



Objeto de Aprendizagem: Ensino dos Números complexos com Aplicações na Área Técnica em Eletroeletrônica

¹José Eustáquio Pinto, ²João Bosco Laudaes

¹PUC MG – Brasil
zeustaquio13@gmail.com

²PUC MG – Brasil
jblaudares@terra.com.br

Palavras-chave:

Informática Educativa, Objetos de Aprendizagem, Números Complexos.

Keywords

Computers in Education, Learning Objects, Complex Numbers.

RESUMO

Neste artigo, apresentamos um Produto resultado de Dissertação de Mestrado, apoiado pelo Projeto de Pesquisa "Objetos de Aprendizagem para o Ensino de Matemática na Educação Profissional Técnica de Nível Médio", edital 13/2012, financiado pela FAPEMIG. Na construção do referido Produto, que é um Objeto de Aprendizagem, denominado "Descomplicando os Complexos", o tema ensino/aprendizagem dos números complexos, com aplicações na área técnica em eletroeletrônica, foi organizado em seis atividades, sendo as duas primeiras sem aplicações técnicas de forma a atender estudantes do ensino médio regular, além dos cursos médios profissionais técnicos. Ficou referenciado teoricamente, pelos temas de Informática Educativa, Construção de OA e Sequência Didática. As atividades foram construídas com estudos realizados por meio da análise das representações algébricas e geométricas dos pontos e vetores que representam números complexos, num contexto da interdisciplinaridade: Matemática e Eletricidade. Nas atividades que envolvem aplicações, os elementos que compõem os circuitos são representados por números complexos. Pela aplicação do OA e pela análise dos resultados, constatamos um interesse maior dos estudantes para uma aprendizagem mais eficaz.

ABSTRACT

In this article, we present a product result of Master's thesis, supported by the research project "Learning Objects for the Teaching of Mathematics in Education Professional Medium Level Technique" notice 13/2012, funded by FAPEMIG. In the construction of the said product which is a Learning Object, called "Untangle the Complexes", the subject teaching / learning of complex numbers with applications in the technical area in electronics was approached, organized in six activities, the first two without technical applications order to meet students from regular high school, in addition to technical vocational courses. Was referenced in theory, the themes on Computers in Education, Construction and LO Sequence Teaching. The activities were built to studies by analyzing the algebraic and geometric representations of points and vectors representing complex numbers in a context of interdisciplinarity: Mathematics and Electricity. In activities involving applications, the elements that make up the circuits are represented by complex numbers. The application of LO, found by analyzing the results, a more effective learning.

Introdução

O objeto de Pesquisa, da qual apresentamos alguns de seus resultados trata-se de elaboração de Objetos de Aprendizagem (OA) para cursos médios profissionais técnicos da área eletroeletrônica. É direcionado ao estudante e professor de Matemática. Pela sua natureza, é um Produto interdisciplinar. Para a elaboração do referido OA, tivemos referenciais teóricos dos seguintes temas: Informática Educativa, Objetos de Aprendizagem e Ensino de Números Complexos.

Entendemos que uso da tecnologia é um processo em transformação, e as inovações tecnológicas podem resultar em mudanças de todo um paradigma. A internet, rede mundial de computadores, é um dos principais exemplos disso. Além de transformar radicalmente a maneira das pessoas de se comunicarem, realizarem transações bancárias, entre outras atividades cotidianas, proporciona também uma mudança de paradigma pedagógico, ou seja, a maneira como as pessoas ensinam e aprendem. Consequentemente, uma transformação pode acontecer também na forma como materiais educacionais são desenvolvidos e oferecidos para aqueles que desejam aprender (WILEY, 2000).

No que tange as possibilidades e potencialidades do uso da informática no processo de ensino/aprendizagem percebemos uma ferramenta didática enriquecedora, pois,

entre as contribuições da informática frequentemente enfatizadas por alguns especialistas na área de Informática na Educação está a de favorecer o trabalho do professor, enriquecendo e diversificando a sua forma de encaminhar o processo de ensino-aprendizagem. (OLIVEIRA, 2001, p.08)

Ao destacarmos a importância das TICs para a escola, há da relevância do papel do professor nesse processo. Masetto (2013) afirma que esse profissional, nesse contexto, assume o papel de mediador pedagógico. Destacamos também que, embora o professor ainda desempenhe o papel de especialista, que possui conhecimentos e experiências a comunicar, na maioria das vezes ele vai atuar como orientador das atividades do estudante, consultor, facilitador, planejador e dinamizador de situações de aprendizagem, trabalhando em equipe com o estudante, buscando os mesmos objetivos.

