

A ARGUMENTAÇÃO EM UMA ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

DOI: <https://doi.org/10.33871/22385800.2021.10.21.293-312>

Fredy Coelho Rodrigues¹
Milton Soares dos Santos²
Niomar Bolano Jalhium³
Marco Aurélio Alvarenga Monteiro⁴

Resumo: Este estudo teve por objetivo investigar os argumentos produzidos por alunos de um curso de formação de professores em Matemática para justificar conceitos de função durante a realização de uma aula investigativa com o suporte experimental de um ambiente de geometria dinâmica, denominado “Geogebra”. A pesquisa foi realizada durante o segundo semestre de 2019 em uma instituição pública de ensino localizada no sul do estado de Minas Gerais. Contou com a participação de acadêmicos da licenciatura em matemática matriculados na disciplina de Fundamentos de Matemática Elementar II. Os resultados de investigação foram coletados por meio de relatórios produzidos pelos alunos da referida disciplina e analisados sob a luz de referenciais teóricos que discutem a composição e a qualidade do argumento (TOULMIN, 2001; ERDURAN, SIMON, OSBORNE, 2004). Como resultado deste estudo verificou-se que a maioria dos argumentos produzidos nos relatórios de investigação são pouco elaborados e se baseiam em justificativas atreladas a dados experimentais sem realização de conexões com teorias científicas. No entanto ainda assim, foi possível identificar alguns argumentos mais elaborados baseados em combinações quádruplas envolvendo componentes que compõem a estrutura argumentativa de Toulmin (2001).

Palavras-chave: Ensino de Matemática; Argumentação; Justificação.

ARGUMENTATION IN A RESEARCH ACTIVITY IN THE TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS

Abstract: This study aimed to investigate the arguments produced by students of a teacher training course in Mathematics to justify concepts of function during an investigative class with the experimental support of an environment of dynamic geometry, called "Geogebra". The research was conducted during the second semester of 2019 in a public educational institution located in the south of Minas Gerais state. It counted with the participation of mathematics undergraduate students enrolled in the discipline of Foundations of Elementary Mathematics II. The research results were collected by means of reports produced by students in that discipline and analyzed in the light of theoretical references that discuss the composition and quality of the argument (TOULMIN, 2001; ERDURAN, SIMON, OSBORNE, 2004). As a result of this study it was found that most of the arguments produced in the research reports are poorly elaborated and are based on justifications linked to experimental data without making connections with scientific theories. Nevertheless, it was possible to identify some more elaborate arguments based on quadruple combinations involving components that make up Toulmin's (2001) argumentative structure.

Keywords: Teaching Mathematics; Argumentation; Justification.

¹Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Instituto Federal do Sul de Minas – IFSULDEMINAS, Campus Passos/MG. E-mail: fredy.rodrigues@ifsuldeminas.edu.br - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8307-9305>.

²Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Instituto Federal do Acre – IFAC, Campus Xapuri/AC. E-mail: milton.santos@ifac.edu.br – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0091-9450>.

³Especialista em Docência do Ensino Superior. Etec Professor Pedro Leme Brisolla Sobrinho, Ipaussu/SP. E-mail: nibojainova@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5074-621X>.

⁴Doutor em Educação para Ciência. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Guaratinguetá/SP. E-mail: marco.aurelio.feg@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4426-1638>.

Introdução

O processo argumentativo no Ensino de Matemática está diretamente relacionado à produção de justificativas sendo esta de natureza formal ou informal. A argumentação pode ser compreendida como um processo social que visa a justificação de conclusões por meio do estabelecimento de relações entre dados e teorias científicas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). Trata-se, portanto, de uma atividade processual que visa a elaboração de enunciados para justificar ou refutar explicações para um dado fenômeno do dia a dia (CAPECCHI; CARVALHO; SILVA, 2002).

Para Mendonça e Justi (2013, p.196-197)

A argumentação como justificativa implica no compromisso com evidências em escolhas teóricas a partir da racionalidade empregada no processo (seleção de evidências a partir de dados e uso das evidências na justificativa do conhecimento mais adequado para explicar algum aspecto da natureza) (MENDONÇA; JUSTI, 2013, p.196-197).

Dessa forma, a argumentação é importante “tanto para a formulação de boas razões para as afirmações proferidas, quanto para avaliarmos as razões fornecidas por outros sobre suas ideias e ações” (SCARPA, 2015, p. 18).

Pesquisas na área de Ensino de Ciências e Matemática têm evidenciado que o espaço para a prática de argumentação em sala de aula é praticamente inexistente (SCARPA, 2015; NUNES, 2011). A explicação para isso pode estar relacionada “a visão do professor como transmissor de conhecimentos (aquele que explica bem os conteúdos) e da ciência como estática, absoluta, sendo transmitida como uma retórica de informações” (SCARPA, 2015, p.209).

É consenso em algumas pesquisas⁵ que estratégias de ensino que favoreçam a construção do conhecimento a partir da argumentação têm contribuído positivamente para o desenvolvimento conceitual dos estudantes permitindo um entendimento mais claro de conceitos anteriores bem como a produção de novos conceitos.

Diante desse contexto, as atividades experimentais de cunho investigativo, enquanto estratégias promotoras de argumentação, possuem um grande potencial epistemológico na medida em que viabiliza discussões conceituais em sala de aula que contribuem para o desenvolvimento de habilidades argumentativas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et. al*, 1998). Estas atividades priorizam a participação “mais ativa do aluno na solução de um problema,

⁵ Osborne (2007); Jiménez-Aleixandre (2008); Nunes (2011); Mendonça e Justi (2013).

mediado pelo professor” (SUART; MARCONDES, 2009, p.2).

O processo argumentativo está presente nos diferentes momentos de uma atividade de investigação e contribui para o desenvolvimento do raciocínio científico na medida em que possibilita ao aluno estabelecer e avaliar relações entre evidências empíricas e explicações baseadas em princípios e teorias (SCARPA, 2015).

Tradicionalmente, a investigação consiste no ato de investigar e conhecer o que não se sabe, trata-se de encontrar relações entre objetos matemáticos, procurando estabelecer entre eles uma ou mais propriedades (PONTE; BROCARDO; OLIVEIRA, 2016).

Adaptada ao contexto da sala de aula, a investigação

[...] não representa obrigatoriamente trabalhar em problemas muito difíceis. Significa, pelo contrário, trabalhar com questões que nos interpelam e que se apresentam no início de modo confuso, mas que procuramos clarificar e estudar de modo organizado (PONTE; BROCARDO; OLIVEIRA, 2016, p.9).

Uma aula investigativa, portanto, permite ao aluno desenvolver habilidades de investigação relacionadas a: experimentar, explorar, abstrair, buscar padrões, conjecturar, formular, testar, generalizar, argumentar e demonstrar (PONTE; BROCARDO; OLIVEIRA, 2016).

