contra corrente

INVESTIGAÇÃO DE FUNÇÃO EXPONENCIAL E COVID-19 COM GEOGEBRA NO SMARTPHONE

Dielle Cruz da Costa
Mestre em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Lattes: http://lattes.cnpq. br/6739505207040127. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1929-4655. E-mail: diellecosta1@gmail.com.

Rejane Waiandt Schuwartz de Carvalho Faria
Doutora em Educação Matemática, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -UNESP. Professora da Universidade Federal de Viçosa –UFV. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ORCID: https://orcid.org/0000. E-mail: rejane.faria@ufv.br.

Resumo: Este artigo objetiva analisar de que modo estudantes do Ensino Médio constroem conhecimento no que tange à Função Exponencial e compreendem a relação dessa função com a COVID-19 em uma abordagem investigativa com tecnologias digitais. A proposta metodológica é de cunho qualitativo e os dados foram produzidos na oficina “Relações da Função Exponencial e COVID-19: atividades investigativas com GeoGebra” vivenciadas com alunos do Ensino Médio. Nossa análise sobre os dados produzidos aponta que à medida em que os alunos compreendiam a atividade e a proposta investigativa, descobertas matemáticas aconteciam e novos conhecimentos eram construídos. As observações instigavam a curiosidade e geravam discussões que requeriam que seus olhares estivessem aguçados. Desse modo, as conclusões evidenciam que é possível engajar os alunos no estudo de conteúdos matemáticos com a metodologia das investigações matemáticas com smartphone na sala de aula.

Palavras-chave: Matemática Escolar; Investigações Matemáticas; Tecnologias Digitais; Educação Matemática.

Abstract: This article aims to analyze how high school students build knowledge regarding the Exponential Function and understand the relationship of this function with COVID-19 in an investigative approach with digital technologies. The methodological proposal is qualitative and the data were produced in the workshop "Exponential Function Relations and COVID-19: investigative activities with GeoGebra" experienced with high school students. Our analysis of the data produced indicates that as the students understood the activity and the investigative proposal, mathematical discoveries happened and new knowledge was built. The observations instigated curiosity and generated discussions that required their eyes to be sharpened. Thus, the conclusions show that it is possible to engage students in the study of mathematical contents with the methodology of mathematical investigations with smartphone in the classroom.

Keywords: School Mathematics; Mathematics Investigations; Digital Technologies; Mathematics Education.

INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo consiste em analisar de que modo estudantes do Ensino Médio constroem conhecimento no que tange à Função Exponencial e compreendem a relação dessa função com a COVID-19 em uma abordagem investigativa com tecnologias digitais. Para alcançar este objetivo, realizamos a oficina "Relações da Função Exponencial e COVID-19: atividades investigativas com GeoGebra", com cinco alunos do primeiro ano do Ensino Médio integrado ao curso de técnico em informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará campus Castanhal. Deste modo, ao integrar o dossiê "Saberes e Experiências em Educação nas Amazônias", este artigo contribui para a construção de discussões e reflexões sobre possibilidades de práticas de ensino de matemática inovadoras na região amazônica paraense.

Com o intuito de situar o leitor, apresentamos a metodologia de pesquisa adotada. Apresentamos ainda a análise das atividades realizadas na oficina "Relações da Função Exponencial e COVID-19: atividades investigativas com GeoGebra" em que ocorreu a produção dos dados. Por fim, tecemos as considerações finais.

INVESTIGAÇÕES MATEMÁTICAS

Por muitas décadas o ensino de matemática tem sido realizado por um modelo de ensino mecânico, característico por seguir, no contexto escolar, a sequência: definição, exemplo e exercício (Faria; Maltempi, 2020). O método de ensino tradicional, caracterizado por privilegiar a memorização de fórmulas e a resolução de exercícios repetitivos, ainda é adotado por grande parte dos professores, uma vez que,

> [...] historicamente, a memorização tem sido valorizada na educação brasileira e tem roubado do raciocínio o papel de protagonista. Especificamente na matemática escolar, a memorização de regras e técnicas tem acarretado consequências à aprendizagem matemática de nossos alunos (Faria; Maltempi, 2020, p. 2).

Desse modo, dar à memorização o papel principal no processo de ensino da matemática, e não ao raciocínio, tem prejudicado a aprendizagem de matemática dos alunos. Contudo, o ensino tradicional não é a única metodologia existente. Existem metodologias capazes de proporcionar um estudo mais atraente da matemática, perspectivas que contribuem para que o aluno se sinta motivado em relação à disciplina, possibilitando que ele atue como protagonista no processo de aprendizagem a fim de que haja efetiva compreensão dos conteúdos matemáticos escolares e, além disso, que haja uma quebra em relação às crenças originadas por situações no ambiente escolar envolvendo matemática conduzida de uma forma ruim, minimizando desconfortos em relação à disciplina. Em meio aos questionamentos sobre a eficiência do ensino tradicional, professores e pesquisadores buscam alternativas, realizam aulas e pesquisas envolvendo outros métodos de ensino para as aulas de matemática.

D'Ambrosio e Borba (2010) apontam que, no âmbito das pesquisas em Educação Matemática, existem diversas tendências com foco em desenvolver estudos que apresentam possibilidades para que professores e alunos possam conhecer e utilizar metodologias diversificadas de ensino e aprendizagem da matemática. É interessante implementar nas aulas métodos de ensino que exijam do aluno muito mais do que memorização de fórmulas e estudo mecânico do conteúdo, sendo necessário que os alunos desempenhem um papel de investigador, mobilizando para isso suas habilidades, seu lado criativo, científico e questionador. Desse modo, o aluno será capaz de estabelecer relações entre os conteúdos matemáticos, outros conteúdos escolares e conhecimentos oriundos do seu cotidiano.

Destacamos, nesse contexto, as investigações matemáticas como um meio desafiador para as práticas de ensino. De acordo com Ponte (2003, p. 2) "[...] investigar não é mais do que procurar conhecer, procurar compreender, procurar encontrar soluções para os problemas que nos deparamos". A investigação se concretiza por envolver o aluno em um processo em que ele possa explorar e construir o conhecimento e, assim, estabelecer conjecturas, criar conceitos e interagir com aquilo que está sendo estudado.

Nessa concepção, é fundamental instigar no aluno a curiosidade e o desejo de querer questionar, entender, interpretar e conhecer o que está sendo estudado. "O exercício da curiosidade convoca a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca da perfilização do objeto ou do achado de sua razão de ser" (Freire, 2011, p. 59). A curiosidade é uma necessidade inata ao ser humano.

> Todavia, é quando ultrapassa os limites peculiares do domínio vital que a curiosidade se torna fundante da produção do conhecimento. Foi a capacidade de olhar curiosa e indagadoramente o mundo que tornou os homens e as mulheres capazes de agir sobre a realidade para transformá-la transformando igualmente a qualidade da própria curiosidade (Freitas, 2010, p. 107).

Não nos referimos à ideia da curiosidade ingênua, característica do senso comum, que não apresenta em sua essência efeitos de problematização ou questionamentos inquietantes. Apontamos a curiosidade que, ao buscar o sentido crítico, aproxima-se cada vez mais de forma rigorosa do objeto que se busca conhecer, se tornando, então, curiosidade epistemológica (Freire, 2011). E é nesse processo de amadurecimento da curiosidade que a investigação matemática é entendida neste artigo.

