



## • POLARIZAÇÃO DE TRANSISTORES: UMA ABORDAGEM SÓCIO-INTERACIONISTA

**Renata S. de Moraes** – tatasmoraes@yahoo.com.br

**Rubens A. Dias** – rubdias@feg.unesp.br

Univ Estadual Paulista UNESP, Faculdade de Engenharia, DEE

Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333

12516-410 – Guaratinguetá – São Paulo

**Resumo:** *No ensino de engenharia, muitas vezes, há uma desmotivação dos alunos e até mesmo uma frustração em relação aos conteúdos ensinados em sala de aula, decorrente, em algumas circunstâncias, da falta de correlação entre as disciplinas. Por isso existe a preocupação e o desafio dos docentes de encontrar novos meios para reverter essa situação. Como grande parte dos professores das escolas de engenharia não têm formação na área específica de educação, faz-se necessário o uso de um referencial teórico educacional que possa guiá-los no processo de ensino-aprendizagem e justificar as suas intervenções nesse processo. Neste trabalho, baseando-se no referencial teórico educacional sócio-interacionista de Vygotsky, propõe-se o desenvolvimento da resolução de circuitos eletrônicos buscando melhorar as atividades educacionais.*

**Palavras-chave:** *Eletrônica, Ensino de engenharia, Sócio-interacionismo, Polarização de transistores, Contextualização do ensino.*

### 1. INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia tem passado por um momento delicado, no qual os alunos se queixam da falta de didática dos professores e os professores, por sua vez, se queixam da falta de dedicação e de interesse dos alunos; diante disso, tornam-se necessárias medidas que possibilitem uma melhora na relação professor-aluno.

A didática no ensino de engenharia é realmente algo bastante carente, uma vez que os professores, em sua maioria engenheiros, não possuem em sua formação profissional (docente) uma orientação que possibilite um melhor entendimento dos processos de ensino e aprendizagem. Por isso há a necessidade de pesquisas que apresentem à engenharia os princípios de aprendizagem adaptados à realidade da área de exatas, ou seja, um referencial teórico educacional, adaptado ao ensino de engenharia.

Diante das dificuldades presentes no processo de ensino e de aprendizagem, esse trabalho propõe o desenvolvimento de técnicas e estratégias baseadas no sócio-interacionismo, mais especificamente, fundamentadas nas idéias do teórico Vygotsky, que possam mediar e facilitar esse processo para a disciplina de Eletrônica II ministrada no terceiro ano do curso de Engenharia Elétrica na UNESP de Guaratinguetá. Assim sendo, o presente trabalho propõe

Realização:



Organização:





um ensino contextualizado dos conteúdos relacionados à essa disciplina.

## **2. ASPECTOS CONCEITUAIS**

Para que o processo de ensino dentro de uma área técnica, como a engenharia, não se transforme em transposição de conhecimento, ou seja, o conteúdo pelo conteúdo, perpetuado pelo método “ensinando do jeito que aprendeu”, torna-se necessário adotar um referencial teórico educacional que justifique as ações destinadas ao ensino, levando-se em conta a construção do conhecimento nos processos de aprendizagem. A adoção de um referencial teórico educacional na apresentação dos conteúdos específicos significa um salto qualitativo na formação dos futuros engenheiros, além de melhorar as atividades do docente-engenheiro.

### **2.1. Referencial teórico educacional**

O sócio-interacionismo aborda o modo como a cultura, o meio ambiente e a sociedade de uma forma geral agem no processo de construção de conhecimento e de constituição psicológica do indivíduo. A teoria de Vygotsky é bastante representativa nessa linha de pensamento. Por suas idéias serem base teórica desse trabalho, serão descritas a seguir as características mais relevantes.

O desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais. A relação do homem com o mundo não é uma relação direta e sim, uma relação mediada e Vygotsky apresenta como elementos mediadores dessa conversão, os signos e os instrumentos. Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa (MOREIRA, 1999).

A importância dos instrumentos está fortemente ligada ao alinhamento de Vygotsky com princípios marxistas, nos quais o surgimento do trabalho tornou o homem uma espécie diferenciada e através dele é que se dá a ação transformadora do homem sobre a natureza, unindo-os. Além disso, o trabalho proporciona o desenvolvimento da coletividade através das relações sociais e também a criação e utilização de instrumentos. Os instrumentos têm a função de ampliar as possibilidades de transformação que o indivíduo pode exercer no seu meio social. Além disso, o instrumento é feito para um objetivo pré-determinado e, portanto, carrega consigo a função para a qual foi criado (OLIVEIRA, 1993).