O presente estudo, portanto, tem por objetivo investigar a qualidade e os tipos de argumentos produzidos por alunos de um curso de formação de professores em Matemática para justificar conceitos de função durante uma aula investigativa com o suporte experimental de um ambiente de geometria dinâmica.

Os resultados apresentados ao final deste estudo foram obtidos a partir do confronto dos dados coletados por meio de relatórios de investigação produzidos pelos alunos e os referenciais teóricos do discurso argumentativo em sala de aula, Toulmin (2001) e Erduran, Simon e Osborne (2004), contemplando respectivamente os diferentes tipos de argumentos produzidos pelos alunos e a qualidade destes argumentos.

Enquadramento teórico: o modelo argumentativo de Toulmin (2001)

A estrutura argumentativa proposta por Toulmin, também denominada por TAP (*Toulmin's Argument Pattern*), constitui um modelo teórico para analisar um argumento em função da presença dos seus elementos constituintes, bem como através da relação que se estabelece entre eles (TOULMIN, 2001).

Sasseron e Carvalho (2014) explicam que grande parte dos estudos ligados à argumentação em situações de ensino e aprendizagem utilizam as ideias propostas por Toulmin (2001) como referencial teórico analítico para investigar/analisar os argumentos produzidos por alunos na tentativa de explicar ou refutar um fenômeno.

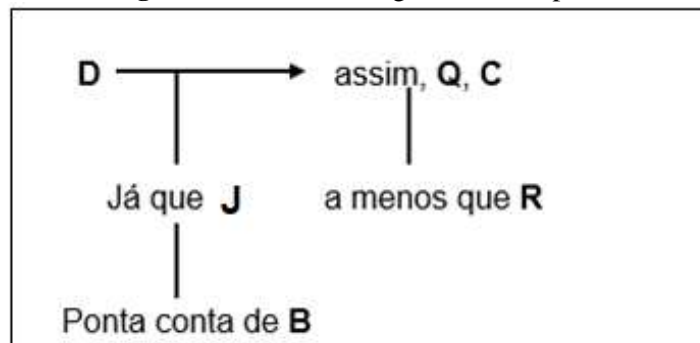
Para Toulmin (2001) o argumento é definido como uma afirmativa acompanhada de sua justificativa. A estrutura argumentativa proposta por ele apresenta os diferentes elementos que constituem um argumento, bem como as relações existentes entre eles.

Este modelo de argumentação

[...] é uma ferramenta importante para a compreensão da argumentação do pensamento científico. Além de mostrar o papel das evidências na elaboração de afirmações, relacionando dados e conclusões através de justificativas de caráter hipotético, também realça as limitações de uma dada teoria, bem como sua sustentação em outras teorias (CAPECCHI; CARVALHO; SILVA 2002, p.5).

A figura a seguir apresenta os componentes da estrutura argumentativa de Toulmin (2001) e suas relações.

Figura 1: Modelo do argumento completo



Fonte: Toulmin (2001)

Nesse modelo, o argumento se apresenta constituído por seis componentes: 1- Dados (**D**): são as evidências obtidas durante o processo de simulação/exploração e visualização do objeto de estudo; 2 - Conclusão (**C**): é uma afirmativa que depende de uma justificacão. 3 - Justificacão (**J**): é uma garantia, também chamada de justificativa, que liga os dados (**D**) a uma conclusão (**C**). Os três primeiros elementos são denominados de componentes fundamentais da estrutura argumentativa (TOULMIN, 2001).

Para Toulmin (2001) é possível escrever um argumento contando apenas com esses três elementos. Ainda de acordo com este autor, para que o argumento seja considerado mais completo, pode-se acrescentar outros três elementos na estrutura argumentativa: 4 - Conhecimento Básico (**B**): afirmativa de caráter teórico que justifica ou fornece apoio a uma

justificativa (**J**). 5 - Qualificadores Modais (**Q**): são elementos que conferem intensidade de força à conclusão (**C**). 6 - Refutação (**R**): são elementos que especificam em que condições a justificativa (**J**) não é válida para dar suporte à conclusão (**C**).

Driver, Newton e Osborne (2000) destacam uma limitação do modelo de argumentação de Toulmin citando que este não conduz julgamentos sobre a verdade do argumento produzido, tendo em vista que para Toulmin a conclusão é uma afirmativa (não necessariamente verdadeira) através da qual estamos inteiramente confiantes em relação a sua verdade. No entanto essa limitação do modelo, no âmbito deste estudo, pode ser minimizada levando em consideração o conhecimento específico do assunto para a análise das conclusões dos argumentos produzidos.

A qualidade de um argumento


A construção de argumentos de boa qualidade requer o conhecimento prévio de conceitos científicos para serem empregados em uma dada situação argumentativa (SANDOVAL, 2005). Por outro lado, conhecimentos prévios associados a ideias alternativas à da ciência, também devem ser levados em consideração quanto a sua validade e ter a sua qualidade avaliada para uma dada situação argumentativa. (MENDONÇA; JUSTI, 2014).

Erduran, Simon e Osborne (2004) propuseram uma metodologia de análise para avaliar a qualidade do argumento produzido a partir da combinação dos elementos estruturais do modelo proposto por Toulmin (2001). As combinações que possuem um maior número de elementos são tidas, qualitativamente, como argumentos mais elaborados. Assim, um argumento do tipo “dado-justificativa-conclusão” é menos sofisticado do que outro que tenha “dado-justificativa-refutação-conclusão”. Ainda de acordo com estes autores, a complexidade de um argumento cresce conforme o aumento do número de combinações possíveis envolvendo os seus elementos constituintes: combinações dupla, tripla, quádrupla, quádrupla ou sêxtupla (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004).

Mendonça e Justi (2013) com base nas pesquisas realizadas por Jiménez-Aleixandre e Pereira Muñoz (2002), Duschl (2008), Sandoval e Millwood (2008) explicam que os bons “argumentos são diferentes de crenças prévias e meras opiniões, podem incluir múltiplas justificativas de diferentes naturezas, e são sustentados por evidências” (MENDONÇA; JUSTI, 2013, p.201). Ainda de acordo com os autores, uma argumentação fraca ocorre quando o aluno tenta justificar suas ideias apresentando apenas dados experimentais sem realizar conexões com teorias científicas.

Neste estudo, para avaliar a qualidade do argumento produzido pelos alunos em relatórios de investigação adotaremos os critérios indicados no trabalho de Erduran, Simon e Osborne (2004) através do qual os tipos de combinação do argumento e a qualidade de cada um deles são apresentados no quadro síntese a seguir.