Masetto (2013) e Moran (213) alertam para o cuidado da incorporação das TICs sem planejamento, de maneira sub-utilizada, ou seja,

trabalhar com tecnologias visando criar encontros mais interessantes e motivadores dos professores com os alunos não significa privilegiar a técnica de aulas expositivas e recursos audiovisuais, mais convencionais ou mais modernos, que são usadas para a transição de informações, conhecimentos, experiências. (MASETTO, 2013, p.142-143).

Dentre as formas de utilização do computador, procuramos neste trabalho analisar e criar

um recurso educacional denominado Objeto de Aprendizagem, voltado para o conteúdo dos Números Complexos com aplicações básicas na análise de circuitos, da área técnica de nível médio.

Verificamos, a partir de levantamento bibliográfico do tema da Pesquisa, que não há uma definição formal para objetos de aprendizagem, mas vários conceitos são encontrados em artigos, dissertações, teses. Um conceito encontrado com maior frequência é de Wiley (2000), que conceitua objetos de aprendizagem como sendo qualquer recurso digital que possa ser utilizado para o suporte ao ensino.

A elaboração do OA apresentado neste artigo envolve o ensino dos números complexos com aplicações na área técnica em eletroeletrônica, e foi estruturado, com parâmetros nos resultados de pesquisa, realizada por Laudares (1987), com o objeto de levantar os conteúdos do ensino médio e suas aplicações para o ensino técnico industrial, abrangendo todas as Escolas Técnicas Industriais Federais e CEFETs de todo Brasil, tendo cerca de 300 professores respondentes de questionário e, parte destes entrevistados. Ficou evidenciada a necessidade do estudo e aplicações dos números complexos, entre os vários conteúdos do Ensino Médio, para a área eletroeletrônica. Em levantamento semelhante, em 2014, especificamente para professores do CEFET-MG, novamente ficou ressaltada a importância deste estudo.

Pesquisando as dificuldades/resistência dos alunos quanto ao estudo e aprendizagem deste conteúdo, devido à dificuldade de abstração, Spinelli (2009) entende que:

a escolha do caminho das necessárias abstrações envolve tomar a decisão de apresentar os “complexos” aos alunos, sem os “números”. Ou seja, convém de início, deixar claro que os complexos não são importantes enquanto números, como os alunos conhecem até então, e que sua importância reside na possibilidade de serem utilizados como “operadores”, capazes de gerenciar transformações isométricas no plano. (SPINELLI, 2009, p.5).

Para esse mesmo autor, ao compreender e operar com os números complexos e executando rotações, reflexões e translações, haverá uma compreensão mais significativa desses números. O contexto sobre o qual se desenvolverá o estudo será formado, unicamente, pelas múltiplas relações de significado entre os conceitos matemáticos ou, em outros termos, procedimentos matemáticos que serão os elementos que alimentarão as abstrações.

Embasados nos referenciais: Informática Educativa, Objetos de Aprendizagem e o Ensino dos Números Complexos, buscamos uma estratégia didática, isto é, modos de abordar e trabalhar o conteúdo, que é uma das preocupações de equipes que desenvolvem OAs, como alertado por Borba e Penteado (2001), os quais alertam que os OAs contribuam para o

aprendizado e, que não sejam somente um objeto computacional.

A estratégia adotada na estruturação do OA foi a elaboração de sequências didáticas. Conforme Zabala (1998), pode-se pensar como sequência didática “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18). Assim, o conteúdo se estruturou de uma forma que articulou os números complexos, numa interpretação geométrica e gráfica além da algébrica, com as aplicações técnicas em circuitos elétricos.

