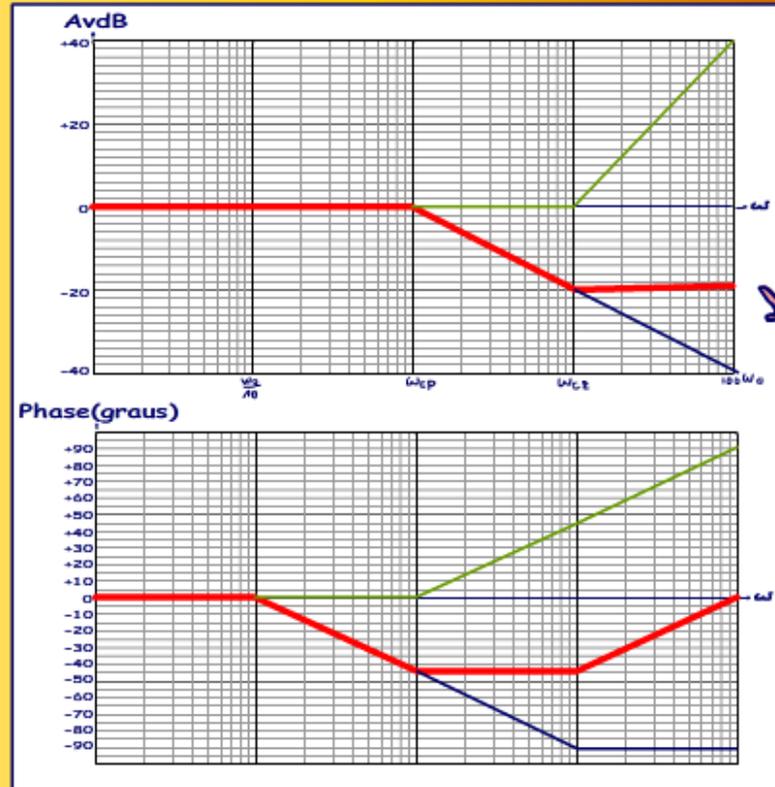


**Se você souber  
analisar, não  
vai  
desequilibrar  
as fases e não  
vai cair**



## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)



The image shows a screenshot of the website [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com). The website header includes the logo 'bairrospd' and the text 'BAIRROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a green banner with the text 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIRROSPD.COM'. The main content area features a navigation menu with links for 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. A prominent yellow banner reads 'APRENDA A LER RESISTORES'. Below this, there is a cartoon illustration of a man in a white lab coat and a woman in a blue dress, with a small robot character. To the right of the illustration, there is a search bar and a text box that says 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.' At the bottom of the screenshot, there is a blue banner with the text 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIRROS?' and a 'CLIQUE AQUI!' button.

**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairros

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

[https://www.youtube.com/channel/UC\\_tfxnYdBh4IbiR9twtptPA](https://www.youtube.com/channel/UC_tfxnYdBh4IbiR9twtptPA)

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.  
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### Sumário

1	BODE- Veja como desenhar a defasagem de forma simples .....	3
1.1	As curvas de BODE com a fase .....	7
1.2	Fase no polo. ....	10
1.3	Fase no zero.....	18
1.4	A fase do polo na origem. ....	22
1.5	O zero na origem. ....	26
1.6	Exemplo. ....	30
1.7	Conclusão.....	41
1.8	Créditos.....	43

**BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)**

## **1 BODE-VEJA COMO DESENHAR A DEFASAGEM DE FORMA SIMPLES USANDO AS CURVAS DE BODE (PARTE 02)**

Simmmm, eu sou o professor Bairros e no tutorial de hoje nós vamos ver....

BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Nesse tutorial eu vou mostrar como desenhar a defasagem de um circuito em função da frequência, esse é mais um tema da análise de circuitos AC usando as curvas de BODE.

**Seu amplificador está oscilando?  
Não deixe cair, mantenha a fase.**



# BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Figura 1

Conhecer o comportamento da fase em um circuito AC é importante para determinar e corrigir problemas de instabilidade de um circuito,



## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Figura 2

e se o circuito ficar instável, você pode cair e o amplificador começa a oscilar sozinho, começa a zumbir, apitar, gritar e faz sons estranhos.

Então vamos ver como analisar a fase de um circuito ac, vamos lá!



Figura 3

## **BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)**

Assuntos relacionados.

BODE- Introdução ao método Bairros para levantar as curvas (PARTE 01)

YOUTUBE: <https://youtu.be/1lc-YPe6SO0>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS  
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

YOUTUBE: <https://youtu.be/eYxJC3Hw-N8>

Curvas de Bode, curvas da amplitude no gráfico de Bode, gráfico de Bode, resposta em frequência, análise de circuitos ac, fase em circuitos ac, gráfico da fase, fase no gráfico de Bode, fase nas curvas de Bode, ganho de tensão em função da frequência, variação da fase em função da frequência, defasagem, defasagem em circuitos ac, filtros, análise de filtros,

# BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

## 1.1 AS CURVAS DE BODE COM A FASE.

Você viu até aqui as curvas de BODE usando o método do Professor Bairros, um método baseado em modelos prontinhos para você usar.

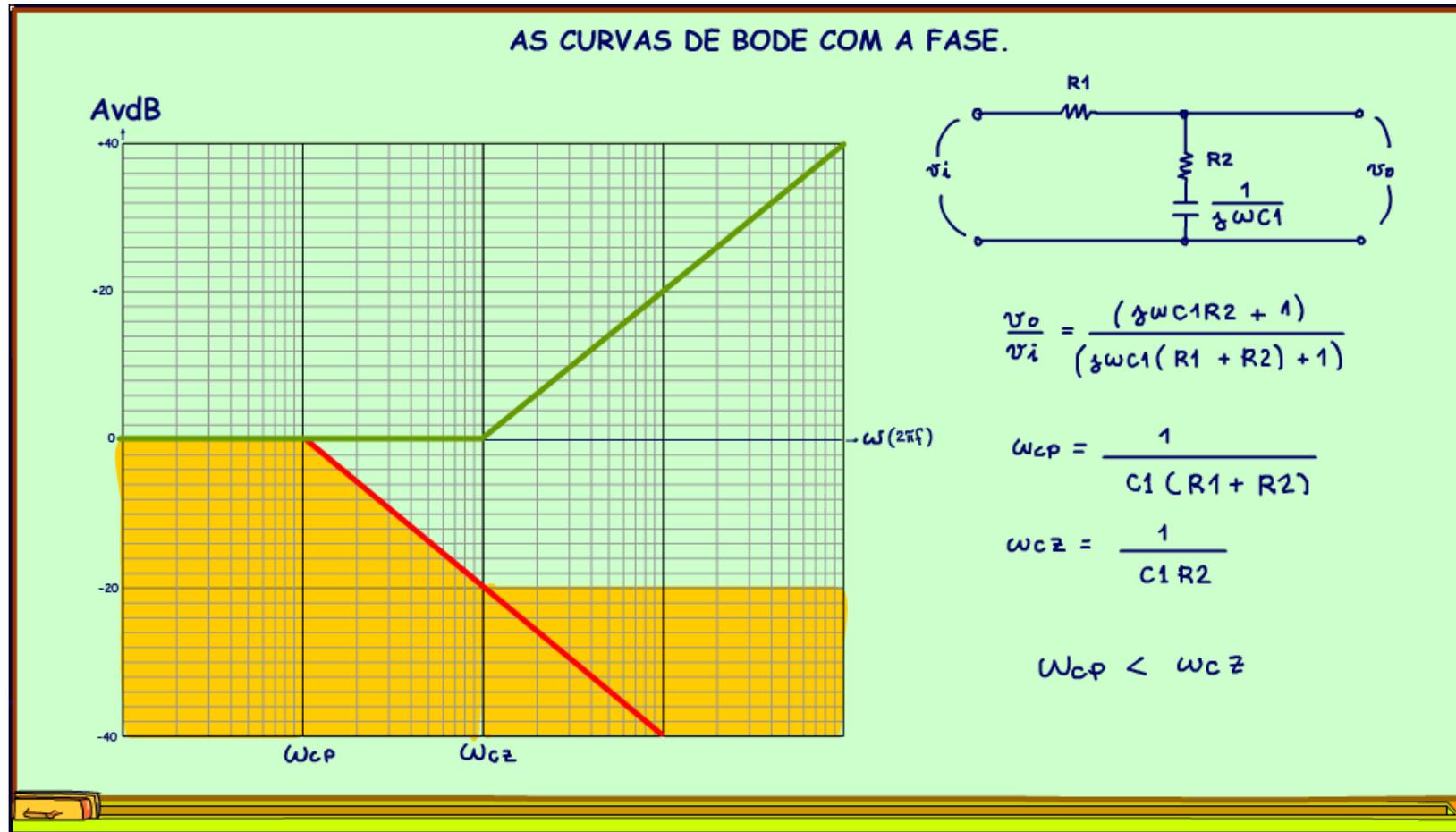


Figura 4

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Nesse tutorial vou mostrar os modelos para as fases, você deverá levantar duas curvas a amplitude em db, e a da fase em graus.