Quadro 1: Tipo de combinação e qualidade de um argumento

Argumento	Tipo de combinação	Descrição do argumento	Qualidade do argumento
DJC	Combinação tripla	Dado-Justificativa-Conclusão	Menos sofisticado (fraco)  Mais sofisticado
DJBC	Combinação quádrupla	Dado-Justificativa-Base-Conclusão	
DJCR	Combinação quádrupla	Dado-Justificativa-Conclusão-Refutação	
CDQC	Combinação quádrupla	Dado-Justificativa-Qualificador-Conclusão	
DJBQC	Combinação quádrupla	Dado-Justificativa-Base-Qualificador-Conclusão	
DJBQCR	Combinação sêxtupla	Dado-Justificativa-Base-Qualificador-Conclusão-Refutação	

Fonte: Autores (2019)

A qualidade do argumento proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004) em torno dos elementos da estrutura argumentativa de Toulmin (2001) possui uma limitação (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2007). Ainda de acordo com estes últimos autores a proposta de Erduran, Simon e Osborne (2004) não faz nenhuma distinção entre argumentos cujas combinações da estrutura argumentativa apresentam a ocorrência de elementos em frequências distintas, ou seja, “[...] não há diferença entre dois argumentos que apresentem uma mesma combinação de elementos, por exemplo, a do tipo CDJB, mesmo que em um argumento haja a ocorrência de três justificativas e em outro apenas uma” (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2007, p.151).

Esta limitação foi levada em consideração no presente estudo. Dessa forma, os argumentos que apresentaram uma mesma combinação de elementos do modelo de Toulmin (2001), porém, com uma quantidade maior de justificativas foram considerados mais complexos e, portanto, de melhor qualidade.

Argumentação no contexto de investigações matemáticas em ambientes de geometria dinâmica

Nas últimas décadas, as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTICs)

têm possibilitado uma nova abordagem da matemática por meio da utilização de figuras dinâmicas que permitem a realização de experimentações e investigações na tela do computador e *smartphones*.

Os ambientes virtuais de geometria dinâmica, em particular, o Geogebra, permitem que essas figuras dinâmicas sofram transformações na sua estrutura física, conservando suas propriedades, possibilitando a visualização, a criação de conjecturas, o teste e a justificação (AMADO; SANCHEZ; PINTO, 2015).

De acordo com Parks (2003, p.119),

O uso de software de geometria dinâmica encoraja-os [os alunos] a estruturar o pensamento matemático e a descobrir padrões através de exemplos. Isto leva-os a fazer conjecturas sobre os resultados e podem, em seguida, prosseguir na descoberta das justificações matemáticas que estão por trás desses resultados.

As tarefas de investigação no ambiente de geometria dinâmica, portanto, favorecem a formulação de conjecturas, mediante uma observação atenta sobre o que permanece constante em relação a tudo o que varia (GARRY, 2003; KEYTON, 2003). Por outro lado, esse tipo de experimentação dinâmica não produz contraexemplos para refutar uma conjectura criada, o que torna necessário o desafio criativo de produzir argumentos para justificar as conjecturas criadas (DE VILLIERS, 2001).

De acordo com Ponte (2003, p.7) uma investigação matemática em geral envolve quatro momentos principais.

O primeiro momento envolve o reconhecimento da situação, a sua exploração preliminar e a formulação de questões. O segundo refere-se ao processo de formulação de conjecturas. O terceiro inclui a realização de testes e o eventual refinamento das conjecturas. E, finalmente, o último, diz respeito à argumentação, demonstração e avaliação do trabalho realizado.

Na proposta de investigação, Ponte (2003) salienta que o aluno é chamado a agir como um matemático, elaborando conjecturas e justificando as mesmas a partir de provas e refutações. Esse autor considera que as provas matemáticas podem ter tanto um caráter formal quanto informal.

Os estudos realizados por Oliveira (1998), Fonseca (2000) e Rocha (2002) revelam que os alunos da Educação Básica de modo geral, sentem pouca necessidade de apresentar justificações de conjecturas criadas durante uma investigação e muito menos de apresentar provas matemáticas de natureza mais formal. Diante destes resultados, o presente estudo se propõe também a verificar se estas dificuldades de apresentar justificações de caráter mais

formal ainda persistem junto a alunos ingressantes no primeiro ano de um curso de formação de professores em matemática. Para tanto, uma estratégia adotada neste estudo para fomentar justificáveis (informais e formais) foi a utilização de uma atividade de investigação (PONTE, 2003) no contexto do uso da tecnologia em sala de aula e a produção de relatórios de investigação.

Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa, com foco na abordagem qualitativa, teve por objetivo investigar a qualidade dos argumentos produzidos por alunos de um curso de formação de professores em Matemática durante a realização de uma aula de investigação envolvendo a exploração de conceitos de função exponencial em um ambiente de geometria dinâmica, denominado Geogebra.

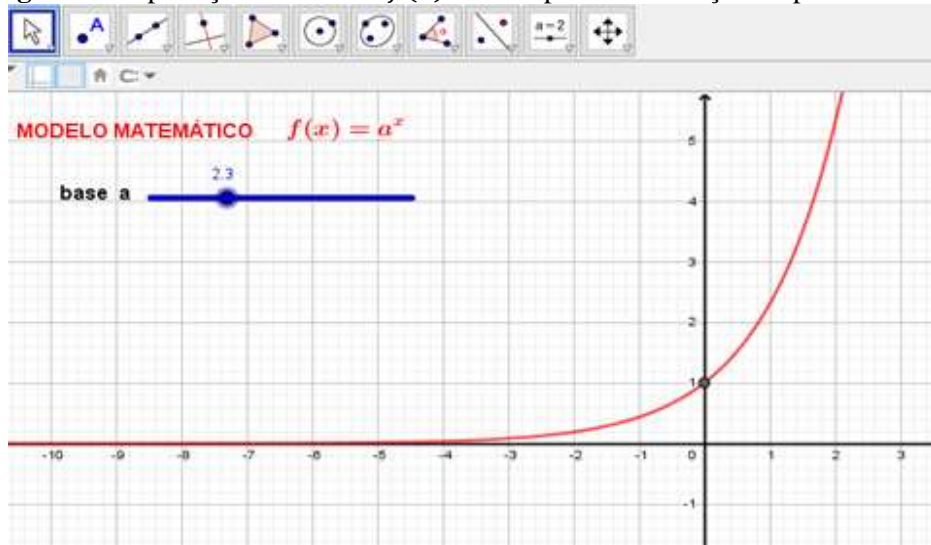
O Geogebra é um *software* de matemática dinâmico, gratuito e multiplataforma destinado a todos os níveis de ensino e áreas do conhecimento. O grande potencial deste *software* está associado à possibilidade de integração da Álgebra com a Geometria por meio da construção de objetos matemáticos dinâmicos que permitem a realização de investigações por meio das quais a Geometria surge como campo para aplicação da Álgebra e vice e versa.