A linguagem computacional utilizada envolveu o uso dos softwares GeoGebra e ExeLearning¹. Nas fases de desenvolvimento em que se encontravam os pesquisadores, cada item, das atividades já elaboradas, era testado e revisado, as telas de animações eram colocadas à prova e, nesse momento, surgiam as sugestões e críticas relacionadas à didática utilizada, que contribuíram muito para o desenvolvimento do OA.

AO Descomplicando os Complexos e a Análise da Aplicação

A figura a seguir mostra a tela inicial do OA Descomplicando os Complexos. O canto esquerdo da tela é reservado para visualização do menu de navegação. Clicando com o *mouse* no link “números complexos”, o menu se expande mostrando os *links* de acesso às seis atividades que compõem este Objeto.



Figura 1 - Tela inicial do OA Descomplicando os Complexos
Fonte: OA Descomplicando os Complexos

As atividades foram criadas com a finalidade de compor uma sequência didática, em ambiente informatizado, para explorar o estudo dos números complexos com aplicações básicas em análise de circuitos de corrente alternada. Para cada atividade, foi criado um

¹Exelearning ou eXeLearning é um editor de código aberto que permite a professores e a acadêmicos a publicação de conteúdos didáticos em suportes digitais sem necessidade de ser ou tornar-se especialista em HTML ou em XML.

questionário de múltipla escolha com quatro opções de resposta.

Cada atividade é composta de um questionário de múltipla escolha e *links* que direcionam o estudante para o conteúdo teórico intitulado de “Apoio teórico” pertinente à atividade em questão. O objetivo foi o desenvolvimento de um OA que proporcionasse ao estudante um aprendizado para autonomia. Optamos por elaborar as atividades com questionários de múltipla escolha, dessa maneira, foi possível desenvolver mensagens com *feedbacks* dando retorno instantâneo ao estudante, quanto ao sucesso ou insucesso, ao optar por uma das quatro opções de resposta de cada item do questionário das seis atividades. No caso de insucesso, o estudante recebe o *feedback* com orientação didática que deve ser seguida antes do tentar novamente.

As duas primeiras atividades têm como objetivo o ensino de todo conteúdo preconizado na grade curricular do Ensino Médio relacionado aos números complexos. Nessas atividades, não há aplicações do conteúdo na educação profissional técnica. Já nas quatro atividades seguintes, acontecem aplicações da teoria e operações envolvendo os números complexos na análise de circuitos elétricos, dessa forma, objetivou-se criar um OA que possa ser utilizado tanto no Ensino Médio, referente às duas primeiras atividades, como no Ensino Médio Técnico, quanto às outras quatro atividades.

O OA foi testado por vinte (20) estudantes do segundo ano do Curso Técnico em Equipamentos Biomédicos, da área de eletroeletrônica, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) da unidade de Belo Horizonte. Apresentamos a seguir os objetivos e metodologias assim como a análise dos resultados da aplicação da segunda e sexta atividade deste O.A.

Segunda atividade: Operações com Números Complexos

Os objetivos desta atividade se resumem em operar algébrica e geometricamente com números complexos, envolvendo as operações: soma, subtração, produto escalar vetorial, quociente, potência e raízes. Identificar relações e verificar propriedades envolvendo módulos e argumentos das potências e raízes de números complexos.

A metodologia utilizada explora a dinamicidade algébrica e geométrica que a tela de animações desta atividade proporciona, e a disponibilidade de material teórico pertinente ao tema que conduzem o estudante ao aprendizado pelo comportamento geométrico dos vetores envolvendo as operações de soma, subtração, produto escalar de dois vetores, divisão,

potenciação e radiciação de números complexos.

Nesta atividade, com foco nas operações entre números complexos, esperamos, pela dinamicidade algébrica e geométrica proporcionada pela tela de animações, ilustrada na figura a seguir, que os estudantes possam responder um questionário de seis itens.

