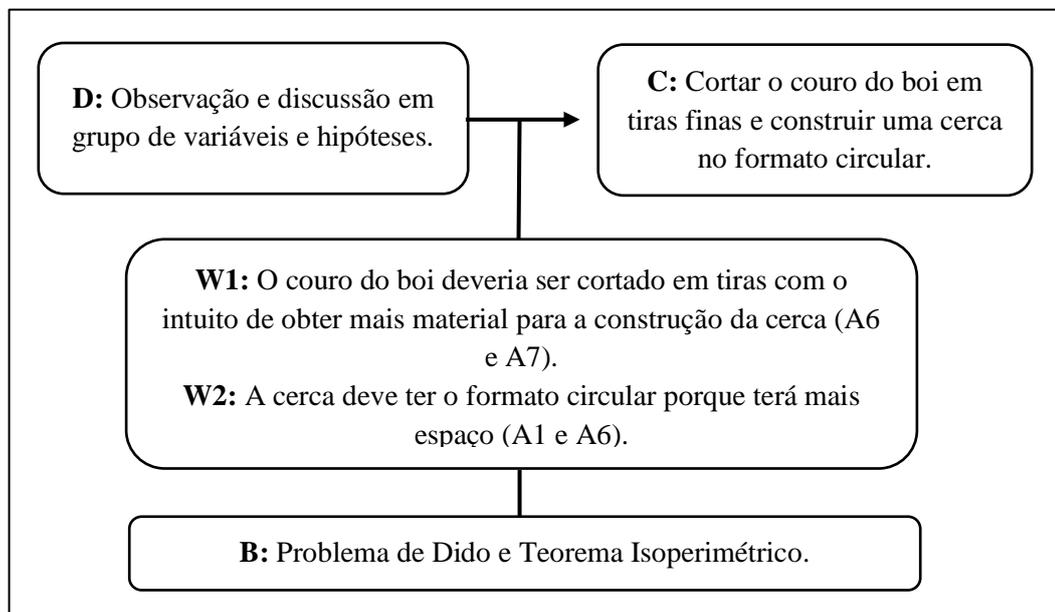
Nesse momento analisado do episódio 5, percebemos que os educandos construíram um argumento que pode ser organizado de acordo com os elementos propostos por Toulmin (2001). Desta maneira, a partir dos dados (**D**) em que os alunos observaram e discutiram as variáveis e hipóteses que poderiam solucionar o problema, chegou-se à conclusão (**C**) que para se obter o máximo de terreno era necessário cortar o couro do boi em tiras finas e construir uma cerca no formato circular.

Como garantias para essa alegação, A6 e A7 colocaram que se o couro fosse cortado em tiras bem finas Donald iria obter mais material para delimitar a terra (**W1**). E ainda, A1 e A6 explicitaram que no formato circular o terreno teria mais espaço (**W2**) (TOULMIN, 2001).

O apoio (**B**) implícito dessa argumentação se encontra no problema resolvido pela princesa Dido, que faz uso do teorema isoperimétrico para demarcar o máximo de área com o mínimo de material para o contorno (FIGUEIREDO, 1989; TOULMIN, 2001, VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; CAZZOLA, 2008; MORETO, 2013).

Logo, a estrutura do argumento desenvolvido pelos estudantes, de acordo com o padrão de Toulmin (2001) é o seguinte:

Figura 15: *Layout* do argumento desenvolvido durante a resolução da situação problema do Pato Donald



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Após o desenvolvimento desse argumento, solicitamos que os estudantes desenharem no quadro branco como ficaria o formato do sítio de Donald. Esse momento está exposto no Quadro 10 a seguir:

Quadro 10: Episódio 5 – Momento de resolução da situação problema do Pato Donald (continuação)

Turno	Discurso	Análise		
		Propósitos da educadora	Padrão de Toulmin	Operações epistemológicas
91	Prof: Quem quer desenhar como seria o terreno aqui? (<i>indica a imagem projetada no quadro branco</i>).	Motivação (PP)		
92	Prof: (<i>Alguns alunos levantam-se simultaneamente</i>). Calma... Um por vez... Vai A7, primeiro você.	Ações disciplinares (PP)		
93	Prof: (<i>Todos os alunos começam a falar simultaneamente tentando auxiliar A7 em seu desenho</i>). Ok... Ele falou que tinha que cortar em tiras... Qual será o melhor formato?	Retomada de ideias já discutidas (PE) Proposição do problema (PE)		
94	A7: (<i>Desenha um quadrado em que sua metade ocupa uma parte do rio e a outra parte ocupa as supostas terras do sítio</i>). Pronto... Um quadrado (<i>indica seu desenho</i>).		Dados	
95	Prof: Um quadrado... Mas aí você conseguiu amarrar todas as tiras do couro do boi?	Teste de ideias (PE)		
96	A7: Foi...			
97	A4: Usando o couro do boi pra fazer isso, eu acho que era melhor o círculo mesmo porque nessas dobras aí (<i>indica os vértices do quadrado desenhado</i>), já gasta mais couro.		Conclusão Garantia	Apelo a atributos
98	Prof: Então aqui (<i>mostra os vértices novamente</i>) já gasta mais couro?	Reconhecimento de variáveis (PE)		
99	A4: É (<i>confirmando com a cabeça</i>).			
100	Prof: Então vamos deixar A4 desenhar a sua ideia (<i>Alguns alunos pedem para desenhar também, então a professora-monitora informa que todos terão seu momento</i>).	Ações disciplinares (PP)		
101	Prof: Ok... Então vamos ver... A7 falou que tem que ser quadrado. Mas aí A4 já disse que não precisa ser quadrado, tem que ter outro formato...	Retomada de ideias já discutidas (PE)		
102	(<i>A4 desenha um círculo que ocupa uma metade ocupa o rio e a outra uma parte do terreno</i>).		Dados	
103	A7: Um círculo?			
104	Prof: E aí? Porque círculo?	Avaliação de ideias (PE)		