Segundo Meneghetti e Redling (2012), na investigação matemática é possível saber por onde iniciar, mas não conseguimos saber o ponto de chegada. Cabe muito mais do que ter respostas prontas para se chegar a um objetivo. O processo também é muito valorizado, assim, buscar maneiras de alcançar objetivos é extremamente relevante. Serrazina *et al.* (2002, p. 43) afirmam que:

> [...] nas investigações, a formulação de problemas, a colocação de questões e o estabelecimento de objetivos por parte dos alunos são um dos seus atributos essenciais. Assim, para que este processo seja despoletado a investigação deve ter um carácter aberto e um ponto de partida pouco definido.

Segundo Serrazina *et al.* (2002), as investigações matemáticas, proporcionam atividades que envolvem processos complexos de pensamento, que permitem ao aluno entender a matemática, que envolve seus conceitos, definições e aplicações. Elas possibilitam que o aluno desenvolva a curiosidade epistemológica com o intuito de identificar características que os façam olhar para a matemática com uma visão ampla. Essa busca é importante, pois permite que o aluno se aproxime da matemática de modo que ele consiga relacionar os problemas matemáticos com situações do cotidiano, compondo um ambiente mais propício para despertar seu pensamento crítico.

Metodologia

Este artigo traz um recorte de uma pesquisa de mestrado (Versão Cega, 2023) desenvolvida na abordagem qualitativa, pois consideramos como elementos chave a participação dos sujeitos, suas relações e opiniões com o contexto dos problemas abordados (Goldenberg, 1997). Na pesquisa realizada, consideramos, entre outros aspectos relevantes, privilegiar o uso do celular na construção do conhecimento matemático, assim como possibilitar meios de se chegar a uma conclusão através da investigação matemática refletindo acerca de problemas pertinentes ao meio social em que convivemos.

Buscando alcançar o objetivo de investigar o uso do celular no estudo da Função Exponencial por meio do aplicativo Calculadora Gráfica GeoGebra para celular, propomos uma atividade investigativa que estimulasse os alunos a levantar questionamentos e discussões a respeito do que estava sendo estudado, e a explorar a matemática utilizando diferentes métodos de resolução, incluindo a interpretação de gráficos. Para elaboração das atividades, contamos com a colaboração do aluno de iniciação científica Versão Cega do curso de licenciatura em matemática da Versão Cega, também sob orientação da professora Versão Cega. Como resultado da referida pesquisa de Iniciação Científica, foi criado o GeoGebra Book "Versão Cega"1, espaço em que foram disponibilizadas as atividades elaboradas.

Como já exposto, realizamos a oficina "Relações da Função Exponencial e COVID-19: atividades investigativas com GeoGebra", com cinco alunos do primeiro ano do Ensino Médio integrado ao curso de técnico em informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará campus Castanhal. A oficina foi realizada ao longo de três encontros, sendo um em cada semana, ocorridos no horário da aula de matemática. A cada encontro buscamos explorar um pouco mais as propriedades da Função Exponencial com o auxílio do GeoGebra, até chegar ao momento de relacionar a Função Exponencial ao cenário da COVID-19.

Os procedimentos e instrumentos utilizados na produção dos dados foram as gravações dos encontros em mídia digital com filmagens via Google Meet, pela câmera do notebook, as folhas da atividade resolvida, um caderno de campo e um questionário. Ao final de cada encontro a atividade com as questões resolvidas pelos alunos eram recolhidas. As respostas das atividades e do questionário passaram por um processo de categorização e análise.

Especificamente neste artigo, discutimos de que modo estudantes do Ensino Médio constroem conhecimento no que tange à Função Exponencial e compreendem a relação dessa função com a COVID-19 em uma abordagem investigativa com tecnologias digitais (TD). Para isso, analisamos as falas dos alunos, triangulando os dados com autores referência no estudo das tecnologias digitais na Educação Matemática, bem como das investigações matemáticas.

1 O GeoGebraBook se encontra disponível em: Versão cega.

Apresentamos, na seção seguinte os registros nas folhas das atividades dos alunos permeados das suas falas. Destacamos esses registros em itálico e entre aspas ao longo do texto, com a finalidade de dar fluidez ao texto. Esclarecemos que esses trechos são oriundos das gravações em áudio e vídeo do curso e do questionário e, quando necessários, interferências das autoras foram realizadas e acrescentadas entre colchetes [ ] para dar sentido ao texto. Por fim, esclarecemos que não divulgamos os nomes dos alunos participantes da pesquisa, pois o foco consistiu em analisar coletivamente as discussões, destacando as investigações matemáticas realizadas.

Análise de Dados

Considerando aspectos relevantes ao estudo da Função Exponencial relacionados ao contexto da COVID-19, as atividades propostas aos alunos proporcionaram uma reflexão sobre a relação do desenvolvimento de contágio do vírus por uma função matemática.

Diante disso, atuamos mediando um processo investigativo em que os alunos pudessem construir conhecimento sobre o tema por meio da investigação matemática com uso das tecnologias digitais. Nesse sentido, as atividades foram elaboradas para que os alunos compreendessem o conceito de Função Exponencial, a partir de uma investigação matemática guiada por atividades elaboradas de forma intencional, abordando um tema transdisciplinar.

Explorando o GeoGebra e conhecendo a Função Exponencial

No primeiro momento da oficina o objetivo era proporcionar aos alunos o conhecimento do aplicativo GeoGebra, explorando as ferramentas necessárias à construção e movimentação do gráfico da função que iríamos estudar. Nesse sentido, consideramos o primeiro momento para realização de uma investigação matemática descrita por Ponte, Brocardo e Oliveira (2003, p. 20), que consiste no "[...] reconhecimento da situação, a sua exploração preliminar e a formulação de questões". Assim, para proporcionar um melhor desempenho durante a oficina, elaboramos um material de apoio para uso do aplicativo. Desse modo, no primeiro encontro, os alunos tiveram a possibilidade de conhecer o aplicativo e explorar suas funcionalidades. Após o reconhecimento do aplicativo, iniciamos a atividade investigativa, cuja proposta consistia em estudar inicialmente as funções $f(x) = 2^x$ na questão 1 (Quadro 1) e $f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ na questão 2, com o objetivo de identificar Funções Exponenciais do tipo crescente e decrescente.

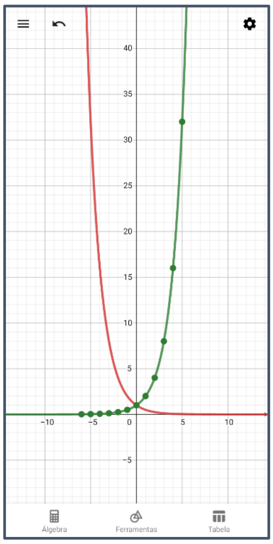
Quadro 1: Roteiro das questões "Estudando $f(x) = 2^x$

1. Estudando f(x)=2^x a) Abra o aplicativo do GeoGebra no smartphone. b) Em seguida, na caixa de entrada, digite 2^x. O que é projetado? c) Dando continuidade, clique nos três pontinhos que aparecem na frente da função criada. Depois clique em "tabela de valores". Em seguida, altere o valor inicial de x para -6, o valor final de x para 6 e o passo para 1. Observe o gráfico gerado e responda: d) Como você descreveria o comportamento do gráfico? e) Agora clique em cada ponto em destaque no gráfico e observe as coordenadas (se achar necessário, aproxime do ponto com zoom para melhor observar). f) Em qual coordenada o gráfico intercepta o eixo "y"? g) Em qual coordenada o gráfico intercepta o eixo "x"?

Fonte: Autoras.

