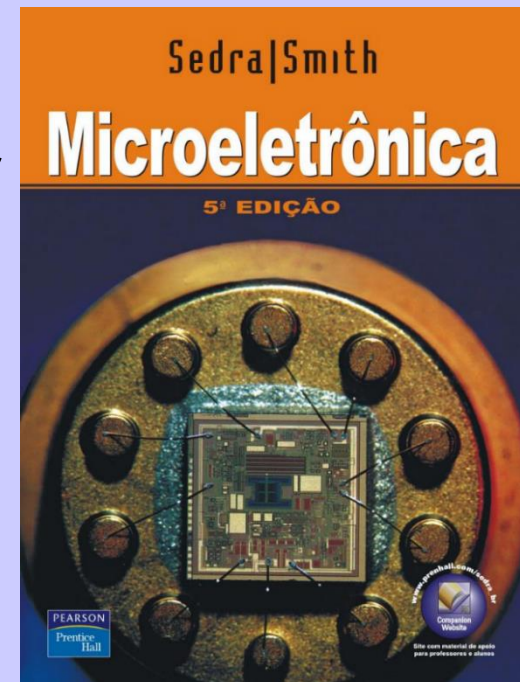


Eletrônica I – PSI3321

- Turma 01: Prof. Antonio Carlos Seabra (antonio.seabra@usp.br)
- Roteiro de aulas, listas de exercícios, aulas digitais e notas no eDisciplinas (2019)
<http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=8239>
Se não estiver cadastrado envie e-mail para antonio.seabra@usp.br
- Avaliação: 2 Provas somando 7 pontos e
testinhos todas as aulas somando 3 pontos
- Livro Texto: Sedra, A.S. and Smith, K.C. Microeletrônica. Pearson, 2007, (tradução da 5a. edição em inglês).
- Dúvidas prof. Seabra: e-mail ou 30915660, Sala A1-46



Eletrônica I – PSI3321

Quais os objetivos desta disciplina?

- Empregar as técnicas de circuitos elétricos em circuitos eletrônicos reais que utilizem amplificadores operacionais, diodos e transistores bipolares
- Entender o princípio de funcionamento de AOs, diodos e transistores bipolares
- Criar modelos matemáticos e circuitais para esses componentes eletrônicos não lineares
- Analisar circuitos reais com AOs, diodos e transistores bipolares
- Introduzir os alunos nas técnicas de projetos de circuitos

Eletrônica I – PSI3321

Ao final deste curso você deverá estar apto a:

- Modelar dispositivos eletrônicos não lineares para aplicar os conceitos vistos em circuitos elétricos e eletrônica
- Analisar e projetar circuitos com Amplificadores Operacionais (AOs) considerando as limitações de desempenho reais dos AOs
- Analisar e Projetar circuitos com diodos e transistores bipolares considerando os requisitos de ganho (de tensão, corrente) e impedância de entrada/saída

Eletrônica I – PSI3321

Onde você usa esses conhecimentos?

- Em todas as disciplinas que envolvam circuitos eletrônicos (Digitais, Potência, Comunicações, Controle, Sistemas embarcados), cerca de 30% de qualquer opção
- Em projetos de hardware discretos (Digitais, Potência, Comunicações, Controle, Sistemas embarcados) e hardware integrado (projeto de circuitos integrados)

Ferramentas adicionais

- NI Multisim: <http://www.lsi.usp.br/labview/indexcds.html>
- Geogebra: <https://www.geogebra.org/download>

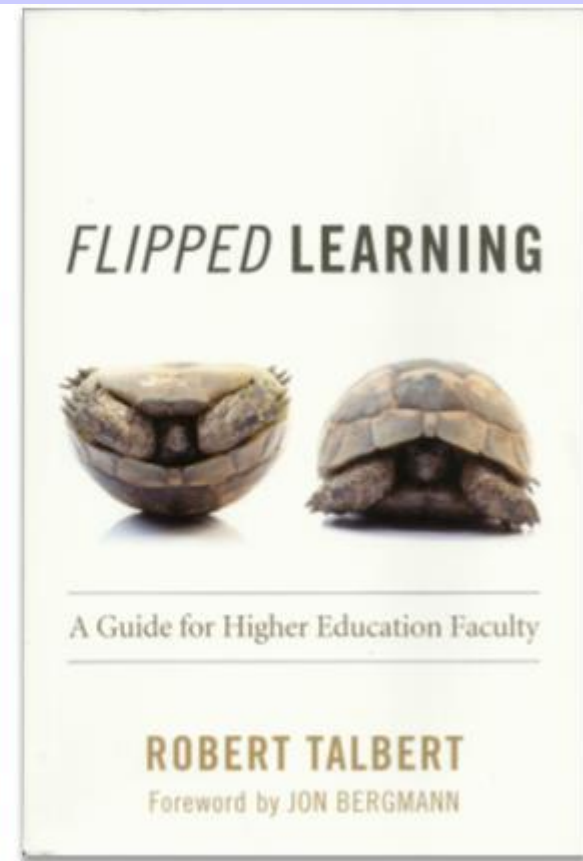
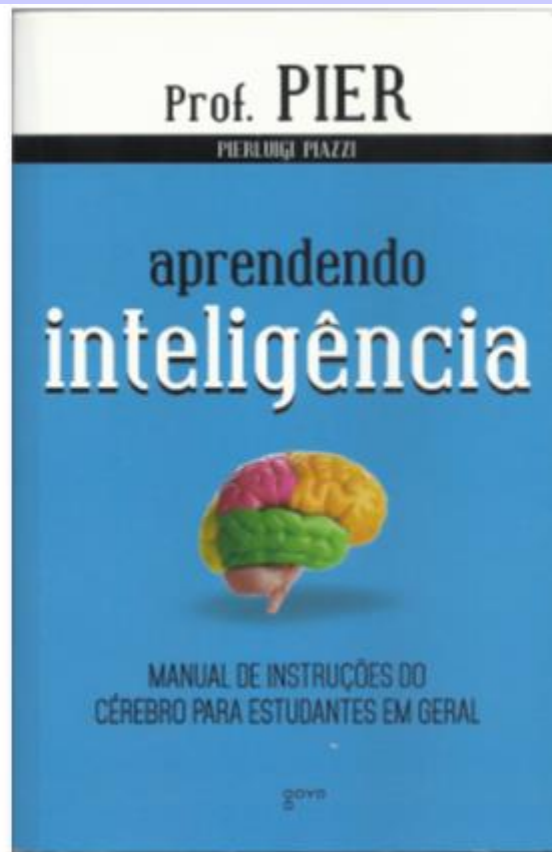
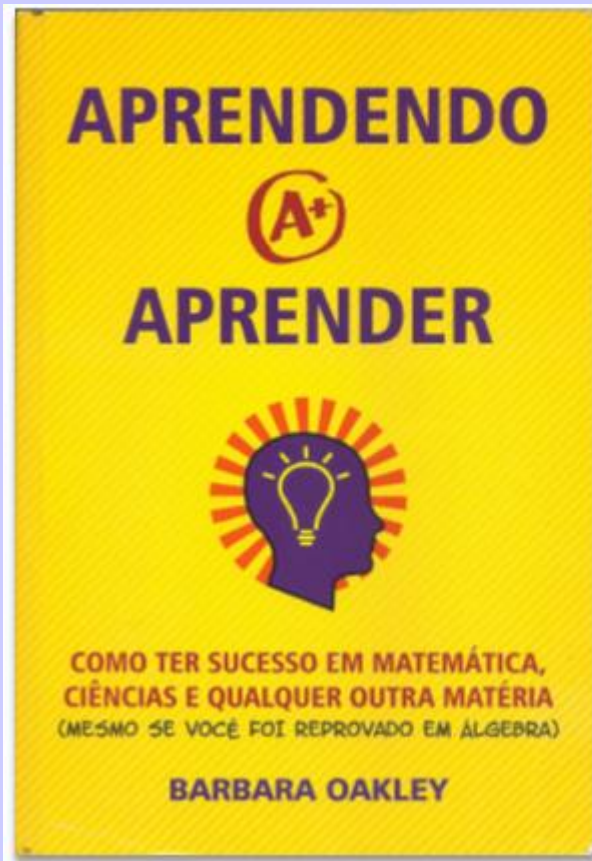
Eletrônica I – PSI3321

Proposta de Aprendizagem:

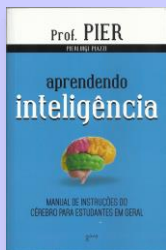
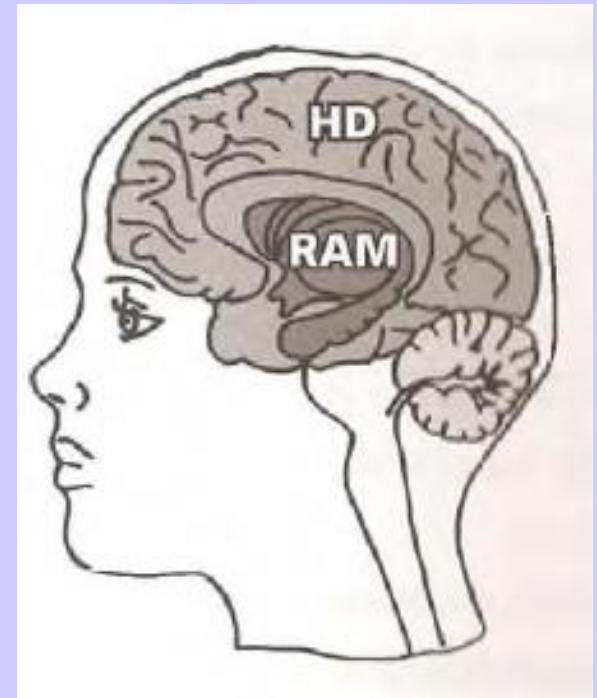
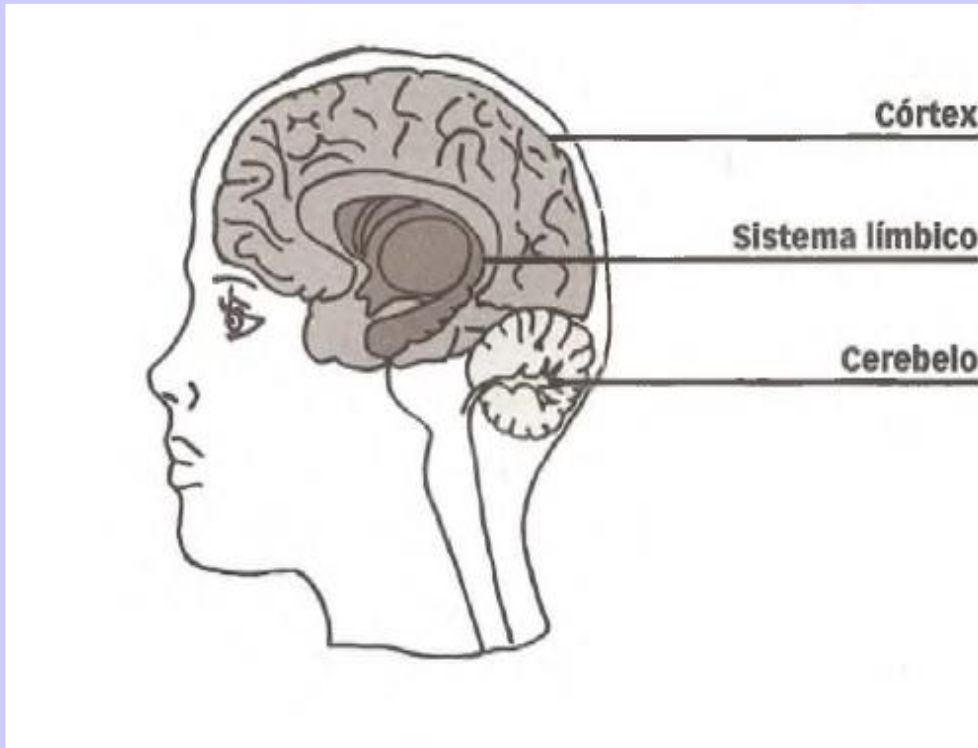
- Estudar pouco mas na hora certa...
- Aprender mais (fixar de forma permanente)
- Não requer estudo na véspera da prova
- Aumenta tempo para atividades pessoais.

Será que isto é possível ???