Os signos são ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos e não nas ações concretas, como os instrumentos. Eles são orientados para o interior do indivíduo e são destinados ao controle de ações psicológicas tanto do próprio indivíduo quanto de outras pessoas. Vygotsky e seus colaboradores realizaram diversos experimentos a fim de estudar o papel dos signos na atividade psicológica e buscaram a compreensão de como o processo de mediação, através de signos e instrumentos, auxiliava o desenvolvimento das funções psicológicas superiores (OLIVEIRA, 1993).

Um outro conceito relevante é o da internalização, que é a reconstrução interna dos signos. Para internalizar um signo, o indivíduo deve compartilhar significados já aceitos em seu meio social. Esse processo reflete a importância da interação social no aprendizado e no desenvolvimento do indivíduo, que para Vygotsky se dá “de fora para dentro”.

Vygotsky descreve ainda dois níveis de desenvolvimento, denominados desenvolvimento real e desenvolvimento potencial. O primeiro refere-se ao que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma independente. Já o segundo, é aquele que o sujeito poderá construir com o auxílio de outros. A partir disso, define-se um conceito bastante relevante que é o chamado conceito de



zona proximal de desenvolvimento; que é dado pela distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de indivíduos mais capazes (OLIVEIRA, 1993).

Neste conceito está implícito o fato de que para que uma determinada tarefa possa ser realizada com o auxílio de uma outra pessoa é necessário que o indivíduo que será ajudado esteja em um certo nível de desenvolvimento mínimo para que essa ajuda seja eficaz.

A importância da zona proximal de desenvolvimento para a implantação dessa teoria educacional é devida ao fato de que é justamente nela que a interferência de outros indivíduos é a mais transformadora.

## **2.2. Aspectos conceituais básicos de amplificadores transistorizados em emissor comum**

Os primeiros contatos dos alunos com os conteúdos relacionados com a Eletrônica dá-se, inicialmente, após o domínio dos conhecimentos proporcionados em Circuitos Elétricos (ALEXANDER & SADIKU, 2008), permitindo-lhes avaliar o comportamento dos circuitos que serão apresentados. O ensino da Eletrônica normalmente é dividido em duas partes dentro de um curso de engenharia elétrica, sendo a primeira relacionada com a apresentação e caracterização dos principais dispositivos eletrônicos, tais como, diodos e transistores (Eletrônica I). A etapa seguinte (Eletrônica II) visa à aplicação dos dispositivos eletrônicos em circuitos, levando-se em conta os procedimentos que permitam colocá-los em operação, como, por exemplo, na polarização de transistores e no uso de amplificadores operacionais em determinadas configurações, seguido da aplicação destes no tratamento de sinais elétricos ou no desenvolvimento de circuitos eletrônicos, tais como amplificadores, filtros e osciladores (BOYLESTAD & NASHELSKY, 2004; MALVINO & BATES, 2007a, 2007b; SEDRA & SMITH, 2000). Numa forma geral, os capítulos das referências citadas refletem a sequência pela qual alguns destes materiais foram concebidos, tendo como base as notas de aula e apostilas desenvolvidas por seus autores, as quais apresentam os conteúdos identificados como relevantes dentro de uma abordagem considerada bem sucedida (DIAS & SAMPAIO, 2011).

Para analisar ou projetar um amplificador transistorizado, configurado em emissor comum, é necessário conhecer o seu funcionamento em corrente contínua (CC) e avaliar a sua resposta em corrente alternada (CA). A partir da análise em CC são obtidos os resistores que garantem o funcionamento adequado do transistor, o qual é controlado por vários fatores inerentes ao componente, incluindo uma infinidade de pontos de operação nas curvas características, das quais é escolhido um único ponto. O ponto de operação ou ponto quiescente define a região em que será realizada a amplificação do sinal elétrico aplicado ao circuito (BOYLESTAD & NASHELSKY, 2004).

A partir da análise em CA são determinados o ganho de tensão, as impedâncias de entrada e de saída e a resposta em frequência. Para a obtenção destes valores é usualmente empregado o teorema da superposição dos efeitos das fontes de alimentação, o qual facilita o procedimento analítico (BOYLESTAD & NASHELSKY, 2004).