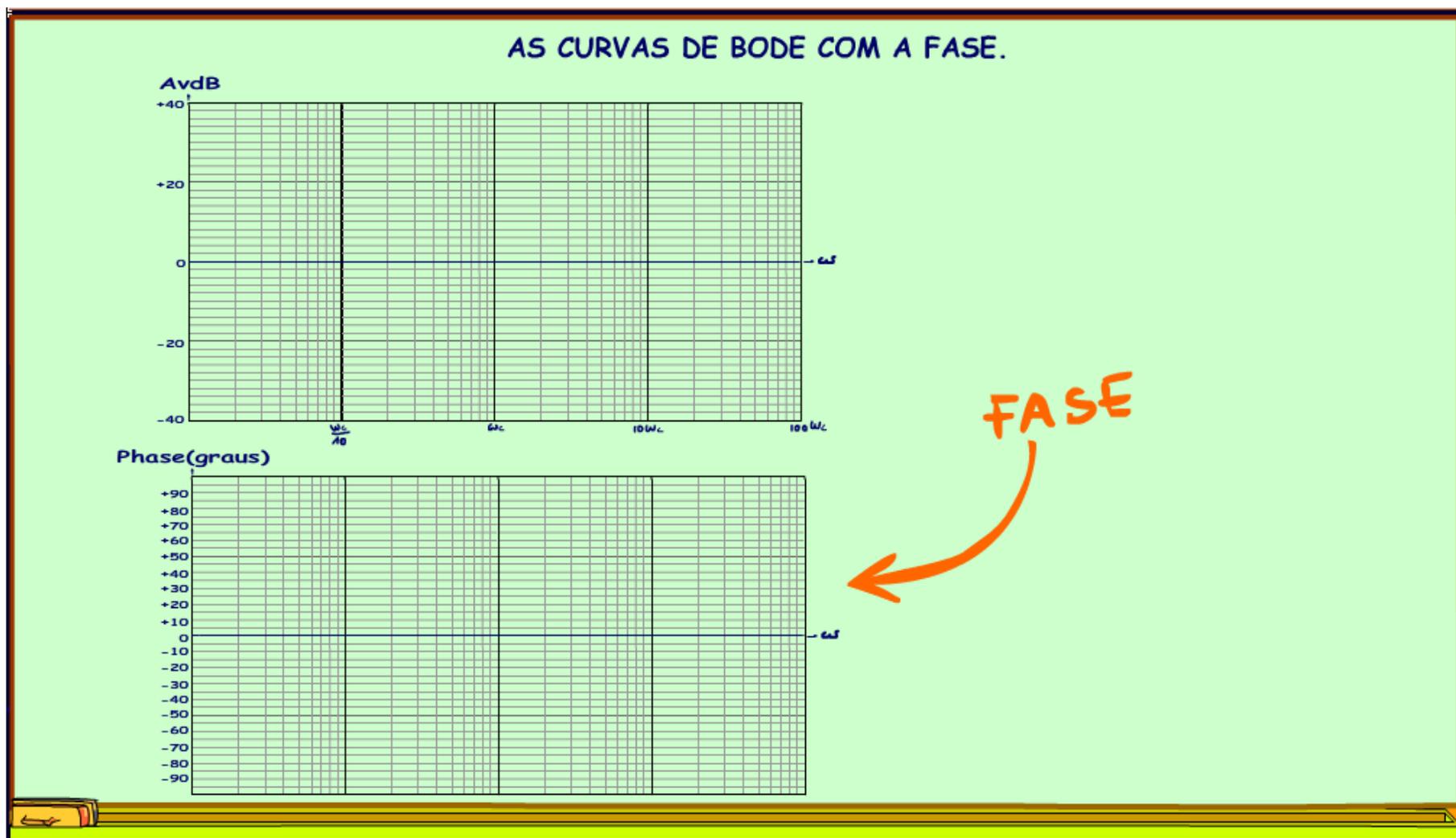


Figura 5

**BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)**

O primeiro modelo é para o polo. Lembra, no polo a curva do ganho de tensão desce 20db por década após a frequência de corte  $\omega_c$ .

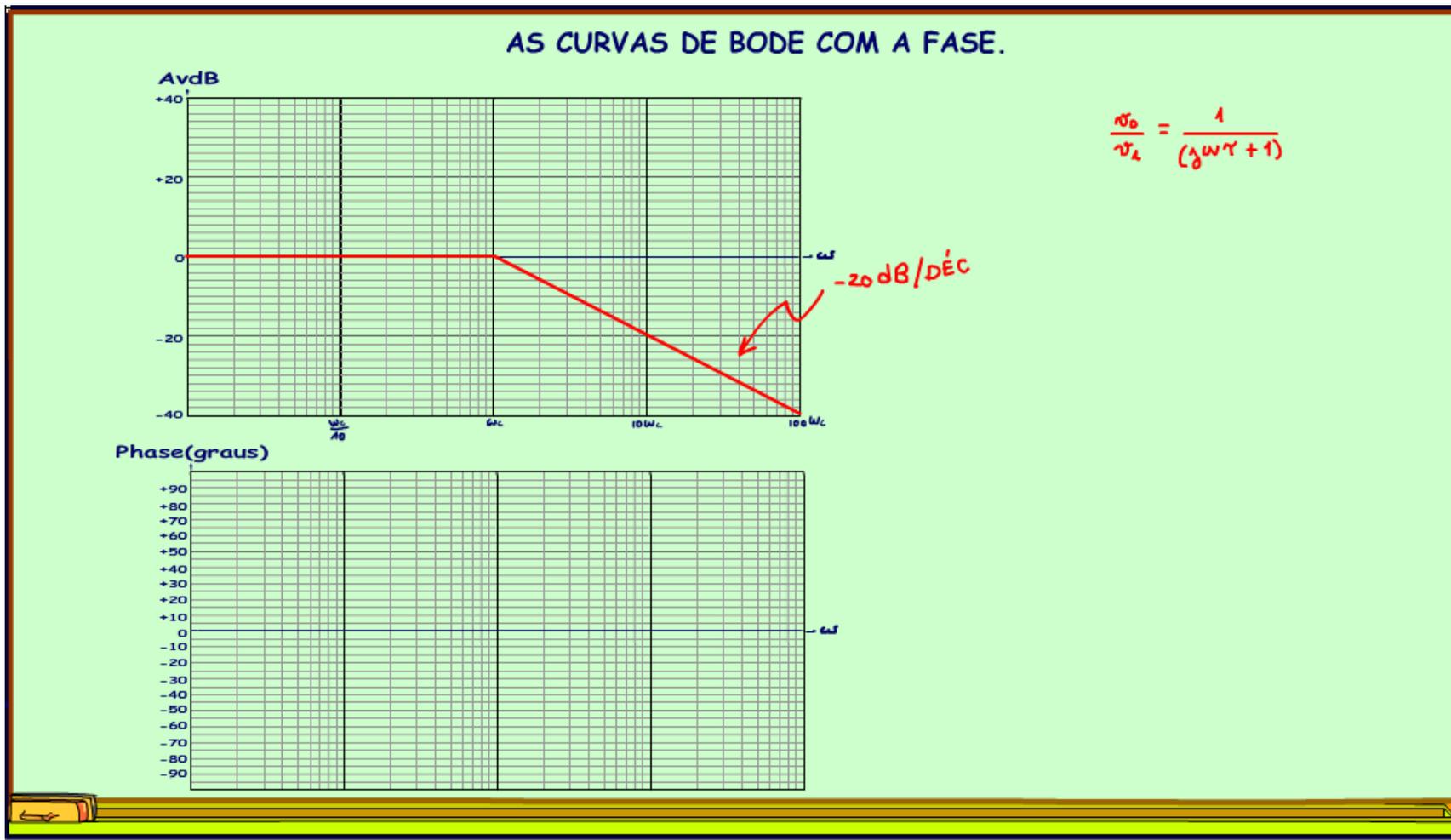


Figura 6

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### 1.2 FASE NO POLO.

Você pode ver o modelo da fase do polo na figura, note que é similar ao gráfico da amplitude, a fase também desce, mas aqui começa a descer antes da frequência de corte.