Referências



Cérebro humano (simplificado)

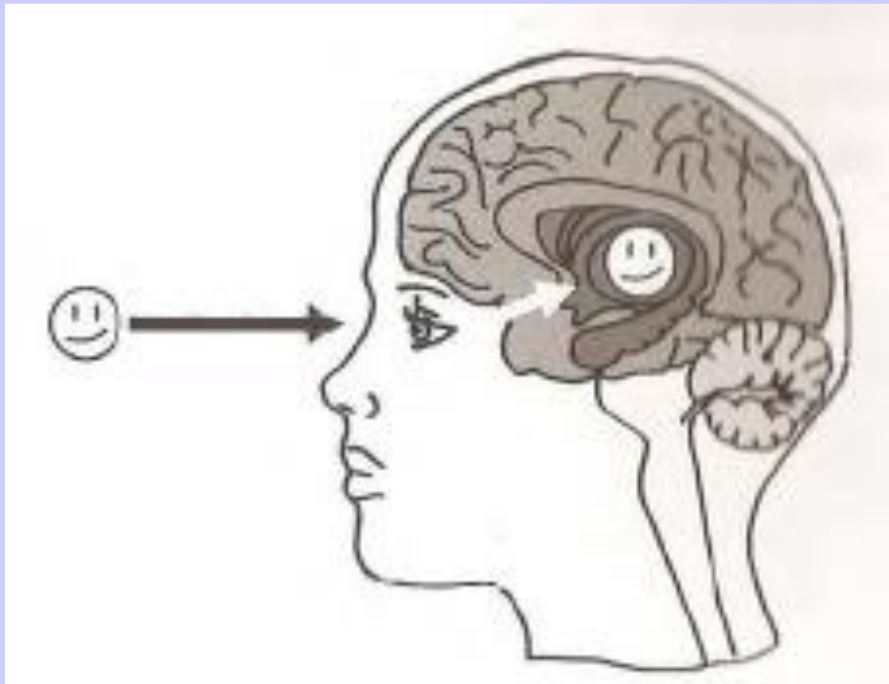


Sistema límbico: Memória de CURTO PRAZO (RAM)

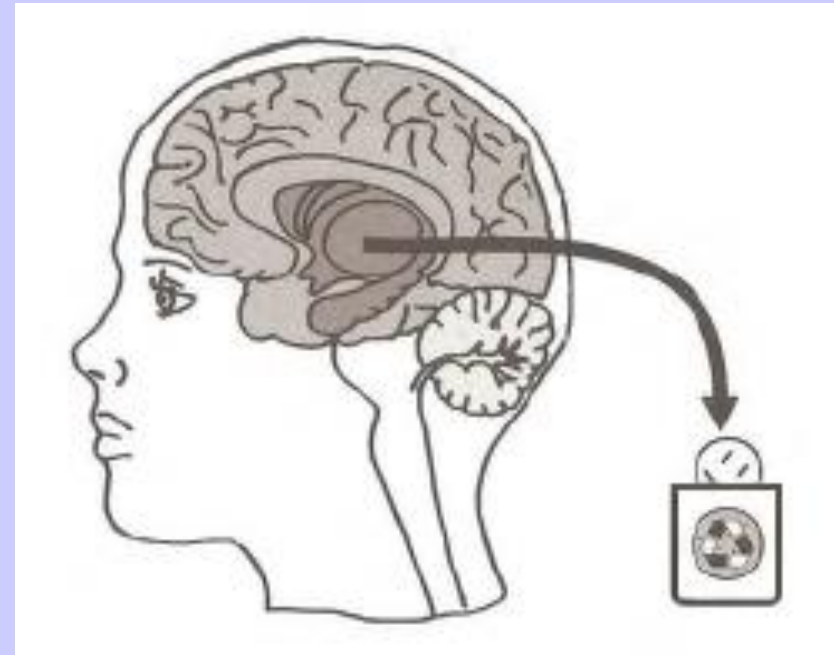
Córtex: Memória de LONGO PRAZO (HD)

Cérebro humano (simplificado)

“Escrever”



“Apagar”

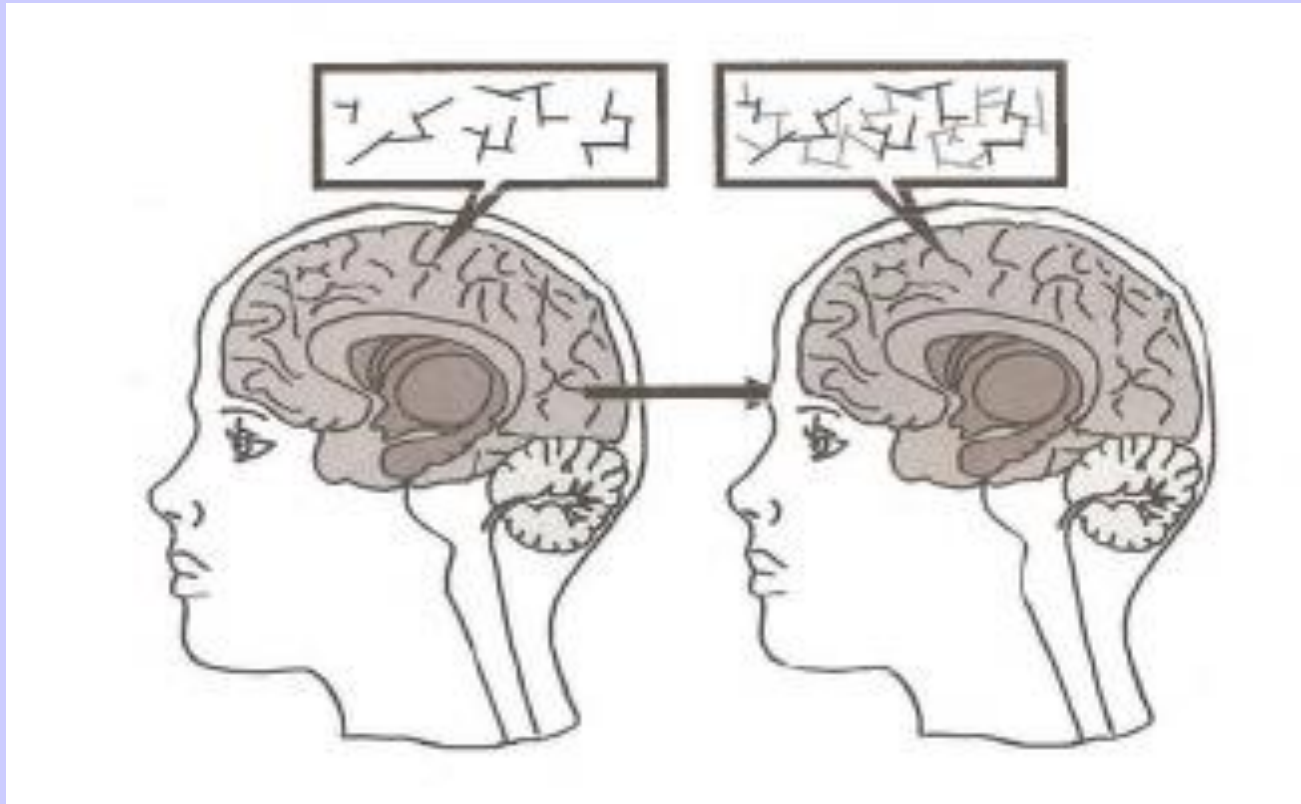


“Escrever” nesta RAM é muito fácil (visão, audição...)

“Apagar” é mais fácil ainda... (ex. número telefone...)

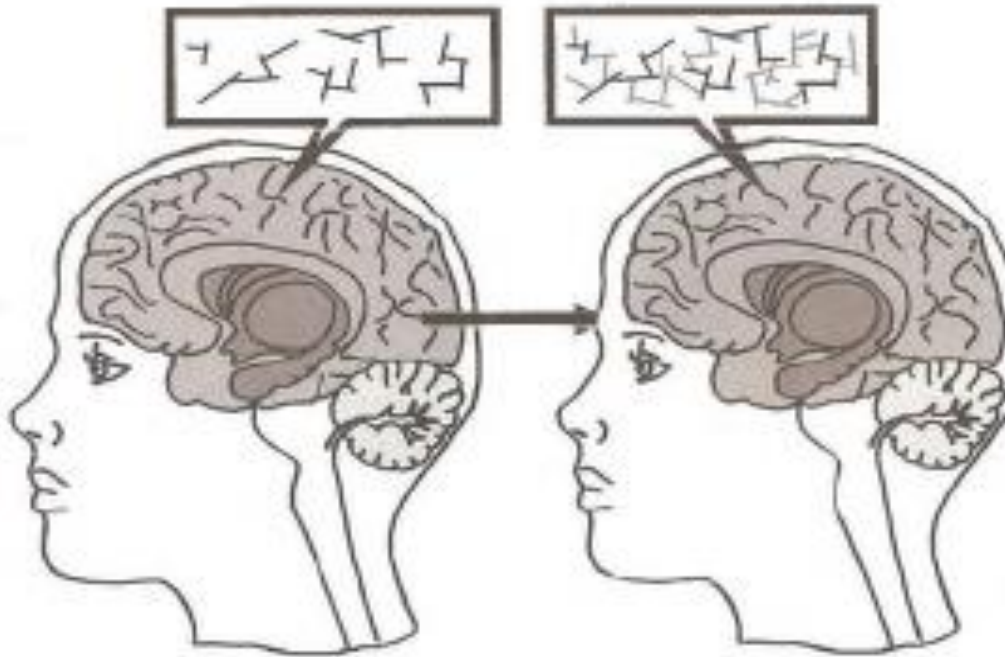
(cabe apenas algumas horas de informação e as informações dificilmente sobrevivem a uma noite de sono)

Cérebro humano (simplificado)



No HD (Córtex) cabe uma quantidade gigantesca de dados. Se alguém estudasse como louco 10 horas por dia todos os dias da sua vida, esgotaria a capacidade de processamento e armazenamento em 400 anos...)

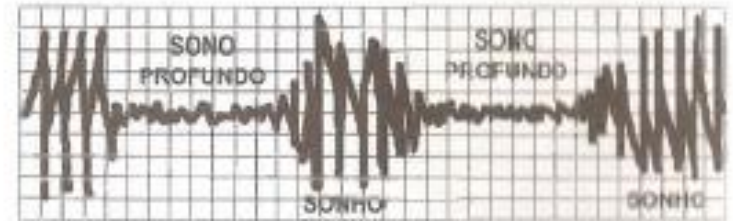
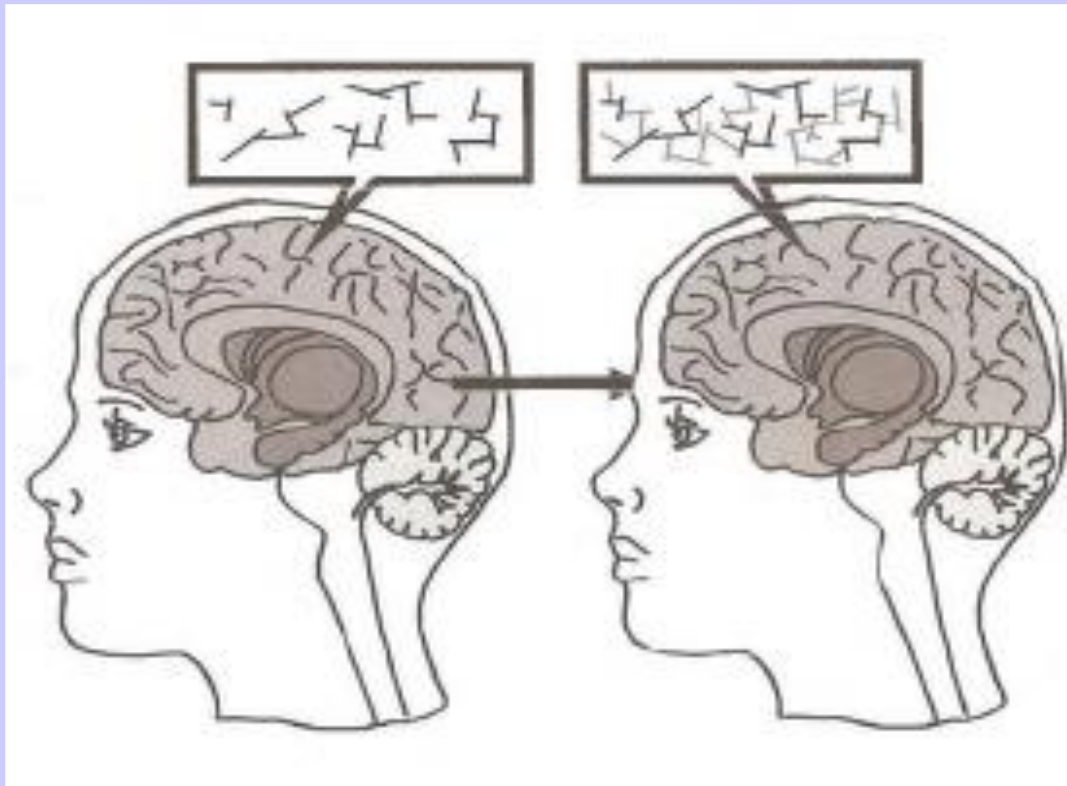
Cérebro humano (simplificado)



Armazenamento de dados no HD do cérebro (Córtex) requer alteração do circuito cerebral (alteração da ligação entre neurônios. Um conjunto de centenas ou milhares de neurônios forma uma rede neural)

Cérebro humano (simplificado)