Diante do exposto, um dos principais desafios no ensino da polarização dos transistores consiste em harmonizar as análises em CC e em CA, sendo a primeira uma conexão entre os saberes obtidos em disciplinas anteriores (Circuitos Elétricos e Eletrônica I). Em referências clássicas em eletrônica (BOYLESTAD & NASHELSKY, 2004; SEDRA & SMITH, 2007), os detalhes que dependem de conceitos prévios encontram-se de forma implícita que, em algumas circunstâncias, dificulta o entendimento de quem estuda o tema pela primeira vez.



### 3. DESENVOLVIMENTO

Com a finalidade de exemplificar a aplicação do sócio-interacionismo aplicado à engenharia, e mais especificamente ao ensino de eletrônica, propõe-se a resolução do circuito apresentado na Figura 1, de modo a determinar as impedâncias de entrada ( $Z_{in}$ ) e de saída ( $Z_{out}$ ) que são, respectivamente, a impedância vista pela fonte e a impedância vista pela carga.

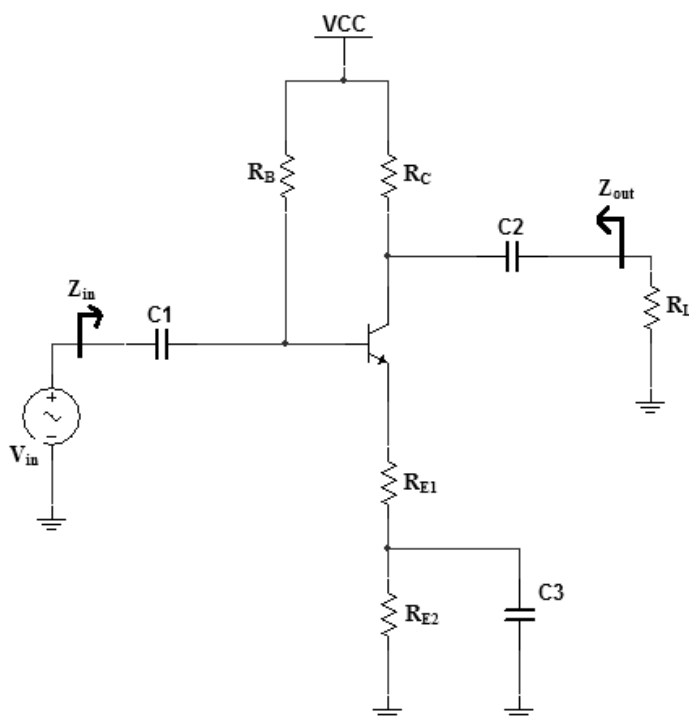


Figura 1 – Circuito norteador do trabalho.

Para determinar as impedâncias de entrada e saída do circuito, é necessário fazer a análise em CA do circuito, substituindo o transistor pelo seu modelo  $r_e$  (referência à resistência presente na junção base-emissor do transistor) apresentado na Figura 2. Para encontrar o valor da resistência  $r_e$  como apresentado na Equação (1) é necessário, primeiramente, fazer a análise em CC do circuito para determinar a corrente de emissor no ponto de operação ou quiescente,  $I_{E-Q}$ ; uma vez que  $V_T$  é um valor já conhecido (resultado das pesquisas da física do estado sólido) e usualmente adota-se  $V_T = 25$  mV (SEDRA & SMITH, 2007).

$$r_e = \frac{V_T}{I_{E-Q}} \quad (1)$$

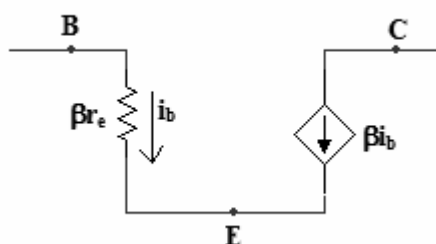


Figura 2 - Modelo re do transistor em análise CA.

Em análise CC as fontes alternadas são curto-circuitadas e os capacitores são substituídos por um circuito aberto. Sendo assim, o circuito da Figura 1 pode ser redesenhado como mostrado na Figura 3.