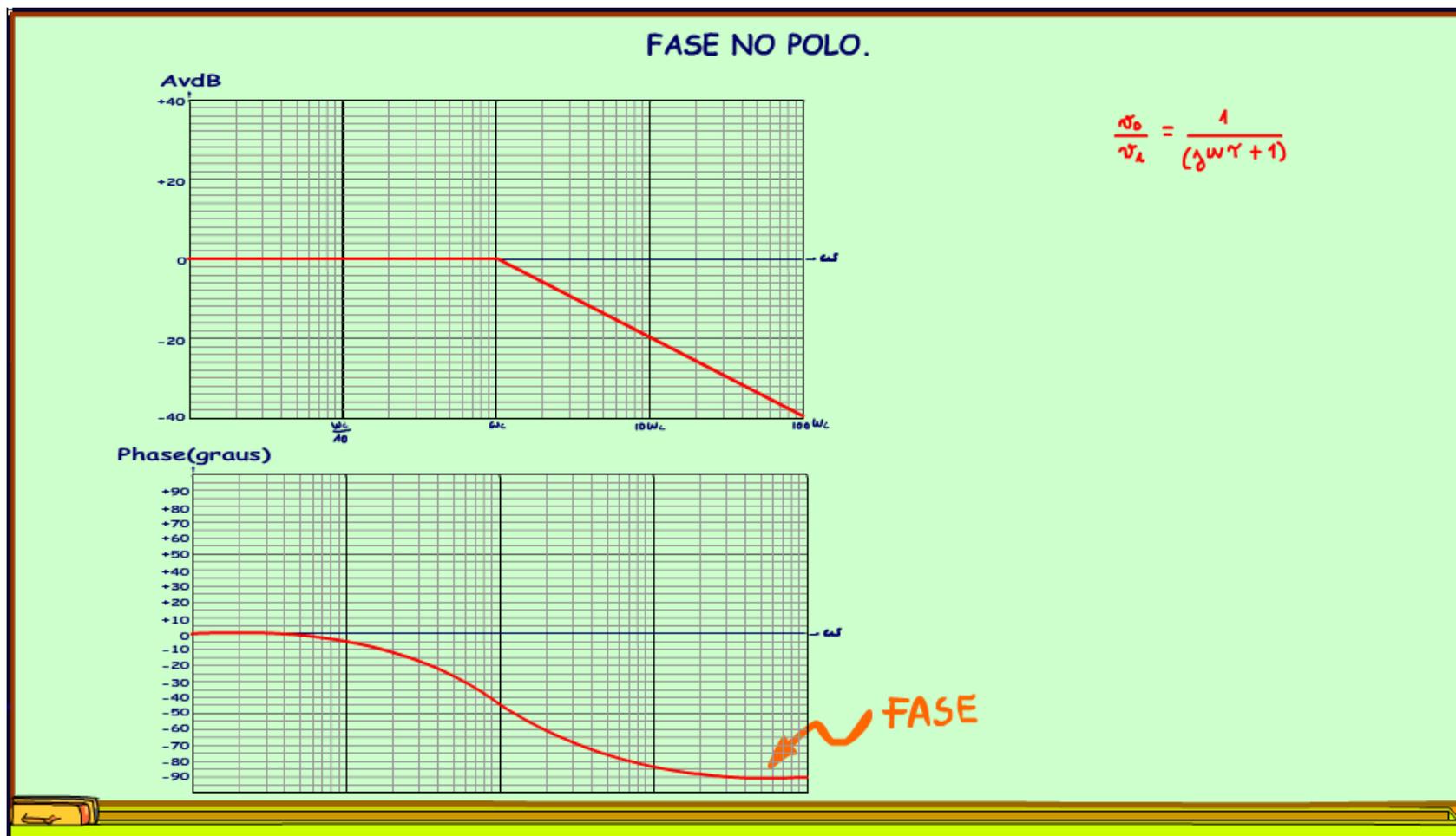


Figura 7

### BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Vou mostrar os pontos importante, o primeiro e mais importante é que, na frequência de corte a defasagem é -45 graus, simples assim.

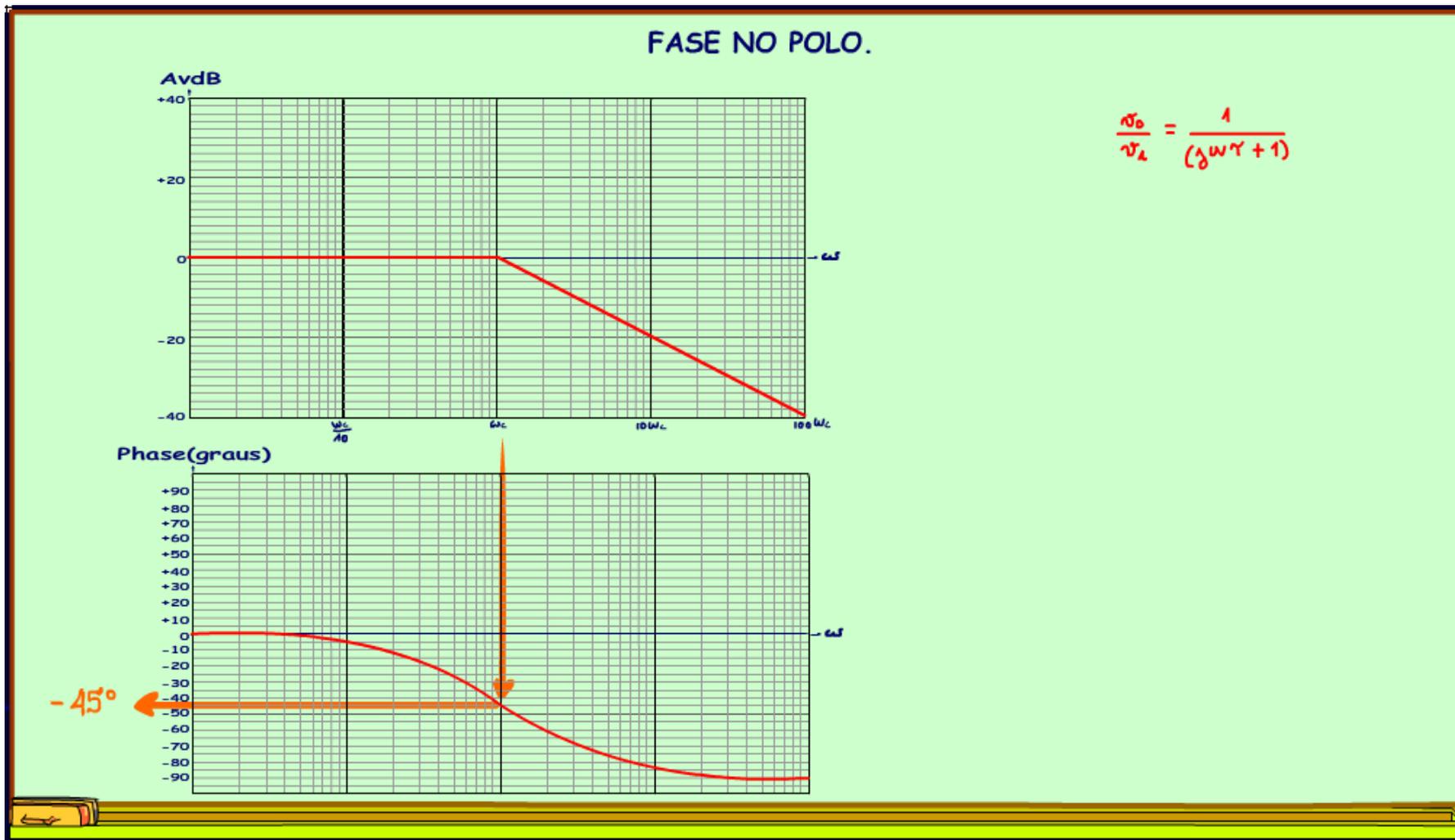


Figura 8

### BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Uma década acima a fase tende a menos 90 graus, uma década acima a fase está em -84 graus.

