

Números Complexos e Circuitos Elétricos: uma análise de livros didáticos apoiada na Teoria dos Registros das Representações Semióticas

Renato Cezar Agricco Júnior¹

GD n° 4 – Educação Matemática no Ensino Superior

Resumo do trabalho. Nesse artigo apresentamos um trabalho de mestrado em andamento, com o qual objetivamos realizar uma análise de livros didáticos da disciplina Circuitos Elétricos de cursos de Engenharia Elétrica na parte referente às suas relações com os Números Complexos. O estudo é fundamentado na Teoria dos Registros de Representações Semióticas (TRRS) de Raymond Duval (DUVAL, 1993, 1995, 2003, 2009, 2011) e na Metodologia de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (BARDIN, 2006). A escolha dos livros didáticos que serão analisados será feita pesquisando-se os planos de ensino dessa disciplina em um conjunto de universidades nas quais é oferecido o curso de Engenharia Elétrica. A revisão de literatura realizada até o presente momento aponta para um tratamento superficial que é dado ao tema Números Complexos nos livros didáticos de Circuitos Elétricos, bem como, a pouca importância dada às representações semióticas desse objeto matemático.

Palavras-chave: educação matemática; análise de livros didáticos; números complexos; circuitos elétricos; teoria dos registros de representações semióticas.

Introdução

Com este trabalho temos por objetivo analisar o modo como o objeto matemático Número Complexo e suas relações com o tema Circuitos Elétricos é abordado nos livros didáticos de cursos de Engenharia Elétrica.

A experiência docente do pesquisador revela que, em geral, grande parcela dos alunos ingressantes no curso de Engenharia Elétrica não tem familiaridade com o objeto matemático Número Complexo. Para esses alunos, número complexo é um assunto da Matemática do qual eles não tem clareza e não conseguem dar um significado físico em relação à disciplina Circuitos Elétricos, na qual o objeto número complexo é largamente utilizado teoricamente e como ferramenta para a resolução de problemas.

O livro didático é importante material de apoio nos processos de ensino e aprendizagem matemática. Acreditamos que uma abordagem que utilize a Teoria dos Registros de

¹ Universidade Anhanguera de São Paulo, e-mail: renatocajr@anhanguera.com, orientador: Dr. Luiz Gonzaga Xavier de Barros.

Representações Semióticas (TRRS) facilitará o processo de ensino e aprendizagem de números complexos e circuitos elétricos. Nesta pesquisa pretendemos verificar o quanto a TRRS aparece nos livros didáticos de circuitos elétricos.

Fundamentação Teórica

A Teoria dos Registros de Representações Semióticas, criada e desenvolvida pelo filósofo francês Raymond Duval ao longo de inúmeros trabalhos (DUVAL, 1993, 1995, 2003, 2009, 2011), tem se revelado uma eficiente e criativa ferramenta de pesquisa nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática, pois os objetos matemáticos não podem ser acessados diretamente, mas somente por meio de representações semióticas.

Assim como Barros (2011), assumimos que um sistema semiótico é um sistema de signos que tem como função a comunicação, o tratamento e a objetivação da informação. Entendemos por signo algo que denota, designa ou representa alguma coisa para alguém de acordo com algum aspecto peculiar. Dessa forma, uma representação semiótica é uma produção advinda da utilização de signos de um determinado sistema semiótico com regras de significado de funcionamento com a finalidade de se representar um objeto. As representações semióticas podem ser imagens, gráficos, desenhos, expressões grafadas, sons, entre outras.

Uma representação semiótica pode sofrer três transformações cognitivas: a produção, o tratamento e a conversão. A produção se dá no ato de sua criação e determina o sistema semiótico ao qual ela está vinculada. O tratamento de uma representação semiótica é uma transformação dessa representação em outra representação semiótica vinculada ao mesmo sistema semiótico. A conversão de uma representação semiótica é uma transformação dessa representação em outra representação semiótica vinculada a um sistema semiótico diferente do sistema original.

É chamado registro de representações semióticas, todo sistema semiótico que permite que as representações semióticas vinculadas a ele possam sofrer essas três transformações cognitivas.

Quanto à sua natureza, os registros podem ser classificados em *multifuncionais* ou *monofuncionais*. Os registros multifuncionais são aqueles usados em vários campos da cultura, tanto para fins de comunicação como para tratamento. Apesar de este tipo de

registro admitir várias formas de tratamento, estas não são algoritmizáveis. Já os registros monofuncionais são aqueles desenvolvidos para um tipo específico de tratamento, com a finalidade de se obter melhores desempenhos. Conseqüentemente, os mesmos admitem um tratamento algorítmico. Quanto às funções de discursividade, os registros podem ser *discursivos* ou *não discursivos*, dependendo da presença ou não de um discurso para sua expressão.