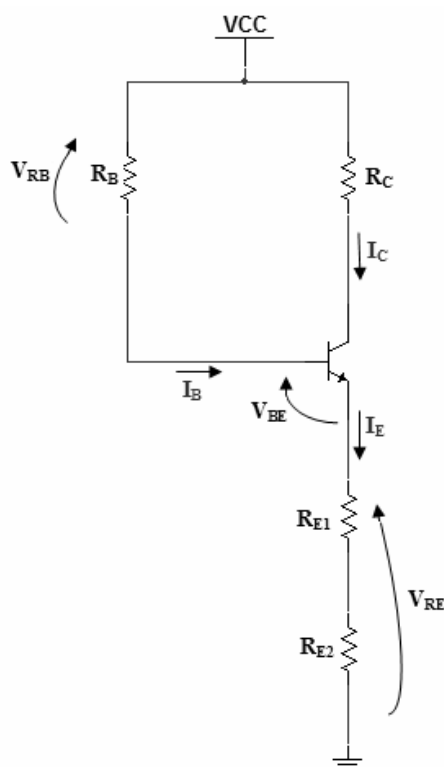


Figura 3 – Circuito equivalente para a análise CC.

Utilizando a Lei de Kirchoff para as tensões obtém-se a Equação (2). Escrevendo as tensões em função dos valores de resistência e corrente e usando para  $V_{BE}$  um valor típico de 0,7 V, obtém-se então o valor de  $I_E$  no ponto quiescente, como mostra a Equação (3).

$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} \quad (2)$$

$$V_{CC} = R_B \cdot \left(\frac{I_E}{\beta + 1}\right) + 0,7 + (R_{E1} + R_{E2}) \cdot I_E \quad \rightarrow \quad I_E = \frac{V_{CC} - 0,7}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_{E1} + R_{E2}} \quad (3)$$



Tendo encontrado o valor de  $I_E$ , substituindo-o na Equação (1) então o valor de  $r_e$  pode ser determinado.

A polarização CC é um processo simples e muito importante para o desenvolvimento da disciplina de Eletrônica II. No entanto, deve-se dar uma atenção especial ao momento de recordar os conceitos que estão ali envolvidos. Ainda que os alunos já tenham tido contato com esse tipo de polarização na disciplina de Eletrônica I, eles ainda não adquiriram a maturidade e a confiança necessárias para resolver, com tranquilidade, esses circuitos. Por isso, uma explicação mais detalhada num primeiro momento se faz necessária, visando à efetividade no ensino deste tópico. Para esta finalidade, as setas de tensão no circuito são bastante didáticas, pois possibilitam ao aluno uma melhor visualização do circuito e, conseqüentemente, o aperfeiçoamento de suas habilidades na análise do sistema em questão. Ou seja, o professor estará atuando sobre a área de desenvolvimento proximal do aluno, e isso aumenta as chances de sucesso dessa intervenção.

Depois de encontrado o valor de  $r_e$ , pode-se então iniciar a análise CA do circuito. Para tanto, utiliza-se o princípio da superposição, anulando assim os efeitos das fontes CC. Além disso, em análise CA os capacitores são substituídos por um curto-circuito. O esboço do circuito deve ser iniciado pela fonte  $V_{in}$  e o circuito para a análise é apresentado na Figura 4.