Inicialmente foi solicitado que os alunos construíssem com o GeoGebra (item a) uma função do tipo $f(x) = 2^x$ (figura 1, gráfico verde). O intuito era de que eles começassem a perceber o comportamento dessa Função Exponencial, chegando à conclusão de que se trata de uma função crescente. Após o estudo dessa função e seguindo procedimentos similares aos indicados na questão 1 apresentada no quadro acima, os alunos deveriam analisar o gráfico da função $f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ (figura 1, gráfico vermelho) e identificar uma Função Exponencial do tipo decrescente.

Figura 1: Gráficos das funções $f(x) = 2^x$ e $f(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$



Fonte: Autoras.

Ao serem questionados sobre o gráfico verde que estava sendo projetado (quadro 1, item b), eles apresentaram dificuldades para responder. Uma das alunas respondeu que se tratava de *"uma linha no gráfico"*. Outro aluno reiterou que se tratava de: *"uma linha que passa no x e y infinitamente"*. Outra ainda descreveu: *"uma linha, um gráfico, e esse número está localizado no 1 y [se referindo ao ponto sobre o número 1 no eixo y, o ponto (0,1)]"*. Quanto ao gráfico vermelho os alunos responderam que se tratava de outra linha só que em sentido contrário.

A forma como os alunos explicaram o que estava sendo projetado expressou a dificuldade de discernir a diferença da área gráfica do GeoGebra para o gráfico que estava plotado nela. Os alunos não conseguiam descrever que a "linha" se tratava do gráfico. Duval (2011, p. 96) explica que essa dificuldade em interpretar gráficos pode estar ligada à "[...] falta de conhecimento das regras de correspondência" entre os registros das representações geométricas e algébricas. Nesse caso, entendemos que os alunos não dominavam conhecimentos básicos sobre gráficos de funções, o que contribuiu para que eles ficassem confusos.

Prosseguindo com os itens c e d que solicitam alteração de valores na tabela, e questionando sobre como poderiam descrever o comportamento do gráfico (verde), os alunos se mostraram confusos quanto à diferença das perguntas dos itens b e d. Por isso, foi explicado que agora eles deveriam observar melhor o gráfico e descrever a forma que a figura apresenta. Uma das alunas respondeu *"[...] o gráfico sobe e não vejo o fim e em cada ponto tem os valores que aparecem na tabela"*. Nesse caso, a aluna argumentou que não é possível acompanhar onde a curva se encerra, indicando a percepção de que se trata de um gráfico infinito. Em relação aos pontos citados pela aluna, ela se referiu ao item (c) da questão, pois, ao realizá-lo, pontos aparecem no gráfico dando a ideia de que está compreendido no intervalo de -6 a 6, cujos valores correspondentes podem ser visualizados na figura 2.

Figura 2: Tabela de valores da questão 1

x	f(x)
−6	0.015625
−5	0.03125
−4	0.0625
−3	0.125
−2	0.25
−1	0.5
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64

Álgebra Ferramentas Tabela

Fonte: Autoras.

Quanto ao comportamento do gráfico, os alunos não conseguiram formular uma resposta correta e observando o gráfico em vermelho uma aluna descreveu que *"é igual ao outro, somente está mudando a sua posição"*. Outra particularidade estudada da Função Exponencial, remetia ao fato de observar em qual coordenada o gráfico intercepta o eixo x e o eixo y (itens e, f). Dois alunos responderam que os gráficos interceptam o eixo y na coordenada *"(0,1)"* e que *"não interceptam o eixo x"*. Outra aluna definiu valores em que supostamente os gráficos estavam encostando no eixo x, porém, ao solicitar que utilizasse a ferramenta de aproximação para conferir se sua afirmação estava correta, ela afirmou *"[...] não está encostando se puxar o zoom"*.

De acordo com essa resposta, podemos identificar uma das potencialidades do GeoGebra para a observação dessa questão, ao explorar a ferramenta de aproximação do aplicativo, que chamamos de zoom, a aluna conseguiu perceber que o gráfico não intercepta o eixo x em nenhum ponto. Propor que os alunos explorassem o zoom do GeoGebra, possibilitou analisar com precisão o comportamento do gráfico em relação ao eixo x, o que não era possível sem aproximar o campo de visualização no gráfico, porém, para se alcançar uma visualização com mais precisão é necessário que o zoom seja aplicado várias vezes. Caso contrário, somos visualmente induzidos a crer que o gráfico toca o eixo x. Isso ocorre, pois, as diferentes formas de utilização dos recursos digitais "[...] propiciam distintos movimentos de produção de conceitos." (Ragoni; Chiari, 2021, p. 274).

Finalizando as questões, (item g) os alunos deveriam justificar suas observações com relação aos dois gráficos estudados até o momento. Uma das alunas respondeu que: *"Eles estão nas mesmas posições. Só que tem uma parte que está positiva, no outro está negativa. Estão o inverso um do outro"*. Outro aluno acrescentou que: *"[...] eles estão fazendo o mesmo percurso mais com resultados diferentes, pois muda a posição dos números.*

Nesse primeiro encontro, os alunos tiveram os primeiros contatos com a Função Exponencial. Apesar de identificarem que os gráficos estavam diferentes devido às posições contrárias, eles ainda demonstraram estarem perdidos quanto ao sentido do gráfico, e não conseguiram identificar quais dos gráficos estava crescendo e qual estava decrescendo, o que provocou questionamentos e curiosidades. Os alunos concluíram esse primeiro encontro com inquietações no sentido de querer entender o motivo dos gráficos estarem em posições opostas e o que haviam feito para que isso acontecesse. Tais inquietações aguçaram a curiosidade dos alunos e motivaram para que participassem do próximo encontro, com a ideia de que obteriam as respostas para essas dúvidas.

Quanto ao uso do GeoGebra, ainda no primeiro encontro entendemos que o aplicativo por si só, não responderia a todas as perguntas, uma vez que os alunos estavam tendo os primeiros contatos tanto com o conteúdo quanto com o aplicativo. E ainda que eles conhecessem e tivessem domínio, mesmo assim o aplicativo "[...] sozinho não faz nada, uma vez que a resposta dele depende do comando dado" (Fonseca, 2021, p. 129). Concordamos com a autora que é preciso avaliar a resposta dada pelo aplicativo e não simplesmente aceitar, afinal, depende da interação humana para contribuir para a construção do conhecimento.

Investigando as Propriedades da Função Exponencial

No segundo encontro da oficina os alunos demonstraram estar mais à vontade com o aplicativo GeoGebra. De início já foram abordadas dúvidas e curiosidades que ficaram do primeiro encontro. Uma aluna perguntou: *"por que a segunda função apareceu contrária à primeira?"*. A perspectiva era que nesse segundo encontro os alunos conseguissem obter a resposta para esse questionamento, o que foi colocado em aberto para que eles pudessem descobrir no decorrer das atividades.

Iniciamos então a questão 3, cujo objetivo era que os alunos estudassem as relações da base e do expoente da função com seu comportamento, possibilitando a compreensão quanto ao crescimento e decrescimento delas, observando a lei de formação e o comportamento dos gráficos definidos pela lei de formação das funções estudadas (quadro 2).