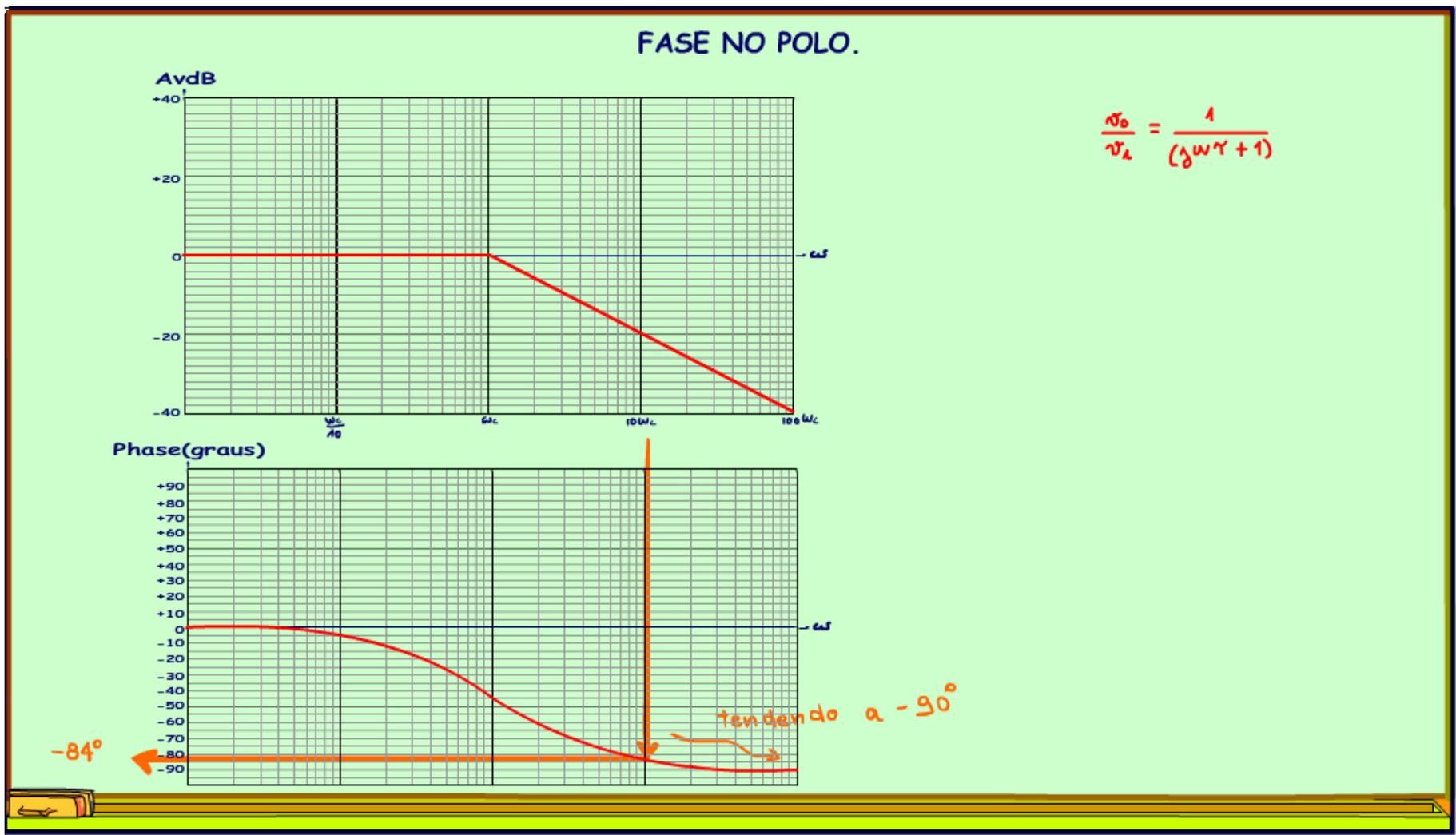


Figura 9

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E se continuar subindo a frequência, a fase tende a -90 graus, na teoria será -90 graus lá no infinito.

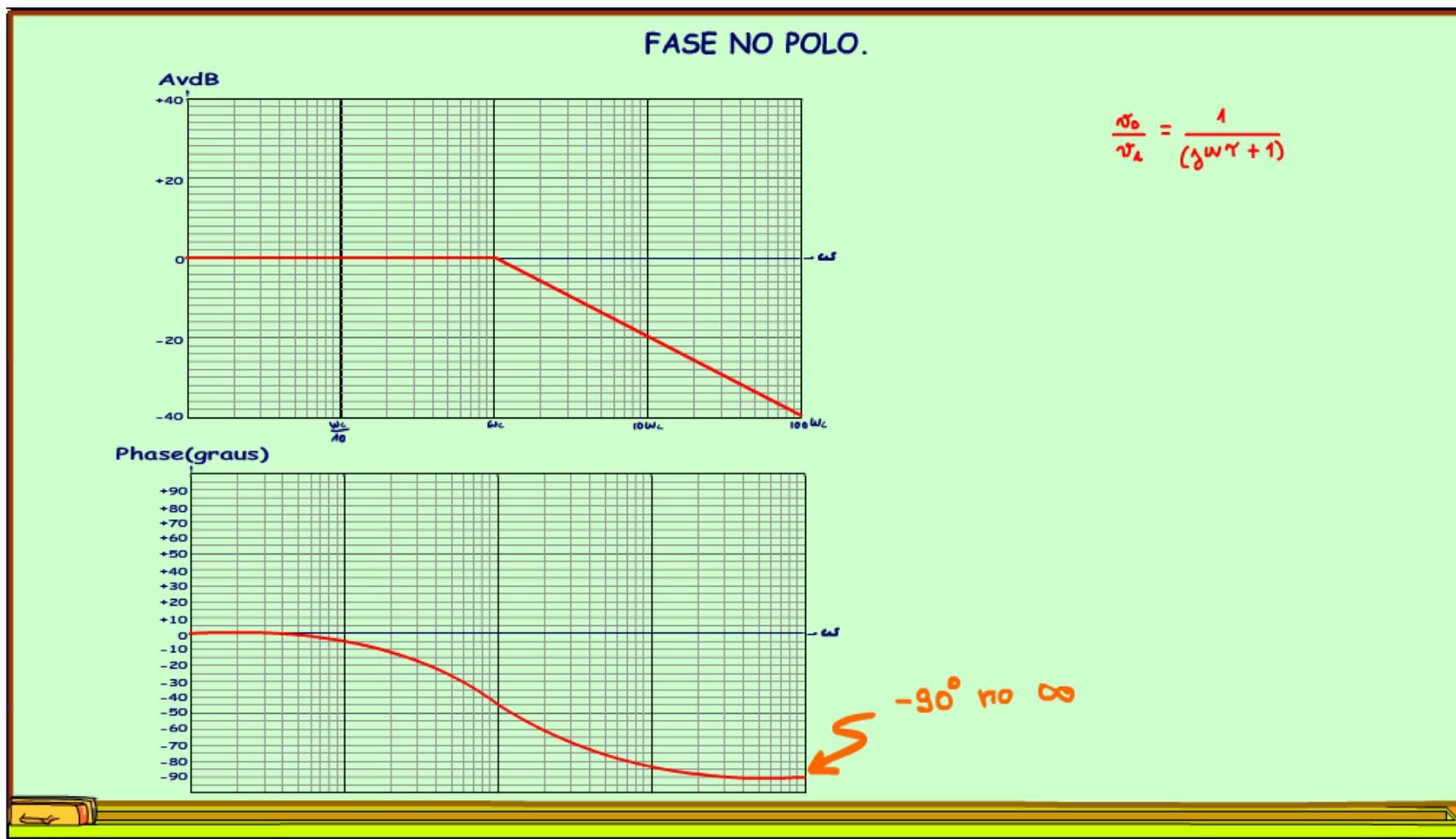


Figura 10

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Uma década abaixo a defasagem será pequena, -5 graus, tendendo a zero grau.



Figura 11

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Se diminuir mais ainda a frequência, a fase tende a zero e na teoria será zero quando a frequência for zero, isso é em corrente contínua.



Figura 12

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E isso é tudo sobre o gráfico da fase no polo.

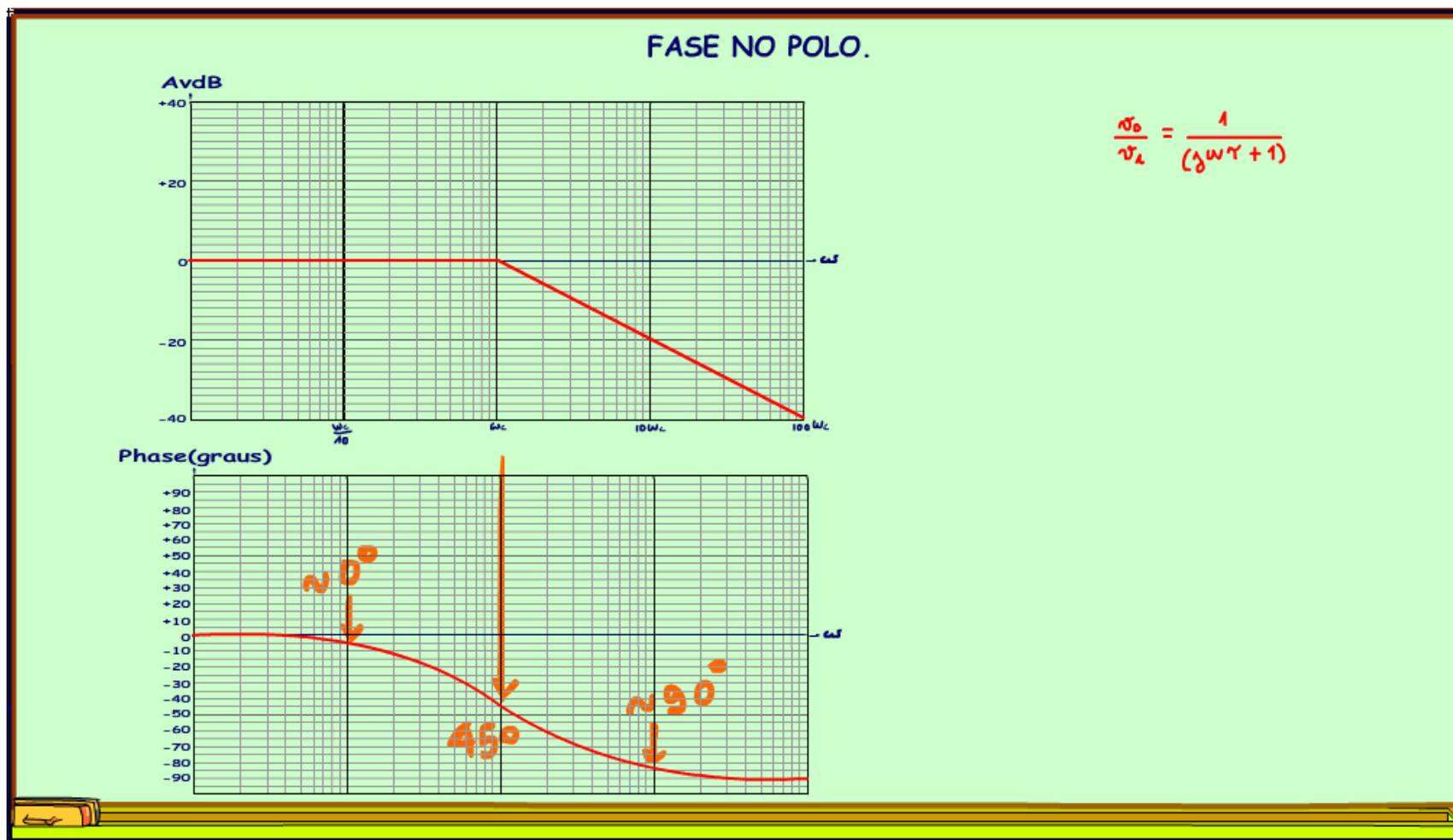


Figura 13

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Não é muito comum, mas dá para linearizar, como a gente fez com o gráfico do ganho em db.