105	A4: É porque... olha a diferença desse aqui (<i>desenha um quadrado ao lado do círculo</i>). Quando chega aqui (<i>indica o vértice do quadrado que desenhou</i>), vai usar mais couro.		Dados Garantia	Apelo a atributos
-----	---	--	-------------------	----------------------

Fonte: Produzido com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Ao perguntarmos, no turno 91, quem gostaria de desenhar no quadro branco como seria o terreno de Donald, utilizamos o propósito pedagógico **motivação** com o intuito de tentar incentivar os estudantes a expor de maneira concreta as ideias levantadas anteriormente. Devido à animação dos alunos, desenvolvemos, ainda, **ações disciplinares** para organizá-los.

Em seguida, realizamos as intenções epistemológicas **retomada de ideias já discutidas** e reforçamos a **proposição do problema**, com o intuito de que essas ações servissem como alicerce para as discussões e construções dos desenhos (SASSERON, 2013).

Com isso, no turno 94, A7 ilustra um quadrado como sendo o melhor formato para o sítio. Entretanto, como essa não era a resposta esperada, recorremos ao **teste de ideias** para que essa hipótese fosse analisada e, logo após, fosse desconsiderada (SASSERON, 2013).

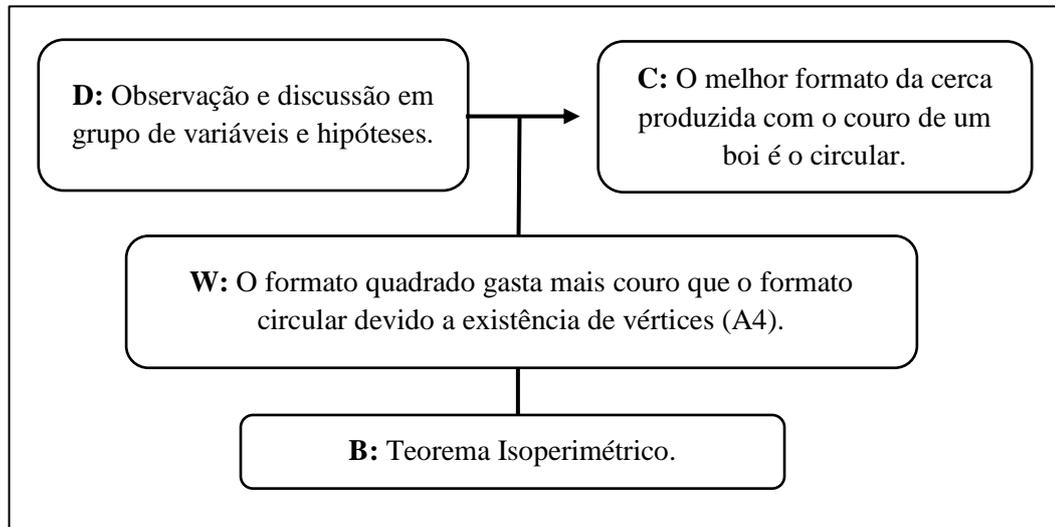
A partir disso, A4 manifesta qual a forma que considera correta para o terreno, dizendo: “Usando o couro do boi pra fazer isso, eu acho que era melhor o círculo mesmo porque nessas dobras aí já gasta mais couro”. Com essa fala, a estudante recorre à operação epistemológica **apelo a atributos**, já que recorre às características do quadrado e do círculo para justificar em qual deles se usaria menos material (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Para auxiliar verificação das variáveis envolvidas na hipótese levantada, desenvolvemos o propósito **reconhecimento de variáveis**. Já no turno 100, realizamos **ações disciplinares** para que A4 tivesse oportunidade de demonstrar, por meio de um desenho, as conclusões obtidas. Logo após, implementamos a **retomada de ideias já discutidas** para todos os alunos tivessem consciência dos dados à disposição para compreender as colocações feitas pela aluna (SASSERON, 2013).