Participaram desta investigação 25 alunos do 2º período de um curso de Licenciatura em Matemática pertencente a uma instituição pública de ensino situada no sul do Estado de Minas Gerais.

Foi proposto a estes alunos, no âmbito da disciplina de Fundamentos de Matemática⁶ Elementar II, ocorrida durante o segundo semestre de 2019, a realização de uma tarefa de investigação envolvendo a exploração do modelo matemático $f(x) = a^x$ no ambiente de geometria dinâmica citado. Nessa atividade de introdução ao estudo da “função exponencial”, os alunos tiveram a oportunidade de explorar a variação do parâmetro “a” e investigar diferentes situações problemas envolvendo o modelo $f(x) = a^x$ conforme ilustra a figura a seguir.

⁶ A disciplina de Fundamentos de Matemática elementar II tem por objetivo revisar conteúdos de matemática da Educação Básica por meio de metodologias de ensino alternativas. O conteúdo programático da disciplina propunha o estudo de conteúdos matemáticos da Educação Básica, tais como: funções exponenciais, logarítmicas, modulares e trigonométricas.

Figura 2: Exploração do modelo $f(x) = a^x$ a partir da variação do parâmetro "a"



Fonte: Autores (2019)

Para a realização dessa atividade em sala de aula, foi solicitado aos alunos, com antecedência, que levassem para o dia da referida aula, no mínimo cinco notebooks com o *software* Geogebra instalado.

No dia da realização da aula investigativa (2 horários - 50min), o professor (um dos pesquisadores deste estudo) organizou a turma em cinco grupos de cinco alunos, e solicitou a cada equipe que realizasse a exploração do objeto de aprendizagem dinâmico⁷ $f(x) = a^x$, indicado na Figura 2, com o objetivo de realizar investigações matemáticas a partir da variação do parâmetro "a". Os alunos foram incentivados a atuarem como matemáticos (PONTE, 2003) e a registrarem suas descobertas. A dinâmica de investigação em sala de aula consistiu-se, portanto de três etapas: 1- Distribuição da tarefa de investigação (Figura 2) por escrito pelo professor; 2- realização da investigação por parte dos alunos; 3- Socialização e comunicação dos resultados de investigação por meio de relatórios escritos (PONTE, 2003).

Foi proposto a cada um dos grupos trabalharem de forma coletiva no processo de investigação e a construírem argumentos de maneira colaborativa para justificarem as suas conjecturas encontradas.

Na última etapa, cada grupo diante dos seus achados de investigação e considerando as discussões ocorridas no âmbito do grupo, em sala de aula, foi orientado pelo professor a produzir um relatório comunicando o(s) resultado(s) de investigação bem como as justificativas que pudessem validar estes resultados.

Em relação ao relatório, não houve nenhum modelo previamente estabelecido para que

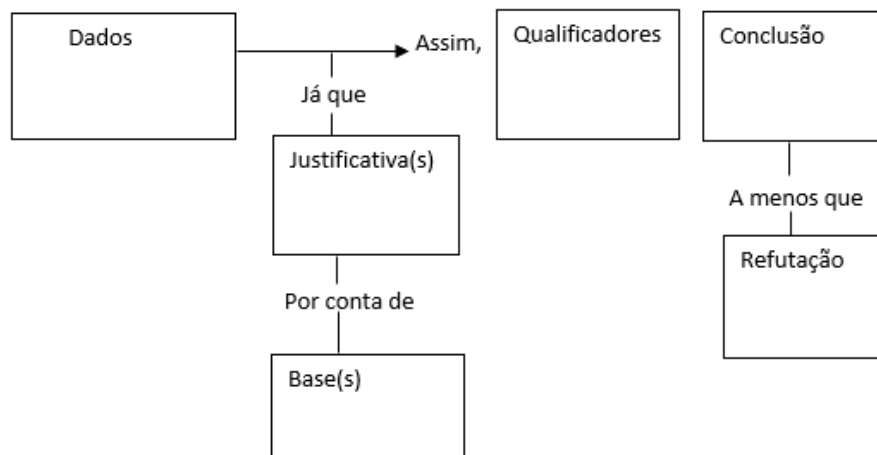
⁷ O referido objeto de aprendizagem foi construído em sala de aula pelos alunos sob a orientação do primeiro autor deste trabalho.

os alunos pudessem seguir como instrumento padrão para registro de suas produções. A única solicitação feita aos mesmos foi para descreverem o passo a passo das estratégias adotadas e as justificativas utilizadas para validar as conjecturas criadas. As justificativas por exemplo deveriam estar fundamentadas, quando possível, em teoremas, conceitos ou teorias do campo da matemática.

Para esta investigação os alunos não foram instruídos sobre os elementos que compõe a estrutura argumentativa de Toulmin (2001) e nem sobre os critérios adotados neste estudo sobre a elaboração de argumentos de melhor qualidade.

Os dados coletados⁸ pelo pesquisador, junto aos relatórios produzidos pelos grupos (argumentos produzidos nos relatórios para justificar conjecturas criadas) foram expostos na estrutura “esquemas em branco” apresentado a seguir.

Figura 3: Esquemas em branco para exposição de argumentos coletados



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001)

Este esquema em consonância com o modelo exposto na Figura 1 serviu para organizar os argumentos produzidos e viabilizar a análise. Durante a análise de dados a estrutura argumentativa de Toulmin (2001) foi utilizada para identificar os tipos de argumento produzidos pelos grupos com base na variedade de elementos que compõe a estrutura deste modelo. Numa etapa posterior os argumentos produzidos tiveram a sua “qualidade avaliada” com base nos trabalhos de Erduran, Simon e Osborne (2004); Sá, Kasseboehmer, Queiroz (2007) e Mendonça e Justi (2014).

Ao final desse processo foi possível compreender o tipo e a qualidade do argumento produzido pelos alunos para justificar conceitos de matemática durante uma atividade de investigação.

⁸ Todos os alunos que participaram da atividade em sala de aula, por meio de um termo de livre consentimento, aceitaram ceder suas produções (relatórios) para fins de pesquisa.