Na frequência de corte o ângulo será 45 graus, uma década acima será 90 graus e uma década abaixo será zero.

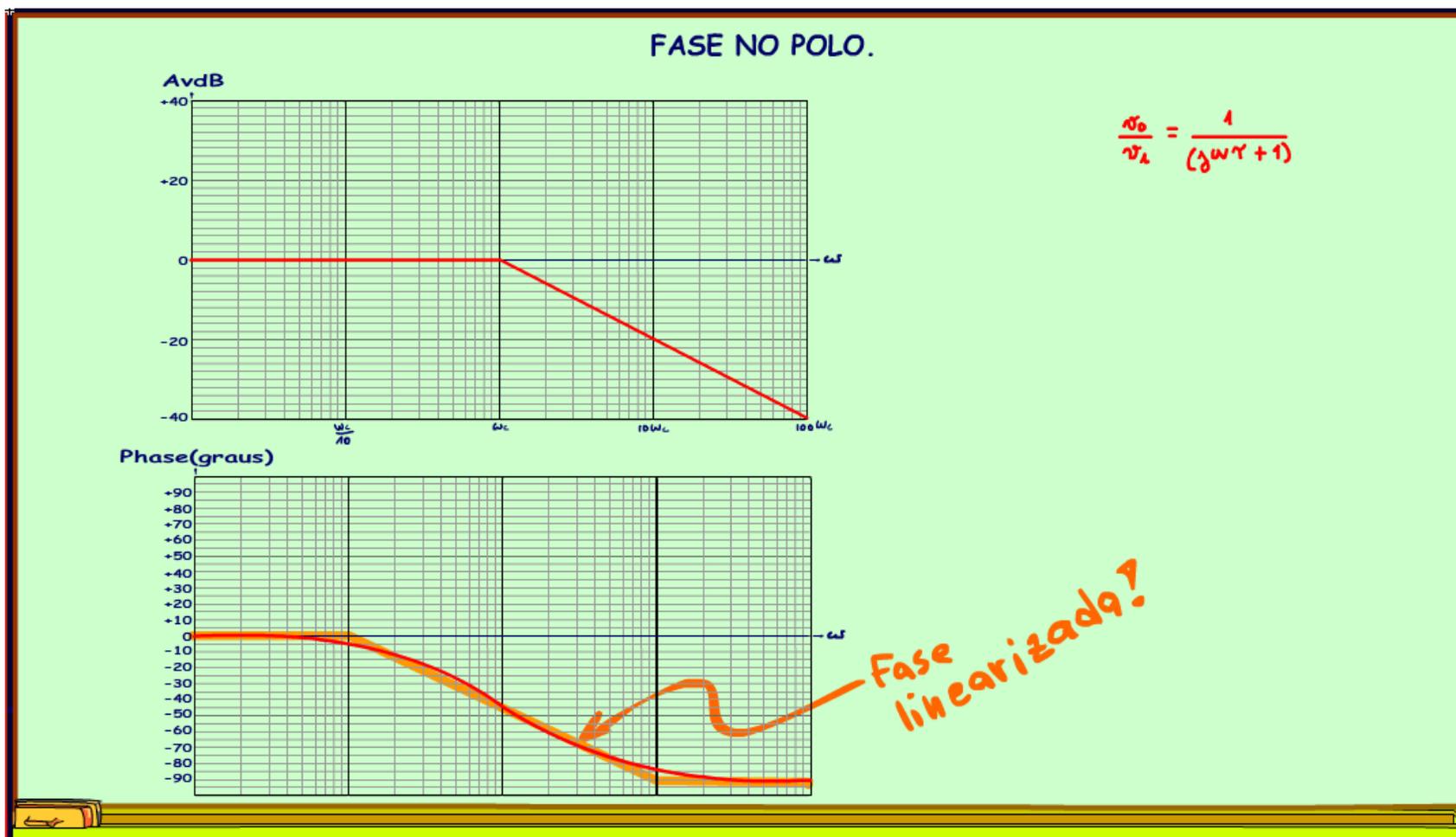


Figura 14

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### 1.3 FASE NO ZERO.

Agora veja o segundo modelo, o modelo da fase para o zero, lembra o ganho só sobe, e sobe 20db por década a partir da frequência de corte.

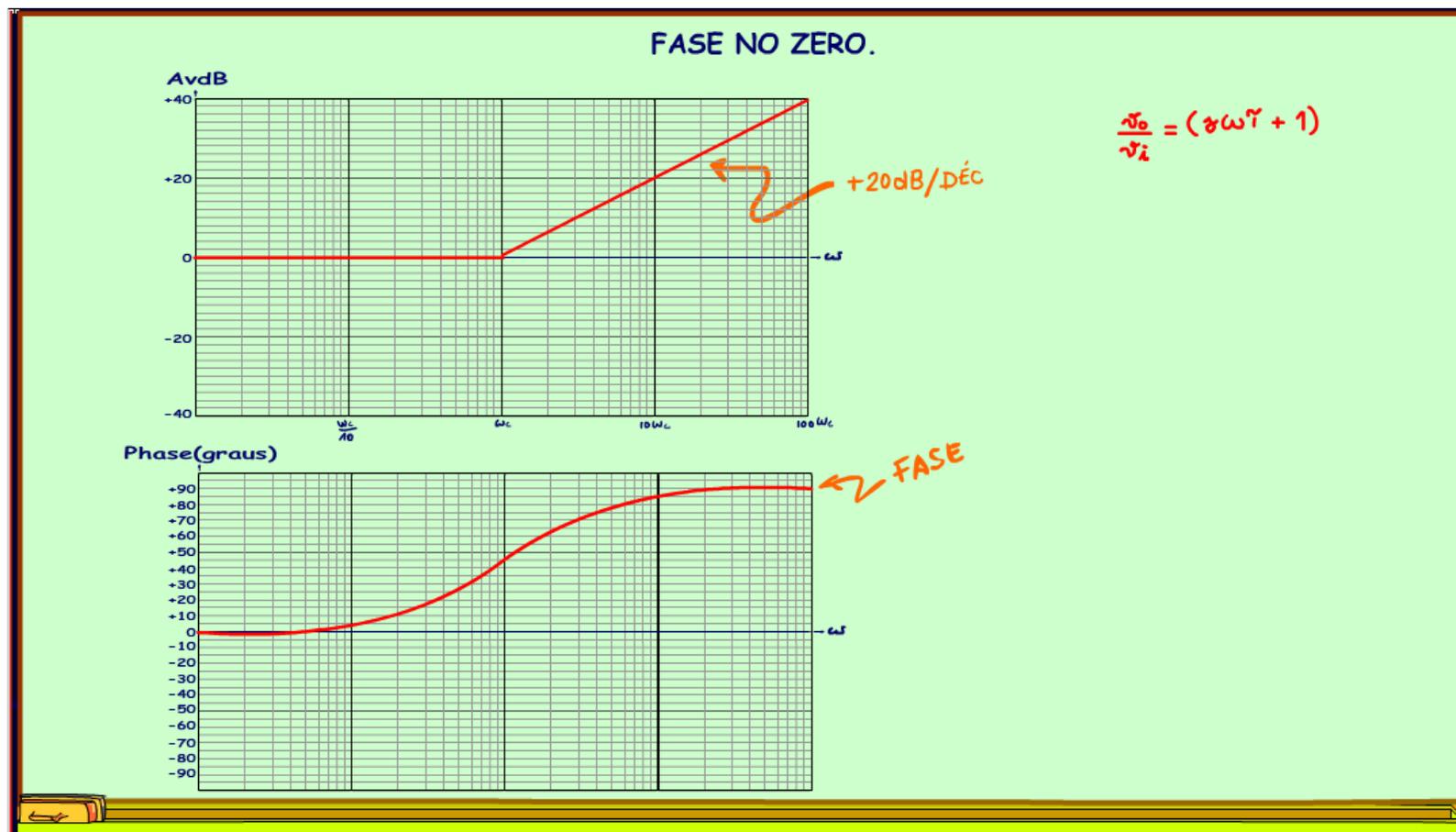


Figura 15

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E a fase também só sobe, sendo mais 45 graus na frequência de corte, veja que é bem parecida com o gráfico do polo, só está invertido, bom de memorizar.