Ao desenhar um círculo no quadro, questionamos para A4 o motivo de sua opção. Com isso, recorremos à **avaliação de ideias** incentivando que fossem estabelecidas justificativas sobre a solução encontrada (SASSERON, 2013). Como resposta, novamente a educanda utiliza o **apelo a atributos** dos formatos ilustrados para fundamentar seu discurso (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Com esses discursos, outro argumento foi construído pelos discente de acordo com a estrutura padrão colocada por Toulmin (2001). Esse *layout* argumentativo é exposto na Figura 16:

Figura 16: *Layout* do argumento desenvolvido durante a ilustração do formato do terreno do Pato Donald



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001) com base nas informações constituídas durante a pesquisa

Como podemos constatar, as observações e discussões das variáveis e hipóteses desenvolvidas pelos estudantes, geraram os dados (**D**) para se chegar à conclusão (**C**) de que o melhor formato da cerca produzida com couro de um boi é o circular (TOULMIN, 2001).

A garantia (**W**) para justificar a passagem dos fatos para a alegação foi apresentada por A4, em que demonstrou que o formato quadrado gastaria mais couro que o circular, já que o quadrilátero possui vértices. Novamente o teorema isoperimétrico serve como apoio (**B**) desse argumento (FIGUEIREDO, 1989; TOULMIN, 2001; VIEIRA, RODRIGUES e AGUSTINI, 2005; CAZZOLA, 2008; MORETO, 2013).

Logo após o encerramento da situação problema do sítio de Donald, apresentamos um vídeo²⁴ em que os alunos puderam confirmar a solução encontrada. Depois, desenvolvemos uma dinâmica junto com os educandos para encerrar o dia de atividade e agradecer a contribuição, empenho e participação de todos.

Para congrugar as observações realizadas nessa seção, apresentamos a seguir os principais aspectos que emergiram das análises.

²⁴ Conforme explicitado no capítulo 2 deste trabalho, o referido vídeo está disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=SSaOcnmYt6I>, com acesso em 13/04/2016.

3.2 PRINCIPAIS ASPECTOS QUE EMERGEM DAS ANÁLISES

As interações percebidas e evidenciadas nesta atividade experimental investigativa implementada ganham ênfase ao considerarmos esse processo como essencial para o surgimento e desenvolvimento da argumentação e a construção do conhecimento matemático.

Sendo que, ao analisarmos cada um dos episódios que se constituem ao longo da proposição, resolução e discussão da problemática abordada, podemos destacar que as diversas intervenções da professora-monitora, na forma de questionamentos ou dúvidas, foram cruciais para que os estudantes explorassem informações, relacionassem os dados obtidos pela experimentação, bem como defendessem suas ideias.

Nesse sentido, podemos destacar mediações que registravam propósitos tanto pedagógicos quanto epistemológicos da educadora, sendo manifestadas à medida que os alunos discutiam e explicitavam suas ideias sobre situações específicas propiciadas ao longo das etapas da experimentação investigativa.

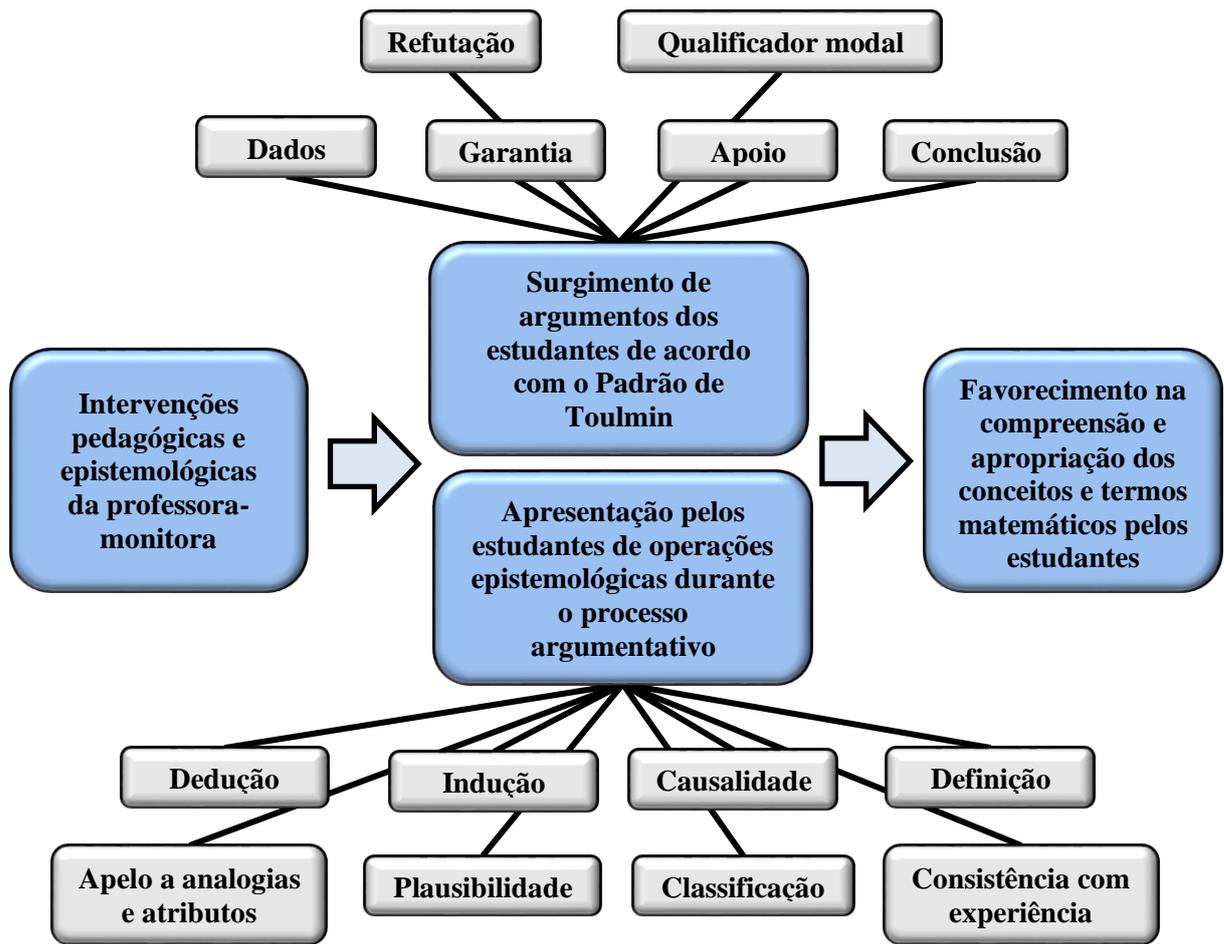
Aliado a isso, evidenciamos que as interações entre os discentes também contribuíram para o processo argumentativo, já que em muitos momentos os alunos compartilhavam entre si suas ideias e conhecimentos.