Resultados e discussão

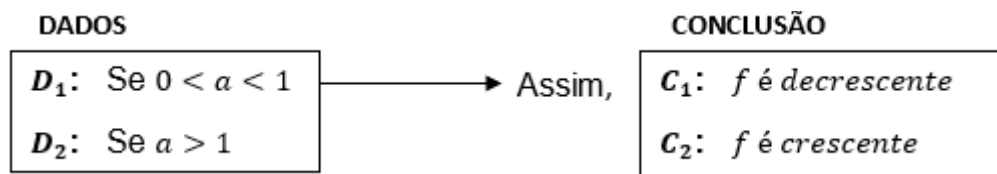
A atividade proposta neste estudo solicitou dos alunos participantes (organizados em grupos) que investigassem o comportamento da família de funções regidas pelo modelo matemático $f(x) = a^x$ a partir da variação do parâmetro "a" no ambiente de geometria dinâmica, Geogebra.

Como resultado dessa investigação, cada um dos grupos (nomeados por G_1 ; G_2 ; G_3 ; G_4 ; G_5) compostos por cinco alunos cada, produziu um relatório contendo os seus achados de investigação, bem como justificativas para fundamentar as conclusões.

A interação dialógica ocorrida em sala de aula por meio da investigação com o suporte da tecnologia revelou nos relatórios produzidos pelos grupos evidências de construção de argumentação.

Do ponto de vista dos elementos propostos por Toulmin (2001) todos os grupos, em vários momentos do relatório, evidenciaram conclusões única e exclusivamente baseadas em dados experimentais (MENDONÇA e JUSTI, 2013) obtidos a partir da observação direta da variação do parâmetro "a". Um exemplo disso pode ser verificado no argumento apresentado pelo grupo G_2 para o crescimento e decrescimento da função exponencial.

Figura 4: Argumento produzido pelo grupo 2 – G_2



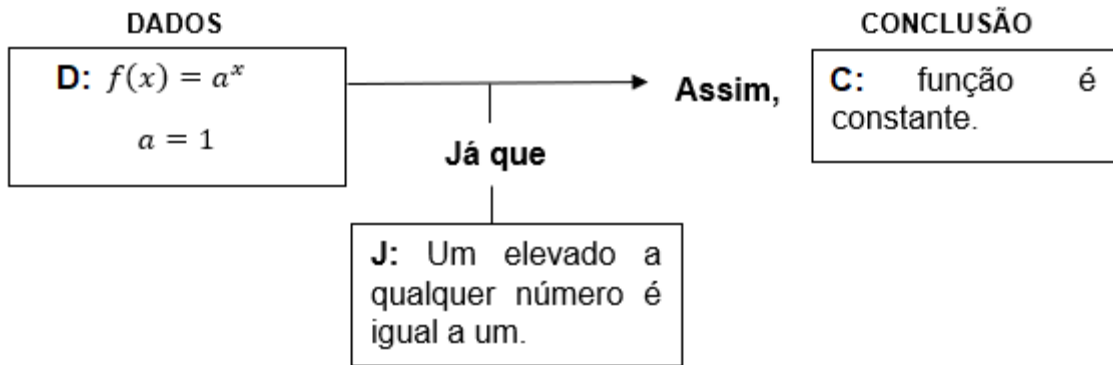
Fonte: Relatório do grupo 2 – G_2

Trata-se de um argumento pouco elaborado (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004), baseado em informações empíricas e composto apenas por três elementos fundamentais (Dados-Justificativa-Conclusão) da estrutura argumentativa proposta por Toulmin (2001). O elemento de justificativa (J) em especial, não aparece explicitamente na estrutura anterior. Julga-se que esta esteve associada ao processo de observação do comportamento dinâmico do modelo dentro das especificações dos dados.

Argumentos compostos pela combinação tripla (fundamentada) de elementos do tipo “Dado-Justificativa-Conclusão” (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) foram

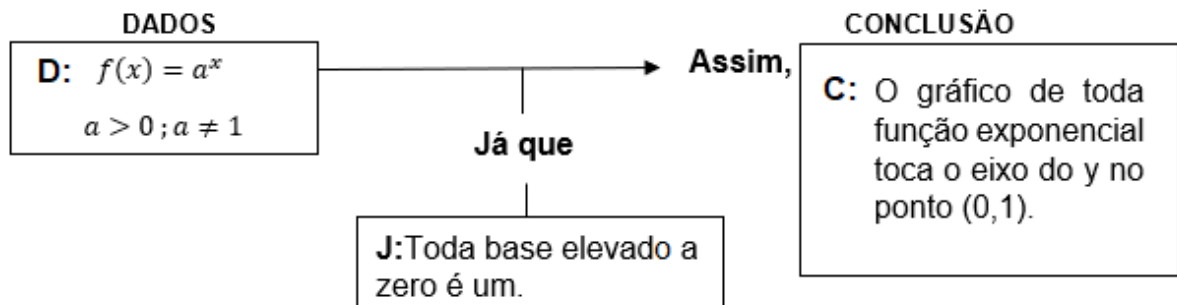
identificados explicitamente nos relatórios dos grupos G_1 , G_2 e G_5 para fundamentar a condição de existência de determinados tipos de função, conforme apresentado a seguir.

Figura 5: Argumento produzido pelo grupo 1 – G_1



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 1 – G_1

Figura 6: Segundo argumento produzido pelo grupo 2 – G_2



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 2 – G_2

Figura 7: Argumento pelo grupo 5 – G_5



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 5 – G_5

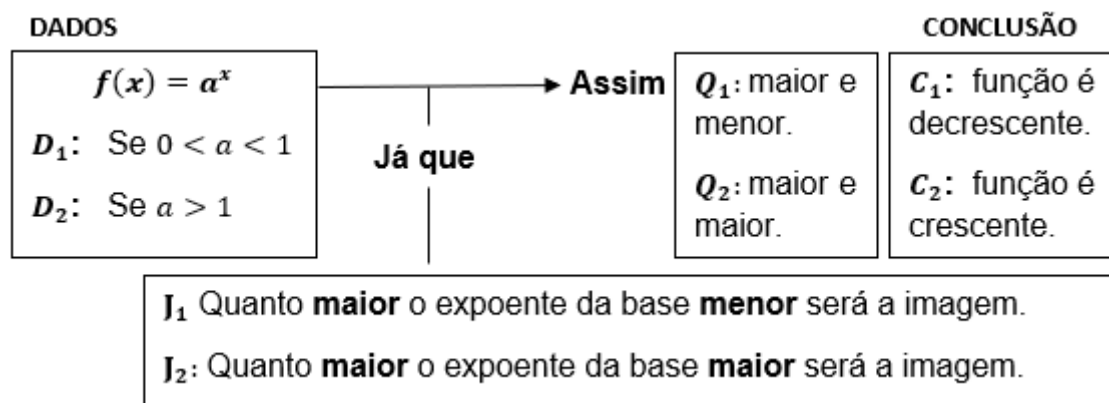
Os argumentos mencionados estão associados respectivamente à função constante $f(x) = 1^x = 1 \forall x \in \mathbb{R}$ (Figura 5), a intersecção do gráfico da função exponencial com o eixo das ordenadas no ponto (0,1) (Figura 6) e na definição da condição de existência da função inversa para uma função exponencial (Figura 7).