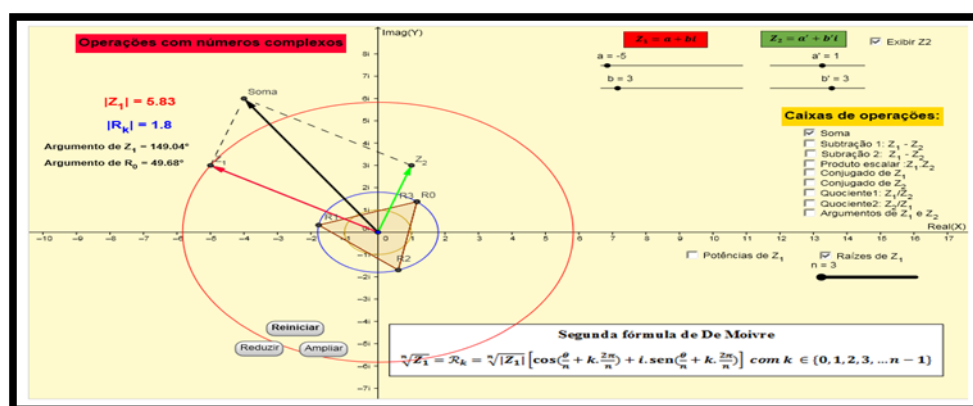


Figura 2 – Tela de animações do OA – Segunda Atividade
Fonte: OA Descomplicando os Complexos

Como exemplo, representamos a seguir o quinto item do segundo questionário da Atividade. Nessa situação, foi marcada a opção correta e o OA forneceu o *feedback* ao estudante.

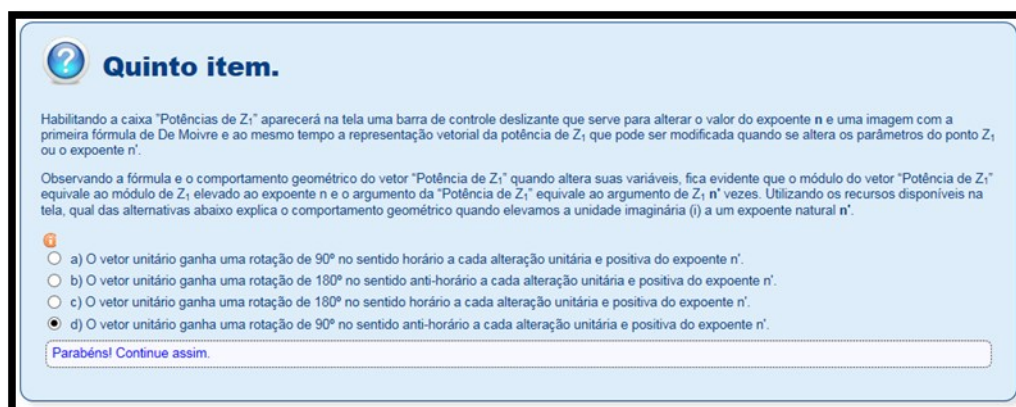


Figura 3- Quinto item da 2ª parte da Segunda Atividade
Fonte: OA Descomplicando os Complexos

O objetivo desse item é que o estudante entenda o comportamento geométrico do vetor que representa a potência de um número complexo pela dinamicidade proporcionada pelas ferramentas desenvolvidas na tela de animações dessa atividade. Ao seguir o roteiro do enunciado desse item, o estudante consegue visualizar a primeira fórmula de De Moivre: $Z^n = |Z|^n [\cos(n\theta) + i \cdot \text{sen}(n\theta)]$, enquanto altera o expoente n e os parâmetros a e b do número complexo $Z = a + bi$.

Esperamos que o estudante perceba que o vetor que representa a potência de base unitária ganha uma rotação de 90° no sentido anti-horário a cada alteração unitária e positiva do expoente n e, que esse comportamento pode funcionar como um operador útil em outras áreas do conhecimento.

Ressaltamos que todas as operações representadas nas “caixas de operações” disponibilizadas na tela de animações foram exploradas nos seis itens desta atividade de forma a atender os objetivos da mesma, ou seja, abordar o conteúdo dos números complexos sem aplicações que exija conhecimento de outras áreas do conhecimento.

Sexta Atividade — Aplicação dos Números Complexos na Análise de Circuitos RLC com Representação Fasorial

Objetivamos nesta atividade a aplicabilidade das operações matemáticas abordadas na 2ª Atividade: soma, subtração, produto escalar de dois vetores, divisão.