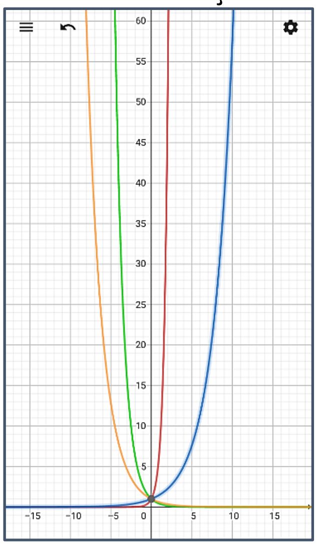
Quadro 2: Roteiro da questão Investigando Funções Exponenciais

3) Investigando Funções Exponenciais No app do GeoGebra, represente os gráficos das funções a seguir em um mesmo arquivo. $f(x) = 7^x$ $f(x) = (1.5)^x$ $f(x) = (0.4)^x$ $f(x) = (0.6)^x$ Observando a lei de formação e o gráfico de cada função que criamos no app, responda: a) Como você analisa o comportamento de cada gráfico? b) Quais funções são crescentes? O que elas têm em comum? c) Quais funções são decrescentes? O que elas têm em comum?

Fonte: Autoras.

Com as duplas já organizadas, foi pedido que o aplicativo fosse aberto, e em seguida para que os alunos inserissem as funções propostas (figura 3).

Figura 3: Gráficos das funções da questão 3



Fonte: Autoras.

Prosseguindo com a atividade, uma das alunas argumentou que as funções se cruzam no mesmo ponto. Seguindo essa ideia, relembramos que no primeiro encontro também foi observado que a Função Exponencial interceptou o eixo y na coordenada (0,1). No item a, os alunos teriam que analisar o comportamento dos gráficos obtidos das funções dadas, se referindo ao fato de se comportarem como uma curva e, em seguida, compreender quais dessas funções estão crescendo e quais estão decrescendo. Como eles não estavam conseguindo perceber o comportamento dos gráficos apenas olhando a área gráfica, foi pedido para que analisassem a tabela de valores das funções, com o intuito de que percebessem a disposição dos valores atribuídos para x e para f(x), de cada função. Mesmo observando os valores, os alunos ainda não conseguiam relacionar os valores listados na tabela com o comportamento do gráfico.

Assim, para que conseguissem descrever o comportamento dos gráficos, os alunos foram instigados, através de perguntas como: *"vocês conseguem dizer que desenho o gráfico está fazendo?"* Uma aluna fez comparação com a função quadrática, gesticulando, como se estivesse desenhando no ar, uma parábola. A comparação com a função quadrática se deu devido esta função também ser graficamente representada por uma curva só que possuindo uma concavidade que aparenta ser "fechada" se comparadas às curvas apresentadas na questão que estavam realizando no GeoGebra, o que foi explicado aos alunos. A aluna também percebeu que o gráfico vem do menos infinito e segue para o mais infinito, e insistiram na ideia da parábola.

Para que pudessem avançar, foi feito o seguinte questionamento: *"se vocês forem em uma bicicleta, em uma moto ou em um carro [...]chegando em um certo ponto e vocês fazem assim (gesticulando, indicando a curva), o que vocês estão fazendo?"* a resposta foi *"curvas"*. Assim, os alunos complementaram a resposta *"Ela se comporta em curvas, que se encontram no mesmo ponto na linha (y)"* se referindo ao ponto (0,1).

Os alunos mostraram dificuldades para concluir que uma Função Exponencial se comporta como uma curva, mesmo diante do gráfico, o que parece ser uma demora em aprender. Contudo, essa demora é característica do ensino investigativo, em que o tempo necessário à aprendizagem do aluno precisa ser respeitado. "Isso porque, o ato de investigar requer, como condição necessária, o envolvimento do aluno com a atividade". (Romanello, 2016, p. 48).

Diferente de uma aula tradicional, onde o professor imediatamente expõe o conteúdo e afirma que se trata de uma curva, nas atividades que realizamos, os alunos tiveram outras possibilidades de chegarem à conclusão, por meio de uma análise que proporcionou a observação das particularidades das funções. Nesse sentido, "[...] o aluno aprende quando mobiliza os seus recursos cognitivos e afetivos com vista a atingir um objetivo. Esse é, precisamente, um dos aspectos fontes das investigações". (Ponte, Brocardo; Oliveira, 2003, p. 23). Passando aos itens b e c, foi solicitado que as funções fossem caracterizadas como crescentes ou decrescentes. Analisando geometricamente no smartphone, eles não conseguiram identificar essas características. Então, foi pedido novamente que analisassem a tabela de valores das funções, a fim de perceberem como as funções se comportam mediante os valores de "x" e "y".

No aplicativo, as funções aparecem definidas, como f(x), g(x), h(x) e assim por diante, dependendo de quantas funções forem inseridas, o que possibilitou a identificação de cada função. Foi feito o seguinte questionamento: *"Quais valores a f(x) e a g(x) estão assumindo? [funções* 7^x *e* $(1{,}5)^x$ *respectivamente]".* Com esse questionamento, os alunos foram instigados a observar aritmeticamente os valores de x e de y no caso em que a função estava crescendo, analisando cada função. Alguns timidamente disseram que f e g estavam crescendo, então, para terem certeza, foi pedido que observassem novamente os aspectos geométricos para concluírem a resposta. Uma das alunas argumentou que percebeu que as funções cuja base começa com zero estão diminuindo. Indagados, novamente, sobre quais funções estavam crescendo e o que elas tinham em comum (item b), obtivemos a resposta: *"elas estão acima de 1"* e a aluna ainda acrescentou: *"as outras duas que estão abaixo de 0, elas ficaram decrescentes".*

Foi uma observação coletiva, em que os alunos trocavam suas percepções a partir de intervenções da pesquisadora. Os registros nas folhas da atividade para o item b e c, foram, respectivamente, do tipo *"as funções* $f(x) = 7^x$ *e* $g(x) = (1{,}5)^x$*, estão [com a base] acima do número 1" e "As funções decrescentes são h(x)=0,4 e p(x)=0,6. Elas são decrescentes, pois estão [com a base] abaixo de zero*". Apesar de os alunos descreverem que as funções decrescentes estão "abaixo de zero" em vez de *"menores que 1" ou "entre 0 e 1"*, não desconsideramos o fato de que eles compreenderam o objetivo da atividade. Entendemos que eles possam não estar familiarizados com esses termos, além de acreditar que o período de pandemia de COVID-19 deixou nossos alunos afastados da sala de aula presencial por dois anos, o que certamente ocasionou a abertura de lacunas na aprendizagem (Faria, Passos, Rossinol; Batista, 2021)

Destarte, podemos afirmar que a questão 3, permitiu que os alunos obtivessem a resposta para a pergunta realizada no início do segundo encontro: *"por que a segunda função apareceu contrária a primeira?"*. Os alunos perceberam que o que fazia com que as funções se comportassem de forma diferente quanto ao crescimento estava relacionado a base da função, de modo que quando a base tivesse um valor maior que 1, teríamos uma função crescente, e que quando a base tivesse um valor entre 0 e 1, teríamos uma função decrescente.

Ainda nesse encontro, realizamos a questão 4 (quadro 4), estudando domínio e imagem da Função Exponencial em dois casos: um de função crescente e outro de função decrescente. Desse encontro em diante os alunos passaram a analisar todas as questões de forma coletiva. As respostas e dúvidas eram compartilhadas entre todos e as conclusões também seguiram de maneira semelhante.

Quadro 3: Roteiro da questão estudando domínio e imagem da Função Exponencial

4. Estudando domínio e imagem da Função Exponencial a) No app do GeoGebra represente o gráfico de $f(x) = 3^x$. Qual é o domínio dessa Função Exponencial? Qual é a imagem dessa Função Exponencial? b) No app do GeoGebra represente o gráfico de $f(x) = (0.8)^x$. Qual é o domínio dessa Função Exponencial? Qual é a imagem dessa Função Exponencial? c) Sem apagar essas funções no app, represente o gráfico de f(x) e observe o que foi projetado. Se trata de uma Função Exponencial? Qual a explicação para isso? d) Como você definiria uma Função Exponencial? e) Como você definiria o domínio e o conjunto imagem de uma Função Exponencial?	*O domínio (D) de uma função são todos os valores que podem ser atribuídos a x na função.* Já a imagem de uma função (Im(f)), é o conjunto de todos os valores obtidos de f(x).

