

GEOGEBRA E O ENSINO DE NÚMEROS COMPLEXOS: UMA EXPERIÊNCIA ATIVA NO CONTEXTO REMOTO UTILIZANDO OS REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS

JOAB TOMAZ DE AQUINO

Graduando do Curso de Engenharia Elétrica - Eletrotécnica da Universidade de Pernambuco - UPE,
jta@poli.br;

CLÁUDIO PEREIRA DA COSTA

Doutor em Engenharia Elétrica e de Computação na Universidade de Pernambuco - UPE, claudio.
pcosta@upe.br;

ÉRIKA CARLA ALVES CANUTO DA COSTA

Mestra em Educação Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Pernambuco - IFPE-Campus Pesqueira, erika.canuto@pesqueira.ifpe.edu.br.

RESUMO

Neste artigo o Geogebra foi utilizado como recurso didático para aprendizagem dos números complexos, por meio de uma experiência ativa no contexto de ensino remoto emergencial, dos discentes do ciclo básico das engenharias na Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE). A articulação entre teoria e prática ocorreu via simulador computacional, com 111 discentes na realização de um experimento computacional durante os períodos emergenciais 2020.3 e 2020.1. Foram realizadas duas pesquisas usando *Google Forms* para coleta dos dados, a primeira para averiguar o perfil dos entrevistados no ensino remoto e a segunda a eficácia da aprendizagem após a realização da atividade proposta. Os resultados alcançados evidenciaram que 86,4% dos entrevistados de 2020.3 e 83,7% do período 2020.1 afirmaram que o Geogebra auxiliou para uma melhor compreensão dos números complexos. Para maioria dos entrevistados (59,1%) em 2020.3 e (51,2%) em 2020.1, o uso do software facilitou mais o aprendizado da representação gráfica, caracterizando a ferramenta como potencial recurso para o ensino da temática números complexos nas formas algébricas e principalmente, geométricas.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia, Geogebra, Números Complexos, Pensamento Complexo, Simulação Computacional.

INTRODUÇÃO

Em março de 2020 a organização mundial de saúde (OMS) declarou que uma pandemia havia se instaurado em todo o mundo devido ao coronavírus (COVID-19). Tal fato mudou radicalmente a forma com que as pessoas interagem no trabalho, comércio, escolas e até mesmo onde moram (FREITAS, NAPIMOGA, DONALISIO, 2020; SILVA, 2020). Diante deste cenário todos os envolvidos tiveram que passar por adaptações.

De maneira emergencial, o Ministério da Educação (MEC) homologou a portaria nº 343 em 17 de março de 2020 substituindo o ensino presencial, nas instituições públicas e privadas, pelo ensino remoto (ER) enquanto durar a pandemia (BRASIL, 2020). Assim, creches, escolas e universidades se fecharam para conter o avanço da pandemia.

O processo de migração do ensino presencial para o remoto ocorreu de forma abrupta para todos os indivíduos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, levando professores e alunos a adequarem as interações do espaço da sala de aula para o ambiente virtual. Esse contexto trouxe desafios e oportunidades que podem ser exploradas sobre novas formas de aprender e ensinar (SANTOS e ZABOROSKI, 2020; RODRIGUES, 2021; SILVA, 2021).

Experiências exitosas nessa conjuntura que vem sendo experimentadas é a utilização de metodologias ativas combinadas com meios e ferramentas digitais (CAVALCANTE FILHO, 2021; DE CARVALHO, 2021; DE OLIVEIRA *et al*, 2021; OLIVEIRA, 2021). Tais escolhas proporcionam aos discentes ganhos significativos no processo de ensino e aprendizagem, despertando o protagonismo para construção do conhecimento utilizando ferramentas que podem ser adotadas no ensino presencial ou remoto.

Diante disso, a pesquisa apresentada buscou respostas sobre quais contribuições o Geogebra pode agregar na construção dos saberes desses alunos, em uma disciplina do ciclo básico de engenharias da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), campus Benfica, da Universidade de Pernambuco (UPE), quanto ao objeto matemático, números complexos.

A escolha do Geogebra se deu pela possibilidade do software oferece de apresentação do mesmo objeto de forma algébrica e geométrica, e isso tornou-se de suma importância visto que a matemática é permeada pela multiplicidade de representações, e por isso seus objetos, que na sua essência são abstratos, não podem ser acessados diretamente, mas somente por

meio de representações semióticas. Dessa forma, para Duval (2009), a distinção entre objeto e representação é fundamental para a compreensão Matemática. No que se refere à essa diferenciação, o autor (2011) entende que boa parte dos estudantes não consegue realizá-la (DUVAL, 2009, 2011).

Considerando que um mesmo objeto pode apresentar várias representações, Duval sugere que o ensino de Matemática explore esse fato, para minimizar a dificuldade da compreensão do objeto, a possibilidade de se representar um determinado objeto matemático por meio de pelo menos dois destes registros de representação, torna mais viável a compreensão em matemática, ou mesmo a capacidade de trocar a todo instante de registro de representação (DUVAL, 2009, 2011).

Complementos de Matemática na modalidade remota

A POLI é uma instituição centenária, localizada na cidade de Recife, que faz parte da Universidade de Pernambuco. Nela são oferecidos vários cursos da área de tecnologia como as engenharias elétrica, mecânica, civil e computação, além dos cursos de automação e controle e física dos materiais. Geralmente os cursos são subdivididos em dois ciclos: ciclo básico e ciclo profissionalizante.

A disciplina Complementos de Matemática (CM) encontra-se no quarto semestre (segundo ano do ciclo básico) dos cursos de engenharia elétrica e automação e controle. Com uma carga horária de 60 horas/semestre, CM tem o propósito de apresentar teorias e conceitos que permitam aos discentes um aprofundamento no cálculo superior, em especial a análise complexa. Para isso, a ementa de CM apresenta os seguintes temas: números e funções complexas, limite, derivada e integrais complexas, séries de Taylor, Laurent e Fourier, transformada de Laplace e Equações diferenciais parciais (EDPs).