Como metodologia, foi desenvolvido um questionário para ser respondido com a observação sobre o que ocorre com os fasores que representam impedância (Z), a tensão (V) e a corrente (i) quando são feitas alterações nos parâmetros dos elementos do circuito. A figura a seguir representa a tela de animações da Sexta Atividade.

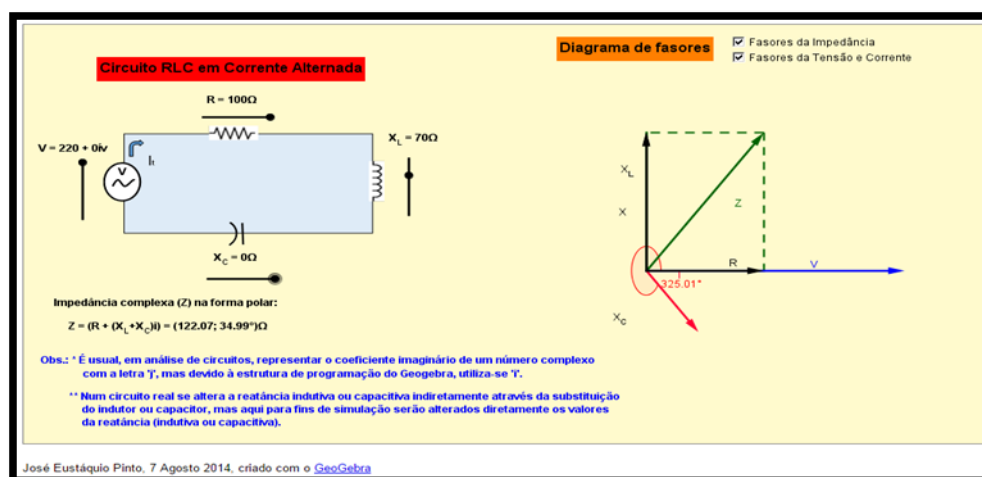


Figura 4 – Tela de animações do OA – Sexta Atividade.
 Fonte: OA Descomplicando os Complexos

Na tela de animações da Sexta Atividade está representado um circuito RLC de corrente alternada em série com a existência de parâmetros que alteram os elementos de impedância e a tensão (V) do circuito. No lado direito da tela, localiza-se um diagrama que representa os fasores que foram programados para serem modificados, quando se alteram os parâmetros do

circuito.

No canto superior direito da tela, localizam-se caixas de seleção que possibilitam a visualização dos fasores separadamente, conforme necessidade do item da Atividade, podendo ser visualizados separadamente os fasores que representam a impedância ou os fasores que representam a tensão e a corrente do circuito, com o objetivo de “despoluir” a tela para facilitar o entendimento.

Como exemplo, representamos a seguir o quinto item desta Atividade. Nessa situação, foi marcada uma opção incorreta e o OA forneceu o *feedback* ao estudante.

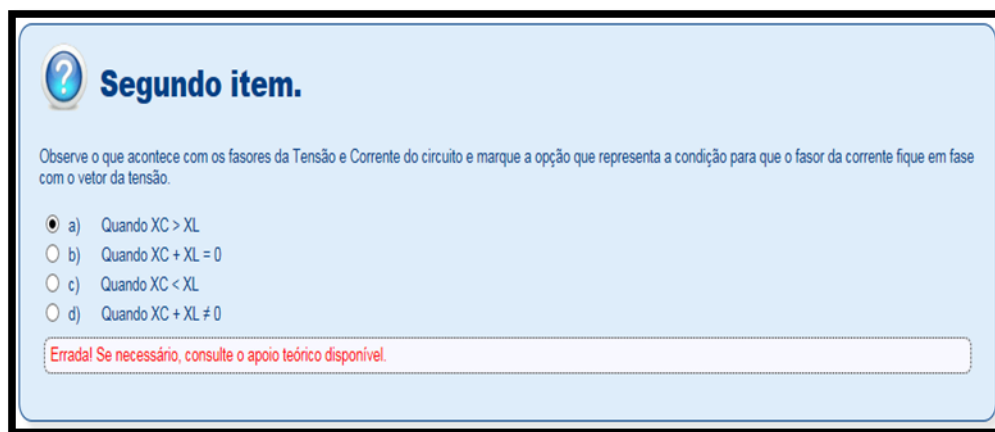


Figura 5 - Segundo item da Sexta Atividade.
Fonte: OA Descomplicando os Complexos