Fonte: Autoras.

O item a se trata de uma função crescente, e os alunos conseguiram observar isso de imediato. Em seguida, eles analisaram o domínio e a imagem da função. Para lembrá-los do que era domínio e imagem, a atividade traz um lembrete com as definições dessas propriedades das funções. Na primeira pergunta, *"Qual é o domínio dessa Função Exponencial?"*, mesmo com o lembrete com a definição de domínio de uma função, os alunos não conseguiram compreender do que se tratava. Por isso, foram orientados a verificar a tabela de valores. Novamente, eles teriam que observar os valores atribuídos a x e seu correspondente em y para definir o domínio da função. Embora $f(x) = 3^x$ se tratasse de um caso particular, os alunos foram orientados a olhar esse exemplo como o caso geral a^x, com a finalidade de instigá-los a concluir o que ocorre com o domínio de uma Função Exponencial.

Analisando a tabela de valores, foi notado que na tabela apareciam somente valores inteiros. No entanto, foi pedido que os alunos olhassem de uma forma mais abrangente. Foi realizada a seguinte indagação: *"A que conjunto vocês poderiam atribuir esses números?"* Uma das alunas respondeu: *"Os reais, que cabe todo mundo"*. A resposta da aluna indica que o conjunto dos números reais engloba outros números além dos números inteiros. Isso se dá, pois, quando estudamos os números no ensino fundamental, esses "[...] números são ensinados subdivididos em conjuntos numéricos, em uma representação linear". (Carvalho, 2019, p. 115). Ou seja, números naturais, números inteiros, números racionais, números irracionais e, enfim, os números reais que surgem da reunião de todos esses conjuntos (Dante, 2018). E após serem feitas algumas considerações sobre a resposta dada pela aluna, foi ressaltado que olhando apenas para os números que aparecem na tabela de valores, poderíamos concluir que se trata de números inteiros, porém, após os alunos observarem melhor o gráfico, perceberam que ele não passa apenas por números inteiros, os demais também registraram que o domínio da função são os números reais.

Para definir o conjunto imagem da função, os alunos deveriam seguir o mesmo procedimento, com o auxílio da tabela de valores do GeoGebra observarem os valores, mas dessa vez para f(x), chegando à conclusão de que o conjunto imagem também se trata de números reais, mas não todos. Os alunos foram questionados: *"o que é a imagem*? E uma das alunas ressaltou que: *"são os valores para f(x)"*. Embora a resposta estivesse correta, os alunos foram instigados a observarem os valores com mais atenção, com o intuito de perceberem que só haviam reais positivos. Quanto a isso, Romanello (2016) ressalta que as atividades investigativas precisam ser exploradas a fundo, evidenciando suas características, caso contrário, a aula perde o sentido de investigativa. Assim, os alunos discutiram a respeito e chegaram a uma conclusão. Um de nossos alunos registrou que: *"A imagem dessa função assume os números positivos maiores que 0"*. Os demais também apresentaram respostas semelhantes.

Passando ao item b, os alunos deveriam definir o domínio e a imagem agora para uma função decrescente. Por ser uma questão parecida com a do item a, eles analisaram a função no aplicativo de forma semelhante ao item anterior, sendo instigados a verificarem se a função assume valores positivos ou negativos, e se o zero aparece em algum momento. Em relação ao domínio dessa função, eles responderam que: *"continua sendo os números reais"*. De maneira semelhante para a imagem também registraram respostas como: *"A imagem dessa função continuaria a assumir os valores positivos e acima de zero"*. Desse modo, pelos registros nas folhas de atividades e das discussões geradas no momento da investigação, conseguimos perceber que por meio do

GeoGebra os alunos conseguiram compreender a ideia de domínio e imagem da Função Exponencial.

Passando ao item c, a ideia proposta era que os alunos percebessem porque a base da Função Exponencial não assume valores iguais a 1. Desse modo, foi proposto que os alunos construíssem o gráfico da função $f(x) = 1^x$, sem apagar os gráficos anteriores, e analisassem de que forma o gráfico se comporta. Para isso os alunos verificaram a tabela de valores e observaram que a imagem da função não muda, permanecendo valores constantes iguais a 1. Logo, ao serem questionados se era uma Função Exponencial, os alunos responderam que: *"não"*, com justificativas como *"[...] ela é uma linha reta, então é uma função constante"* outro aluno acrescentou: *"[...] ela não faz curva e sua base é 1"* outros acrescentaram que se trata de uma função constante. Logo, ficou evidente que os alunos já conseguiam identificar uma Função Exponencial, uma vez que, ao optarmos pelo GeoGebra, esperamos que ele viesse a possibilitar que os alunos explorassem "[...] as relações entre as variáveis visuais pertinentes da representação gráfica e as unidades simbólicas significativas da representação algébrica, que são as informações matematicamente pertinentes de cada tipo de registro". (Mendoça; Pires, 2018, p. 7).

No item d, ao serem questionados *"Como você definiria uma Função Exponencial?"* os alunos deveriam descrever o que haviam entendido até o momento sobre Função Exponencial. Alguns deles responderam que: *"A Função Exponencial tem sempre que ter a base diferente de um e que seu expoente são números reais. E no gráfico ela sempre aparece fazendo curvas".*

Quanto ao item e, os alunos, deveriam definir o domínio e o conjunto imagem da Função Exponencial representando-os com simbologia matemática. Como eles não estavam compreendendo como representar, foram perguntados se lembravam de estudos anteriores sobre funções, da definição, das propriedades, do gráfico e de aplicações. Nesse sentido, tornou-se pertinente abordar aspectos intradisciplinares. Segundo Faria (2016, p. 64) "[...] a intradisciplinaridade corresponde às estritas relações das ramificações de uma mesma disciplina". No que tange à matemática escolar, a intradisciplinaridade diz respeito às relações da aritmética, geometria e álgebra, concomitantemente. Dessa forma, os alunos foram levados a entender os conteúdos matemáticos não como dissociados.

Nessa perspectiva, quando um dos alunos ressaltou que o domínio são os valores de x que são números reais, enfatizando aspectos aritméticos, comecei a perguntá-los como representamos o conjunto dos números reais, e um dos alunos respondeu que por "R", assim as respostas foram tomando forma, até os alunos conseguirem registrar $D = R$, uma resposta generalista que remete à álgebra. Quanto à imagem, foi ressaltado que são os valores de f(x), porém, com algumas restrições. Ao serem questionados sobre quais eram essas restrições, um dos alunos respondeu, com base em suas observações geométricas, que: *"Tem que ser maior que zero"*.

Buscando formalizar a ideia, os alunos foram questionados se sabiam como representar isso. Eles responderam que não, em seguida foram lembrados que a imagem é representada por Im(f), já que na atividade consta essa informação. O próximo passo seria representar com as restrições da Função Exponencial, ou seja, os valores positivos e maiores que zero. Assim, foram realizadas perguntas do tipo, qual o sinal que a gente usa para representar positivo? E eles falaram do sinal de "+". Além disso, uma aluna lembrou do asterisco como símbolo do zero como exceção, mas não lembravam como fazer a representação algébrica. À medida em que as discussões foram fluindo, as informações foram ficando mais claras até que os alunos conseguiram definir a imagem da Função Exponencial como "$Im(f)^*_+$ " e assim finalizamos o segundo encontro.