Devido ao cenário de pandemia, a opção de cursar a disciplina foi modificada do ensino tradicional para o ensino remoto, instituído pelo período suplementar complementar em setembro de 2020, o qual foi instituído a ser realizado em 10 semanas. Dentre os conteúdos da disciplina Complementos de Matemática optou-se por se trabalhar com os números complexos, e suas particularidades por ser um conteúdo que é utilizado como base para outros assuntos na engenharia, e por possuir um potencial gráfico a ser explorado.

Vale salientar que tal disciplina trouxe o conceito da sala de aula invertida (*Flipped Classroom*) em sua didática para que os discentes tivessem mais protagonismo em seu aprendizado. Nessa perspectiva de protagonismo do

aluno, optou-se pela utilização do Geogebra como recurso tecnológico educacional por ser um software gratuito, onde segundo Edson (2020):

“Sua interface dispõe de uma janela de Álgebra e outra de Geometria, em que cada objeto geométrico criado possui uma correspondência algébrica, ou seja, existe uma interatividade entre a zona gráfica e zona algébrica de modo que tudo que é construído na zona gráfica o próprio software algebrizar mostrando uma expressão algébrica que represente tal figura construída. Por ser um programa de Geometria Dinâmica, o Geogebra facilita a investigação dos alunos, que podem movimentar os objetos e acompanhar as variações ocorridas, fazer conjecturas e testá-las, além de relacionar os conteúdos algébricos e geométricos. A sua manipulação estimula docentes e discentes a tentar usá-lo em suas práticas, porque quando é feito qualquer tipo de manipulação simultaneamente ocorre a alteração da figura sem alterar sua estrutura de construção” (SILVA, 2020).

ou seja, a ferramenta escolhida permite aos discentes desenvolver uma aprendizagem de conteúdos da forma mão na massa, aproximando a teoria da prática e contribuindo para visualização gráfica das várias formas de representação de números complexos (cartesiana, trigonométrica e polar), cujas notações são utilizadas em outros conteúdos como Séries de Taylor e Transformadas de Laplace e aplicações de circuitos elétricos e sinais e sistemas (JÚNIOR, 2016).

Os números complexos e os registros de representações semióticas

A história mostra vários exemplos em que determinadas noções só puderam alcançar um certo nível de desenvolvimento a partir do momento em que uma notação adequada foi criada. E não é diferente com os números complexos, as

“múltiplas possibilidades da representação geométrica de um número complexo z , que tem como imagem um ponto no plano, como um par (x, y) de números reais, ou escrito na forma $z = x + yi$. Assim, como a reta foi necessária e suficiente para acolher os números reais, racionais e irracionais, com a expansão do campo numérico para incluir números que possam ser raízes quadradas de negativos, será necessário (e suficiente) todo o plano cartesiano, que servirá de inspiração para a construção do plano complexo, suporte para

representação de todos os números complexos” (JÚNIOR, 2016).

O número complexo, o qual teve esse termo usada pela primeira vez por Gauss em 1831, na demonstração do Teorema Fundamental da Álgebra - “toda equação polinomial de coeficientes reais ou complexos de grau $n \geq 1$, tem no campo complexo, pelo menos uma raiz”. Posteriormente Jean Robert Argand e Caspar Wessel, representaram geometricamente os complexos como pontos (e como vetores) num plano cartesiano. E Gauss definiu os números complexos na forma algébrica $a + bi$, onde a e b são números reais e $i^2 = -1$.

O corpo dos números complexos C foi finalmente definido de modo rigoroso por Hamilton em 1837. Deve-se a Jean-Robert Argand (1768-1822) uma publicação, em 1806, com a atual e definitiva interpretação geométrica dos números complexos, conhecida como Diagrama de Argand. O plano de Argand - Gauss é muito útil, pois através dele podemos “algebrizar” vetores bidimensionais, o que tem inúmeras aplicações em diversos campos da Matemática, da Engenharia e da Física.

Esse fenômeno matemático, onde os objetos matemáticos não podem ser acessados diretamente, mas somente por meio de representações semióticas, foi estudado pelo filósofo francês Raymond Duval, o qual desenvolveu a Teoria dos Registros de Representações Semióticas (DUVAL, 1993, 1995, 2003, 2009, 2011).

Dessa forma, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica busca analisar a influência das representações dos objetos matemáticos no processo de ensino e aprendizagem em matemática. Assim, representar um objeto utilizando vários registros de representação e, segundo a teoria de Duval, é a conversão das várias representações manifestadas sobre um objeto de estudo que possibilita a construção do conhecimento. Na realidade, a possibilidade de mudança de registro se constitui uma condição necessária ao processo de aprendizagem conforme evidencia o pensamento a seguir:

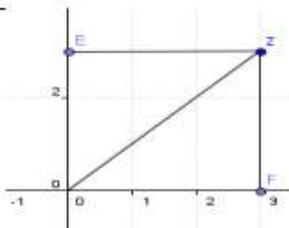
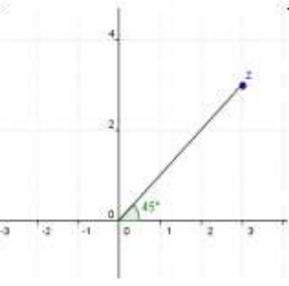
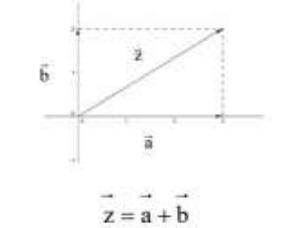
“A originalidade da atividade matemática está na mobilização simultânea de ao menos dois registros de representação ao mesmo tempo, ou na possibilidade de trocar a todo momento de registro de representação”. (DUVAL, 2003, p.14).