Esperamos, neste item, que o estudante observe a representação dos fasores da tensão (V) e corrente (I) e entenda, através da dinamicidade geométrica desses fasores, que a condição: $XL + XC = 0$ é necessária para que a corrente fique em fase com a tensão, ou seja, ambos os fasores representados numa mesma direção e sentido, nesse caso, sobre o eixo real.

Análise da Aplicação

Para tratar os dados coletados na aplicação das atividades, utilizou-se a análise de erros como metodologia de investigação e avaliação. Para Cury (2013), o trabalho investigativo sobre as respostas pode levar em conta, em um primeiro momento, a tarefa inicial de correção, mas é necessário ter um objetivo na pesquisa, levantando questões que possam ser investigadas. (CURY, 2013, p. 65).

Criamos uma categorização dos erros cometidos pelos estudantes sujeitos da pesquisa. Assim, elencamos quatro tipos de erro:

1º - Erro de incompreensão do enunciado: erros relacionados a uma má interpretação do

enunciado do item e dos dados presentes no enunciado da atividade disponibilizado na tela do Objeto de Aprendizagem.

2º - Incompreensão do ambiente informatizado: erros relacionados à dificuldade de manusear ou entender as ferramentas que dinamizam o enunciado dos itens da atividade.

3º - Erros operacionais: são erros relacionados à defasagem de conteúdo, relacionados à manipulação algébrica ou desatenção nos passos de resolução.

4º - Erros de compatibilidade: erros relacionados à falta de coerência da resposta com os dados dos itens da atividade.

Ressaltamos que, na resolução de cada item, os estudantes poderiam cometer mais de um tipo de erro. Dessa forma, a contagem final leva em conta que pode ter ocorrido mais de um erro no mesmo item.

Apesar do Objeto de Aprendizagem oferecer condições informatizadas para que o estudante possa explorar o próprio erro, seguimos as recomendações de Cury (2013), que enfatiza a importância de explorar os erros, juntamente com os estudantes, fazendo descobertas sobre os conteúdos em questão ou apenas tentando remediá-los ao criar estratégias de ensino para retomar os conteúdos nos quais os alunos mostram mais dificuldades. Os gráficos a seguir, sintetizam a análise dos erros encontrados na segunda e sexta atividades abordadas neste artigo.