Nesse encontro, os alunos estavam mais à vontade e mais familiarizados com o aplicativo. Isso proporcionou uma maior interação do grupo e todos estavam mais comunicativos e dedicados. Também destacamos, nesse sentido, que o GeoGebra foi relevante para que conseguissem compreender a atividade, e chegassem às conclusões. Isso ocorreu, pois, o aplicativo proporcionou a inserção de vários gráficos ao mesmo tempo de forma rápida, possibilitando que os alunos pudessem visualizá-los concomitantemente com observações sobre os valores de x e y na tabela de valores, proporcionando compreensão sobre o comportamento das funções exponenciais, assim como o domínio e a imagem dessas funções.

De acordo com Mendonça e Pires (2018), utilizar o GeoGebra no espaço escolar proporciona novas experiências, uma vez que, com esse aplicativo, as realizações das tarefas escolares podem acontecer de forma rápida se comparadas ao uso de lápis e papel, o que faria com que o tempo dedicado à investigação fosse priorizado. Ainda para os autores, o dinamismo do aplicativo "[...] pode ocasionar a visualização de propriedades que, no ambiente lápis e papel, podem ser mais difíceis de ser observadas [...]" (Mendonça; Pires, 2018, p. 7). Além disso, o aplicativo proporciona uma precisão dos gráficos, permitindo uma visualização explícita.

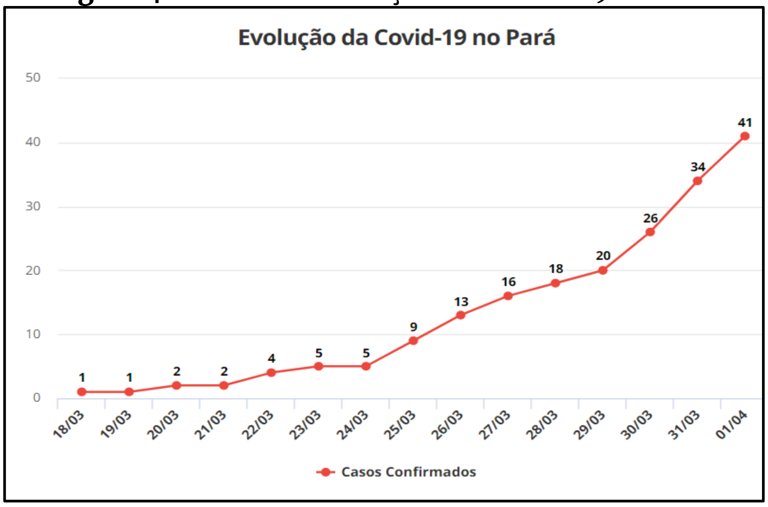
Nesse encontro, também, levamos em consideração o segundo momento de realização da investigação matemática, como argumentado por Ponte, Brocardo e Oliveira (2013), que se refere à formulação de conjecturas, propondo que os alunos pudessem observar e considerar suas observações como prováveis, com base em conhecimentos anteriores sobre funções.

Relacionando Função Exponencial e COVID-19

No terceiro, e último, encontro da nossa oficina "Relações da Função Exponencial e COVID-19: atividades investigativas com o GeoGebra", a atividade proposta se concentrou na ideia dos alunos associarem o estudo da Função Exponencial ao contexto da COVID-19. Para tanto, a estratégia teve como fundamento a atividade investigativa e o GeoGebra, valendo-se de todos os conhecimentos construídos no decorrer da oficina. Desse modo, foi colocado em prática o terceiro momento da investigação matemática descrito por Ponte, Brocardo e Oliveira (2013), induzindo os alunos a realizarem testes e reformulações do que se havia estudado, fazendo o refinamento das conjecturas.

Para isso, abordamos a primeira notícia de caso de COVID-19 no Estado do Pará, e os primeiros casos confirmados no Estado, no período de quinze dias, como mostrado pelo seguinte gráfico (figura 4).

Figura 4: Gráfico de evolução da COVID-19 no Pará



Fonte: https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/04/01/veja-a-evolucao-do-coronavirus-no-para-e-a-relacao-de-casos- por-municipio.ghtml. Último acesso: 17/09/2021

Após os alunos apreciarem o gráfico e as informações do site de notícias G1 Pará, disponíveis na atividade 3, começamos a trabalhar em cima dessas informações. Primeiramente, foi proposto que eles refizessem o gráfico (figura 4) no GeoGebra em unidades do tipo 1 em 1, no intuito de poder observar melhor o comportamento da curva (Quadro 4).

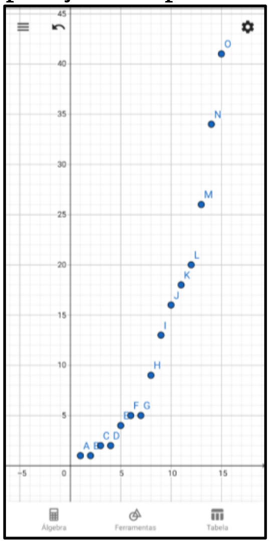
Quadro 4: Roteiro da questão compreendendo a evolução do coronavírus no Pará

5. Compreendendo a evolução do coronavírus no Pará a) Represente os quinze pontos no app, sendo a coordenada (x,y) de cada ponto representada pelo dia da manifestação no valor de x, e número de casos no valor de y. Exemplos: Primeiro ponto (1,1) e décimo quinto ponto (15, 41). b) Você conseguiu perceber o comportamento do contágio da Covid-19, quando foi colocando os pontos no *app*? Justifique. c) Os pontos, na ordem que foram marcados, representam crescimento ou decrescimento? d) Qual tipo de função (afim, quadrática, exponencial, ...) melhor representa os pontos marcados? Justifique. e) Insira algumas funções do tipo $f(x) = a^x$ no app: Com $0 < a < 1$. Com $a > 1$. Qual gráfico ficou mais próximo dos pontos? f) Você conseguiu identificar algum padrão dentre as funções que mais se aproximaram dos pontos? Justifique g) Descreva uma lei de formação de uma Função Exponencial cujo gráfico melhor se aproxime dos pontos marcados. Essa função é crescente ou decrescente? O valor de a é maior que 1, ou está entre 0 e 1? Justifique. h) De acordo com o que estudamos, você considera o estudo da Função Exponencial importante para entendermos o comportamento do vírus da COVID-19? Justifique.

Fonte: Autoras.

Para representar os pontos no GeoGebra, como pede o item (a), os alunos não recordavam direito como inserir os pontos, então recorreram a apostila do GeoGebra para concluir essa parte. Feito isso, e compreendido o primeiro passo da atividade, a disposição dos pontos no GeoGebra ficou da seguinte maneira como mostrado na figura 5.

Figura 5: Disposição dos pontos no GeoGebra



Fonte: Autoras.

Em seguida, após verificarem o comportamento dos pontos, agora em escalas de 1 em 1 unidades, os alunos prosseguiram ao item (b). O objetivo desse item, era verificar se os alunos conseguiriam perceber o comportamento da COVID-19, por meio dos pontos no GeoGebra. Um dos alunos respondeu que: *“Eles estão na ordem crescente e conforme os dias passam os pontos vão ficando mais distantes por conta do aumento de casos”*. Outra aluna descreveu: *“comportamento crescente, pois a cada dia aumentava os números de infectados e os pontos no app estão para cima”*. As respostas dadas pelos alunos ao inferir que os pontos representam crescimento, mostra que eles compreenderam o comportamento de uma função crescente, mesmo não dispondo de uma lei de formação. Santos (2011, p. 46) explica que “[...] quem está executando este processo, está visualizando mentalmente esses gráficos”. Nesse caso, para a autora, existe a possibilidade de visualizar a função, que pode auxiliar no processo de compreensão do objeto em estudo.