Dessa forma os registros de representações semióticas podem ser de quatro tipos diferentes: · *Registros da língua natural* (discursivos e multifuncionais)

- *Registros figurais* (não discursivos e multifuncionais)
- *Registros simbólicos* (discursivos e monofuncionais)
- *Registros gráficos* (não discursivos e monofuncionais)

O Quadro 1 a seguir mostra essa classificação.

Quadro 1: Classificação dos registros quanto à funcionalidade e à discursividade.

	REGISTROS DISCURSIVOS	REGISTROS NÃO DISCURSIVOS
REGISTROS MULTIFUNCIONAIS	<p><i>Registros da língua natural</i> Associações verbais Formas de raciocinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Argumentação a partir de observações, de crenças...; • Dedução válida a partir de definição ou de teoremas. 	<p><i>Registros do tipo figurais</i> Figuras geométricas planas ou em perspectiva</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apreensão operatória e não somente perceptiva; • Construção com instrumentos.
REGISTROS MONOFUNCIONAIS	<p><i>Registros do tipo simbólico</i> Sistemas de escritas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numéricas (binária, decimal, fracionária...); • Algébricas; • Simbólicas de línguas formais; Cálculo	<p><i>Registros do tipo gráfico</i> Gráficos cartesianos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mudanças de sistemas de coordenadas; • Interpolação, extrapolação.

Fonte: Adaptado de Duval (2011, p. 14)

No que se refere à diferenciação entre o objeto matemático e suas representações semióticas, Duval (2011) entende que boa parte dos estudantes não consegue diferenciar um objeto matemático da sua representação. Considerando-se que um mesmo objeto pode apresentar várias representações, ele sugere que o ensino de Matemática explore esse fato, para minimizar essa problemática.

Segundo Duval (2011), 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.

Números Complexos

O conjunto dos números complexos \mathbf{C} é uma extensão do corpo dos números reais definida por $\mathbf{C} = \{ z = a + b.i \mid a \text{ e } b \in \mathbf{R} \text{ e } i^2 = -1 \}$. O número a se chama a parte real do número complexo z , o número b se chama a parte imaginária do número complexo z e o número complexo i se chama a unidade imaginária.

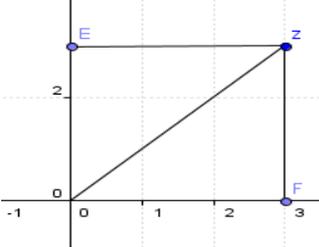
As operações de adição e de multiplicação em \mathbf{C} são definidas por:

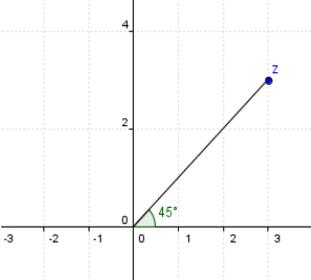
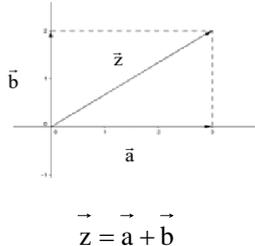
$$(a + b.i) + (c + d.i) = (a + c) + (b + d).i$$

$$(a + b.i) \cdot (c + d.i) = (ac - bd) + (ad + bc).i$$

O Quadro 2 mostra diferentes representações semióticas de um número complexo.