Nas três estruturas indicadas anteriormente, o elemento de justificativa (J) foi utilizado para ligar os dados à conclusão (TOULMIN, 2001). Argumentos compostos pela combinação tripla de elementos do tipo “Dado-Justificativa-Conclusão” são considerados menos sofisticados (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) uma vez que possui apenas elementos fundamentais da estrutura argumentativa (TOULMIN, 2001).

Qualificadores modais (Q) estão relacionados a advérbios de intensidade, tais como, maior ou menor e conferem maior força a conclusão (TOULMIN, 2001).

Estes qualificadores foram identificados apenas no relatório do grupo G_3 e combinados ao elemento de justificativa (J), conforme indicado na estrutura a seguir.

Figura 8: Argumento produzido pelo grupo 3 – G_3



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 3 – G_3

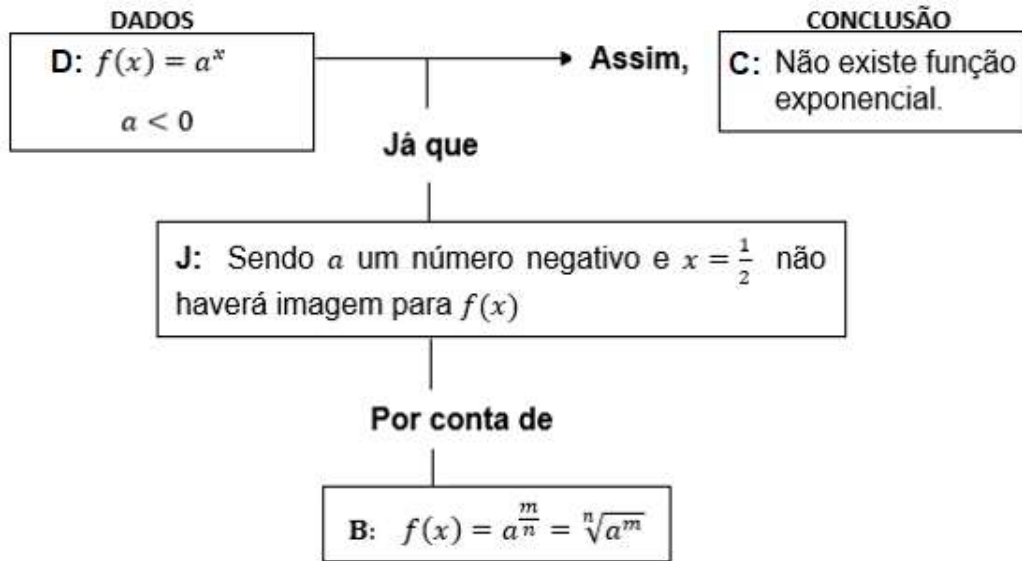
O argumento apresentado anteriormente está relacionado às condições de crescimento e decrescimento da função exponencial.

Nesta estrutura, o argumento não abarca apenas os elementos fundamentais, passou a agregar também um qualificador para dar força à conclusão, o que evidencia a tentativa do grupo de elaborar um argumento mais elaborado quando comparado à estrutura formada apenas por elementos fundamentais.

Dessa forma, o argumento foi composto por uma combinação quádrupla (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) de elementos do tipo, “Dados-justificativa-Qualificadores-Conclusão”.

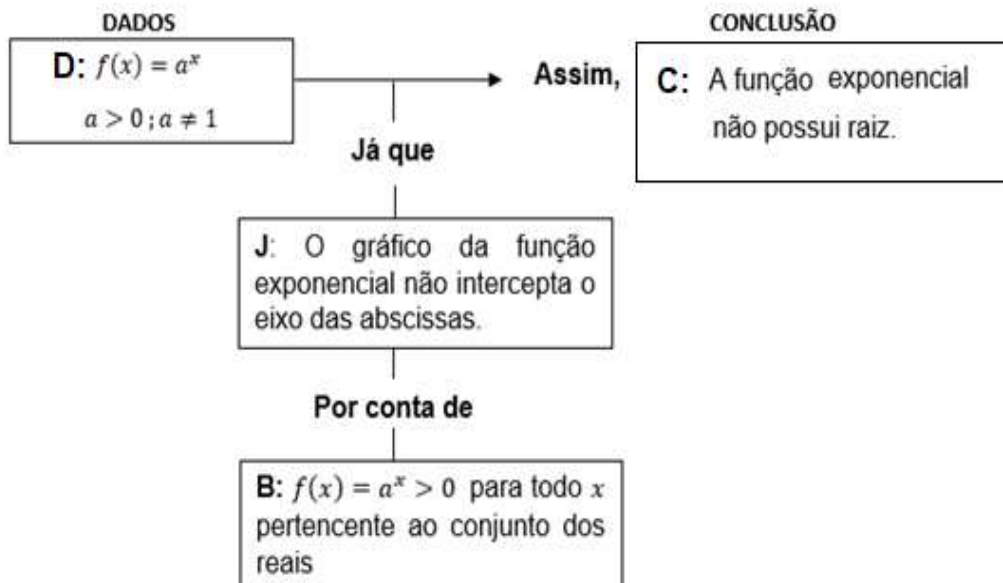
O uso de justificativa (J) amparada por conhecimentos de base (B) esteve presente nos relatórios produzidos pelos grupos G_4 e G_5 .

Figura 9: Argumento produzido pelo grupo 4 – G₄



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 4 – G₄

Figura 10: Segundo argumento produzido pelo grupo 5 – G₅



Fonte: Relatório produzido pelo grupo 5 – G₅

Os argumentos produzidos acima estão associados respectivamente a uma justificação para a não existência da função exponencial (Figura 9) bem como a inexistência de raiz para a função exponencial (Figura 10).

Nas duas estruturas indicadas anteriormente o elemento de justificativa (J) foi utilizado para ligar os dados à conclusão (TOULMIN, 2001) com o reforço de um conhecimento de base (B). Este conhecimento de base nada mais é do que um princípio ou lei matemática para dar credibilidade e suporte a uma justificativa (TOULMIN, 2001).

Argumentos compostos pela combinação quádrupla de elementos do tipo “Dado-Justificativa-Base-Conclusão” elevam o grau de sofisticação do argumento (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) quando comparado à estrutura fundamental composta apenas por três elementos.