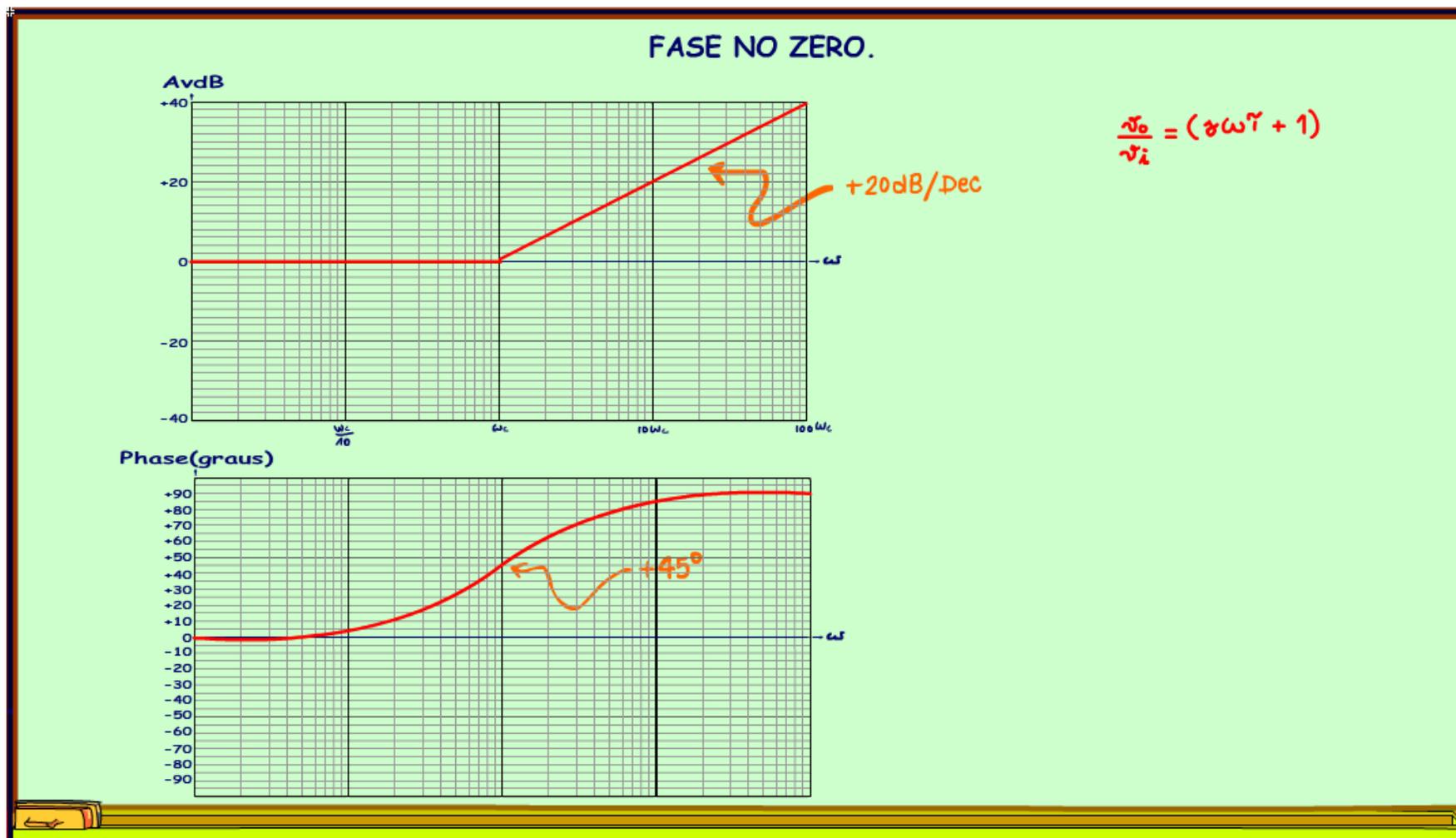


Figura 16

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

O restante também é similar, uma década acima é 84 graus tendendo a 90 graus, e uma década abaixo é 5 graus tendendo a zero.



Figura 17

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E dá para linearizar também, não fica tão bom como no caso do ganho, mas funciona para as aplicações práticas.

E isso é tudo sobre a fase no zero.

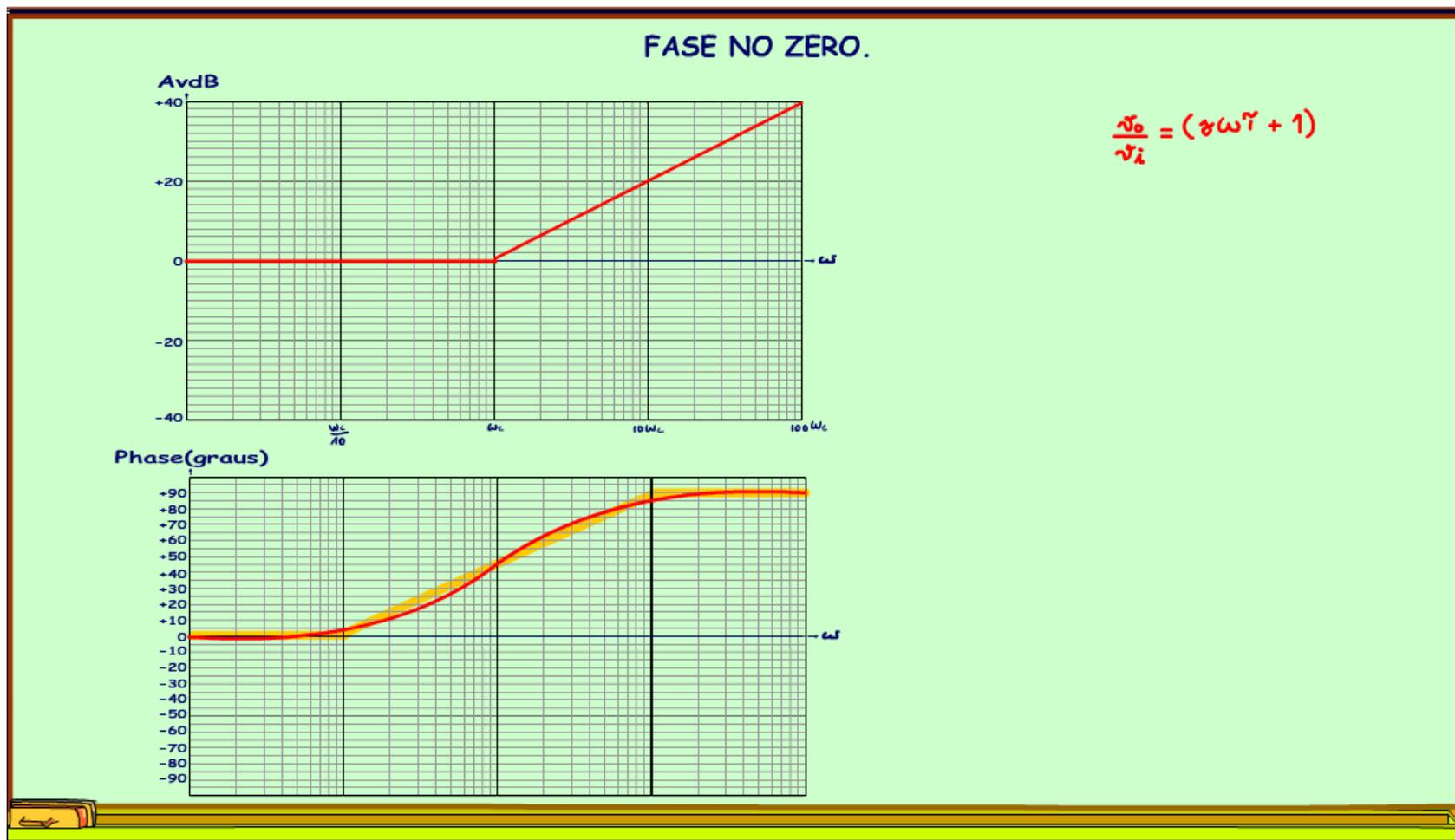


Figura 18

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### 1.4 A FASE DO POLO NA ORIGEM.

A fase do polo na origem é muito simples, a equação é a mesma equação do capacitor, então fase é similar a defasagem do capacitor.