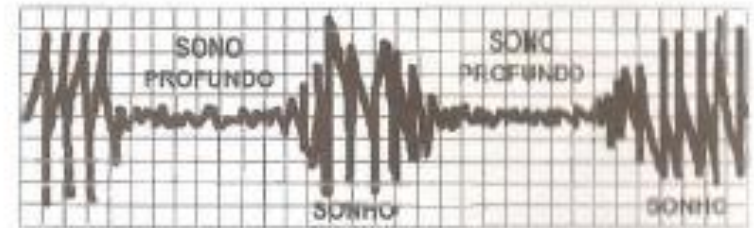
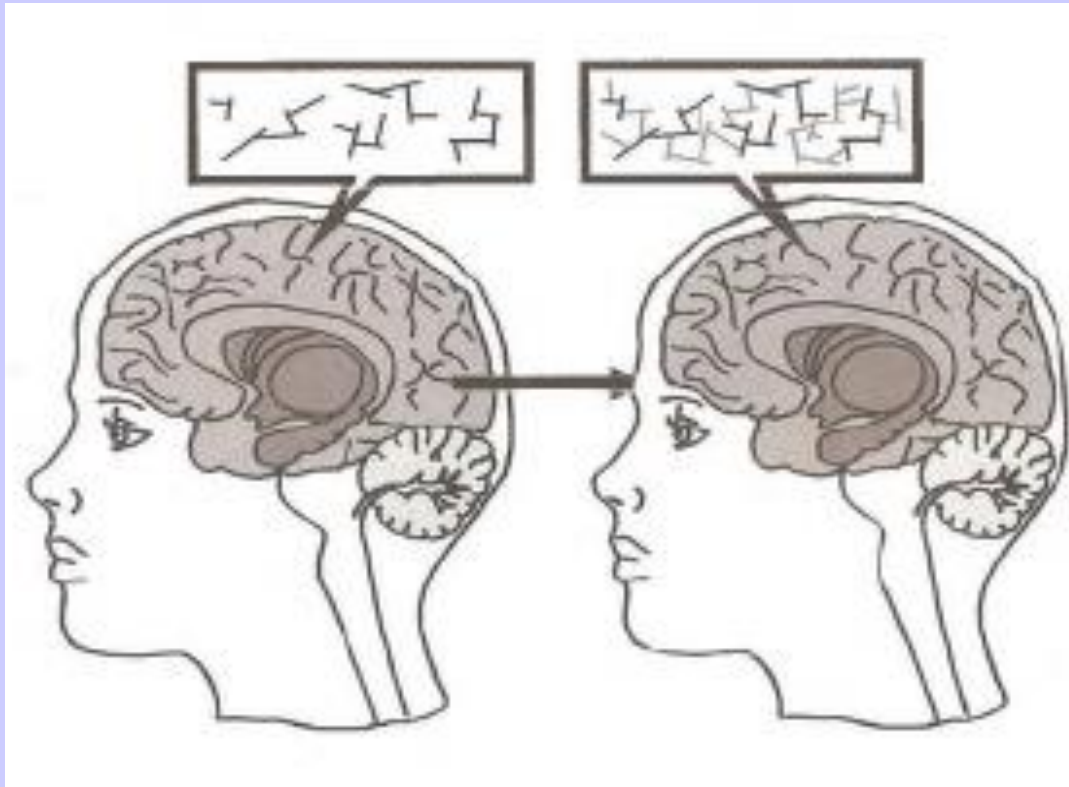
Armazenamento de dados no HD do cérebro (Córtex)



Este armazenamento de parte dos dados da RAM para o HD do cérebro ocorre durante o sono profundo

Cérebro humano (simplificado)

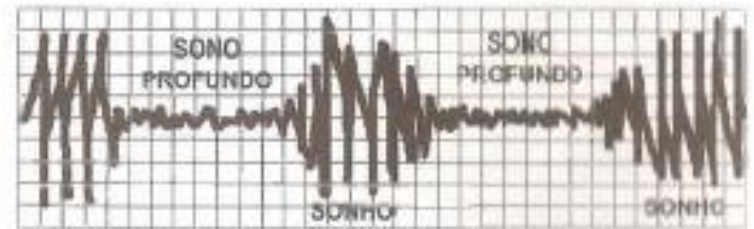
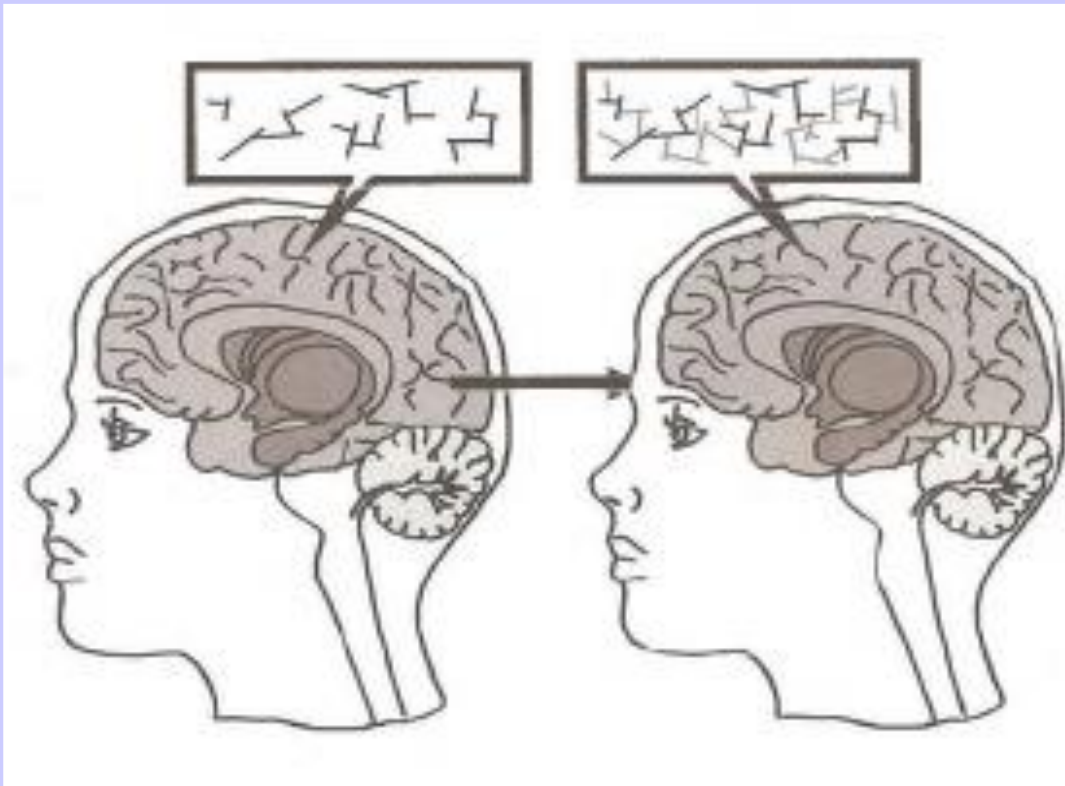
Que parte dos dados da RAM vai ser salva de forma permanente no HD do cérebro ?



Resposta: Aquela informação adquirida durante o dia, que fez de maneira alegre, prazerosa ou até muito triste, trágica, a **emoção associada** fará com que durante o sono noturno, ela seja gravada de **forma permanente**.

Cérebro humano (simplificado)

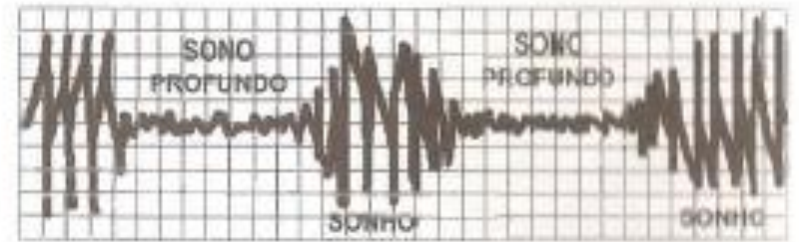
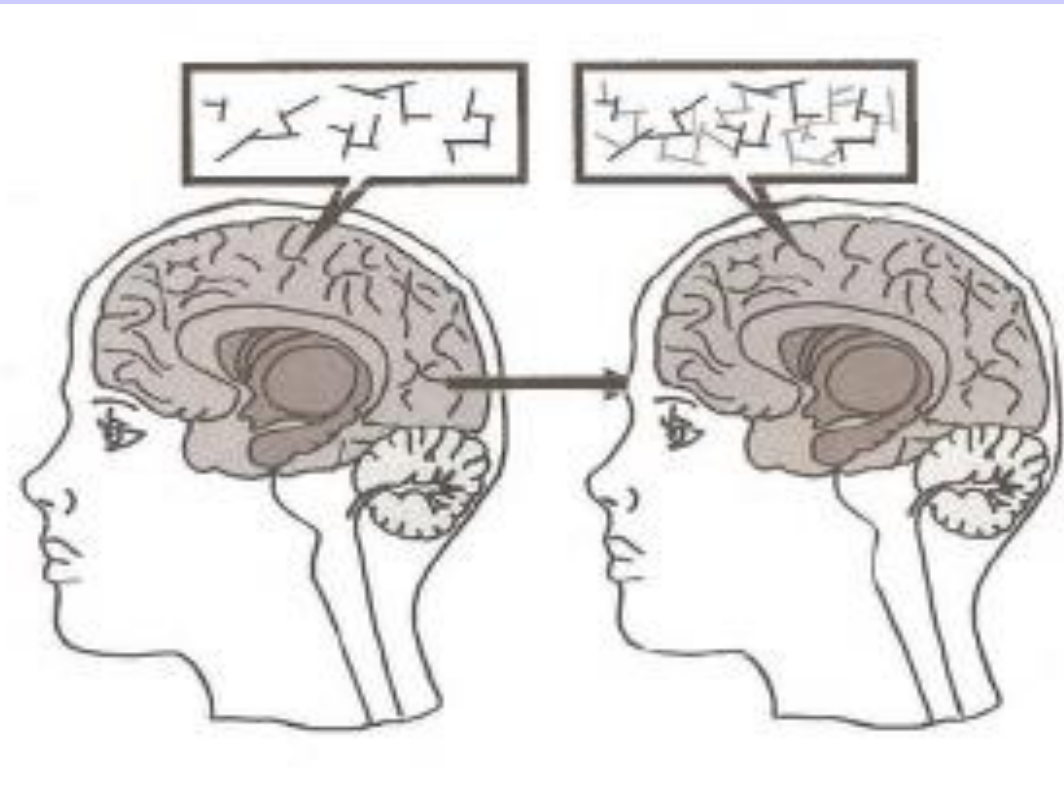
Que parte dos dados da RAM vai ser salva de forma permanente no HD do cérebro ?



Entretanto, se a informação foi recebida **com indiferença**, tédio, de maneira a não abala-lo nem positiva e nem negativamente, com certeza a informação **será descartada** durante a noite.

Cérebro humano (simplificado)

Que parte dos dados da RAM vai ser salva de forma permanente no HD do cérebro ?



Existe alguma forma de dizermos a nossa memória que parte ela deve reter sem recorrermos diretamente às emoções?

SIMMM! Basta darmos **mais atenção** às informações que o nosso cérebro deve reter. De que maneira? **Repetindo-a** ao longo do dia, **estudando antes ou depois da aula!**

RESUMINDO

Proposta de Aprendizagem:

- Estudar pouco mas na hora certa...
- Aprender mais (fixar de forma permanente)
- Não requer estudo na véspera da prova
- Aumentar tempo para atividades pessoais.

1. ENTENDER antes da aula, no menor tempo possível, o tema da aula.

2. APRENDER na sala de aulas junto com o professor e colegas.

Abordagens Tradicional e Ativas

E como fazer isso?

- Da forma tradicional, assistindo à aula e depois estudando (estudando, estudando, estudando, estudando...)
- Da forma ativa, estudando um pouco (bem pouco) antes da aula, de forma dirigida, e participando da aula em atividades não expositivas (e estudando muito menos depois).

O que é melhor?

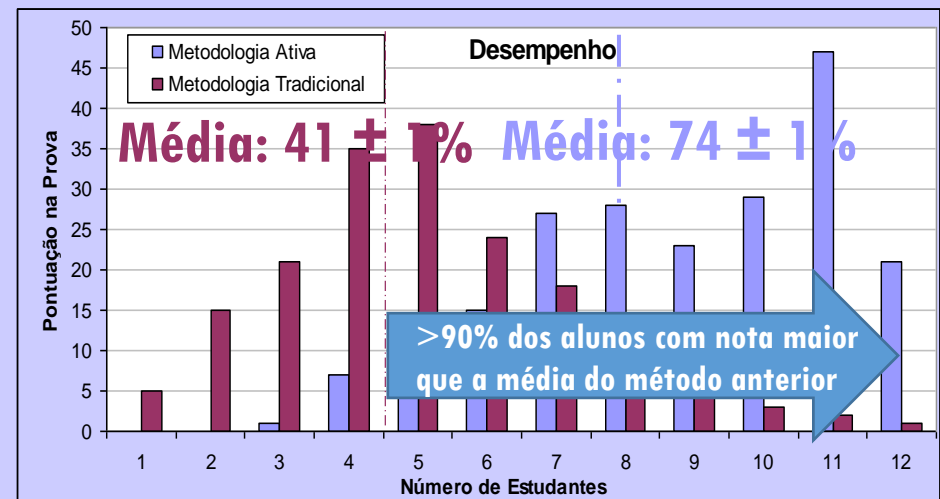
- As evidências científicas dizem o que é melhor:

Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class

SCIENCE VOL 332 13 MAY 2011

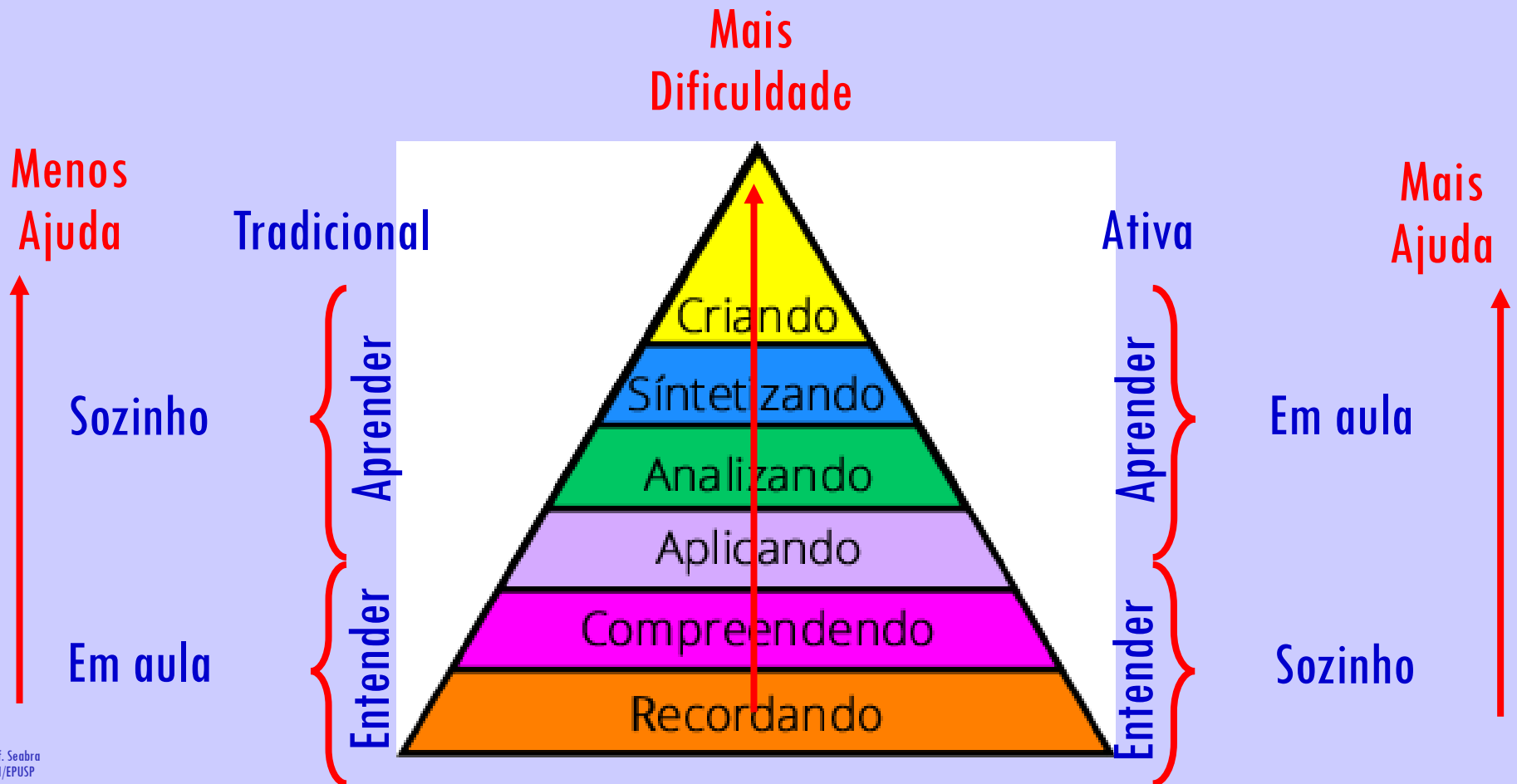
Louis Deslauriers,^{1,2} Ellen Schelew,² Carl Wieman*†‡

We compared the amounts of learning achieved using two different instructional approaches under controlled conditions. We measured the learning of a specific set of topics and objectives when taught by 3 hours of traditional lecture given by an experienced highly rated instructor and 3 hours of instruction given by a trained but inexperienced instructor using instruction based on research in cognitive psychology and physics education. The comparison was made between two large sections ($N = 267$ and $N = 271$) of an introductory undergraduate physics course. We found increased student attendance, higher engagement, and more than twice the learning in the section taught using research-based instruction.



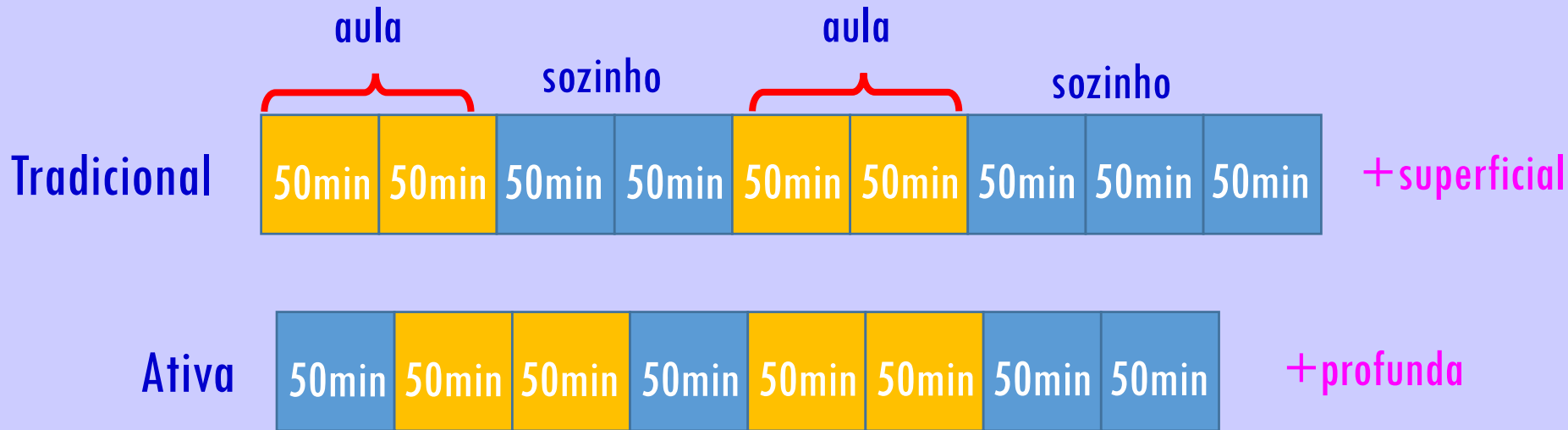
Abordagens Tradicional e Ativas

Objetivos Educacionais



Abordagens Ativas

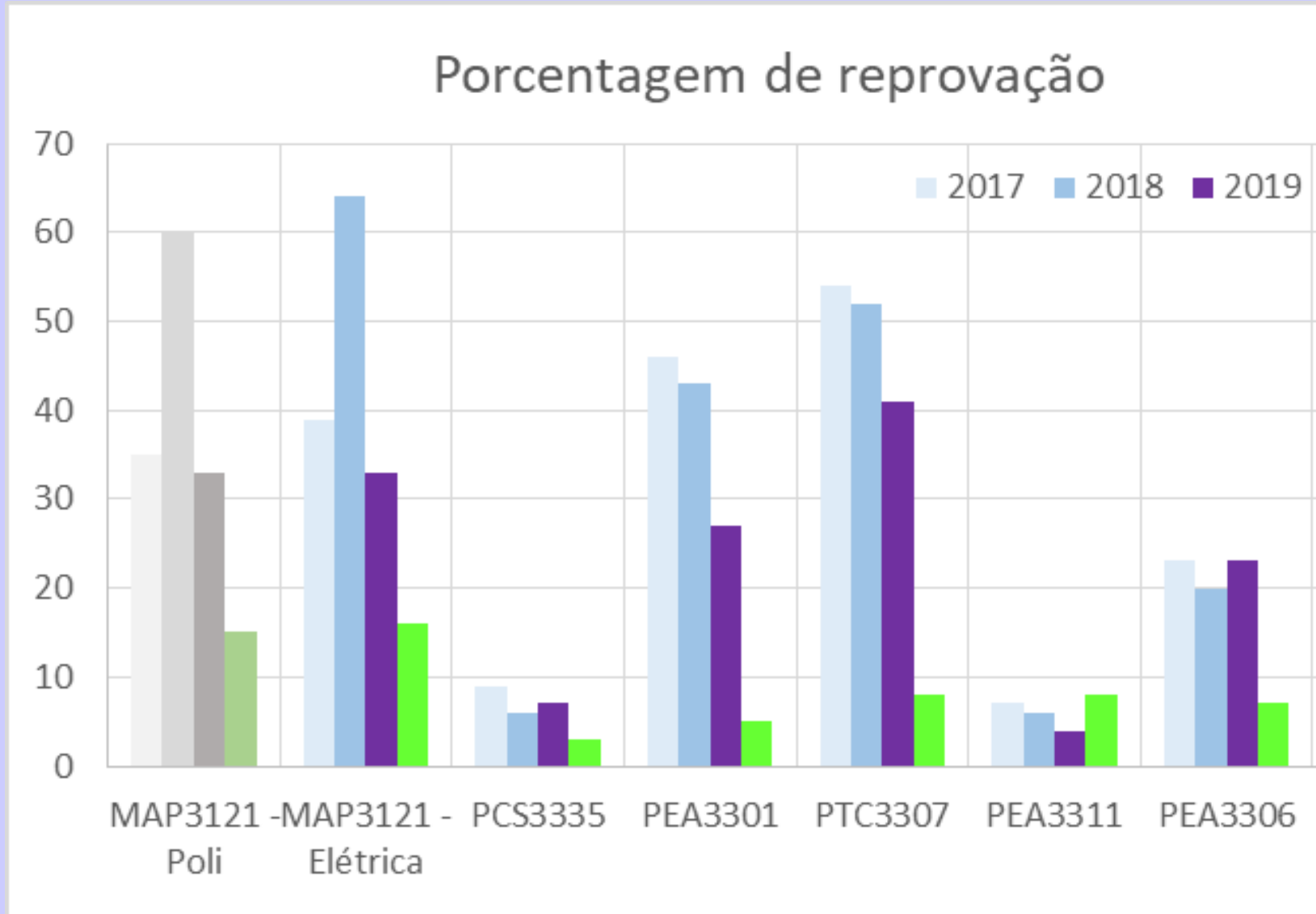
- Aproveita de forma muito mais eficiente o tempo de estudo fora e dentro da sala de aula



- Mas exige um compromisso mais forte do professor e dos alunos:
 - Professor: tem que preparar e disponibilizar o material com antecedência e tem que verificar antes da aula o que os alunos fizeram
 - Alunos: têm que se comprometer a ver o material (em média 25 minutos) antes da aula e fazer um questionário de 10 minutos

1ª Aula:

Desempenho no 3º semestre elétrica



Abordagem Ativa em nosso curso

- O que está feito
 - Todo material até a P1 já está disponibilizado no eDisciplinas
 - Dashboard disponível

PSI3321 - Google Chrome

Seguro | https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4201055/mod_resource/content/2/PSI3321-A01P1.html

Aulas ideais: As visões de Circuitos Elétricos e de Eletrônica

Aula01: Parte 1 (17')

- O AO visto em Circuitos Elétricos
- Notação de Eletrônica e de Circuitos
- Saturação no AO real

Amplificadores Operacionais

Alunos de PSI3321 entrem seu nusp@usp.br

Your email **PLAY**

Visitantes: entrem um e-mail de contato, por favor.

PSI3321

- Aula Sínc
- **P1 (12')**
- 1
 - E1 (15')
 - E2 (15')
- 2

Teste da Aula

Slides da Aula Fórum da Aula

Ativ. da Aula

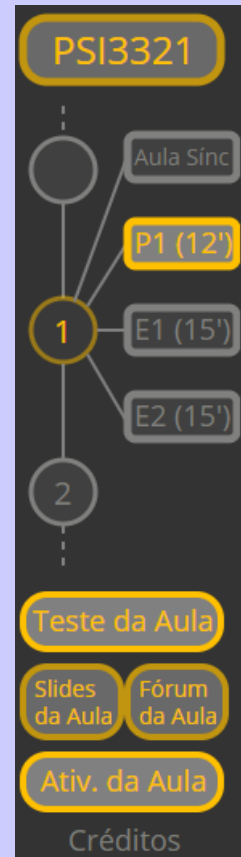
Créditos

Abordagem Ativa em nosso curso

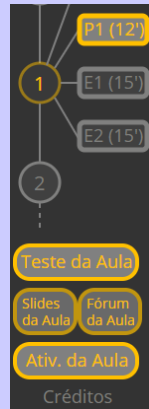
- O que vocês devem fazer antes da aula
 - Assistir os vídeos Px (não precisa assistir os Ex)

	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13
Px	17	41	62	41	13	13	31	21	38	18	16	39	49
Q	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tot	27	51	72	51	23	23	41	31	48	28	26	49	59
Média	41 min antes de cada aula												

- E na aula o que faremos?
 - Começaremos discutindo as respostas dos questionários
 - Farei pequenas exposições dos pontos que não ficaram claros
 - Faremos os exercícios das aulas semanais e outras atividades



Abordagem Ativa em nosso curso



- Fazer os testinhos (3 exercícios – 10 minutos)

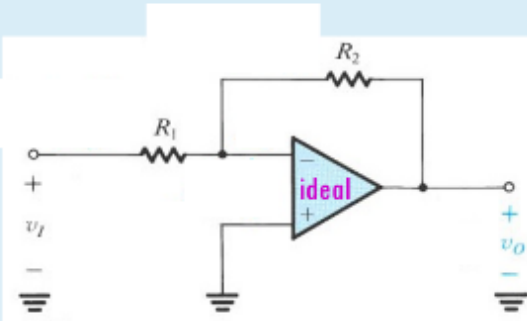
Qual o valor de μ (mi) em um amplificador operacional (AO) ideal? E de A?