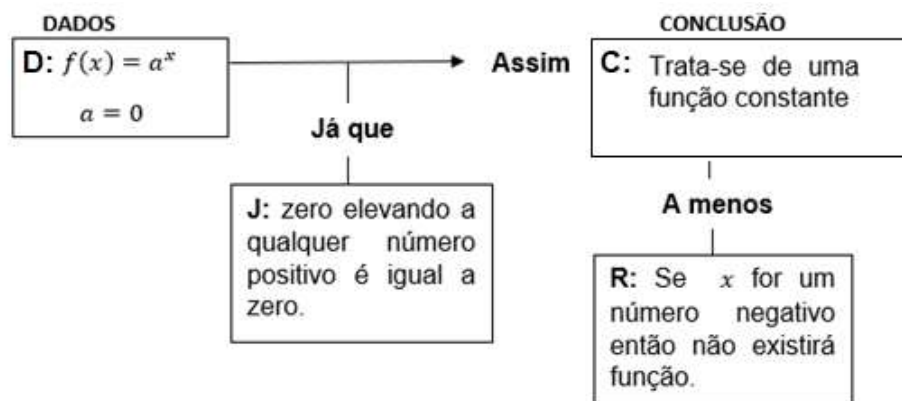
Na estrutura da Figura 9, para explicar a não existência da função exponencial para situações em que a base é um número negativo o grupo utiliza como justificativa (J) o fato de não existir raiz quadrada de um número negativo no conjunto dos números reais e como conhecimento de base recorre à equação que transforma uma potenciação em uma radiciação.

Por outro lado, a estrutura da Figura 10, apresenta o argumento produzido pelo grupo 5 para justificar a ausência de raiz no estudo da função exponencial. O grupo utilizou como justificativa (J) o fato de terem observado que o gráfico da função exponencial nunca toca o eixo das abscissas para qualquer valor do parâmetro "a". Além disso, o grupo recorreu também a um conhecimento de base (B) dado por $f(x) = a^x > 0$ através do qual, tem-se que a imagem da função exponencial nunca assumirá um valor nulo, reafirmando, portanto, inexistência de raiz.

Nos relatórios dos grupos G_1 , G_2 , e G_3 ausência de raiz foi justificada com base em dados experimentais obtidos a partir da observação direta da variação do parâmetro "a", configurando uma forma de combinação tripla de elementos do tipo “Dado-Justificativa-Conclusão” denominado por Erduran, Simon e Osborne (2004) de argumento menos sofisticado.

O uso do elemento de refutação (R) foi identificado somente uma única vez e estava presente em uma argumentação no relatório de investigação do grupo G_2 conforme indicado na Figura 11.

Figura 11: Terceiro argumento produzido pelo grupo 2 – G_2



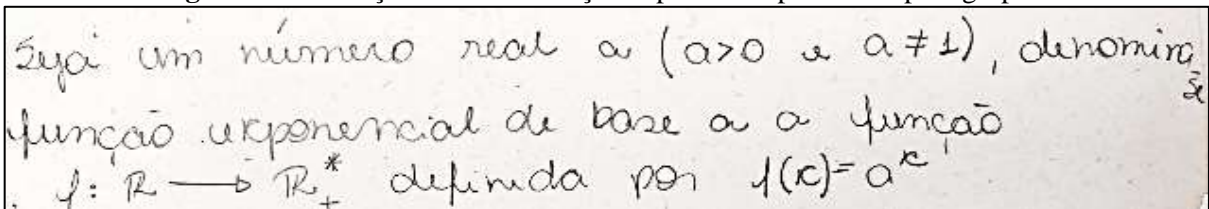
Fonte: Relatório produzido pelo grupo 2 – G_2

O argumento indicado nesta última estrutura enseja uma combinação quádrupla de elementos do tipo, “Dados-Justificativa-Conclusão-Refutação” (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004).

Entre todas as estruturas apresentadas anteriormente, a estrutura indicada na figura anterior representa o argumento mais elaborado identificado nos relatórios, uma vez que o componente de refutação (R) segundo Toulmin (2001) é mais raro de ser acessado durante uma argumentação.

A maioria dos argumentos produzidos foram informais. Argumentos formais foram expressos por duas vezes apenas, uma no relatório do grupo G_2 e outra no relatório do grupo G_5 ambas para definir a função exponencial, conforme pode ser verificado abaixo.

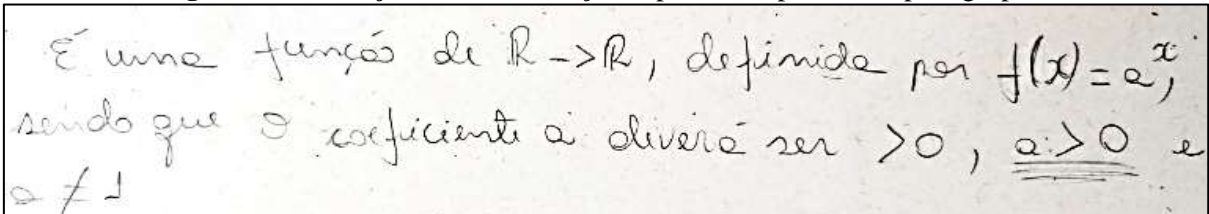
Figura 12: Definição formal de função exponencial produzido pelo grupo 2



Seja um número real a ($a > 0$ e $a \neq 1$), denominamos
função exponencial de base a a função
 $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+^*$ definida por $f(x) = a^x$

Fonte: Relatório produzido pelo grupo 2

Figura 13: Definição formal de função exponencial produzido pelo grupo 5



É uma função de $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, definida por $f(x) = a^x$,
sendo que o coeficiente a deverá ser > 0 , $a > 0$ e
 $a \neq 1$

Fonte: Relatório produzido pelo grupo 5

Conclusão

O objetivo deste estudo foi investigar os argumentos produzidos por alunos de um curso de formação de professores em Matemática para justificar conceitos de função durante a realização de uma aula investigativa com o suporte experimental de um ambiente de geometria dinâmica, denominado “Geogebra”.

Tomando por base o conjunto de relatórios investigados, foi possível identificar todos os componentes da estrutura argumentativa do modelo de Toulmin (2001). Porém, em uma análise individual, cotejando todos os argumentos elaborados em cada relatório, verificou-se uma forte incidência de conclusões cujas justificativas estavam baseadas em dados

experimentais sem realizar conexões com teoremas, leis e propriedades matemáticas (MENDONÇA; JUSTI, 2014).

Contudo, foi possível encontrar em determinados trechos de alguns relatórios argumentos denominados de melhor qualidade (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004).