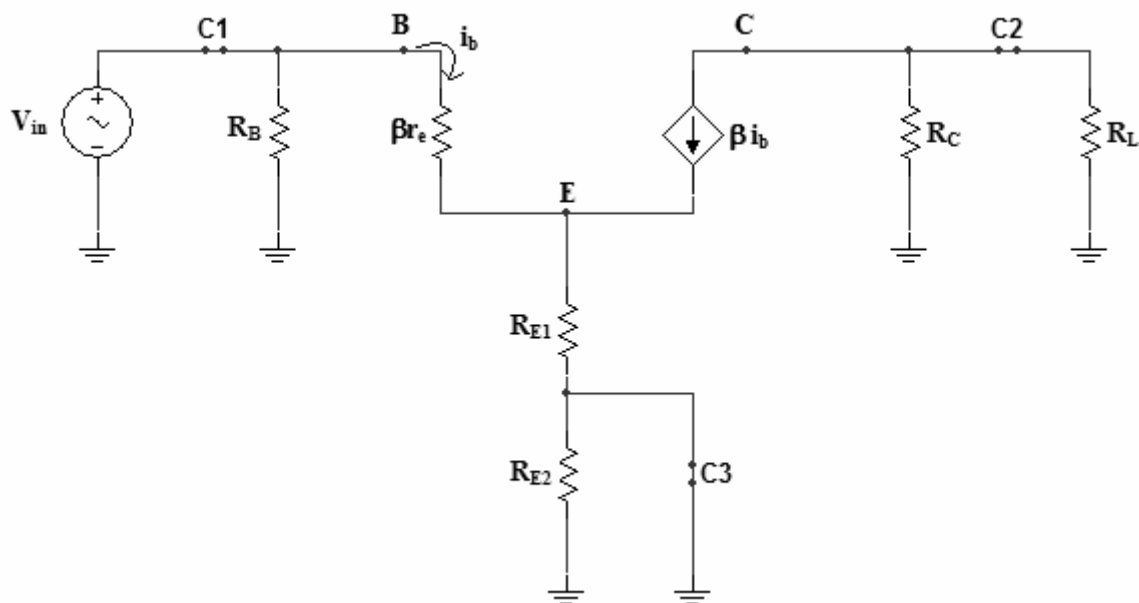


Figura 4 – Circuito equivalente para análise CA.

Com a fonte  $V_{CC}$  curto-circuitada, os resistores que estiverem conectados a ela, serão aterrados; e o curto do capacitor  $C_3$  em paralelo com  $R_{E2}$ , “transforma” a resistência  $R_{E2}$  em um curto também.

O circuito apresentado na Figura 4 será a base para encontrar as impedâncias de entrada e de saída do circuito, que são pedidas no começo da análise. Essas impedâncias serão determinadas com o uso do Teorema de Thèvenin.

A maioria dos alunos não tem dificuldades na aplicação desse teorema, entretanto é preciso esclarecer sobre quais pontos deseja-se encontrar a resistência equivalente evitando, assim, dúvidas sobre qual ramo deve ser retirado do circuito e qual a localização dos pontos  $a$





e  $b$  ( $a$  e  $b$  são pontos arbitrados que identificam a entrada ou a saída do circuito sob análise). Além disso, é importante salientar que muitas vezes será necessário redesenhar o circuito para torná-lo visualmente mais compreensível, como mostrado na Figura 5.

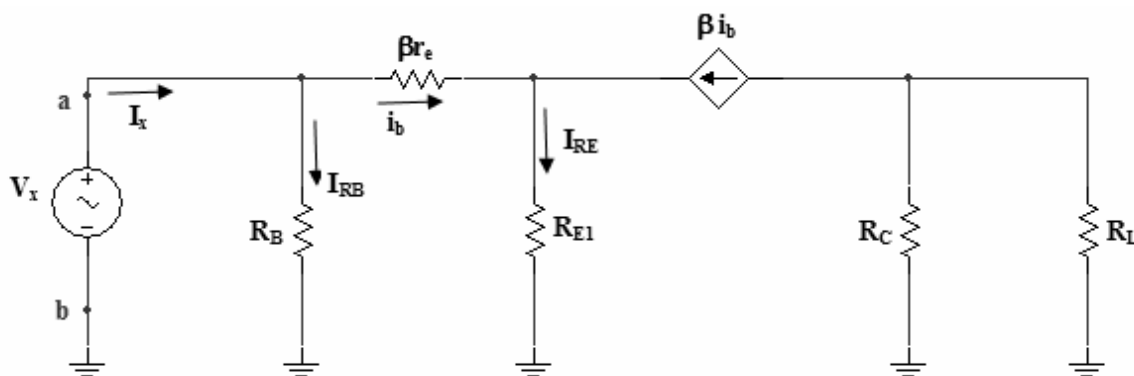


Figura 5 – Circuito equivalente redesenhado.

Para encontrar a impedância de entrada, ou seja, vista pela fonte, os pontos  $a$  e  $b$  são marcados e no lugar da fonte  $V_{in}$  é inserida uma fonte genérica,  $V_x$ , de tensão conhecida. O Teorema de Thèvenin diz que a impedância equivalente entre os pontos  $a$  e  $b$  pode determinada através da Equação (4).

$$Z_{in} = \frac{V_x}{I_x} \quad (4)$$

Escrevendo a equação das correntes nos nós obtém-se a Equação (5) e a Equação (6).