A partir disso, os argumentos foram surgindo e se desenvolvendo de acordo com os elementos constitutivos do padrão de Toulmin (2001). Grande parte dos dados foram obtidos a partir da manipulação dos materiais, observação e discussão em grupo de variáveis, assim como do levantamento e teste de hipóteses. Com os fatos apurados, manifestaram-se outros termos argumentativos como conclusões, garantias, apoios, qualificadores modais e refutações.

Durante esse processo, os estudantes expuseram suas formas de ação e pensamento para estruturação e confirmação de ideias, bem como as maneiras como o conhecimento matemático se constituía. Essas operações epistemológicas apresentaram-se, em sua maioria, na forma de dedução, causalidade, definição, classificação, apelo a analogias e atributos, consistência com experiência e plausibilidade.

Assim, ponderando sobre cada um dos episódios destacados que possuem a síntese das análises realizadas e considerando as interações ocorridas entre docente-discentes e discentes-discentes, a Figura 17 procura sintetizar o surgimento e desenvolvimento das argumentações dos estudantes a partir das contribuições da professora-monitora:

Figura 17: Surgimento e desenvolvimento das argumentações durante a resolução do problema das formas



Fonte: Produzido pela autora com base na análise dos dados

Nota-se que a partir dos momentos de intervenções pedagógicas e epistemológicas da professora-monitora, surgiram argumentos de acordo com o padrão de Toulmin (2001), sendo constituídos de todos seus elementos estruturais. Os estudantes apresentaram ainda muitas operações epistemológicas que qualificam o processo argumentativo. Concluímos então que esses momentos favoreceram a compreensão e apropriação dos conceitos e termos inerentes do conteúdo geométrico abordado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme explicitado da seção de introdução desse texto, o presente estudo emergiu a partir da reflexão de nossas experiências pessoais e profissionais na sala de aula, sendo que essas vivências contribuem para a constituição de nossa identidade como educadora de Matemática.

Desta maneira, apoiados nesse processo reflexivo e na colaboração teórica de autores diversos, procuramos investigar nossa prática educativa ao buscar analisar as contribuições das intervenções da professora-monitora para o surgimento e desenvolvimento da argumentação entre discentes participantes do Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, durante uma atividade experimental sobre os conceitos introdutórios de área e perímetro.

Para alcançarmos tal objetivo, aplicamos uma sequência de ensino baseada nas etapas da experimentação investigativa proposta por Carvalho et. al. (2009) e Carvalho (2013), na qual buscamos verificar, em nossas intervenções como professora-monitora, os propósitos pedagógicos e epistemológicos expressados para favorecer a argumentação entre os estudantes (SASSERON, 2013).

Em relação às falas dos educandos, procuramos identificar no processo argumentativo desenvolvido tanto os elementos e a estrutura de acordo com o Padrão de Toulmin (2001), como as operações epistemológicas apresentadas pelos alunos que expressassem as relações ocorridas durante a construção do conhecimento matemático (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

Diante das análises realizadas, constatamos que nossas intervenções pedagógicas e epistemológicas como professora-monitora tiveram grande importância no surgimento e desenvolvimento da argumentação, pois propiciaram oportunidades de interações discursivas entre docente-discentes e discentes-discentes, bem como possibilitou momentos de estudo e debate dos conteúdos matemáticos.