Segundo Santos (2011, p. 46), “[...] a essência do pensamento matemático está presente nos processos de representar, visualizar, generalizar, assim como outros, como classificar, conjecturar, induzir, analisar, sintetizar, abstrair e formalizar”. Assim, consequentemente o item (c), foi respondido mediante a observação do item (a). Logo ao serem questionados se os pontos na ordem que estão representam crescimento ou decrescimento, todos responderam *“crescimento”*.

Em relação ao item (d), os alunos foram questionados sobre qual o tipo de função que melhor representa os pontos na ordem que estão? Essa questão gerou algumas discussões. Dentre essas, um dos alunos falou: *"Acho que é exponencial"*, e outra aluna argumentou: *"ao mesmo tempo acho que é exponencial e acho que não é pelo fato de não ter expoente"*. Sendo explicado que no momento o que se estava vendo eram apenas os pontos, a aluna continuou: *"mais é exponencial pelo fato dela fazer uma curva"*. Até o momento a dúvida dos alunos em relação a ser exponencial ou não se remetia ao fato deles não estarem visualizando uma lei de formação que garantisse essa afirmação.

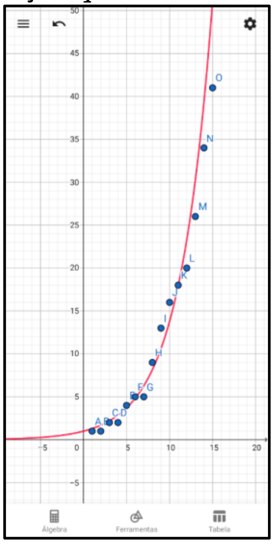
No entanto, a maneira como os pontos se comportam, já davam a entender que se tratava de uma curva exponencial. Segundo Duval (2011), a abordagem ponto a ponto favorece quando se deseja traçar o gráfico de uma função ou quando se quer "ler" as coordenadas de algum ponto. Porém, essa abordagem pode não ser tão significativa quando se quer encontrar a equação correspondente ao gráfico, uma vez que tira a percepção das variáveis visuais de representação, unidade significativa da expressão algébrica. Segundo o autor, isso acontece devido à pouca atenção dada a essas interpretações durante o ensino de funções. Por isso, procuramos ficar atentas às observações dos alunos para que não ocorresse esse tipo de equívoco.

Assim, os alunos foram questionados sobre qual função representaria a curva. As respostas na folha de atividade, apesar de serem escritas de forma diferente, apresentaram o mesmo sentido, tais como: *"exponencial, porque ela faz curva"*. *"Exponencial, porque pelo o que estamos estudando"*. *"A Função Exponencial faz curva"*. *"Exponencial é a única função que representa uma curva"*. Mesmo percebendo um pouco de insegurança quanto ao fato de ser exponencial ou não, os alunos responderam na folha de atividade que era exponencial, pelo fato de estarem visualizando uma curva similar às curvas que eles já haviam estudado nos últimos encontros.

No próximo passo, item (e), a proposta era que os alunos inserissem uma função do tipo $f(x) = a^x$ que se aproximasse melhor dos pontos que estavam no GeoGebra. Para isso, eles deveriam construir funções com bases entre $0 < a < 1$ e ou $a > 1$. Assim que os alunos compreenderam como fazer, as funções foram surgindo. Após muitas tentativas, um dos alunos conseguiu compreender que para a base menor que 1, o gráfico ficou bem distante dos pontos, e ainda assumia posição contrária e se fosse bem maior que 1, tipo "2" também ficava distante, assim os alunos foram questionados: *"Quando que uma função é crescente?"* Uma das alunas respondeu que: *"Quando ela assume valores acima de zero, [...] e diferente de 1"*. Logo eles deduziram que bases iguais a zero não se encaixariam nesse caso.

Com isso, os alunos foram tentando outros valores maiores que 1, até que um dos alunos falou: "Achei, 1.3"., O restante continuou tentando, sendo explicado que o gráfico, não necessariamente ligaria os pontos, mas se aproximaria melhor. Logo os demais também tentaram 1.3, e perceberam que a função ficava mais próxima dos pontos (figura 6).

Figura 6: Gráfico da função que melhor se aproximou dos pontos



Fonte: Autoras.

Esse aluno que encontrou primeiro a função, usou a seguinte estratégia, tentou bases como (1.9), (1.8), (1.7) e assim sucessivamente, até chegar em (1.3), com a qual o gráfico melhor se aproximou dos pontos. *"O que ficou mais próximo foi a* 1.3^x*"* foi a resposta apresentada pelo aluno para essa questão. "Isso foi possível porque o GeoGebra proporcionou a manipulação do registro algébrico e a sua coordenação com o registro gráfico, dado que a interface desse software apresenta, simultaneamente, os dois registros" (Mendonça; Pires, 2018, p. 23-24). Também foi possível devido à agilidade que se pode experimentar com a utilização do aplicativo, podendo ser realizado a inserção de várias funções de bases diferentes e a construção de seus respectivos gráficos.

Do item (f), quanto ao padrão dentre as funções que mais se aproximaram dos pontos, os alunos responderam de forma correta que a base é maior que 1. Quanto ao item (g), as respostas também foram satisfatórias: "$f(x) = (1.3)^x$ *função crescente e o valor é maior que 1, porque essa função é a que se aproxima dos pontos".* Para concluirmos essa parte da oficina, propomos uma pergunta que buscasse que o aluno refletisse acerca do que foi estudado em relação a Função Exponencial para explicar a evolução da COVID-19. A ideia era obter um apanhado geral em relação ao estudo proposto. Assim, do item (h), obteve-se respostas como: *"sim, porque graças ao resultado da Função Exponencial podemos ver o crescimento do vírus claramente".*

Observando as respostas dos alunos, percebe-se que além deles terem compreendido a proposta da oficina, e terem obtidos resultados favoráveis na maioria das atividades, eles também refletiram acerca da propagação do coronavírus, entendendo que a medida que o número de casos aumentava, o gráfico também se mostrava crescente, sendo perceptível uma propagação de forma muito rápida. Ao serem questionados quanto a experiência em estudar o conteúdo por meio de atividade investigativa, um de nossos participantes descreve que: *"Foi bom, facilitou o meu entendimento da Função Exponencial"*. Nesse sentido, evidenciamos a relevância da proposta da investigação, pois segundo Romanello (2016), nesse tipo de atividade, o fato de o aluno não receber o conteúdo pronto, propõe para que ele busque construir entre os conceitos novas relações, levantando hipóteses e sugerindo novas questões. Nesse encontro também foi possível abranger o último momento de realização da investigação matemática, proposta por Ponte, Brocardo e Oliveira (2013, p. 20), que se refere ao fechamento do trabalho, levando em consideração as argumentações, demonstrações e a avaliação do que foi realizado.

Considerações

Neste artigo, analisamos de que modo estudantes do Ensino Médio constroem conhecimento no que tange à Função Exponencial e compreendem a relação dessa função com a COVID-19 em uma abordagem investigativa com tecnologias digitais. Destacamos que as discussões geradas durante o desenvolvimento da atividade foram relevantes para a produção dos dados da pesquisa, pois permitiram que analisássemos mais do que a resposta escrita dos alunos, revelando detalhes imperceptíveis nos registros escritos.