Cada registro de representação apresenta um conteúdo próprio que caracteriza parte do objeto estudado e o sujeito se apropria do objeto cada

vez que se dá conta dos elementos que o caracteriza. Tomar consciência dos conteúdos existentes em cada registro de representação e estabelecer relações entre eles significa apropriar-se do objeto estudado.

No caso do objeto matemático número complexo é possível representá-lo a partir do registro algébrico ($z = a + bi$, com “a” e “b” elementos reais), registro na forma trigonométrica, matricial, polar, entre outras.

Quadro 1: Representações semióticas de um número complexo.

	Representação	Registro	Tipo de registro
Seja o número complexo z , tal que sua parte real é a e sua parte imaginária b	LÍNGUA NATURAL	LÍNGUA NATURAL	LÍNGUA NATURAL
$z = a + bi$	ALGÉBRICA	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
$z = z (\cos\theta + isen\theta)$	TRIGONOMÉTRICA	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
$z = z < \theta$	POLAR OU FASORIAL	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
	GRÁFICA NA FORMA RETANGULAR	CARTESIANO	GRÁFICO
	GRÁFICA NA FORMA POLAR	CARTESIANO	GRÁFICO
	VETORIAL	CARTESIANO	GRÁFICO

Fonte: JÚNIOR, 2016.

São as representações, segundo a teoria de Duval, que quando convertidas umas nas outras conduzem ao aprendizado dos objetos estudados; nesse sentido, pode-se então dizer que o estudo da Teoria dos Registros de Representações Semióticas de Raymund Duval perpassa pela verificação da construção gradativa do conhecimento mediante conversões estabelecidas entre as diversas formas de representação.

“A esse respeito Duval afirma que: Do ponto de vista cognitivo, é a atividade de conversão que, ao contrário, aparece como atividade de transformação representacional fundamental, aquela que conduz aos mecanismos subjacentes à compreensão”. (DUVAL, 2003, p. 22).

Segundo o autor para a aprendizagem de um objeto matemático, é necessário efetuar com sucesso a coordenação de pelo menos dois registros distintos, isto é, efetuar uma conversão de uma representação semiótica R em um registro A para uma representação R' em outro registro A' e efetuar a conversão inversa, isto é converter a representação R' para a representação R . Afirma ainda o autor que, nos níveis mais avançados do ensino, há uma predominância de registros monofuncionais, e que, na maioria dos casos, os livros didáticos têm privilegiado um registro em relação aos outros (DUVAL, 2003).

METODOLOGIA

Esta pesquisa buscou compreender a eficácia da utilização do software Geogebra na aprendizagem de números complexos por parte dos discentes da disciplina CM. Para tanto, foram realizadas duas coletas de dados: uma antes e outra após a atividade (experimento) com o software. A primeira visava conhecer a realidade dos discentes quanto a conhecimentos prévios sobre o Geogebra. Já a segunda foi aplicada para identificar o impacto do uso do recurso didático para aprendizagem de números complexos.

Os instrumentos de coleta de dados foram formulários online da plataforma *Google Forms*, disponibilizados no Ambiente Virtual de Aprendizagem da disciplina. A aplicação dos questionários e experimentos foram realizadas após a realização de duas aulas síncronas de uma hora cada, onde todos os cursistas tiveram o primeiro contato com os conceitos, operações e formas de representação dos números complexos.

Os questionários foram aplicados nos períodos remotos 2020.3 (setembro a novembro de 2020) a 66 discentes e em 2020.1 (fevereiro a maio de 2021) a 45 discentes, todos cursistas de engenharias na POLI-UPE. O primeiro teve perguntas que tinha como objetivos: (1) evidenciar a formação acadêmica; (2) possíveis experiências anteriores na disciplina; (3) experiências anteriores com ensino online; (4) conhecimento sobre Geogebra.

Logo em seguida a primeira pesquisa foi entregue aos discentes uma atividade para ser realizada utilizando o Geogebra, com prazo de uma semana. Durante todo esse tempo foi disponibilizado um fórum (recurso do AVA) para receber e esclarecer possíveis questionamentos acerca da atividade. Também foram disponibilizados uma série de vídeos realizados pelo monitor com exemplos sendo resolvidos no Geogebra. Segue o conteúdo e o tempo dos vídeos mencionados:

- *Exemplo 1: Soma _ 4:15*
- *Exemplo 2: Subtração _ 4:53*
- *Exemplo 3: Multiplicação _ 4:41*
- *Exemplo 4: Conjugado complexo e divisão _ 2:14*
- *Exemplo 5: Potência complexa _ 3:01*
- *Exemplo 6: Forma polar _ 9:04*
- *Exemplo 7: Potência de números complexos _ 3:52*
- *Exemplo 8: Raízes de números complexos _ 12:30*

O experimento computacional proposto era composto por dez questões, onde as respostas poderiam ser calculadas e representadas graficamente utilizando o Geogebra *Calculator*. Posteriormente, todas as respostas deveriam ser enviadas em formato *.ggb, extensão do Geogebra para correções. Segue algumas das questões da lista mencionada:

- Q1. Faça a soma, subtração, multiplicação e divisão para $26 - i7$ e $3 + i4$, bem como para seus complexos conjugados. Represente graficamente os resultados das operações no Geogebra.*
- Q2. Escreva na forma polar os dois números dados na questão 1. Encontre o valor principal de seus argumentos. Represente graficamente os resultados das operações no Geogebra.*
- Q3. Interprete graficamente a soma dos dois números complexos da questão 1.*
- Q4. Represente, no Plano Complexo, os conjuntos A e B, dados, respectivamente por (Represente graficamente os resultados das operações no Geogebra):*

$$a. A = \{z \in \mathbb{C} \mid (z - 3 - 3i) < 2\}$$

$$b. B = \{z \in \mathbb{C} \mid (z - 3 - 3i) > 2\}$$

Q5. Plote no Geogebra: $i, 3i, i, i2, i3, i4, i5, i6, i7, i8$

Q6. Represente graficamente no Geogebra as raízes de $(z - 1 + i)^4 = 1$.