$$i_x = i_{RB} + i_b \quad (5)$$

$$i_{RE} = i_b + \beta \cdot i_b = i_b \cdot (\beta + 1) \quad (6)$$

Aplicando a Lei de Kirchoff das tensões obtém-se a Equação (7) e substituindo a Equação (6) na Equação (7), é possível encontrar a expressão para a corrente  $i_B$  como apresentado na Equação (8).

$$R_B \cdot I_{RB} - \beta \cdot r_e \cdot i_b = R_{EI} \cdot I_{RE} \quad \rightarrow \quad V_x = R_{EI} \cdot I_{RE} + \beta \cdot r_e \cdot i_b \quad (7)$$

$$V_x = R_{EI} \cdot i_b \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e \cdot i_b \quad \rightarrow \quad i_b = \frac{V_x}{R_{EI} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e} \quad (8)$$

Utilizando a Equação (8) na Equação (5), obtém-se a Equação (9) que relaciona  $i_x$  com  $V_x$ ; e comparando a Equação (9) com a Equação (4), determina-se então a impedância de entrada  $Z_{in}$  apresentada na Equação (10).



$$i_x = \frac{V_x}{R_B} + \frac{V_x}{R_{E1} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e} = \frac{V_x \cdot [R_{E1} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e + R_B]}{R_B [R_{E1} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e]} \quad (9)$$

$$Z_{in} = \frac{R_B [R_{E1} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e]}{R_{E1} \cdot (\beta + 1) + \beta \cdot r_e + R_B} \quad (10)$$

A determinação de  $Z_{in}$  é um tanto quanto trabalhosa, entretanto se for observado que o resultado apresentado pela Equação (10) trata-se do paralelo de  $R_B$  com a impedância vista a partir da base do transistor o cálculo fica mais rápido. E como essa situação é bastante recorrente na análise desses circuitos, vale destacar essa simplificação.

O circuito para determinar a impedância de saída o circuito é apresentado na Figura 6 e para melhor visualizá-lo a Figura 7 mostra como este circuito pode ser redesenhado.

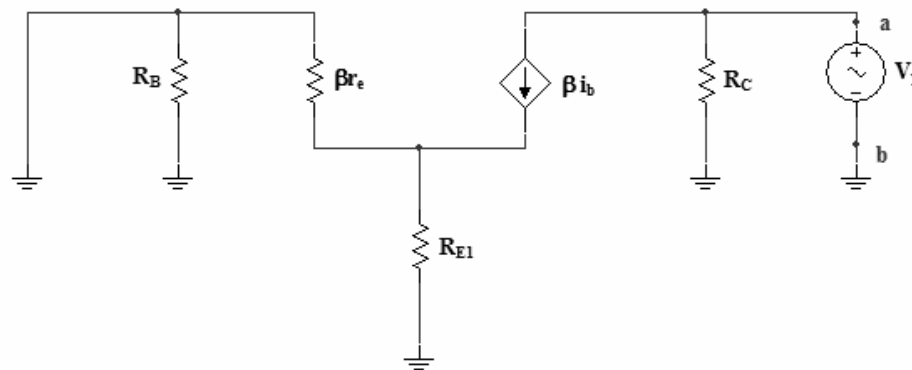


Figura 6 – Circuito para a determinação da impedância de saída  $Z_{out}$ .

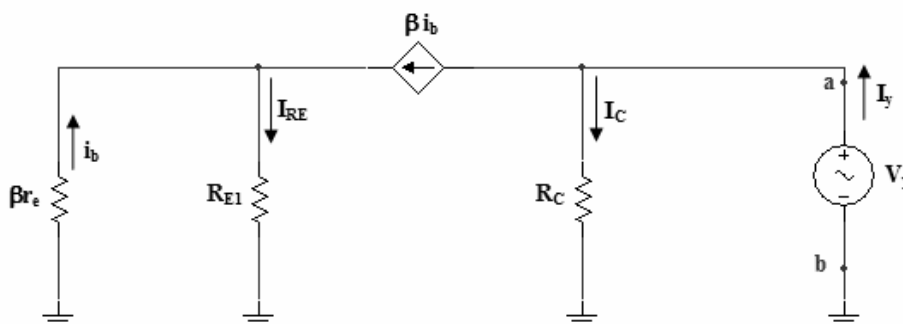


Figura 7 – Circuito redesenhado para determinar  $Z_{out}$ .