Em nossas ações procuramos observar as atitudes e falas dos estudantes para assim dar forma aos aspectos encontrados, de maneira a checar seus entendimentos, orientar o trabalho experimental, compartilhar dados, além de rever ideias já trabalhadas.

Desta maneira, a partir do desenvolvimento dos propósitos pedagógicos podemos organizar e guiar a atividade investigativa de maneira que a mesma auxiliasse no surgimento da argumentação.

Já as intenções epistemológicas suscitaram a construção de um argumento aceito no campo do conhecimento matemático e científico, pois foi por meio das perguntas colocadas e de algumas contraposições de ideias, que os educandos puderam desenvolver os passos investigativos necessários para solução do problema, assim como criar argumentos bem estruturados e com qualidade.

Destarte, torna-se relevante que o educador tenha consciência de seu papel de incentivador e regulador durante a construção de ideias, atentando-se para que os questionamentos pronunciados levem os estudantes a desenvolver e sistematizar o conhecimento.

Frente à argumentação elaborada pelos discente com o auxílio de nossas intervenções pedagógicas ou epistêmicas, analisamos sua estrutura de acordo com o Padrão Argumentativo de Toulmin (2001). Observamos que foram construídos argumentos básicos, sendo compostos por apenas dados (D), conclusão (C) e garantia (W).

À medida que perguntas instigantes eram colocadas ao longo do processo, surgiram organismos mais elaborados e fundamentados em relação as justificativas apresentadas, proporcionando mais força às ideias defendidas. Assim, verificamos argumentos mais completos que apresentaram tanto os componentes básicos (dados, conclusões e garantias), quanto apoios (B), qualificadores modais (Q) e refutações (R).

Em relação às operações epistemológicas apresentadas pelos alunos no desenvolvimento da argumentação, percebemos que surgiram diversas formas de ação e pensamento, sendo exploradas principalmente a dedução, a indução, a causalidade, a definição, a classificação, o apelo a analogias e atributos, consistência com experiência e a plausibilidade. Com a identificação dessas falas características, observamos a maneira como os estudantes iam construindo o conhecimento ao longo da estruturação dos argumentos, proporcionando coerência às ideias expostas e defendidas.

Observamos também que a metodologia investigativa aplicada teve grande relevância para o surgimento de argumentos. Já que o ciclo argumentativo teve início com a proposição do problema a ser analisado, tendo continuidade nas etapas posteriores de manipulação dos materiais para resolução da problemática, bem como nos momentos de exposição do caminho tomado e explicação dos fenômenos estudados. Desta maneira, o trabalho investigativo em grupo propiciou a exploração de informações, o levantamento de conhecimentos prévios, testes de hipóteses, exposição e defesa de ideias.

Percebemos que esse movimento de manipulação e investigação proporcionou os dados necessários para que arranjos cognitivos fossem realizados, permitindo a tomada de consciência

das condições e características do fenômeno, e auxiliando no reconhecimento e ordenação das variáveis a serem consideradas para a solução da problemática proposta.

Entretanto, existiram momentos em que as suposições levantadas não foram suficientes para explicar as resoluções encontradas, existindo a necessidade de que os discentes buscassem por justificativas que garantissem a defesa das ideias colocadas, ou ainda por situações de refutação em que hipóteses não tinham validade.

No decorrer dos episódios analisados, constatamos que os estudantes demonstraram algumas dificuldades com alguns conceitos e elementos da geometria plana, contudo, a partir da experimentação, das interações entre os alunos e das intervenções da professora-monitora, os conhecimentos puderam ser compartilhados e construídos, já que à medida que os objetos eram manipulados, os temas iam sendo discutidos e compreendidos.

A utilização do concreto introduziu a abstração da temática envolvida, levando os educandos compreenderem e vivenciarem os conceitos apresentados. Ressaltamos, ainda, que o propósito da atividade não consistia em apresentar ou definir as fórmulas de cálculo de área e perímetro dos variados formatos geométricos planos, mas buscávamos introduzir tais conteúdos, de maneira que os mesmos fossem entendidos e pudessem ser aplicados na vida cotidiana.

Desta maneira, a prática da argumentação propiciada no decorrer da aplicação da atividade, levou os discentes a adquirirem competências argumentativas no campo da Matemática, já que favoreceu o raciocínio e o levantamento de estratégias e hipóteses necessárias à resolução do problema proposto. Proporcionou, ainda, a apropriação de termos e linguagens matemáticas específicas.

À vista disso, acreditamos que a partir de nossas intervenções pedagógicas e epistemológicas conseguimos propiciar um momento educativo diferenciado a nossos estudantes, no qual suas falas, concepções e ideias foram valorizadas, contribuindo na construção do conhecimento e na promoção do pensamento independente e crítico-reflexivo desses discentes.

Assim, frente aos benefícios observados na experimentação investigativa e nas atitudes do professor-monitor durante sua aplicação, consideramos relevante seu compartilhamento com os colegas de profissão por meio do vídeo orientativo que apresente as etapas da metodologia e evidencie postura do educador para o surgimento da argumentação entre os alunos. Para tanto, é necessário que o docente esteja disposto ao aprendizado, buscando esse material para se aprimorar e vislumbrar novos caminhos para lecionar.