O experimento levou em consideração as três atividades cognitivas fundamentais ligadas às representações semióticas, segundo Duval (apud JÚNIOR, 2020, p. 41):

1. A formação de uma representação identificável – desenhos de uma figura geométrica ou um valor numérico;
2. O tratamento de uma representação – é a transformação de uma representação em outra representação dentro de um mesmo registro;
3. A conversão de uma representação – trata-se da transformação de um registro para outro registro, conservando a totalidade ou uma parte do objeto matemático em questão.

Dessa forma, acredita-se que a compreensão do objeto matemático torna-se possível a partir de situações onde os discentes tenham que se utilizar de diversos registros de representação, executando diferenciados tratamentos e variadas conversões do registro de representação.

Após a conclusão da atividade, na semana seguinte, os discentes foram encorajados a responder um segundo questionário para verificação do possível impacto que o Geogebra ocasionou na aprendizagem dos discentes. Os dados foram catalogados para cada semestre, constituindo uma base de dados para investigação quanto ao uso do recurso computacional inserido no contexto contemporâneo do ensino remoto. Essa ação permite ao professor analisar as produções dos discentes e adequar, quando necessário, sua prática pedagógica. Os resultados obtidos são ilustrados no tópico seguinte, bem como suas discussões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa realizada foram organizados e são apresentados de acordo com cada semestre letivo, seguidos de um comparativo. No período 2020.3 foram matriculados 89 alunos para um período letivo de 10 semanas enquanto que 81 alunos se matricularam em 2020.1 para um período de 14 semanas. Sendo assim, na figura 1, são ilustrados o perfil dos discentes de acordo com o curso em que estudam.

Figura 1: Curso de ingresso dos discentes matriculados na disciplina CM. (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

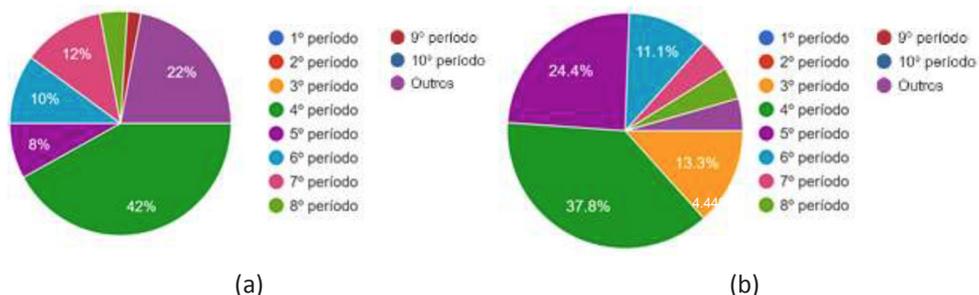


Fonte: próprio autor.

Ao verificar a figura 1 percebeu-se que os alunos matriculados nos dois períodos letivos são predominantemente dos cursos de Engenharia Elétrica (eletrônica, eletrotécnica e telecomunicações), Engenharia de Automação e Controle e Física dos Materiais. Fato esperado uma vez que nesses cursos de graduação existem componentes que realizam um estudo extensivo de circuitos elétricos de corrente alternada e análise de sinais no domínio do tempo e da frequência para compreensão de aplicações tecnológicas. Vale destacar que os demais cursos tem a disciplina de complementos de matemática como eletiva, por isso a baixa procura de cursos como engenharia mecânica.

Foi questionado aos participantes da pesquisa qual período está cursando desde de seu ingresso na POLI-UPE. Na figura 2 foi ilustrado como estão distribuídos os discentes matriculados de acordo com os períodos de entrada.

Figura 2: Em qual período você está? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

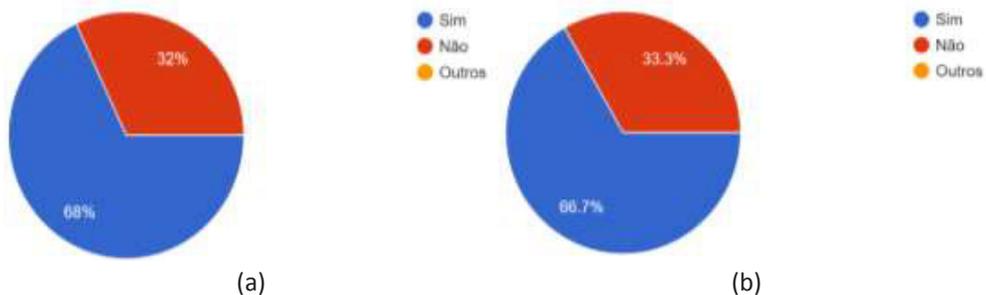


Fonte: próprio autor

Conforme verificado na figura 2 percebeu-se que em 2020.3, temos que 42% de todos os matriculados estão alinhados entre o tempo na universidade e a quantidade de períodos cursados. Em 2020.1 esse número foi ligeiramente menor, cerca de 37,8%. Verificou-se um alto percentual de discentes, nos dois períodos pesquisados, que se encontram fora do fluxo natural de andamento das disciplinas básicas, indicando que na POLI existe um número considerável de retenção discente.

Com a mudança abrupta na modalidade de ensino, de presencial para remoto, foi consultado aos discentes quais as suas experiências com algum curso online anteriormente, visto que o experimento proposto seria realizado nesse contexto. Na figura 3 é ilustrado esse comparativo.