Escolha uma:

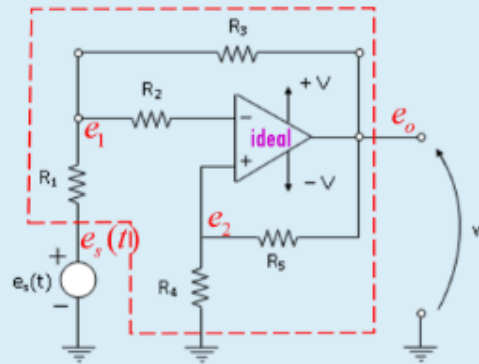
- a. -100 e $+100$
- b. $+100$ e -100
- c. $\rightarrow -\infty$ e $\rightarrow -\infty$
- d. $\rightarrow +\infty$ e $\rightarrow +\infty$

Verificar

Questão twitter (280 caracteres): O que podemos dizer a respeito da corrente no terminal de saída de um AO no circuito inversor abaixo? Ela é zero? Infinita? Se não, como calcular?



No caso deste exercício da figura abaixo podemos usar a "lei" do divisor de tensão entre e_o e e_2 . Porquê?



Escolha uma ou mais:

- a. Porque temos dois resistores (R_4 e R_5) em série
- b. Porque o ramo $V+$ não é uma carga para o divisor resistivo R_4 , R_5
- c. Porque a corrente $i+$ (ou $iV+$) é zero

Verificar

Robert Talbert, Ph.D.

Math | Technology | Education | Productivity

<http://rtalbert.org/>

FLIPPED LEARNING



A Guide for Higher Education Faculty

ROBERT TALBERT

Foreword by JON BERGMANN



O velho ditado chinês

Para saber o que fazer, basta lembrar um antigo provérbio chinês:



Se eu escuto...
esqueço!



Se eu vejo...
entendo!



Se eu FAÇO...
aprendo!

Proposta de Aprendizagem:

- Estudar pouco mas na hora certa...
- Aprender mais (fixar de forma permanente)
- Não requer estudo na véspera da prova
- Aumentar tempo para atividades pessoais.



CAPITULO 2

Amplificadores Operacionais

Aula 1

Eletrônica I – PSI3321

Programação para a Primeira Prova

Aula	Matéria	Cap./pág.	Testes agendados
1ª	Introdução, O primeiro Amp Op Comercial. Encapsulamento do Amp Op, O Amp Op ideal, Análise de circuitos com Amp Ops ideais. Exemplo 2.2	Cap. 2 p. 38-46	
2ª	Somador, Configuração não inversora, seguidor, amplificador de diferenças. Exercício 2.15	Sedra, Cap. 2 p. 46-53	Teste 01 7h30-7h45
3ª	Amplificador de instrumentação, Funcionamento dos Amp Ops Não-Ideais. Exemplo 2.3 e 2.4	Sedra, Cap. 2 p. 53-59	Teste 02 7h30-7h45
4ª	Operação dos Amp Ops em grande excursão de sinal, imperfeições cc, circuitos integrador e diferenciador. Exemplo 2.6.	Sedra, Cap. 2 p. 59-73	Teste 03 9h20-9h35
5ª	Diodo ideal, características do diodo real, equação de corrente do diodo, exercícios.	Sedra, Cap. 3 p. 89-96	Teste 04 7h30-7h45
6ª	Análise gráfica (reta de carga), modelos simplificados de diodos, exercícios	Sedra, Cap. 3 p. 96-99	Teste 05 9h20-9h35
7ª	Modelo para pequenos sinais, modelos de circuitos equivalentes para pequenas variações (próximas do ponto quiescente), exercícios (exemplos 3.6 e 3.7)	Sedra, Cap. 3 p. 100-103	Teste 06 7h30-7h45
8ª	Operação na região de ruptura reversa, diodo zener, Projeto de um regulador Zener, exercícios (exemplo 3.8)	Sedra, Cap. 3 p. 104-106	Teste 07 9h20-9h35
9ª	Diagrama de blocos de uma fonte de alimentação c.c., circuito retificador de meia onda, circuito retificador de onda completa com enrolamento secundário com tomada central, exercícios: 3.22.	Sedra, Cap. 3 p. 106-109	Teste 08 7h30-7h45
10ª	Circuito retificador em ponte. Circuito retificador de meia onda com o capacitor de filtro.	Sedra, Cap. 3 p. 109-111	Teste 09 9h20-9h35
11ª	Retificador de onda completa com capacitor de filtro, superdiodo. Exercícios (exemplo 3.9).	Sedra, Cap. 3 p. 112-115	Teste 10 7h30-7h45
12ª	Circuitos limitadores, circuitos grampeadores, dobrador de tensão, exercícios: 3.27, 3.28.	Sedra, Cap. 3 p. 115-118	Teste 11 9h20-9h35
13ª	Aula de Exercícios		

1ª Aula:

Estudo de Amplificadores Operacionais Encapsulamento e Amp Ops Ideais

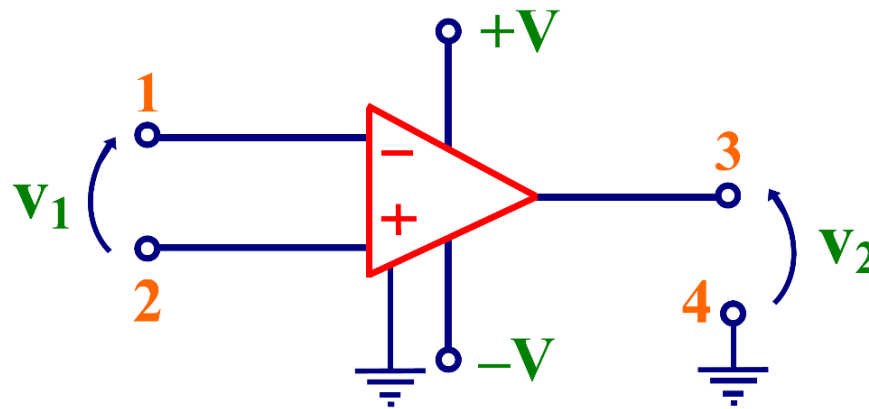
Ao final desta aula você deverá estar apto a:

- Diferenciar o Amp Op ideal de um Amp Op real
- Explicar o princípio de funcionamento do Amp Op do p de vista conceitual
- Identificar os terminais do Amp Op em encapsulamento
- Explicar os procedimentos para análise de circuitos empregando Amp Ops ideais e resistores

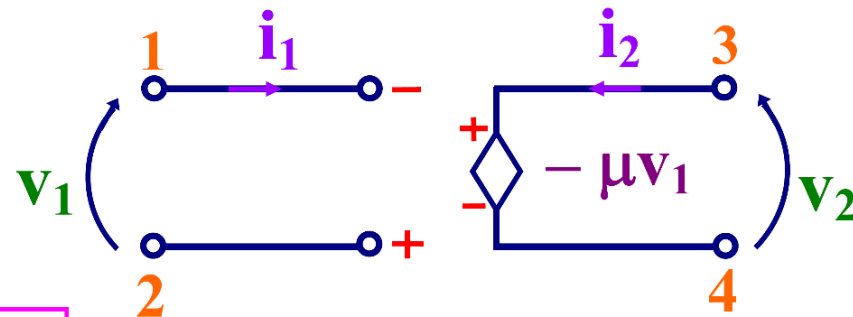
Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Amplificador Operacional



Modelo :



$$\begin{cases} v_2 = -\mu v_1 \\ i_1 = 0 \end{cases}$$

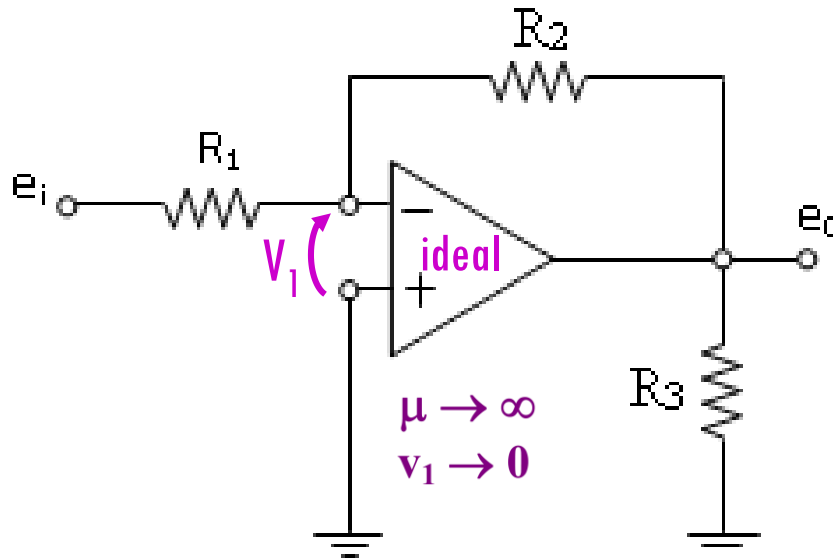
Amp-op ideal :

$$\mu \rightarrow \infty \quad v_1 \rightarrow 0$$

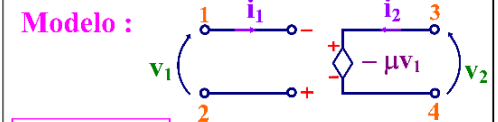
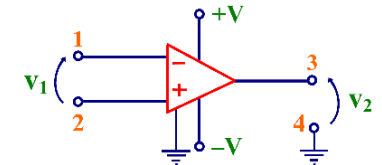
Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_0/e_i no circuito da Figura abaixo?



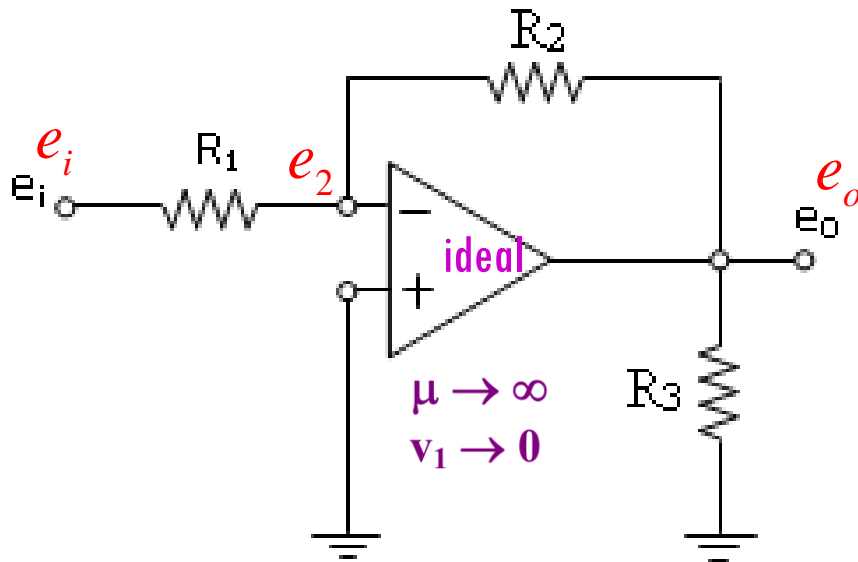
Amplificador Operacional



$$\begin{cases} v_2 = -\mu v_1 \\ i_1 = 0 \end{cases} \quad \text{Amp-op ideal :} \quad \begin{cases} \mu \rightarrow \infty \\ v_1 \rightarrow 0 \end{cases}$$

Amplificadores Operacionais

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito da Figura abaixo?



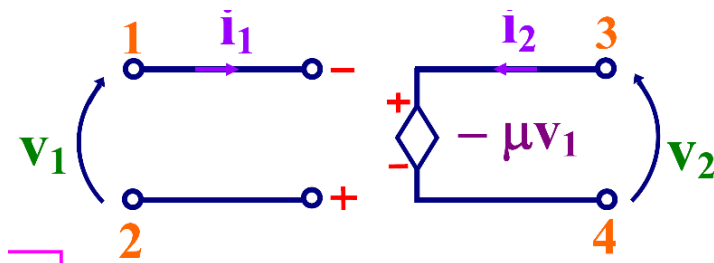
Análise nodal:

1ª LK:

$$\text{Nó } e_2: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) e_2 - \frac{1}{R_1} e_i - \frac{1}{R_2} e_o = 0$$

$$\text{Nó } e_3: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + ? \right) e_s - \frac{1}{R_2} e_2 - ? = 0$$

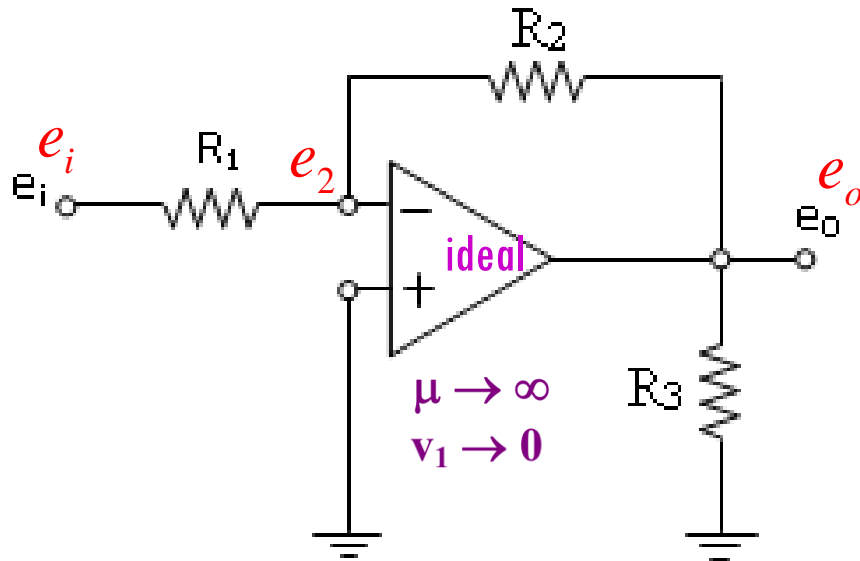
$$e_o = -\mu e_2 \quad (\mu \rightarrow \infty)$$



Como e_o é finito e_2 é zero!