Quadro 2: Representações semióticas de um número complexo

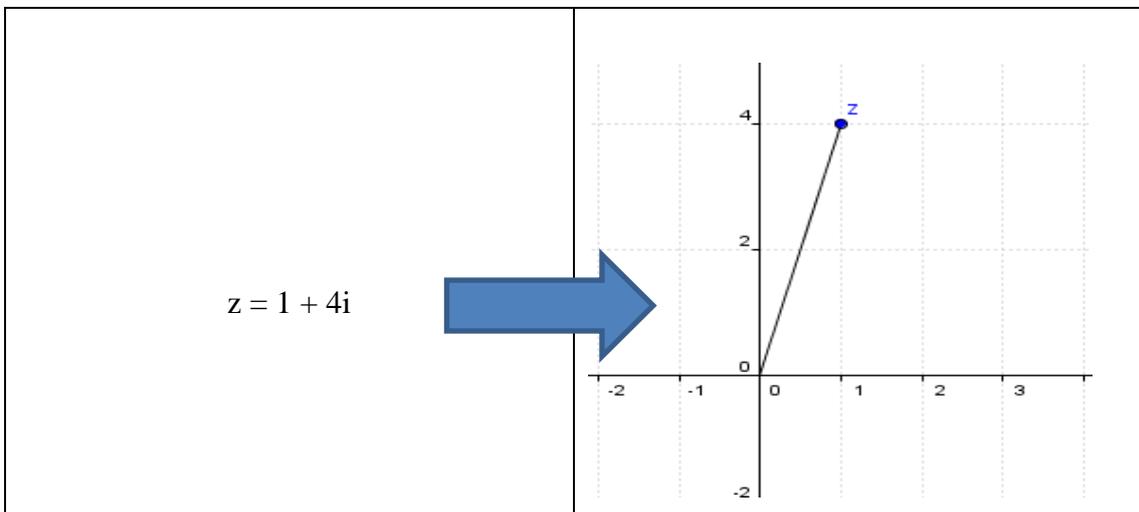
	REPRESENTAÇÃO	REGISTRO	TIPO DE REGISTRO
Seja o número complexo z , tal que sua parte real é a e sua parte imaginária é b .	LÍNGUA NATURAL	LÍNGUA NATURAL	LÍNGUA NATURAL
$z = a + b.i$	ALGÉBRICA	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
$z = z \cdot (\cos\theta + i.\text{sen}\theta)$	TRIGONOMÉTRICA	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
$z = z \angle \theta$	POLAR OU FASORIAL	ALGÉBRICO	SIMBÓLICO
	GRÁFICA NA FORMA RETANGULAR	CARTESIANO	GRÁFICO

	GRÁFICA NA FORMA POLAR	CARTESIANO	GRÁFICO
	VETORIAL	CARTESIANO	GRÁFICO

Fonte: Autor.

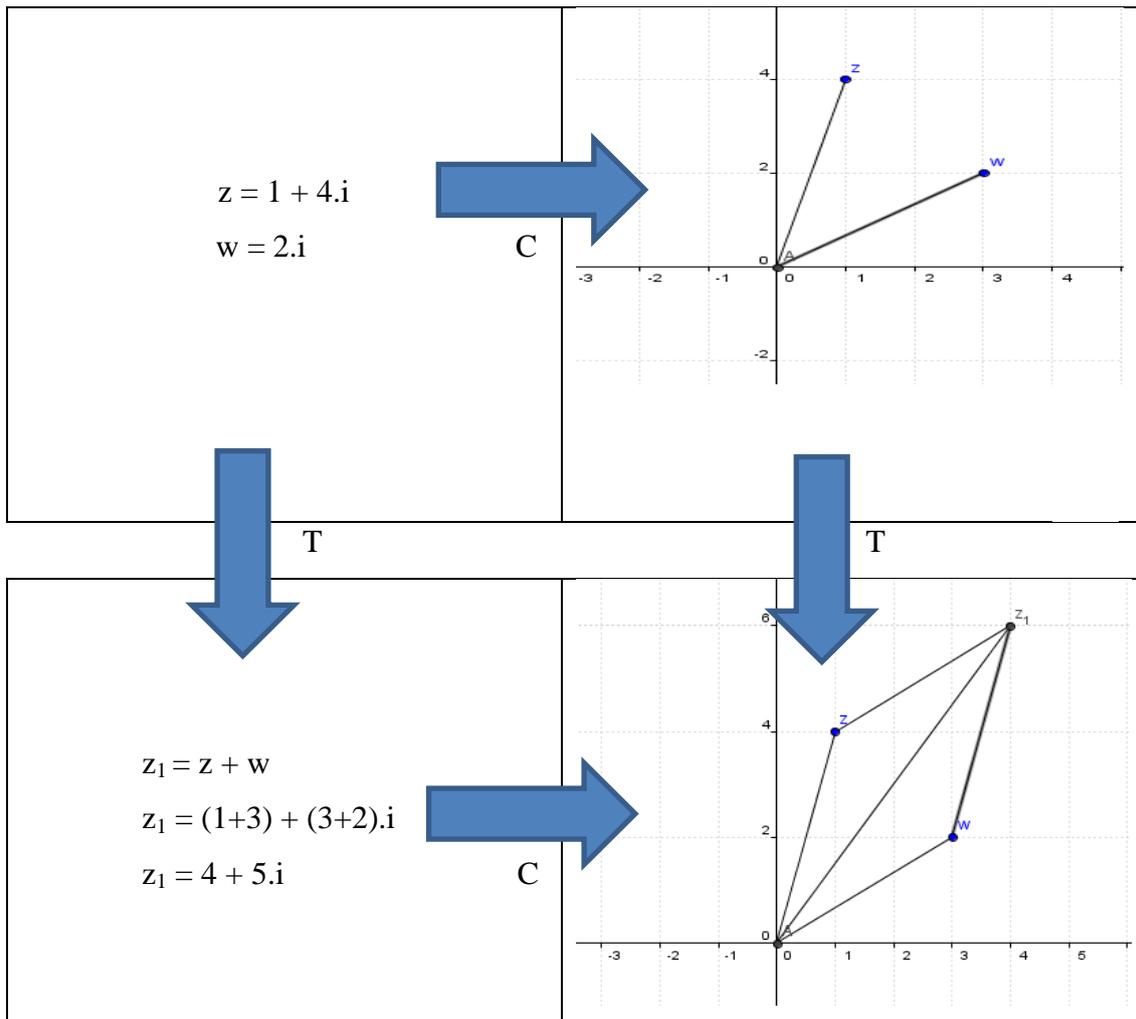
Nos Quadros 3 e 4 são apresentados exemplos de tratamento e conversão dessas representações semióticas.