O primeiro passo para encontrar a impedância de saída é marcar os pontos  $a$  e  $b$  e então inserir a fonte  $V_y$ . Escrevendo a equação das correntes nos nós obtém-se a Equação (11) e a Equação (12). Como as resistências  $\beta r_e$  e  $R_{E1}$  estão em paralelo a tensão sobre elas é a mesma daí obtém-se a Equação (13).

$$I_y = I_C + \beta \cdot i_b \quad (11)$$





$$I_{RE} = i_b + \beta \cdot i_b = i_b \cdot (\beta + 1) \quad (12)$$

$$-\beta \cdot r_e \cdot i_b = R_{E1} \cdot I_{RE} \rightarrow I_{RE} = -\frac{\beta \cdot r_e \cdot i_b}{R_{E1}} \quad (13)$$

Substituindo a Equação (13) na Equação (12), é possível obter a Equação (14); e essa equação mostra que o valor da corrente  $i_b$  é nulo. Ou seja, a fonte de corrente está aberta e assim sendo a impedância de saída é dada pela Equação (15).

$$-\frac{\beta \cdot r_e \cdot i_b}{R_{E1}} = i_b \cdot (\beta + 1) \rightarrow i_b \cdot \left(\beta + 1 + \frac{\beta \cdot r_e}{R_{E1}}\right) = 0 \quad (14)$$

$$Z_{out} = \frac{V_y}{I_y} = R_C \quad (15)$$

É importante explicar o motivo físico pelo qual a corrente  $i_b$  é nula. Pois como as fontes de corrente ideais têm impedância de entrada tendendo a infinito, a corrente  $I_y$  proveniente da fonte encontra uma impedância muito alta e por isso acaba passando exclusivamente pelo resistor  $R_C$ .

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idéia de propor uma maneira diferente de abordar a resolução de circuitos de polarização de transistores surgiu do fato dos alunos, mesmo estando no final da disciplina de Eletrônica II, ainda não conseguirem determinar com segurança parâmetros básicos como as impedâncias de entrada e saída e até mesmo realizar a polarização CC em alguns casos; e como estas tarefas são básicas para o desenvolvimento da disciplina, acontece de o aluno não apresentar um bom aproveitamento ao longo do ano devido a essa lacuna deixada no início.

O uso do referencial teórico educacional tem a intenção de tornar o processo de aprendizagem menos desgastante e mais eficiente. A idéia é interligar os conhecimentos que são comuns entre as disciplinas e mostrar ao aluno como a partir de algo que foi aprendido e que já está consolidado ele pode estender este conhecimento. Ou seja, a atuação do professor na zona de desenvolvimento proximal na construção do conhecimento.

A explicação física para os resultados calculados promove a contextualização do ensino e permite ao aluno concatenar de maneira mais sólida os conceitos presentes na resolução dos exercícios, além de possibilitar a expansão desse conhecimento para outros exercícios e outras áreas no curso de engenharia..

#### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao apoio da Pró-reitoria de Pesquisa da UNESP (PROPe) através da Bolsa PIBIC nº 17532 e da Fundação para o Desenvolvimento da UNESP – FUNDUNESP.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. São Paulo: McGraw Hill, 2008, 901p.
- BOYLESTAD, R.L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuito**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004,672p.
- DIAS, R.A; SAMPAIO, D.J.B.S. O uso racional da energia através da eletrônica: uma abordagem sócio-interacionista. **Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Blumenau: FURB, 2011.
- MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica**. São Paulo: McGraw Hill, v.1, 2007a, 672p.
- MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica**. São Paulo: McGraw Hill, v.2, 2007b, 556p.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.
- SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microeletrônica**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2007, 848p.

## BIASING TRANSISTORS: A SOCIAL-INTERACTIONIST APPROACH

**Abstract:** *In engineering education, there is often a lack student's motivation and even a frustration with the content taught in the classroom and the lack of correlation among the disciplines. So there is a concern and challenge for teachers to find new ways to reverse this situation. How much of the engineering school teachers are not trained in the specific area of education, it is necessary to use an educational framework that can guide them in the teaching-learning and justify their intervention in this process. In this work, based on theoretical educational Vygotsky's socio-interactionism, it is proposed the development of electronic circuits resolution seeking to optimize the processes of teaching and learning.*

**Key-words:** *Electronics, Engineering Education, Social-interactionism, biasing transistors, contextualization of teaching.*