Em particular, a análise de dados revelou que os argumentos apresentados no relatório do grupo 1 ficaram restritos apenas a combinações triplas do tipo “Dado-Justificativa-Conclusão”. Estas combinações também foram bem recorrentes nos relatórios dos outros grupos. Combinações quadruplas (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) apareceram somente uma única vez nos relatórios dos grupos 2, 3, 4 e 5, sendo “Dado-Justificativa-Qualificador-Conclusão” (Grupo 3), “Dado-Justificativa-Base-Conclusão” (Grupo 4 e 5) e “Dado-Justificativa-Conclusão-Refutação” (Grupo 2). Não foi identificado nenhum tipo de combinação quádrupla ou sêxtupla (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) bem como a presença de várias justificativas (MENDONÇA; JUSTI, 2013) para fundamentar um argumento.

No intuito de melhorar a qualidade dos argumentos produzidos, sugerimos que trabalhos futuros possam explorar a construção de argumentos numa perspectiva multimodal (oral, escrito, gestual, diagramático etc.) ou abordando a argumentação numa perspectiva de trabalho coletivo onde o professor participe colaborativamente da produção de argumentos e adota estratégias para apoiar a argumentação em sala de aula.

Outra possibilidade é abordar em sala de aula o ensino da estrutura argumentativa de Toulmin (2001) de modo que os alunos possam conhecer os elementos que compõe a estrutura de um argumento e dessa forma em uma atividade posterior aplicar os conhecimentos adquiridos na elaboração de argumentos. Da mesma forma o professor poderá abordar em sala de aula junto aos alunos os critérios para avaliação do argumento segundo Erduran, Simon e Osborne (2004).

A experimentação de caráter investigativo (PONTE, 2003) realizado no ambiente de Geometria Dinâmica, Geogebra foi utilizada como uma estratégia desencadeadora da argumentação a partir da criação de conjecturas, visualização de conceitos abstratos, teste e justificação (AMADO; SANCHEZ; PINTO, 2015). No entanto, o uso do ambiente de geometria dinâmica pelos grupos durante a investigação não garantiu que a maior parte dos argumentos produzidos no relatório tivesse boa qualidade. Uma provável explicação para isso pode estar relacionada ao desconhecimento dos alunos sobre a estrutura de um argumento completo (TOULMIN, 2001), a qualidade de um bom argumento (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004) e ausência de conhecimentos prévios científicos para serem empregados

em uma dada situação argumentativa (SANDOVAL, 2005).

Em se tratando da argumentação formal, verificou-se que esta esteve presente em apenas dois momentos da investigação, ambas durante a definição da função exponencial exposta pelos grupos 2 e 5. Isso revela que, assim como os alunos da educação básica citados nos estudos de Oliveira (1998), Fonseca (2000) e Rocha (2002) os alunos ingressantes no primeiro ano da licenciatura também tiveram dificuldades de apresentar justificações de caráter mais formal em suas investigações.

Referências

- AMADO, N.; SANCHEZ, J.; PINTO, J. A Utilização do Geogebra na Demonstração Matemática em Sala de Aula: o estudo da reta de Euler. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 29, n. 52, p. 637-657, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bolema/v29n52/1980-4415-bolema-29-52-637.pdf>. Acesso em: 30 de set de 2020.
- CAPECCHI, M.C.V.M.; CARVALHO, A.M.P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio - Pesquisa e Educação em Ciências**, 2(2), p. 1-15, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00152.pdf>. Acesso em: 30 de set. de 2020.
- DE VILLIERS, M. Papel e funções da demonstração no trabalho com o Sketchpad. **Educação e Matemática**, Lisboa, n. 62, p. 31-36, Março/Abril. 2001. Disponível em: <http://www.apm.pt/apm/revista/educ63/Para-este-numero.pdf>. Acesso em: 20 de set de 2020.
- DUSCHL, R. A. Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.159-170
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A). Acesso em: 30 de set. de 2020.
- 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, n. 6, p. 915-933, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sce.20012>. Acesso em: 30 de set. de 2020.
- FONSECA, H.I.C. **Os processos matemáticos e o discurso em actividades de investigação na sala de aula**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2000.
- GARRY, T. The Geometer's Sketchpad na sala de aula. In: VELOSO, E.; CANDEIAS, N. (Org.). **Geometria Dinâmica: seleção de textos do livro Geometry Turned On!** Lisboa: APM, 2003. p. 69- 78.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PEREIRO-MUÑOZ, C. Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 11, p. 1171-1190, 2002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690210134857>. Acesso em: 20 de set. de 2020.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 3-27.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; REIGOSA CASTRO, C.; ÁLVAREZ PÉREZ, V. Argumentación en el laboratorio de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: SBF, 1998. 1 CD-ROM.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing Argumentation in Learning Environments. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 91-116.

KEYTON, M. Alunos descobrem a geometria usando *software* de geometria dinâmica. In: VELOSO, E.; CANDEIAS, N. (Org.). **Geometria Dinâmica: seleção de textos do livro Geometry Turned On!** Lisboa: APM, 2003. p. 79-86.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-216, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4257>. Acesso em: 30 de set de 2020.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based chemistry lessons. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 2, p. 192-218, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tea.21133>. Acesso em: 30 de set 2020.

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

OLIVEIRA, H. Vivências de duas professoras com as actividades de investigação. **Quadrante**, 7(2), 71-98, 1998. Disponível em: <https://quadrante.apm.pt/index.php/quadrante/article/view/341>. Acesso em: 20 de set de 2020.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.459.4712&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 30 de set. de 2020.

PARKS, J. M. Identificar transformações pelas suas órbitas. In: VELOSO E.; CANDEIAS, N. (Org.). **Geometria dinâmica**, seleção de textos do livro Geometry Turned On! Lisboa: APM,

2003, p. 115- 119.

PONTE, J. P. **Investigação sobre investigações Matemáticas em Portugal**, 2003.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/228551654_Investigacao_sobre_investigacoes_mate_maticas_em_Portugal. Acesso em: 17 de set de 2020.

PONTE, João P.; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações matemáticas na sala de aula**. 3ª ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2016.

ROCHA, A. Os alunos de matemática e o trabalho investigativo. In GTI (Ed.), **Reflectir e investigar sobre a prática profissional** (pp. 99-124). Lisboa: APM, 2002.

SANDOVAL, W. A. Understanding Student's Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 634-656, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.20065>. Acesso em: 30 de set. de 2020.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008. p.71-90.

SCARPA, D. L. O papel da Argumentação no Ensino de Ciências: lições de um workshop. **Revista Ensaio. Belo Horizonte**, v. 17, n. especial. pp. 15-30, nov. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s02>. Acesso em: 30 de set. 2020.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 16, n. 3, p. 147–170, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172014160307>. Acesso em: 30 de set de 2020.

SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. de. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000200009>. Acesso em: 24 jul. 2020.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. A argumentação em uma atividade experimental investigativa no Ensino Médio de Química. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. Trad. Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Recebido em: 30 de setembro de 2020
Aprovado em: 10 de fevereiro de 2021