Ciente das limitações do ambiente estudado, que se diferencia das salas de aula convencionais, é possível especular a necessidade de pesquisas que investiguem a aplicação da metodologia e a dinâmica das interações argumentativas na elaboração do conhecimento científico e matemático nos diferentes ambientes de ensino e aprendizagem.

Para além da possibilidade aqui estudada, uma alternativa de investigação necessária relacionada ao Clube de Ciências “Prof. Dr. Cristovam W. P. Diniz”, consiste em delimitar as contribuições deste espaço na formação inicial e/ou continuada dos professores-monitores, ou ainda no desenvolvimento da aprendizagem escolar de seus alunos.

REFERÊNCIAS

ALARCÃO, I. Ser professor reflexivo. In: ALARCÃO, I. **Formação reflexiva de professores: estratégias de supervisão** – Portugal: Editora Porto, 1996.

_____. A formação do professor reflexivo. In: ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva** – São Paulo: Cortez, 2007.

ARAGÃO, R. M. R. Prefácio. In: CHAVES, S. N.; GONÇALVES, T. V. O. (Org.). **Memórias de formação e docência: histórias e trajetórias de transformação** – Belém-PA: CEJUP, 2007, p. 7-13.

ARAÚJO, M. S. T.; ABID, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, Junho, 2003. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>. Acesso em: 18/05/2016.

BAHIA, M. L.; GARVÃO, R. F. Castanhal-PA: um estudo avaliativo da “Cidade Modelo” no Nordeste Paraense. **Cairu em Revista**. v. 04, n. 06, p. 35-46, 2015.

BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. - São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BANKS-LEITE, L. Apresentação. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, A. C. (Org.). **Argumentação na escola: O conhecimento em construção** – Campinas-SP: Pontes Editores, 2011, p. 7-11.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1. ed., 3. reimp. – São Paulo: Edições 70, 2011.

BIASOTO, J. D.; CARVALHO, A. M. P. Análise de uma atividade experimental que desenvolva a argumentação dos alunos. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6, Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p897.pdf>> Acesso em: 26/07/2016.

BOAVIDA, A. M. R. **A argumentação em matemática: Investigando o trabalho de duas professoras em contexto de colaboração**. 2005. 995f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de Lisboa. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2005.

BOAVIDA, A. M. R.; PAIVA, A. L.; CEBOLA, G.; VALE, I.; PIMENTEL, T. **A experiência matemática no ensino básico: Programa de formação contínua em matemática para professores dos 1º e 2º ciclos do ensino básico** – Lisboa: Editorial do Ministério da Educação, 2008.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática** – Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRAUMANN, C. Divagações sobre investigação matemática e o seu papel na aprendizagem da matemática. In: PONTE, J. P.; COSTA, C.; ROSENDO, A. I.; MAIA, E.; FIGUEIREDO,

N.; DIONÍSIO, A. F. (Org.). **Actividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores**. – Lisboa: SEM-SPCE, 2002, p. 5-24.

CAMPEDELLI, S. Y.; SOUZA, J. B. **Português: Literatura, produção de textos e gramática**. 3. ed. – São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 171-189, 2000.

CARMO, A. B. **Argumentação matemática em aulas investigativas de física**. 2015. 251f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo – São Paulo: USP, 2015.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Múltiplas linguagens e a matemática no processo de argumentação em uma aula de física: Análise dos dados de um laboratório aberto. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17(1), p. 209-226, 2012.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. 2. ed. – Ijuí-RS: Ed. Unijuí, 2011.

_____. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula** – São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R., REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental: O conhecimento físico** – São Paulo: Scipione, 2009.

CASTANHAL. **Histórico do Município de Castanhal-PA**. Disponível em: <<http://www.castanhal.pa.gov.br>>. Acesso em: 14/02/2016.

CAZZOLA, M., Problem-Based Learning and Mathematics: Possible Synergical Actions. In: GOMEZ CHOVA, L.; MARTÍ BELENGUER, D.; CANDEL TORRES, I. (Org.) **International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI) Proceeding, International Association of Technology, Education and Development (IATED)** – Espanha: s. n., 2008.

COLOMBO JUNIOR, P. D.; LOURENÇO, A. B.; SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Ensino de física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma atividade de conhecimento físico. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 17(2), p. 489-507, 2012.

CONNELY, F. M.; CLANDININ, D. J. Relatos de Experiencia e Investigación Narrativa. In: LARROSA, J. et. al. **Déjame que te cuente: Ensayos sobre narrativa y educación** - Barcelona: Laertes, S. A. de Ediciones, 1995.

CNPQ - CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Currículo Lattes: Cristovam Wanderley Picanço Diniz**. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/2014918752636286>>. Acesso em: 08/09/2016.

DICKEL, A. Que sentido há em se falar em professor-pesquisador no contexto atual? Contribuições para o debate. In: GERALDI, C. M. G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. A. (Org.). **Cartografias do trabalho docente: professor(a)-pesquisador(a)** – Campinas-SP: Mercado de Letras, 1998.