Amplificadores Operacionais

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito da Figura abaixo?



Assim, 1ª LK:

$$\text{Nó } e_2: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) e_2 - \frac{1}{R_1} e_i - \frac{1}{R_2} e_o = 0$$

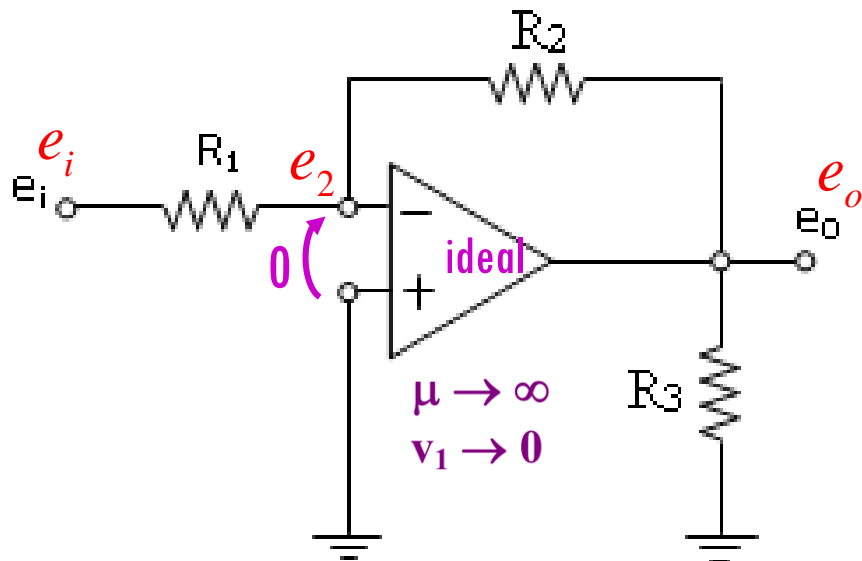
$$\text{E portanto: } -\frac{1}{R_1} e_i - \frac{1}{R_2} e_o = 0$$

$$\text{Ou: } -\frac{1}{R_1} e_i = \frac{1}{R_2} e_o$$

$$\boxed{\frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1}}$$

Amplificadores Operacionais

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito Figura abaixo?



Amplificadores Operacionais

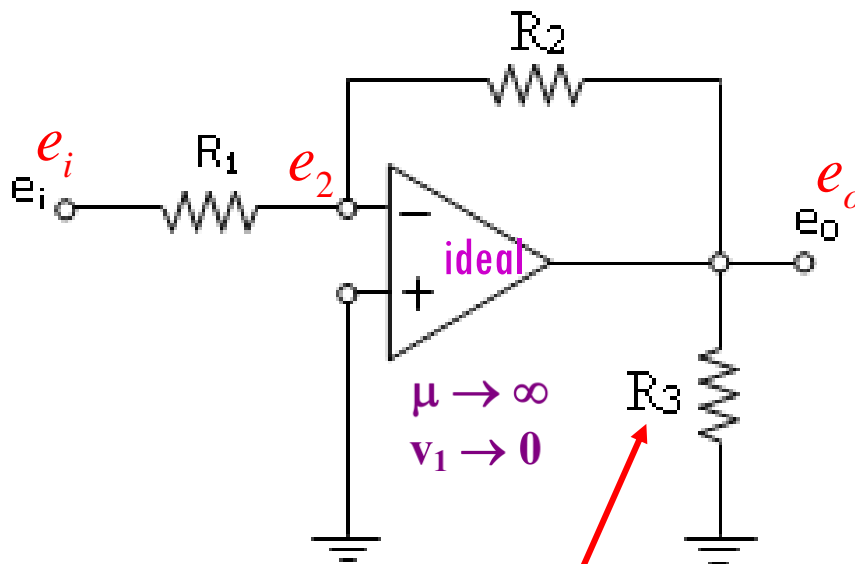
Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito da Figura abaixo?

$$\frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

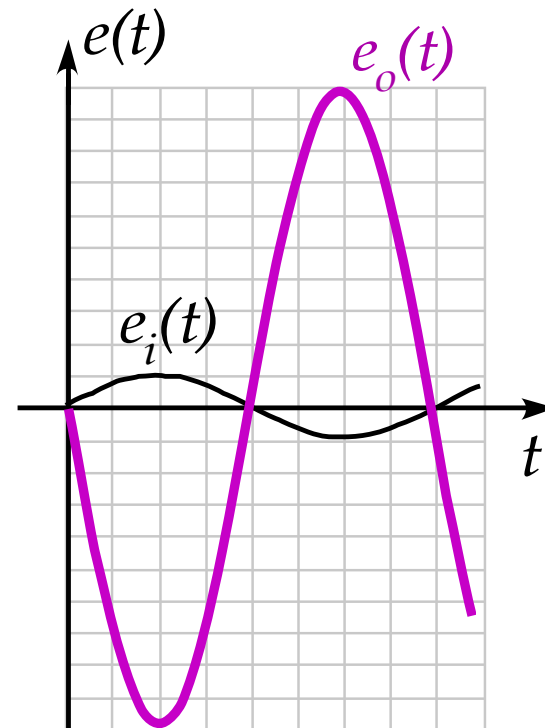
O que isso quer dizer?

Imagine $R_1 = 1\text{k}\Omega$ e $R_2 = 10\text{k}\Omega$

$$e_o = -\frac{R_2}{R_1} e_i = -10 e_i$$

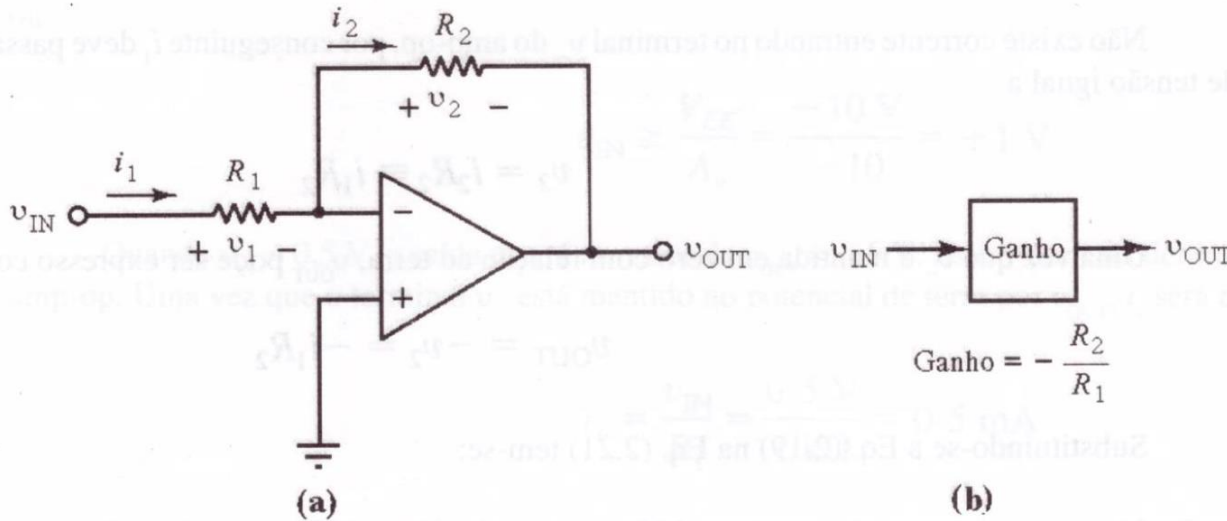


Depende do valor de R_3 ?



Amplificadores Operacionais

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito da Figura abaixo?



Para que se compreenda a operação deste circuito, suponha que o amp-op comece na condição de “repouso” com v_{IN} e v_{OUT} iguais a zero. Se uma tensão positiva é aplicada em v_{IN} , a tensão no terminal v_- irá aumentar, forçando v_{OUT} a se tornar negativo. O aumento negativo em v_{OUT} irá atuar no sentido de retornar v_- para zero, visto que v_{IN} e v_{OUT} aparecem nos lados opostos de um divisor de tensão formado por R_1 e R_2 . O “ponto pivô” central deste divisor de tensão é o terminal v_- . No equilíbrio, v_{OUT} será negativamente grande o suficiente para “balancear” o v_{IN} positivo aplicado. A situação pode ser resumida pelo diagrama do circuito da Fig. 2.8 que mostra as conexões entre v_{IN} , v_- e v_{OUT} . Pela superposição,

$$v_- = v_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + v_{OUT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.16)$$

componente de v_- devido a v_{IN} componente de v_- devido a v_{OUT}

Amplificadores Operacionais

Exercício 1: (Circuitos I, lista 2ª prova) Supondo o AO ideal, qual a relação e_o/e_i no circuito da Figura abaixo?

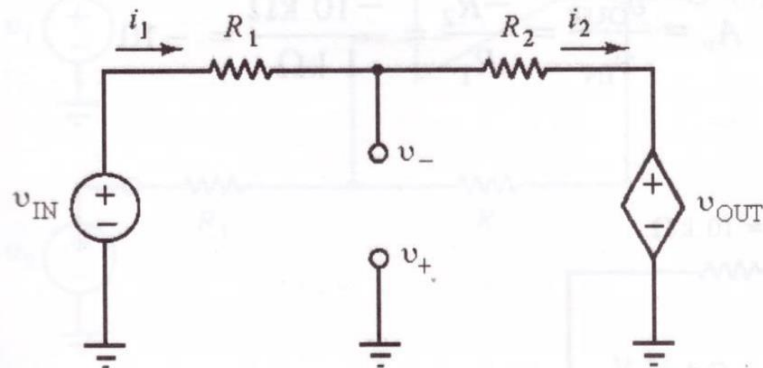
A condição de “equilíbrio” com $v_- = 0$ será obtida quando

$$v_{OUT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + v_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0 \quad (2.17)$$

isto é, quando

$$v_{OUT} = \frac{-R_2}{R_1} v_{IN} \quad (2.18)$$

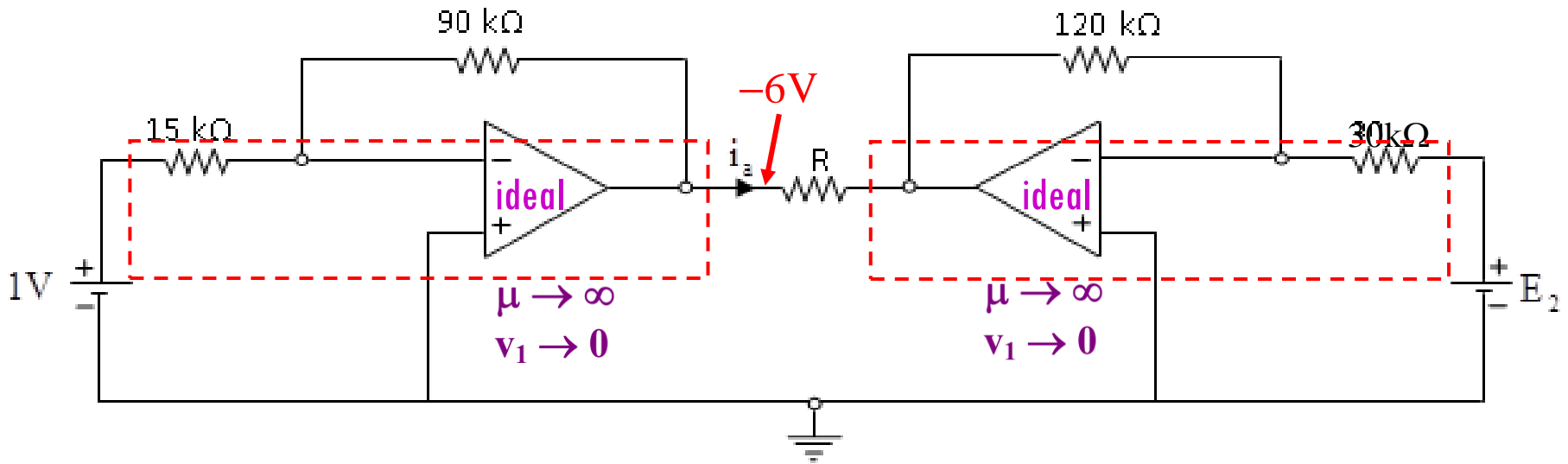
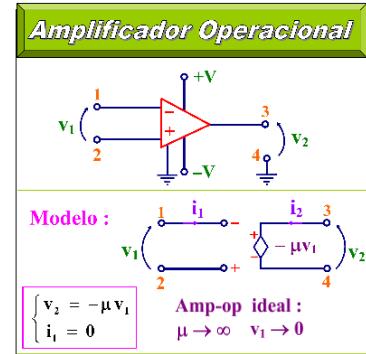
A quantidade $-\frac{R_2}{R_1}$ constitui o ganho de tensão em malha fechada do amplificador para v_{IN} positivo ou negativo.



Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Exercício 2: Qual o valor de E_2 para $i_3 = 0$?



$$\frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{90\text{k}}{15\text{k}} = -6$$

$$\frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{120\text{k}}{30\text{k}} = -4$$

$$e_o = -6e_i = -6 \times 1\text{V} = -6\text{V}$$

$$e_o = -4e_i = -4E_2$$

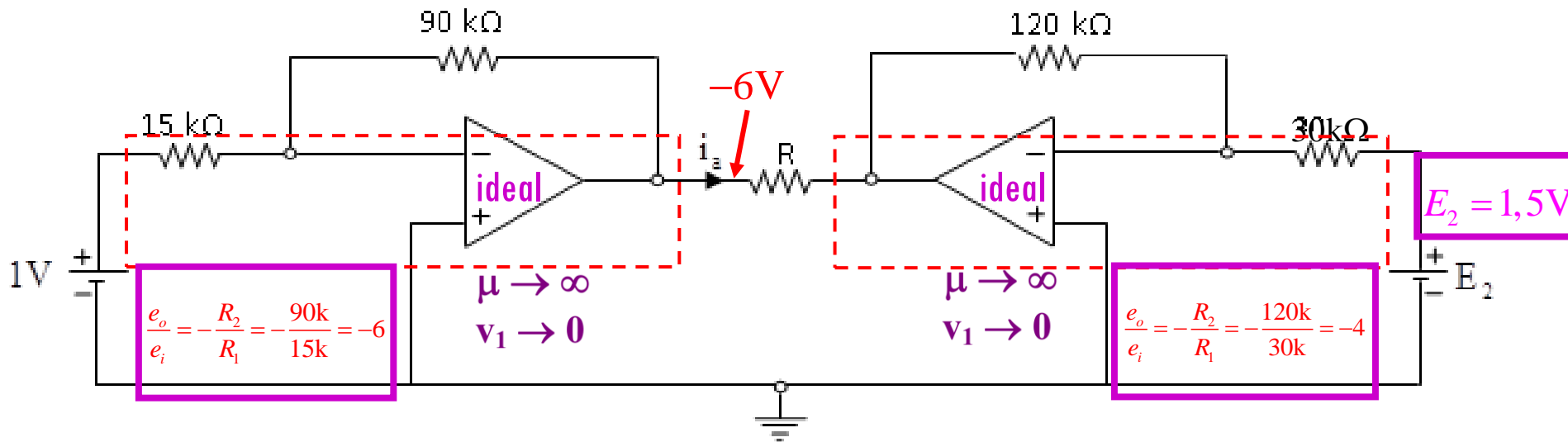
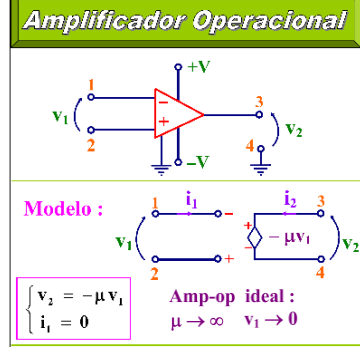
$$i_3 = 0 \rightarrow (e_3 - e_4) / R = 0 \rightarrow (-6 - (-4E_2)) = 0$$

$$6 = 4E_2 \rightarrow E_2 = 1.5\text{V}$$

Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Exercício 2: Qual o valor de E_2 para $i_3 = 0$?



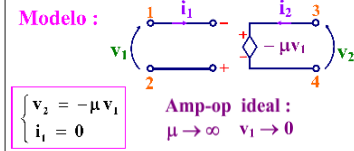
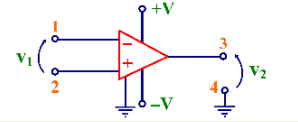
O que aprendemos neste exercício:

- Que não precisamos aplicar diretamente a análise nodal
- Que podemos identificar relações entre grandezas (“entradas” e “saídas”) e aplicar diretamente essas relações.
- Em circuitos com AOs IDEAIS podemos partir das relações p/ os AOs e aplicar análise nodal de maneira simplificada

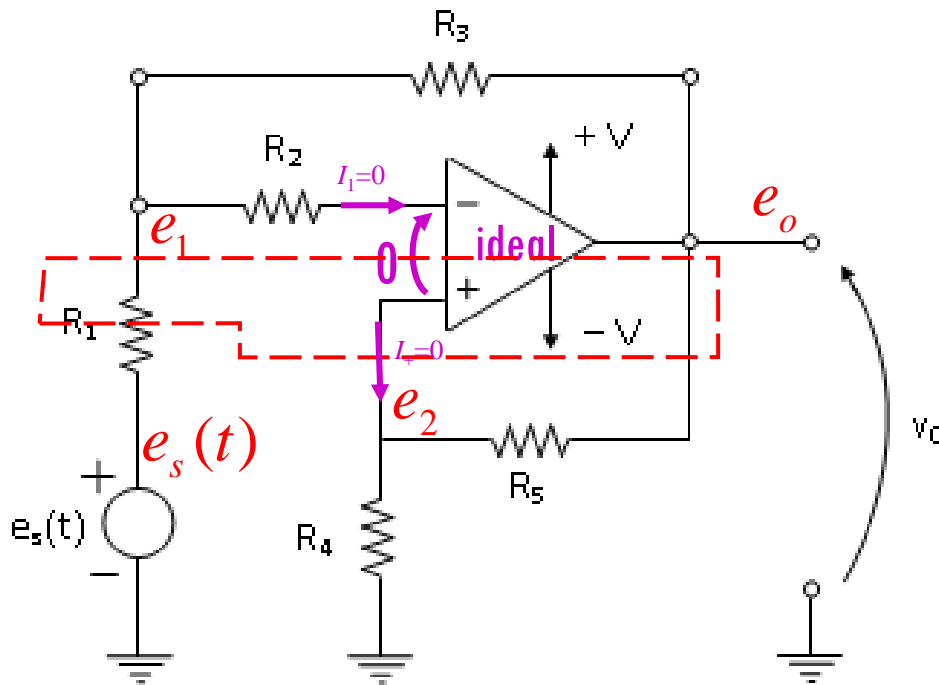
Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Amplificador Operacional



Exercício 3: A tensão de saída v_0 pode ser escrita como $v_0 = B e_s$ onde B é uma constante, cujo valor depende dos R_s . Para $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$ e $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, determine o valor de B .



Um possível caminho de análise:

- Usando as propriedades do AO IDEAL

$$I_+ = 0$$

- Relação entre e_0 e e_2 ?

- Divisor resistivo pois $I_+ = 0$!!!!

$$e_2 = e_0 \frac{R_4}{R_4 + R_5}$$

- 1ª LK em e_1 :

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) e_1 - \frac{1}{R_1} e_s(t) - \frac{1}{R_2} e_2 - \frac{1}{R_3} e_0 = 0$$

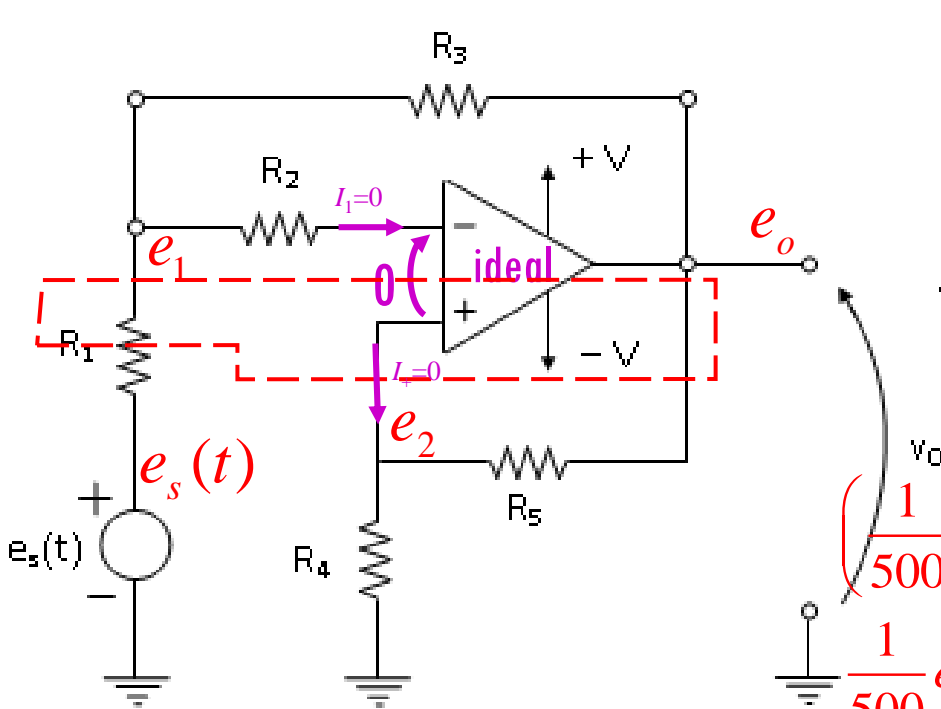
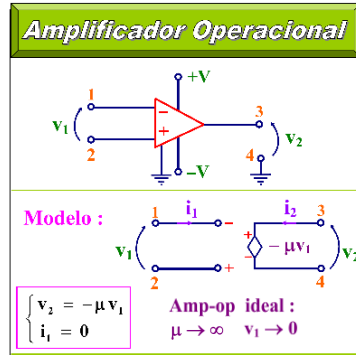
- Inspeccionando, $e_1 = e_2$!!!!!

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) e_2 - \frac{1}{R_1} e_s(t) - \frac{1}{R_3} e_0 = 0$$

Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Exercício 3: A tensão de saída v_o pode ser escrita como $v_o = B e_s$ onde B é uma constante, cujo valor depende dos R_s . Para $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$ e $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, determine o valor de B .



$$e_2 = e_o \frac{R_4}{R_4 + R_5}$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) e_2 - \frac{1}{R_1} e_s(t) - \frac{1}{R_3} e_o = 0$$

- Logo,

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) e_o \frac{R_4}{R_4 + R_5} - \frac{1}{R_1} e_s(t) - \frac{1}{R_3} e_o = 0$$

$$\left(\frac{1}{500} + \frac{1}{1000} \right) e_o \frac{2000}{2000 + 1000} - \frac{1}{500} e_s(t) - \frac{1}{1000} e_o = 0$$

$$\frac{1}{500} e_o - \frac{1}{500} e_s(t) - \frac{1}{1000} e_o = 0$$

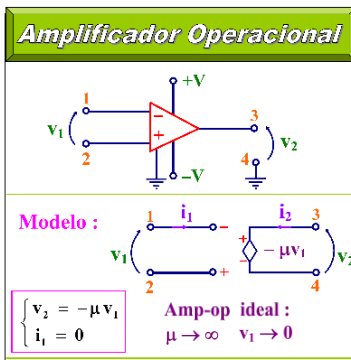
$$\frac{1}{1000} e_o - \frac{1}{500} e_s(t) = 0$$

$$\boxed{\frac{e_o}{e_s(t)} = 2}$$

Amplificadores Operacionais

Viram em Circuitos Elétricos I – Bloco 4 (e II)

Exercício 3b: Se $B = 3$ e $V = 10V$, qual o valor máximo de $e_s(t)$ antes da saída e_o saturar?



$$B = 3!!! \quad \frac{e_o}{e_s(t)} = 3$$

$$e_{o\max} = +V = +10V$$

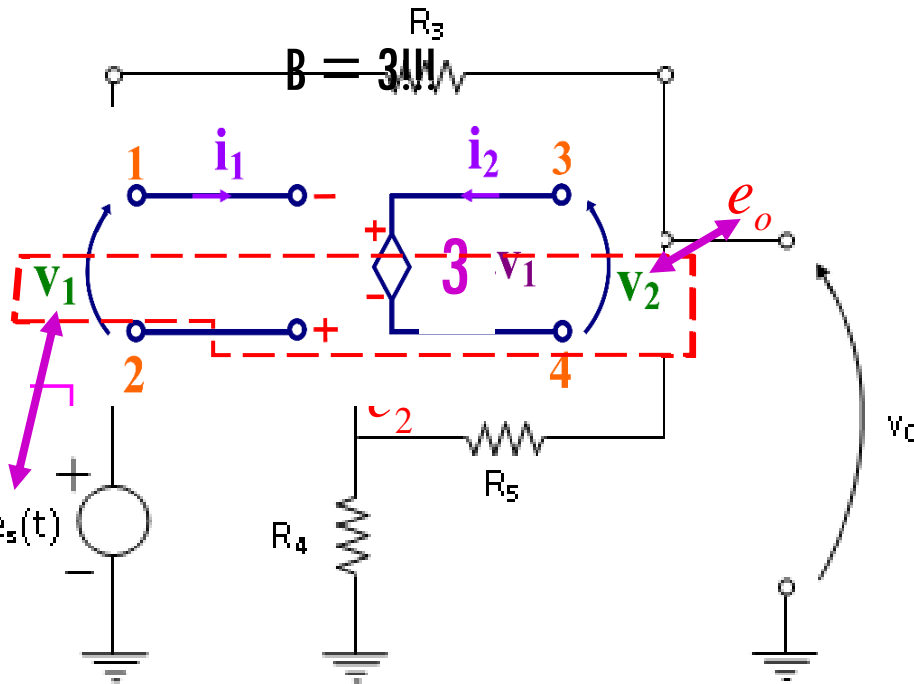
$$\frac{e_o}{e_s(t)} = 3 \rightarrow e_s(t) = \frac{e_{o\max}}{3} = \frac{10}{3} = +3,33V$$

$$e_{o\min} = -V = -10V$$

$$\frac{e_o}{e_s(t)} = 3 \rightarrow e_s(t) = \frac{e_{o\min}}{3} = \frac{-10}{3} = -3,33V$$