Quadro 3: Conversão da representação algébrica de um número complexo no registro algébrico para uma representação gráfica na forma retangular no registro cartesiano



Fonte: Autor.

Quadro 4: Conversões e tratamentos de representações semióticas de números complexos. A letra T indica tratamento e a letra C indica conversão.



Fonte: Autor.

Circuitos Elétricos

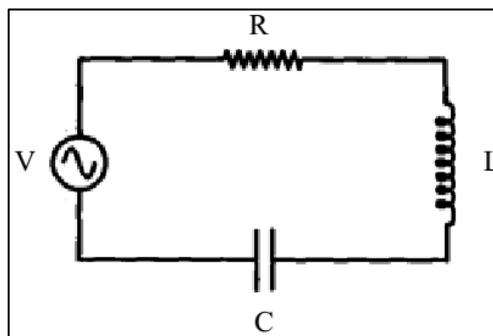
Em Boylestad (2004, p. 98) encontramos a seguinte definição: “Um circuito elétrico consiste de um número qualquer de elementos unidos por seus terminais, estabelecendo pelo menos um caminho fechado através do qual a carga elétrica possa fluir.” Os elementos referidos na definição podem ser fontes de tensão e fontes de corrente, os chamados elementos ativos, ou resistores, capacitores e indutores, os chamados elementos passivos.

As análises de circuitos elétricos em corrente alternada são simplificadas quando levamos em conta que as grandezas elétricas envolvidas: resistências elétricas, reatâncias capacitivas, reatâncias indutivas, impedâncias, tensões elétricas, correntes elétricas ou potências elétricas, são grandezas vetoriais e podem, assim, ser representadas por vetores

planos. Essa é a ponte que permite que todas essas grandezas possam ser associadas a números complexos.

Por exemplo, num circuito elétrico RLC (Figura 1), isto é, um circuito constituído de um resistor elétrico R , um indutor elétrico L e um capacitor elétrico C , além da fonte de tensão elétrica V , a reatância indutiva X_L e a reatância capacitiva X_C medem as quantidades de oposição à passagem de corrente elétrica produzidas pelo capacitor e pelo indutor, respectivamente.

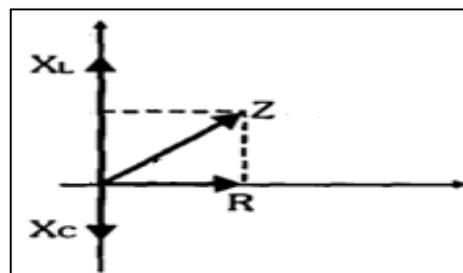
Figura 1: Circuito RLC



Fonte: Autor.

Nesse caso, a impedância Z do circuito é definida como a soma vetorial da resistência R , com as reatâncias capacitiva X_C e indutiva X_L . Quando consideramos uma base de vetores ortogonais, a resistência R é representada por um vetor no semieixo horizontal positivo, enquanto as reatâncias são representadas no eixo vertical, X_L no sentido positivo e X_C no sentido negativo. Dessa forma $Z = R + (X_L + X_C)$, entendendo-se essa adição como adição de vetores. O Gráfico 1 descreve essa situação, quando $|X_L|$, o módulo de X_L , é maior do que $|X_C|$, o módulo de X_C .