DINIZ, C. W. P. **Motivação**. Vídeo produzido pelo Laboratório de Investigações em Neurodegeneração e Infecção do Hospital Universitário João de Barros Barreto, Universidade Federal do Pará, Publicado em 04 de fevereiro de 2012. Disponível em: < <https://youtu.be/QwKhYyxTmGU> >. Acesso em: 12/02/2016.

_____. **Palestra de abertura do XXV Curso de Férias “Forma, função e estilo de vida dos animais”** – Mãe do Rio-PA: 2016.

DOLCE, O.; POMPEO, J. N. **Fundamentos da Matemática Elementar (Volume 9): Geometria Plana**. 9. ed. – São Paulo: Atual, 2013.

DOXSEY, J. R.; RIZ, J. **Metodologia da pesquisa científica**. 1. ed., 3. rev. – Espírito Santo: Escola Superior Aberta do Brasil - ESAB, 2007.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 20, p. 1059-1073, 2000.

ERDURAN, S., SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin’s argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88(6), p. 915-933, 2004.

FIGUEIREDO, D. G. Problemas de máximo e mínimo na geometria euclidiana. **Revista Matemática Universitária**, v. 9/10, p. 69-108, 1989.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: Fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em sala de aula de Ciências. **Química nova escola**. v. 1, n. 30, p. 34-41, 2008. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em: 23/05/2016.

FREIRE, P. **A educação na cidade**. 1. ed. - São Paulo: Cortez, 1991.

_____. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. 9. ed. - São Paulo: Paz e Terra, 1998.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**. v. 27, N. 2, p. 326-331, 2004.

GALVÃO, C. Narrativas em educação. **Ciência e educação**. Bauru, v.11, n.2, p. 327-345, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/12.pdf>> Acesso em: 12/03/2016.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**. v.10, p. 43-49, 1999.

GOHN, M. G. **Educação não-formal e cultura política: Impactos sobre o associativo do terceiro setor**. 2. ed. – São Paulo: Cortez, 2001.

GUERREIRO, A; FERREIRA, R. A. T.; MENEZES, L.; MARTINHO, M. H. Comunicação na sala de aula: A perspectiva do ensino exploratório da matemática. **Zetetiké**. v. 24, n. 44, p. 279-295, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros** – Brasil: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/32T>>. Acesso em: 14/02/2016.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., RODRÍGUEZ, A. B.; DUSCHL, R.A., “Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, p. 757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciências: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.3, p. 359-370, 2003.

KRUMMHEUER, G. The ethnography of argumentation. In: P. COBB; H. BAUERSFELD (Eds.), **The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures** – Hillsdale-NY: Erlbaum, p. 229-269, 1995.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

LARROSA, J. **Pedagogia profana: danças, piruetas e mascaradas**. 3. ed. - Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

LEITÃO, S. Processos de construção do conhecimento: a argumentação em foco. **Proposições**, v. 18, n. 3 (54), set./dez., Campinas-SP, 2007. Disponível em: <<http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/54-dossie-leitaos.pdf>> Acesso em: 23/02/2016.

_____. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (Org.) **Argumentação na escola: o conhecimento em construção** – Campinas-SP: Pontes Editores, 2011.

LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2007.

LORENZATO, S. **Formação inicial e continuada do professor de Matemática**. In: Encontro Paulista de Educação Matemática, 7, São Paulo, 2004, *Anais...* - São Paulo: UNICAMP, 2004.

_____. **Para aprender matemática**. 3. ed. – Campinas-SP: Autores associados, 2010.

MALHEIRO, J. M. S. **Panorama da educação fundamental e média no Brasil: o modelo da Aprendizagem Baseada em Problemas como experiência na prática docente**. 2005. 197f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas), Universidade Federal do Pará - Belém (PA): IEMCI/UFPA, 2005.

_____. **A resolução de problemas por intermédio de atividades experimentais investigativas relacionadas à biologia:** uma análise das ações vivenciadas em um curso de férias em Oriximiná (PA). 2009. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência), Universidade do Estado de São Paulo - Bauru (SP): UNESP, 2009.

_____. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **Actio: Docência em Ciência**, v. 1, n. 1, p. 107-126, jul./dez., 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/4796/3150>>. Acesso em: 11/11/2016.

MALHEIRO, J. M. S. FERNANDES, P. O recurso ao trabalho experimental e investigativo: Percepções de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20 (1), p. 79-96, 2015. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID384/v20_n1_a2015.pdf>. Acesso em: 24/01/2016.

MORAES, R. Participando da conversa: Construindo competências argumentativas na fala e na escrita. In: SCARTON, G.; SMITH, M. M. **Manual de redação**. Porto Alegre: PUCRS, FALE/GWEB/PROGRAD, 2002. Disponível em: <<http://pucrs.br/manualred/textos/texto4.php>>. Acesso em: 15/04/2016.

MORETO, F. A. **Problema isoperimétrico e aplicações para o ensino médio**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática). Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro (SP): UNESP, 2013.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 10. ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17, n. especial, p. 115-137, novembro 2015.