Figura 3: Já fez algum curso online? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

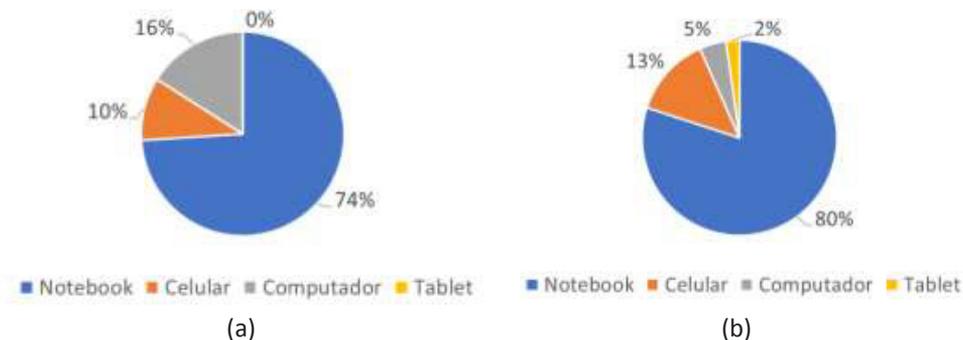


Fonte: próprio autor.

Analisando os dois períodos letivos verificou-se que a maioria dos discentes matriculados já realizaram cursos online, demonstrando experiência em ambientes educacionais digitais. Isso indicou uma facilidade para o uso de tecnologias no ensino remoto, permitindo menos resistência ou dificuldades à inserção das propostas com o Geogebra.

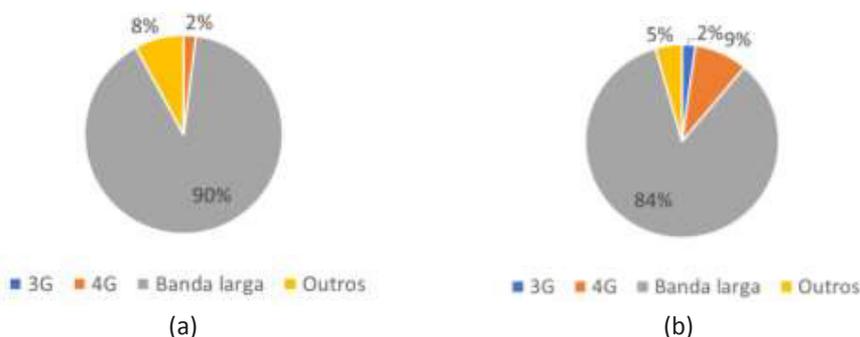
Outro fator que poderia comprometer a realização dessa proposta seria a impossibilidade dos discentes apresentarem equipamentos eletrônicos e infraestrutura de conexão que permitissem as simulações. Para averiguar tal cenário foi questionado aos discentes que tipo de recursos eram utilizados para acessar e estudar online. As opções listadas e seus respectivos percentuais são apresentados na figura 4 e 5.

Figura 4: Qual equipamento utiliza para estudar online? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.



Fonte: próprio autor

Figura 5: Qual é a sua disponibilidade de Internet? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

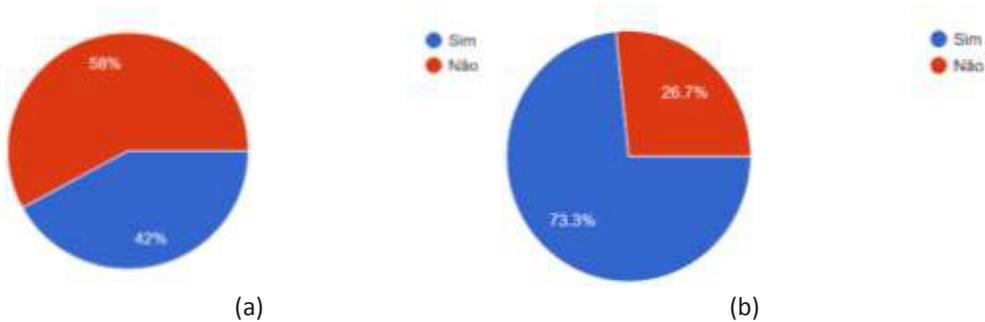


Fonte: próprio autor.

Ao verificar os resultados obtidos foi percebido que a grande maioria dos participantes entrevistados utilizam o notebook, 74% para 2020.3 e 80% para 2020.1. Em termos globais os discentes utilizam notebook ou computador (*desktop*) para acompanhar e estudar na modalidade online. Vale destacar que todos os entrevistados listaram que utilizam pelo menos um dispositivo tecnológico para atividades online. Ainda foi possível observar que em sua grande maioria o acesso à internet ocorre por rede de banda larga.

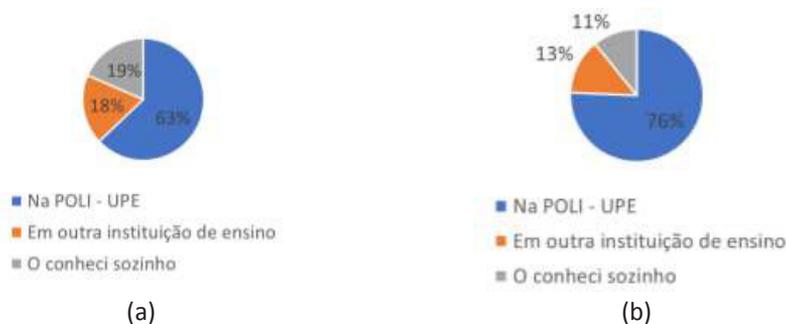
Antes de introduzir o software Geogebra e as atividades, foi questionado aos entrevistados se conheciam o recurso didático. Isso permite tomar ciência se os discentes já teriam vivenciado experiências anteriores utilizando o simulador computacional. Nas figuras 6 são ilustrados as respostas em gráficos.

Figura 6: Você conhece o Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.



Fonte: próprio autor

Figura 7: Onde você conheceu o Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.