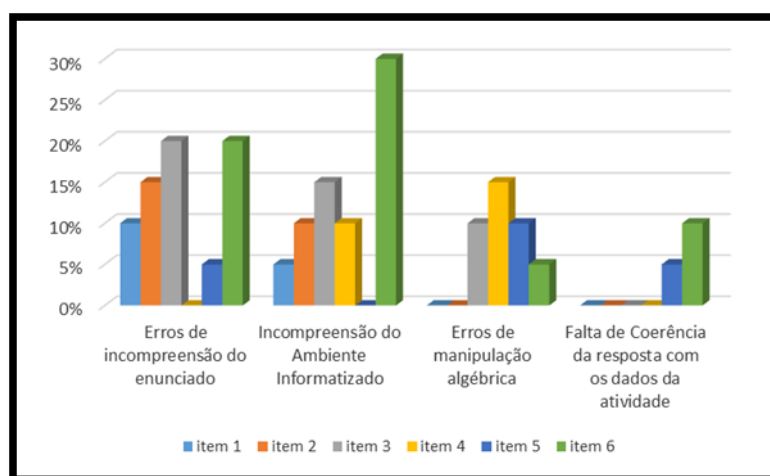


Gráfico 1 - Análise de erro da Atividade 2.
Fonte: Dados da pesquisa

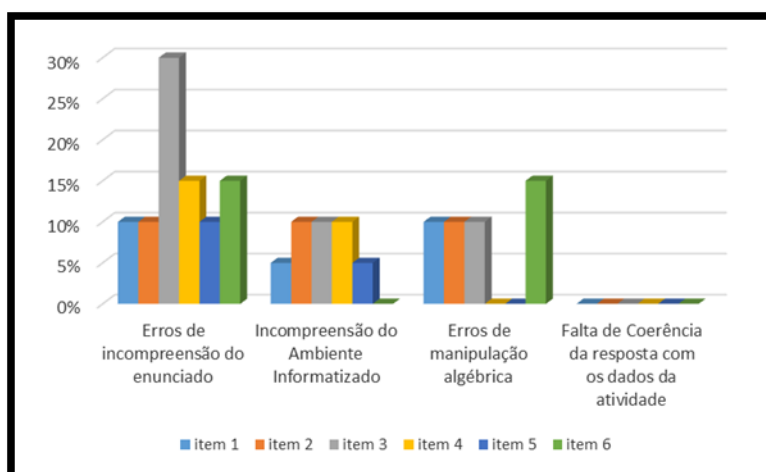


Gráfico 2 - Análise de erro da Atividade 6.
Fonte: OA Descomplicando os Complexos

Considerações Finais

No contexto desta Pesquisa, ao buscar meios e formas para que esse processo, construção de um Objeto de Aprendizagem, possa acontecer, utilizou-se das TICs para dinamizar situações algébricas e, principalmente geométricas demandadas nas atividades elaboradas nesta pesquisa.

Desde o início, esta Pesquisa voltou-se à criação de um OA que buscasse uma alternativa ao ensino dos números complexos com aplicações na área de eletroeletrônica de nível médio técnico.

O objeto de aprendizagem cumpriu o seu papel, uma vez que permitiu ampla comunicação, proporcionando interação entre o professor, os estudantes e as atividades propostas, além de estimulá-los a fazerem experimentações e simulações, de acordo com Moran (2013) e Masetto (2013). O uso da informática educativa por meio do Objeto de Aprendizagem "Descomplicando os Complexos" permitiu a exploração e formalização de propriedades relacionadas às operações com números complexos a partir da movimentação de pontos e vetores, bem como a representação geométrica das operações. Permitiu também a criação de significado desse conteúdo pelas aplicações na análise de circuitos elétricos.

Ressaltamos que o OA apresentado neste artigo, juntamente com os outros que estão sendo criados no desenvolvimento do Projeto de Pesquisa "Objetos de Aprendizagem para o Ensino de Matemática na Educação Profissional Técnica de Nível Médio", apoiado pela FAPEMIG, estarão num REPOSITÓRIO específico a abrigar OAs para Educação Profissional Técnica, constituindo um instrumento valioso para os Professores de Matemática do ensino Médio e Médio Técnico, com atividades de conteúdo teórico e atividades com aplicações.

Referências

BORBA, Marcelo de Carvalho; PENTEADO, Miriam Godoy. **Informática na Educação Matemática**. Autêntica. Belo Horizonte. 2001.

CURY, Helena Noronha. **Análise de erros**: o que podemos aprender com os erros dos alunos. 2º ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

LAUDARES, João Bosco. **Educação Matemática**. Belo Horizonte: CEFET-MG, 1987.

MASETTO, Marcos Tarciso. Mediação Pedagógica e Tecnologias de Informação e Comunicação. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos Tarciso;

BEHRENS, Marilda Aparecida (Org.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21º Campinas (SP): Papirus, 2013, p.11-72.

MORAN, José Manuel. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.;

BEHRENS, Marilda Aparecida (Org.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21º Campinas (SP): Papirus, 2013, p.141-171.

OLIVEIRA, Celina Couto de. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem**: produção e avaliação de software educativo. Campinas : Papirus, 2001.

SPINELLI, Walter. **Nem Tudo é Abstrato no Reino dos Complexos**. - São Paulo : Seminario de Ensino de Matemática - SEMA/USP, 2009. 11f. disponível em: <http://www.nilsonjosemachado.net/sema20091027.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2014.

WILEY, David A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition a metaphor, and a taxonomy. 2000. **The instructional use of learning objects**. Bloomington: Association for Educational Communications and Technology, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa**: Como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.