MÜLLER, I. Tendências atuais de Educação Matemática. **UNOPAR Cient., Ciênc. Hum. Educ.**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 133-144, jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~brolezzi/disciplinas/20142/mpm5610/tendencias.pdf>>. Acesso em: 02/04/2016.

NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.) **Os professores e a profissão**. Lisboa: Dom Quixote, 1992, p. 15-33.

_____. **O professor pesquisador e reflexivo**. Entrevista concedida em 13 de setembro de 2001. Disponível em: <http://www.vdl.ufc.br/solar/aula_link/llpt/A_a_H/didatica_I/aula_04/imagens/03/professor_pesquisador_reflexivo.pdf>. Acesso em: 15/10/2015.

NUNES, J. M. V. **A prática da argumentação como método de ensino:** O caso dos conceitos de área e perímetro de figuras planas. 2011. 220f. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo: PUC/SP, 2011.

OLIVEIRA, C. M. A. O que se fala e se escreve nas aulas de Ciências? In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação:** Condições para implementação em sala de aula – São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 63-75.

OLIVEIRA, I.; SERRAZINA, L. A reflexão e o professor como investigador. In: GTI (Org.). **Reflectir e Investigar sobre a prática profissional** - Lisboa: APM, p. 29-42, 2002. Disponível em: <<http://lrc.nutes.ufrj.br/constructore/objetos/oprofessorcomoinvestigador.pdf>>. Acesso em: 28/04/2015.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 12, n. 1, p. 139-153, jan./jun. 2010. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contriui%C3%A7%C3%B5es-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>>. Acesso em: 23/05/2016.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 6. ed. – Petrópolis-RJ: Vozes, 2014.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S.; MONK, M. Enhancing the quality of argument in school Science. **School Science Review**, p. 63-70, junho, 2001. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=A411A71B24C26EEE0E67FEB9E4352074?doi=10.1.1.463.9918&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 17/11/2015.

PAIS, L. C. Intuição, experiência e teoria geométrica. **Zetetiké**. Campinas-SP, v. 4, n. 6, p. 65-74, jul.-dez., 1996.

PEDEMONTE, B. **Etude didactique et cognitive des rapports de l'argumentation et de la démonstration dans l'apprentissage des mathématiques**. 2002. 301 f. Tese (Doutorado em Didática da Matemática), Université Joseph Fourier - Gênova: Université Joseph Fourier, 2002.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Tratado da argumentação: A nova retórica**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

PERRENOUD, P. Formar professores em contextos sociais em mudança: Prática reflexiva e participação crítica. **Revista Brasileira de Educação**, n.12, p. 5-21, set-dez 1999.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** 13. ed. – Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 1996.

PRETI, D. Apresentação. In: PRETI, D. (Org). **Análise de textos orais**. 4. ed. São Paulo: Humanitas Publicações FFLCH/USP, p. 7-12, 1999.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e o ensino de ciências: Reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. 281f. Tese (Doutorado no Ensino de Ciências e Matemática). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - São Paulo: USP, 2008.

_____. Interações discursivas e investigação em sala de aula: O papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula** – São Paulo: Cengage Learning, p. 41-62, 2013.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação em sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin. **Ciência e Educação**, v.17, n.1, p. 97-114, 2011.

_____. Ações e indicadores da construção do argumento em aula de Ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.15, n. 02, p. 169-189, maio-ago, 2013.

_____. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem** – Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, A. A. B. **Interações discursivas em um curso de férias: a constituição do conhecimento científico sob a perspectiva da aprendizagem baseada em problemas**. 2015. 89f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas), Universidade Federal do Pará - Belém (PA): IEMCI/UFPA, 2015.

SOUZA, A. M.; BRITO JUNIOR, J. R. C. Memórias da prática de ensino: considerações sobre metodologias de ensino e formação. In: CHAVES, S. N.; GONÇALVES, T. V. O. (Org.). **Memórias de formação e docência: histórias e trajetórias de transformação** – Belém-PA: CEJUP, 2007.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio**. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 14, Curitiba, 2008, *Anais...* - Curitiba: UFPR, 2008.

STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del curriculum**. Madri: Morata, 1984.

TOULMIN, S. E. **Os Usos do Argumento** - São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIEIRA, F.B.P.; RODRIGUES, L.B.; AGUSTINI, E. O teorema isoperimétrico e o problema da cerca. **FAMAT em Revista**, n. 4, p. 141- 152, abril, 2005.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. **Argumentação no ensino de ciências: tendências, práticas e metodologia de análise**. 1. ed. - Curitiba: Appris, 2013.

ZEICHNER, K. M. **A formação reflexiva de professores: ideias e práticas**. Lisboa: EDUCA, 1993.

_____. Para além da divisão entre professor-pesquisador e pesquisador acadêmico. In: GERALDI, C. M. G.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. A. (Org.). **Cartografias do trabalho docente: professor(a)-pesquisador(a)** – Campinas-SP: Mercado de Letras, 1998.