Fonte: próprio autor.

Foi observado na figura 6 que em 2020.3 a minoria dos participantes conhecia o Geogebra, cerca de 42%. Dentro desse percentual, identificado na figura 7, verificou-se que 63% dos participantes tomaram conhecimento do Geogebra nas disciplinas de engenharias da UPE. Já no período 2020.1 a difusão do conhecimento do Geogebra teve um aumento, pois 73,3% dos alunos afirmaram conhecer o software e dentro desse grupo 76% conheceram na própria UPE. Isso evidencia que existe outros docentes realizando ações para ensino aprendizagem com esse recurso didático, abordando contextos variados para apropriação dos conhecimentos.

Uma vez identificado um alto percentual de discentes que conhecem o Geogebra, foi consultado aos participantes se já tinham utilizado esse recurso em outro momento. Na figura 8 são apresentados os percentuais das respostas.

Figura 8: Você já utilizou o Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

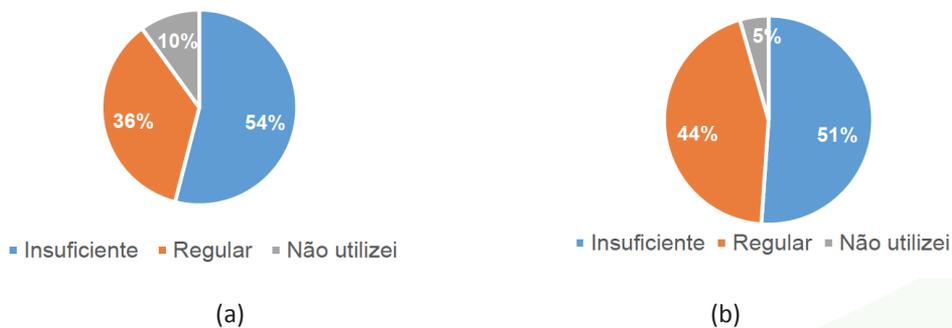


Fonte: próprio autor

Ao observar a figura 8 pode-se constatar a importância do papel da inserção da tecnologia por parte de docentes no processo da aprendizagem e difusão do conhecimento. Também foi importante destacar que essa interação resultou na sua utilização no contexto das disciplinas do ciclo básico de engenharias, pois os participantes afirmaram que já utilizaram o Geogebra em algum momento (68% em 2020.3 e 56% em 2020.1).

Por fim, antes de propor a solução do experimento 1, foi questionado aos participantes que já utilizaram o software como classificavam o nível (bom, regular, insuficiente, não sei dizer) de habilidade no manuseio do Geogebra. Os resultados obtidos das respostas dos entrevistados foram listadas na figura 9.

Figura 9: Como você considera sua habilidade no manuseio do Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.



Fonte: próprio autor

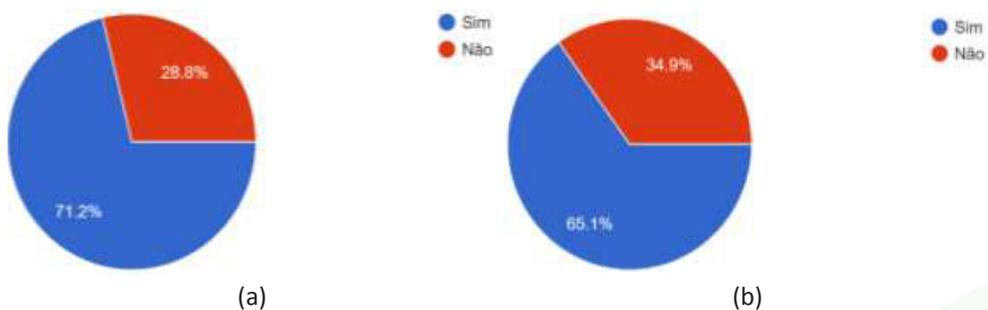
Ao verificar a figura 9 percebeu-se que os alunos afirmaram já ter utilizado o Geogebra e classificam, em sua grande maioria, que seus níveis de habilidades adquiridas com tal recurso são regular ou insuficiente. Fica demonstrado que as experiências anteriores dos discentes na utilização de simulações computacionais é pouco explorada para resolução de problemas, caracterizando uma lacuna que necessita ser melhor trabalhado durante os cursos de graduação.

Após essa caracterização dos discentes quanto ao conhecimentos prévios sobre o software, foi proposto aos discentes a realização do experimento, com prazo de uma semana para sua realização, ficando a critério dos discentes utilizar a versão do recurso tecnológico (aplicativo, software ou online) de sua escolha para sua resolução.

Posteriormente, os arquivos produzidos pelos alunos foram enviados pelo AVA e corrigidos pelo professor. Por fim, foi aplicado um segundo questionário sobre as percepções dos alunos quanto a utilização do Geogebra e os vídeos exemplos disponibilizados para consulta. Na figura 10 são apresentados os resultados da segunda pesquisa realizada sobre as percepções dos participantes quanto ao uso do Geogebra.

Os entrevistados também opinaram sobre os recursos audiovisuais disponibilizados para auxiliarem e sanarem possíveis dúvidas em relação a utilização do Geogebra. Esses vídeos supracitados listaram uma série de exemplos que exploravam os recursos do software para resolução da atividade proposta. Na figura 10 são ilustrados os resultados obtidos.