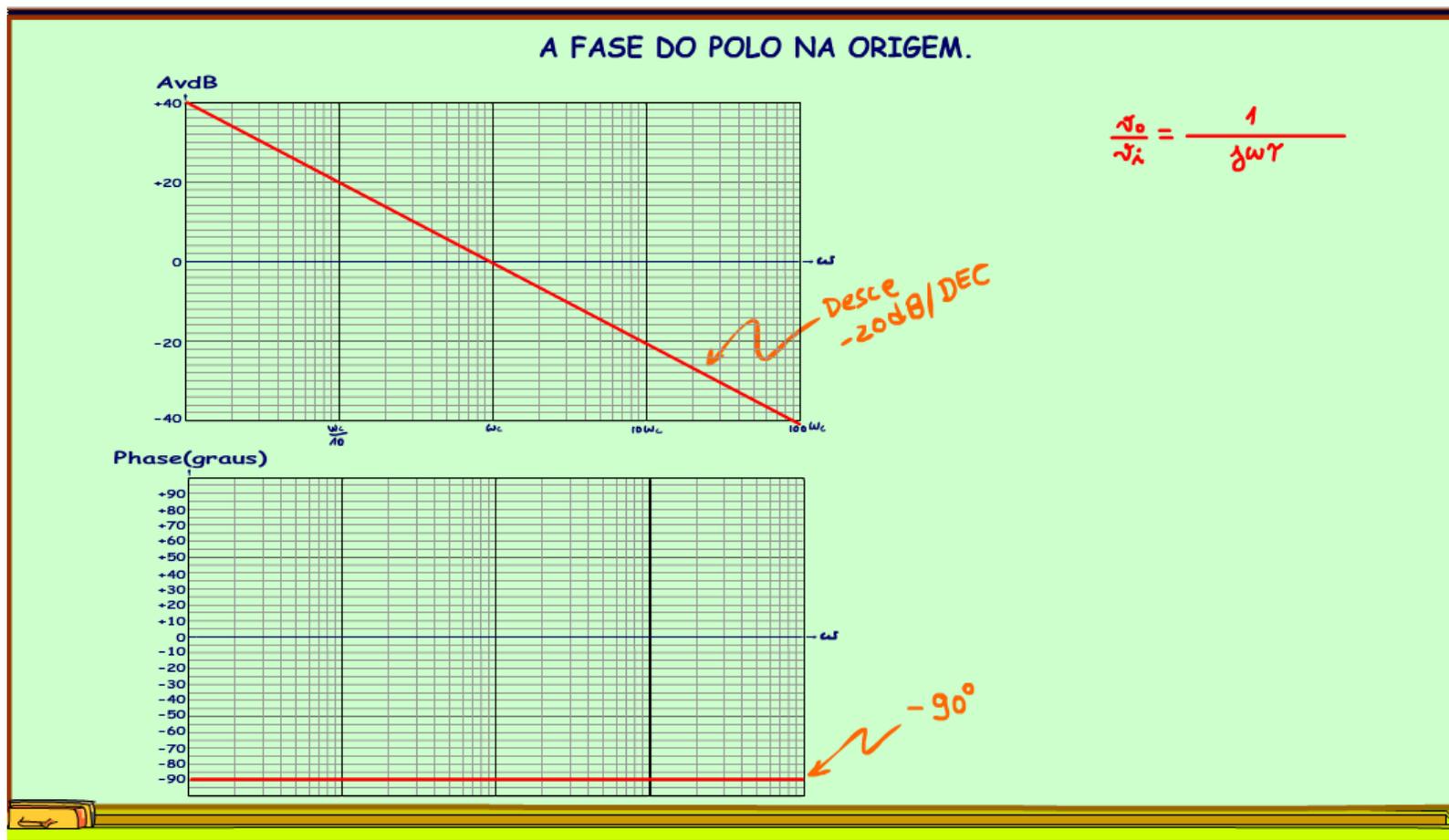


Figura 19

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

A fase é constante e igual a menos 90 graus, é como se tivesse só capacitor no circuito.

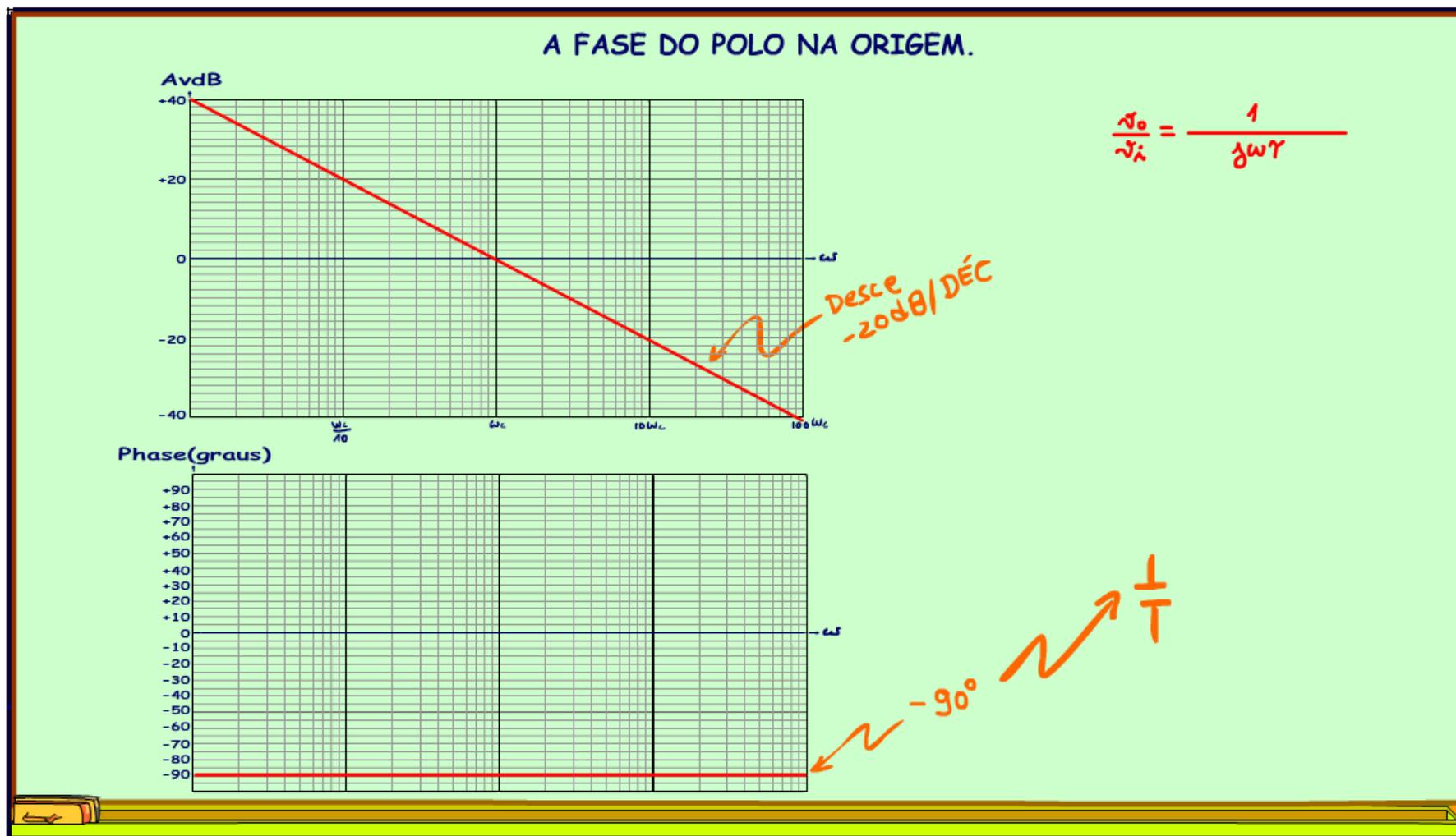


Figura 20

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

A tensão no capacitor é menos 90 graus em relação a corrente, como você está careca de saber, por isso o gráfico da fase está a menos 90 graus.

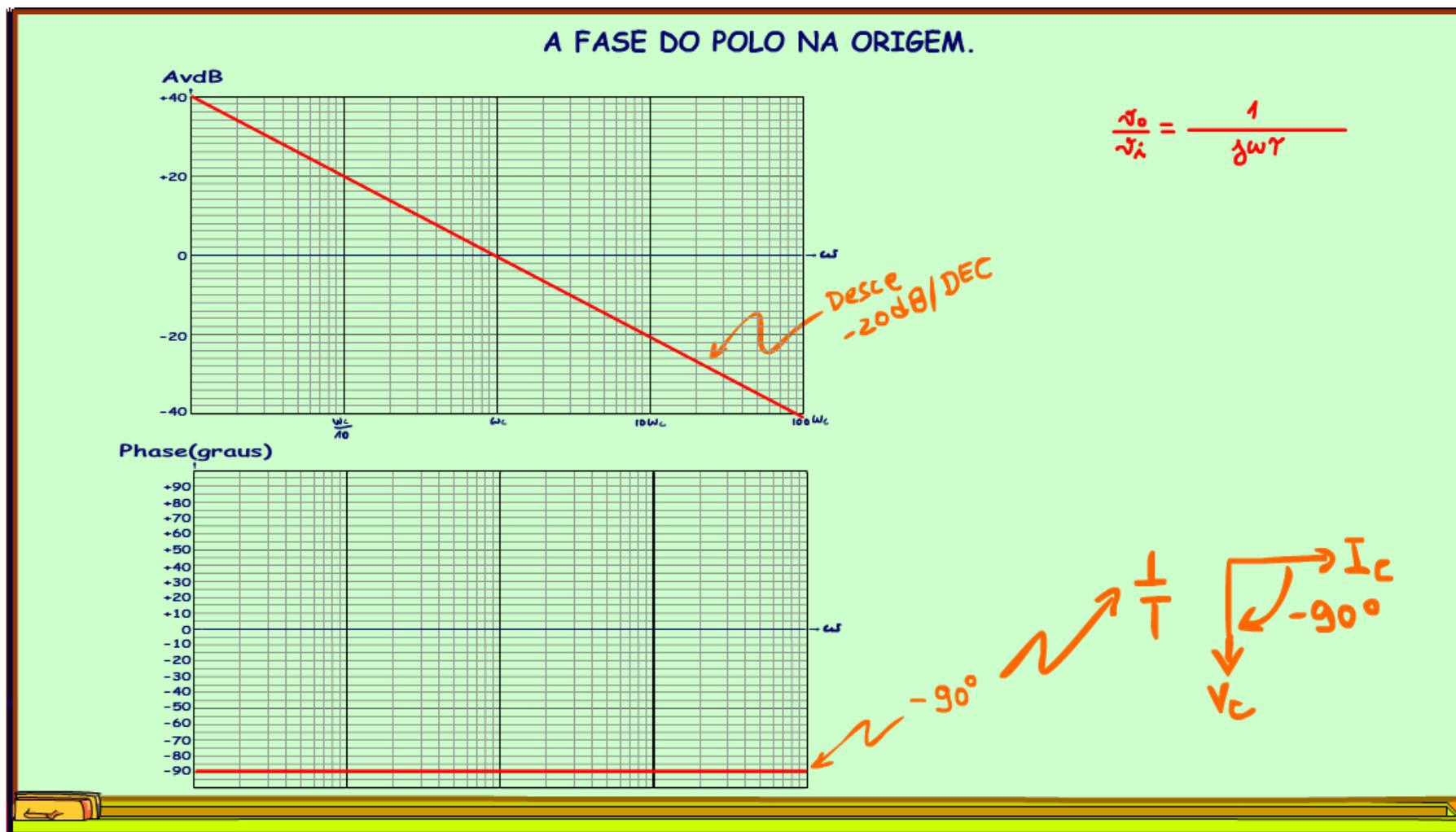


Figura 21

### BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E isso é tudo sobre a fase do polo na origem, não podia ser mais fácil.