Gráfico 1: Diagrama vetorial da impedância de um circuito RLC em série



Fonte: Adaptado de MARKUS, 2001, p. 209

Nesse caso, observando que $|X_L + X_C| = |X_L| - |X_C|$, a impedância Z pode ser associada ao número complexo $z = |R| + (|X_L| - |X_C|).i$.

É costume, na disciplina Circuitos Elétricos, denotar a unidade imaginária por j para não confundir com a notação i dada para a corrente elétrica. Assim nessa disciplina, o número complexo z associado à impedância Z é denotado por $z = |R| + (|X_L| - |X_C|).j$.

Metodologia

Para a análise dos livros didáticos utilizaremos os pressupostos da análise de conteúdo de Bardin (2006).

A análise de dados, segundo Bardin (2006) se divide em três fases subsequentes e afirma que:

As diferentes fases da análise de conteúdo, tal como o inquérito sociológico ou a experimentação, organizam-se em torno de três pólos cronológicos:

- 1) a pré-análise;
- 2) a exploração do material;
- 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

(BARDIN, 2006, p. 95)

Para a etapa da pré-análise, que tem por finalidade a organização das ideias principais a serem consideradas na pesquisa, serão escolhidos livros didáticos relacionados a circuitos elétricos que se utilizem das aplicações das propriedades dos números complexos. A escolha dos livros didáticos que serão analisados será feita pesquisando-se os planos de ensino dessa disciplina em um conjunto de universidades nas quais é oferecido o curso de Engenharia Elétrica. Em seguida serão formulados os objetivos e as hipóteses e, por fim, a elaboração dos critérios que fundamentarão a análise dos livros didáticos escolhidos.

As análises serão qualitativas e terão como finalidade principal apontar as diferenças e similaridades entre as abordagens encontradas quanto à aplicação das propriedades dos números complexos como ferramenta matemática para resolução de atividades relacionadas a circuitos elétricos. No que se refere à escolha dos exercícios propostos e resolvidos, serão considerados aqueles relacionados a circuitos elétricos cujas resoluções se concentrem na determinação da intensidade e argumento das grandezas físicas elétricas envolvidas. Será verificada a utilização de diferentes representações semióticas na apresentação e resolução desses exercícios.

Na fase do tratamento e interpretação dos resultados obtidos, os dados serão agrupados em categorias para orientar a sua análise qualitativa.

Resultados esperados

Esperamos, com esta análise de livros didáticos, conhecer como são feitas as abordagens dos números complexos, quando utilizados como ferramenta matemática na disciplina Circuitos Elétricos. Almejamos analisar os tipos de representações semióticas que são utilizados na resolução de problemas relacionados a circuitos elétricos em livros didáticos, e, se for o caso, propor uma abordagem diferenciada para um entendimento mais consistente dos números complexos e suas propriedades operativas.

Uma pré-análise de alguns livros didáticos de Circuitos Elétricos realizada até o presente momento aponta para um tratamento superficial que é dado ao tema Números Complexos, bem como, a pouca importância dada às representações semióticas desse objeto matemático.

Referências Bibliográficas

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de L. A. Rego e A. Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2006.
- BARROS, L.G.X. Uma Introdução Ingênua à Teoria dos Registros de Representações Semióticas. Revista Ceciliana, Ano 22, nº 32, p.33 – 41. Santos, 2011.
- BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Pearson - Prentice Hall, 2004.
- DUVAL, R. Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives. Strasbourg: IREM – ULP, 1993.
- _____. **Sémiosis et pensée humaine - Registres sémiotiques et apprentissage intellectuel**, Berna: Peter Lang, 1995.
- _____. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. In: MACHADO, S. D. A. (org). **Aprendizagem em Matemática: Registros de Representação Semiótica**. Campinas: Papyrus, 2003. Cap. 1, p. 11-33.
- _____. **Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagem intelectual**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.
- _____. **Ver e ensinar a Matemática de outra forma – Entrar no modo matemático de pensar: os registros de representações semióticas**. São Paulo: Proem Editora, 2011. ISBN 978-85-87564-26-9.

MARKUS, Otavio. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada.** 1^a
ed. São Paulo: Érica, 2001.