Figura 10: Os vídeos explicativos abordando exemplos do Geogebra, cujos foram disponibilizados no AVA, foram suficientes para atenuar as suas dificuldades com o manuseio do Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

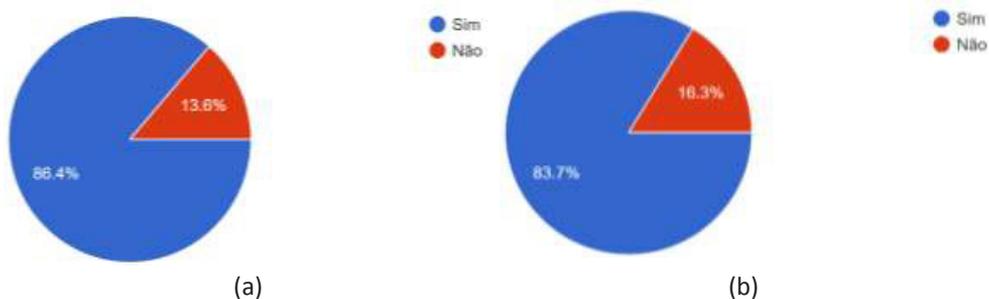


Fonte: próprio autor

Para 71,2% em 2020.3 e 65,1 em 2020.1 os vídeos exemplos disponibilizados foram bons recursos auxiliares para estudo e consulta durante o processo de aprendizagem do Geogebra. Para a maioria dos discentes esses materiais criados e disponibilizados para consulta de maneira assíncrona foram importantes e contribuíram para diminuir possíveis dúvidas. Tal fato demonstra que em todo o processo foi necessário que o professor não apenas planeje, mas também possibilite meios e recursos para os discentes construírem seu aprendizado durante toda sua trajetória em prol da aprendizagem.

Após experimentarem os vídeos auxiliares, quando necessário, durante a semana os alunos realizaram o experimento e enviaram pelo AVA para avaliação. Neste sentido, foi questionado aos entrevistados se o Geogebra pode contribuir para uma melhor compreensão dos números complexos. Os resultados foram sumarizados na figura 11.

Figura 11: O Geogebra lhe ajudou a melhor compreender os números complexos? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.

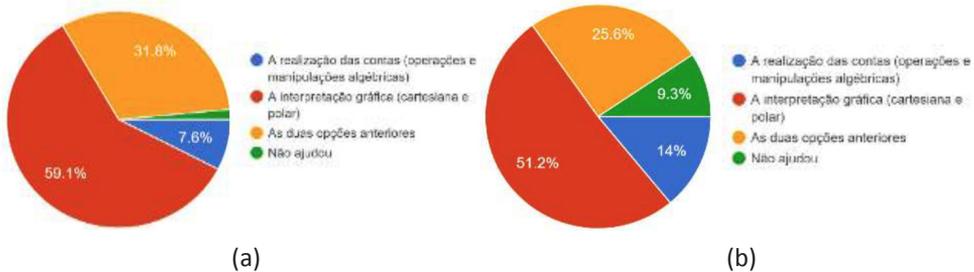


Fonte: próprio autor

Após a realização do experimento a grande maioria dos entrevistados afirmaram que o uso do Geogebra ajudou a melhor compreender os números complexos. Isso corrobora com vários pesquisadores que afirmam que o uso de recursos tecnológicos pode melhorar a compreensão de conceitos matemáticos (CONTINI, 2016; DE SOUZA e CAMARGO, 2021; MACIEL, 2021).

Pensando em classificar qual aspecto ocorreu um melhor aprendizado, foi questionado aos discentes em quais das seguintes opções o recurso auxiliou na compreensão. Esses resultados foram sumarizados na figura 12.

Figura 12: O que mais facilitou o seu aprendizado usando o Geogebra? (a) semestre 2020.3 e (b) semestre 2020.1.



Fonte: próprio autor

Esse resultado corrobora com Duval (2003), o qual aponta a coordenação de dois registros distintos para a compreensão do objeto matemático. Na realidade, a possibilidade de mudança de registro se constitui uma condição necessária ao processo de aprendizagem conforme evidencia o pensamento a seguir:

“A originalidade da atividade matemática está na mobilização simultânea de ao menos dois registros de representação ao mesmo tempo, ou na possibilidade de trocar a todo momento de registro de representação”. (DUVAL, 2003, p.14).

Analisando a figura 12 percebeu-se que a maioria dos entrevistados de ambos os semestres afirmaram que o recurso permitiu compreender de uma maneira mais fácil a interpretação gráfica. Entretanto, cerca de 31,8% em 2020.3 e 25,6% em 2020.1 afirmaram que o Geogebra facilitou a compreensão tanto da parte algébrica quanto da geométrica. Isso significa que estes últimos grupos fizeram um melhor uso do recurso, uma vez que nele é possível explorar as duas vertentes para a resolução de problemas. Vale ainda destacar que em ambos os períodos entrevistados que afirmaram que o Geogebra não ajudou.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho a aplicação do Geogebra como recurso didático para o ensino remoto de números complexos foi apresentado. A presente pesquisa foi realizada em duas turmas da disciplina Complementos de Matemática, na Escola Politécnica de Pernambuco, realizada nos períodos letivos remotos.

Após análise dos dados da pesquisa antes do experimento constatou-se que os entrevistados conheciam o Geogebra em momento anterior a disciplina CM, oriundos de várias fontes, em sua maioria adquiridos na própria POLI-UPE (76% em 2020.1). Todavia, foi identificado nos dois semestres que a maioria dos participantes não chegou a fazer uso do recurso (68% em 2020.3 e 56% em 2020.1). Isso demonstra que o software tem sido citado ou até mesmo apresentado em diversas disciplinas, porém não sendo experimentado de maneira a estimular uma experiência de aprendizagem, visto que a grande maioria considerou suas habilidades insuficientes ou regulares (figura 11).

A utilização de vídeos auxiliares no decorrer do processo de resolução do experimento computacional foi de grande importância para reduzir possíveis dúvidas sobre o manuseio do software. Conclui-se que intervenções auxiliarem mediadas pelo professor e monitor contribuíram para uma melhor apropriação do conhecimento por parte da maioria dos participantes, visto que na primeira semana do curso a grande maioria apresentava dificuldades em manusear o Geogebra e não apresentava conhecimentos prévios para execução de tal atividade.