As investigações matemáticas realizadas pelos alunos impulsionaram a compreensão dos conteúdos matemáticos que permeiam a temática da COVID-19. Com a pesquisa, foi possível concluir, por meio dos diálogos, pelas respostas dos alunos nas folhas das atividades, nos registros do questionário, nas investigações com o celular, dentre outros dados analisados, que a pesquisa realizada possibilitou a compreensão do conceito da Função Exponencial, bem como sua relação com o desenvolvimento da COVID-19.

No decorrer da oficina foi perceptível o empenho dos alunos em relação às atividades. A construção do conhecimento ocorrida a cada encontro revelou um envolvimento satisfatório na busca de soluções, explorando as capacidades de argumentação e justificativa. Além disso, a curiosidade quanto à relação da COVID-19 com a Função Exponencial demonstrada ainda no primeiro encontro, estimulou a dedicação dos alunos na realização das atividades, contribuindo para a compreensão dos conteúdos matemáticos.

Destacamos, ainda, que o GeoGebra desempenhou um papel fundamental durante as investigações, possibilitando uma exploração abrangente dos aspectos aritméticos, algébricos e geométricos, vertentes matemáticas que, se trabalhadas concomitantemente, contribuem para uma compreensão ampla e profunda da Matemática. Embora os alunos tenham relatado que se tratava do primeiro contato deles com o aplicativo, todos demonstraram desenvoltura com o smartphone e não apresentaram dificuldades em trabalhar com o GeoGebra.

É pertinente destacar ainda que, antes que os alunos compreendessem a proposta da atividade, ficou evidente que se tratava do primeiro contato deles com o conteúdo, bem como com a estrutura investigativa para realização das atividades. Também ficou claro que todos possuíam conhecimentos prévios envolvendo conceitos de função quadrática, função afim, construção de gráficos, dentre outros, o que favoreceu a compreensão das propriedades da Função Exponencial.

À medida em que os alunos compreendiam a atividade e a proposta investigativa, descobertas matemáticas aconteciam e novos conhecimentos eram construídos. As observações instigavam a curiosidade e geravam discussões que requeriam que seus olhares estivessem aguçados. Desse modo, as conclusões que emergiram da exploração dessa forma de estudo evidenciam que é possível engajar os alunos no estudo de conteúdos matemáticos com a metodologia das investigações matemáticas com smartphone na sala de aula.

Referências

CARVALHO, Priscila Lopes. Uma perspectiva das pesquisas sobre o ensino dos números complexos. In: **Revista de Produção Discente e Educação Matemática.** p. 114-123. 2019.

D'AMBROSIO, Ubiratan; BORBA, Marcelo de Carvalho. Dynamics of change of mathematics education in Brazil and a scenario of current research. In: **ZDM Mathematics Education.** p. 271–279. 2010.

DANTE, Luiz Roberto. **Teláres matemática - 9º ano: anos finais do ensino fundamental.** São Paulo, SP: Ática. 2018.

DUVAL, RAYMOND. GRÁFICOS E EQUAÇÕES: A ARTICULAÇÃO DE DOIS REGISTROS. TRADUÇÃO DE MÉRICLES THADEU MORETTI. V. 6, N. 2, P. 96-112. IN: **REVEMAT**. 2011.

FARIA, REJANE WAIANDT SCHUWARTZ CARVALHO; MALTEMPI, MARCUS VINICIUS. RACIOCÍNIO PROPORCIONAL NA MATEMÁTICA ESCOLAR. IN: **REVISTA EDUCAÇÃO EM QUESTÃO**, P. 1-18. 2020.

FARIA, REJANE WAIANDT SCHUWARTZ CARVALHO. **RACIOCÍNIO PROPORCIONAL: INTEGRANDO ARITMÉTICA, GEOMETRIA E ÁLGEBRA COM O GEOGEBRA**. TESE (DOUTORADO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS. RIO CLARO, SP. 2016.

FARIA, REJANE WAIANDT SCHUWARTZ CARVALHO; PASSOS, CAROLINE MENDES; ROSSINOL, ALINE MARÇAL; BATISTA, LUCIANO GONÇALVES. ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO DE MATEMÁTICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA DA COVID-19. IN: **PESQUISA E ENSINO**, 2(2), P. 1-27. 2021.

FONSECA, KARLA HELENA LADEIRA. **TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO:** POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORAS DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM EDUCAÇÃO) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA, MG. 2021.

FREIRE, PAULO. **PEDAGOGIA DA AUTONOMIA:** SABERES NECESSÁRIOS À PRÁTICA EDUCATIVA. SÃO PAULO, SP: PAZ E TERRA. 2011.

FREITAS, ANA LÚCIA. CURIOSIDADE EPSTEMÓLOGICA. IN: STRECK, DANILO; REDIN, EUCLIDES; ZITKOSKI, JAIME JOSÉ (ORGS.). **DICIONÁRIO PAULO FREIRE.** BELO HORIZONTE, MG: AUTÊNTICA EDITORA. 2010.

GOLDENBERG, MIRIAM. **A ARTE DE PESQUISAR**. RIO DE JANEIRO, RJ: RECORD. 1997.

MENDONÇA, MARIANA SILVA; PIRES, ROGÉRIO FERNANDO. UM ESTUDO SOBRE A APRENDIZAGEM DE FUNÇÃO EXPONENCIAL NO AMBIENTE COMPUTACIONAL. **REVISTA BRASILEIRA DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**. P. 1-28. 2018.

MENEGHETTI, RENATA CRISTINA GEROMEL; REDLING, JULLYETE PRISCILA. TAREFAS ALTERNATIVAS PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE FUNÇÕES: ANÁLISE DE UMA INTERVENÇÃO NO ENSINO MÉDIO. IN: **BOLEMA**, P. 193-229. 2012.

PONTE, JOÃO PEDRO. INVESTIGAR, ENSINAR E APRENDER. IN: PROFMAT, 2003, **ACTAS...** LISBOA (PORTUGAL): APM, 2003, P. 25-39. 2003.

PONTE, JOÃO PEDRO; BROCARDO, JOANA; OLIVEIRA, HÉLIA. **INVESTIGAÇÃO MATEMÁTICA NA SALA DE AULA**. BELO HORIZONTE, MG: AUTÊNTICA. 2003.

RAGONI, Victor Ferreira; CHIARI, Aparecida Santana de Souza. Smartphone e a produção do conceito de integral: visualização, mobilidade e GeoGebra. In: **Revista Paranaense de Educação Matemática.** p. 259-276. 2021.

ROMANELLO, Laís Aparecida. **Potencialidades do uso do celular na sala de aula: atividades investigativas para o ensino de função.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP. 2016.

SANTOS, Adriana Tiago Castro. **O ensino da função logarítmica por meio de uma sequência didática ao explorar suas representações com o uso do software GeoGebra**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, SP. 2011.

SERRAZINA, Lurdes; VALE, Isabel; FONSECA, Helena; PIMENTEL, Teresa. O papel das investigações matemáticas e profissionais na formação inicial de professores. In: PONTE, João Pedro; COSTA, Conceição; ROSENDO, Ana Isabel; MAIA, Ema; FIGUEIREDO, Nisa; DIONÍSIO, Ana Filipa (Orgs.). **Actividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores.** p. 41-58, Lisboa: SEM-SPCE. 2002.

TEIXEIRA, Maria Cláudia. **Metodologia do ensino superior**. Paraná, PR: Unicentro. 2015.