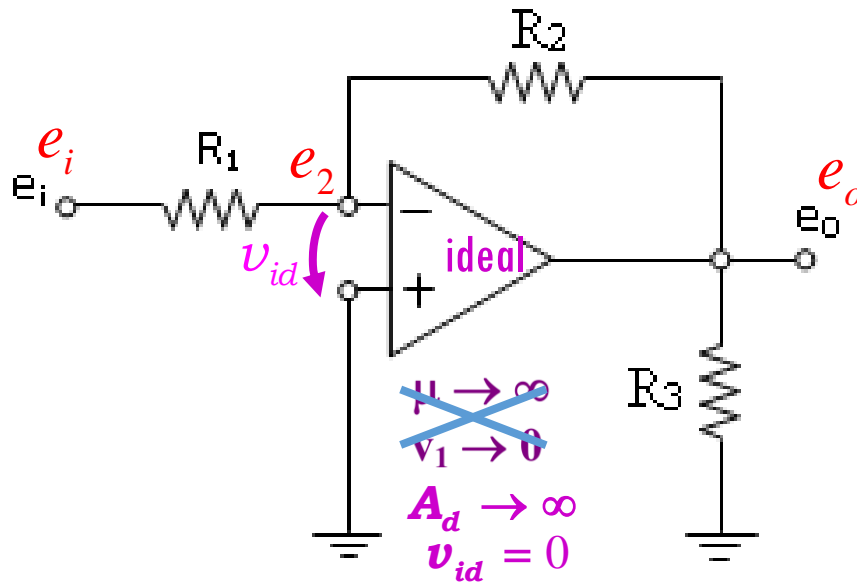
- Logo,

$$-3,33V < e_s(t) < +3,33V$$



0 Amplificador Inversor (A.O. Ideal)

Vimos que:

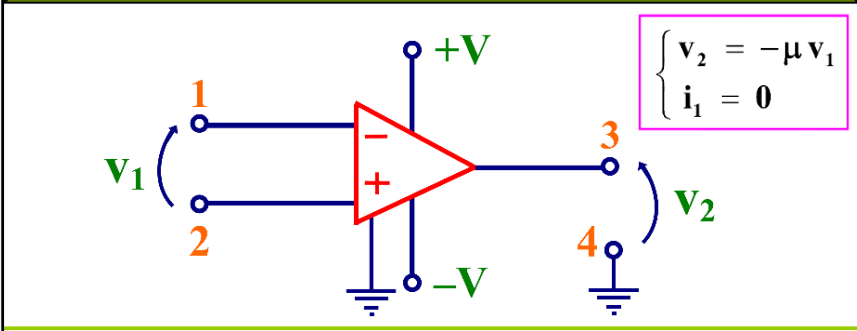


$$\frac{e_o}{e_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

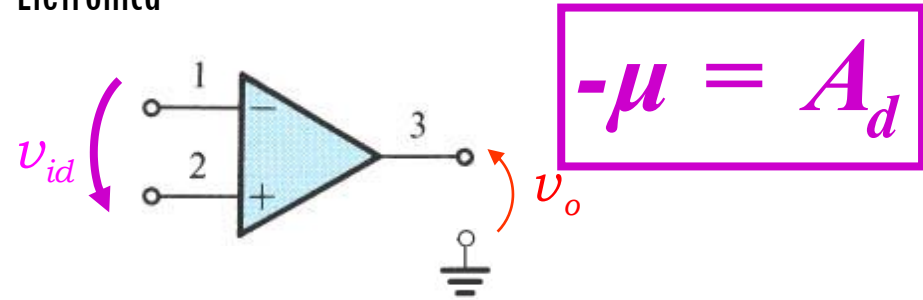
Podemos extrapolar!

Amplificadores Operacionais

Circuitos elétricos

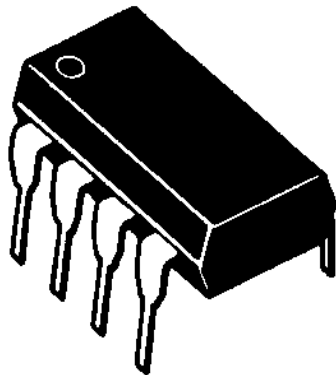


Eletrônica

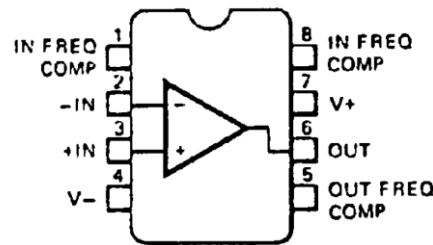


$$v_{id} = v_+ - v_- = v_2 - v_1$$

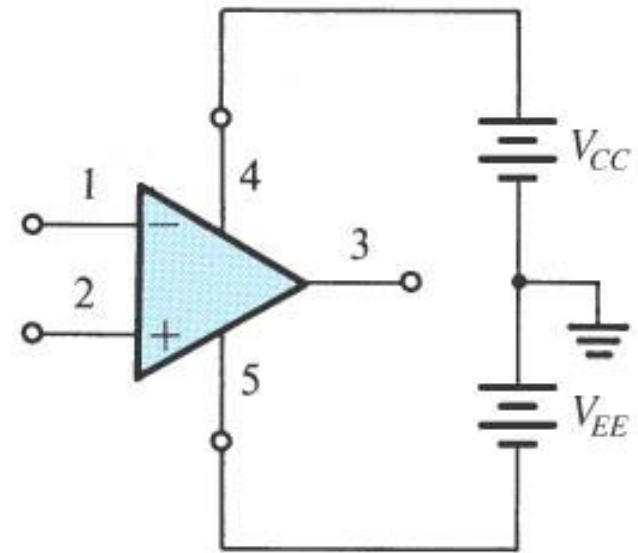
$$v_O = A_d \cdot v_{id} = A_d (v_2 - v_1)$$



8-PIN MINI DIP
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 9T
PACKAGE CODE T



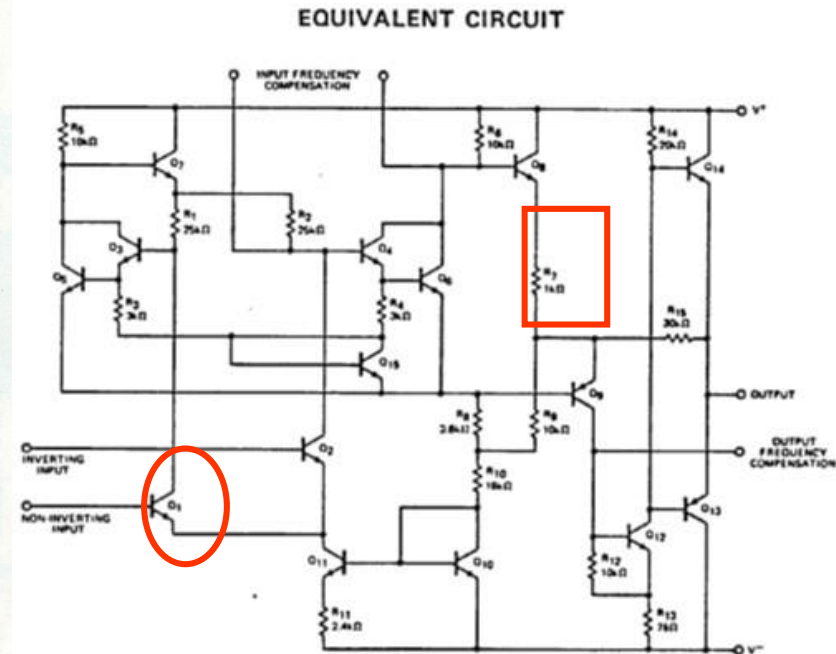
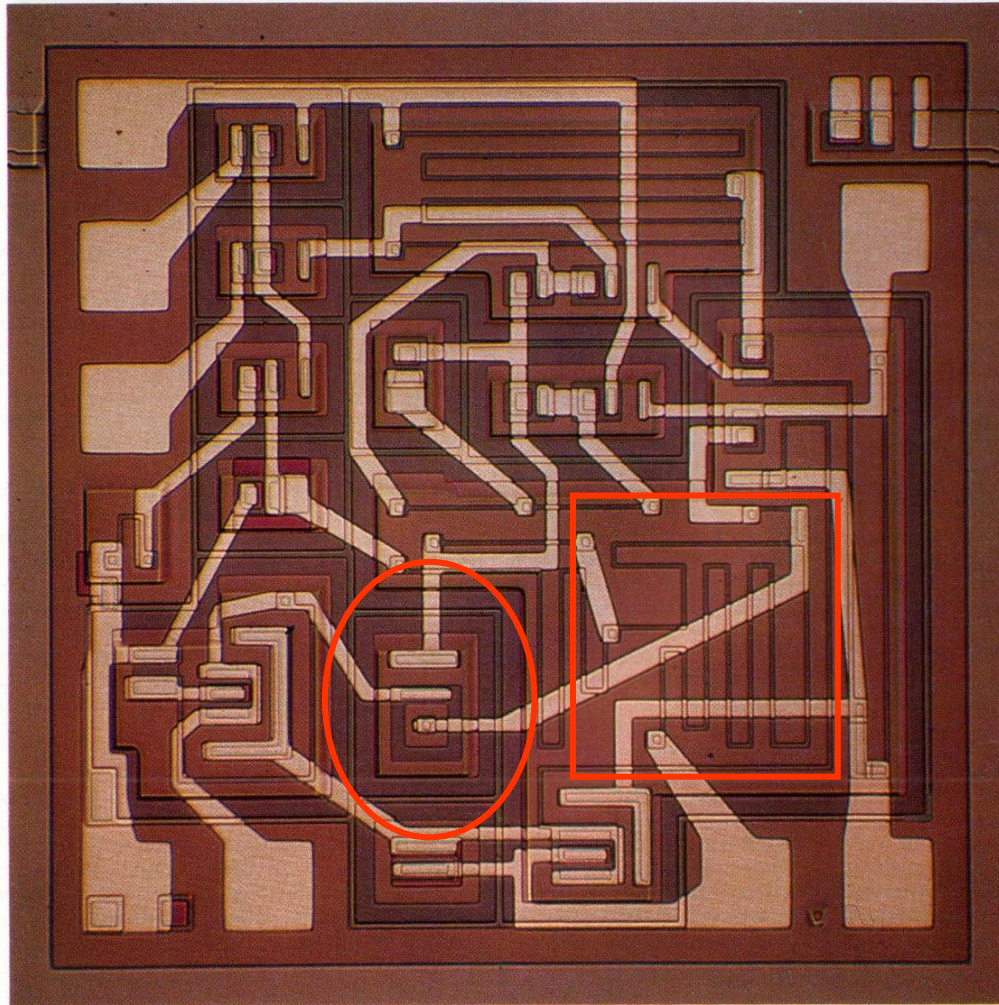
ORDER INFORMATION
TYPE PART NO.
 μ A709C μ A709TC



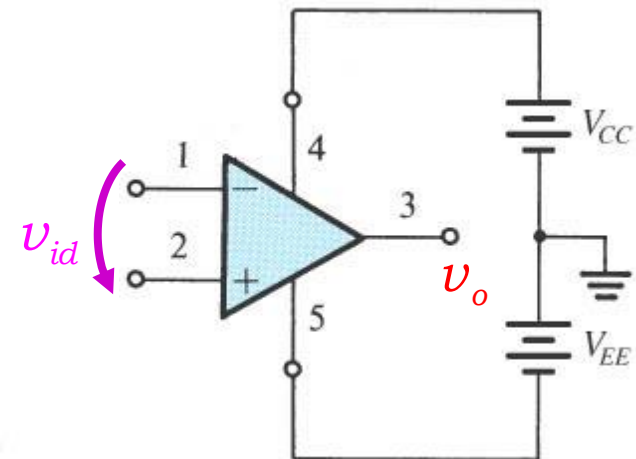
(b)

Amplificadores Operacionais (μA 709)

3mm x 3mm



Amplificadores Operacionais ($\mu A 709$)



EQUIVALENT CIRCUIT