Para a grande maioria dos acadêmicos participantes da pesquisa foi identificado um aprendizado significativo de maneira fragmentada nas seguintes áreas: álgebra, geometria e ambas. Isso caracteriza que parte dos entrevistados considera o uso da ferramenta como parte para resolução do problema, não explorando as várias ferramentas que podem ser empregadas para propor uma solução que envolva em um mesmo ambiente a realização de operações com números complexos e sua representação no plano complexo.

Cabe também destacar que em ambos os semestres foram identificados participantes que afirmaram que o recurso didático não facilitou o aprendizado (1,5% em 2020.3 e 9,3% em 2020.1). Diante disso, observou-se que mesmo sendo realizado uma interação em sala de aula online de maneira a promover uma aprendizagem ativa foi possível perceber que algumas pessoas apresentam resistência para um papel mais protagonista no processo da aprendizagem. Isso pode ser consequência de várias hipóteses como dificuldades com TICs, dificuldades com o ensino remoto e até mesmo adequação dos horários de trabalho e estudo neste período pandêmico. Tal situação necessita ser melhor caracterizado e estudado em trabalhos futuros.

Por fim, cabe destacar que faz-se necessário que docentes e monitores atuem junto aos discentes com propostas pedagógicas que permitam

reduzir dificuldades de aprendizagem quanto aos números complexos e as várias formas de representação, pois isso contribuirá na compreensão de conceitos considerados básicos para as disciplinas de análise de circuitos elétricos em corrente alternada e sinais e sistemas. Neste sentido, o uso do Geogebra apresentou-se como uma boa alternativa, capaz de promover o engajamento dos discentes em prol de uma aprendizagem ativa dos números complexos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os discentes e à coordenação do ciclo básico de engenharias da POLI-UPE pelo apoio deste trabalho. Também agradecemos ao Programa de Fortalecimento Acadêmico PFA/UPE - 2020 pelo suporte financeiro para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MEC. Portaria n.º 343, de 17 de março de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376>. Acessado em 11 out. 2021.

CAVALCANTE FILHO, Sergio Moraes. **Metodologias ativas no Programa de Residência Pedagógica**: uma abordagem da aprendizagem baseada em projetos para o ensino de matemática. 2021.

CONTINI. F., Números Complexos: uma intervenção com o software GeoGebra, Anais Eletrônicos do XVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, 2014. Disponível em: <http://www.lematec.noip.org/CDS/XVIIIIBRAPEM/PDFs/GD3/contini3.pdf>. Acesso em 20 ago. 2021.

DE CARVALHO, Elaine de Farias Giffoni et al. As tecnologias educacionais digitais e as metodologias ativas para o ensino de matemática. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 3153-3169, 2021.

DE OLIVEIRA, Rannelle Rodrigues et al. O software GeoGebra como aporte para o Ensino de Matemática e aplicação em sequências numéricas. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 10, n. 1, p. 92-107, 2021.

DE SOUZA, Kelen Gomes; CAMARGO, Ramina Samoa Silva. APLICAÇÃO DO SOFTWARE GEOGEBRA COMO UMA NOVA FERRAMENTA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO LINEAR. In: **I Congresso brasileiro do GeoGebra: múltiplos olhares para o ensino e aprendizagem de conceitos**. p. 69, 2021

FREITAS, André Ricardo Ribas; NAPIMOGA, Marcelo; DONALISIO, Maria Rita. Análise da gravidade da pandemia de Covid-19. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 29, 2020.

JÚNIOR, José Erildo Lopes, A teoria das representações semióticas de Raymond Duval relacionada ao conceito de ângulos através da lousa digital interativa. **Revista Latino-Americana de Estudos Científicos**. 01, N.03 Mai./Jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/ipa/article/view/30863>. Acessado em 10 de ago. 2021.

JÚNIOR, Renato Cezar Agricco. Números Complexos e Circuitos Elétricos: uma análise de livros didáticos apoiada na Teoria dos Registros das Representações Semióticas. Disponível em: http://www.ebrapem2016.ufpr.br/wp-content/uploads/2016/04/gd4_renato_agricco.pdf. Acesso em 20 de abr. 2021.

MACIEL, Adriana Madruga. A utilização do software “GeoGebra” como facilitador de aprendizagem no conteúdo de soma e equivalência de frações. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Matemática, Física e Estatística, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Recuperado em, v. 24, 2021.

OLIVEIRA, Edvaldo Ramalho de. O USO DA TECNOLOGIA NO ENSINO DA MATEMÁTICA CONTRIBUIÇÕES DO SOFTWARE GEOGEBRA NO ENSINO DA FUNÇÃO DO 1º GRAU. 2021. **Dissertação de Mestrado**.

RODRIGUES, Cláudia. O ensino e a aprendizagem em contexto de pandemia. **Olhares & Trilhas**, v. 23, n. 2, p. 849-871, 2021.

SANTOS, Jamilly Rosa; ZABOROSKI, Elisângela. Ensino Remoto e Pandemia de CoViD-19: Desafios e oportunidades de alunos e professores. **Interacções**, v. 16, n. 55, p. 41-57, 2020.

SILVA, Andrey Ferreira da et al. Saúde mental de docentes universitários em tempos de pandemia. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 30, 2020.

SILVA, Edson Américo da. **Uma proposta para o ensino de problemas de Otimização do Cálculo Diferencial**. Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

SILVA, Viviane Brito. A REINVENÇÃO DAS PRÁTICAS ESCOLARES: AS NOVAS CONEXÕES ENTRE PROFESSORES E ALUNOS. **2021 by Atena Editora Copyright© Atena Editora Copyright do Texto© 2021 Os autores Copyright da Edição© 2021 Atena Editora Direitos para esta edição cedidos à Atena**, p. 10, 2021.