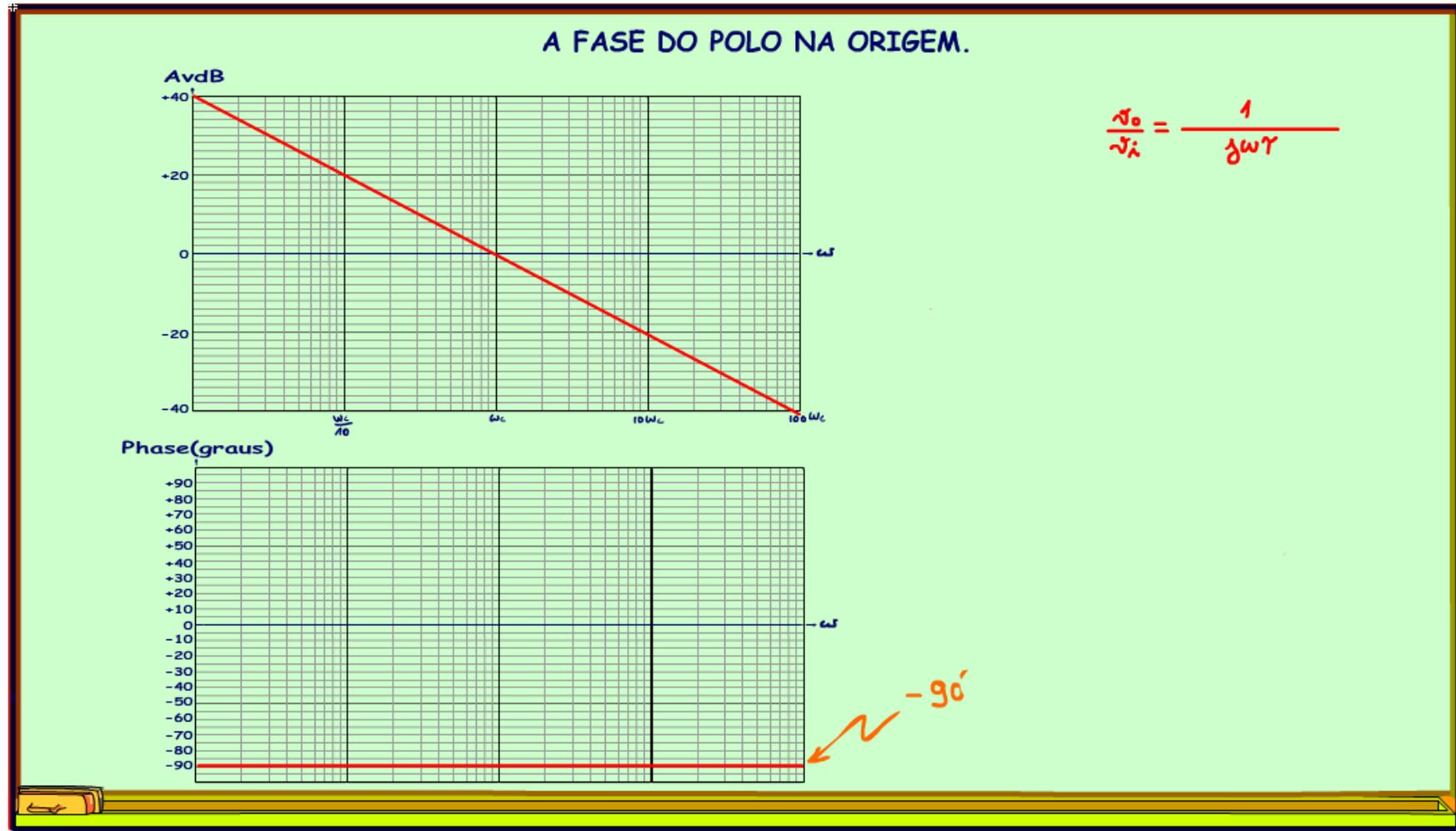


Figura 22

**BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)**

**1.5 A FASE DO ZERO NA ORIGEM.**

O zero na origem segue o mesmo raciocínio, a amplitude só sobe 20 db por década, a equação se assemelha a equação do indutor.

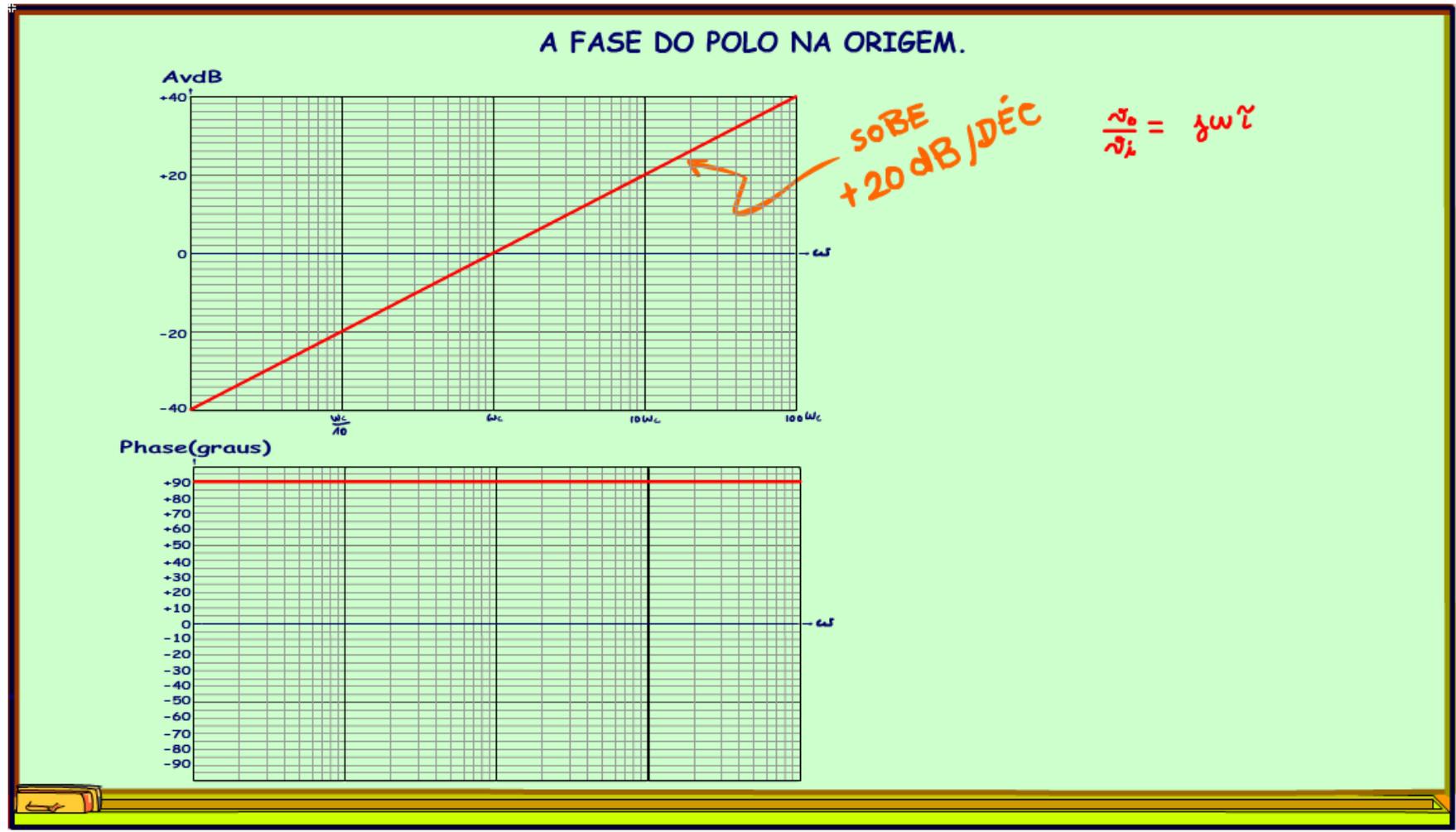


Figura 23

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Por isso a fase está sempre defasada de mais 90 graus.

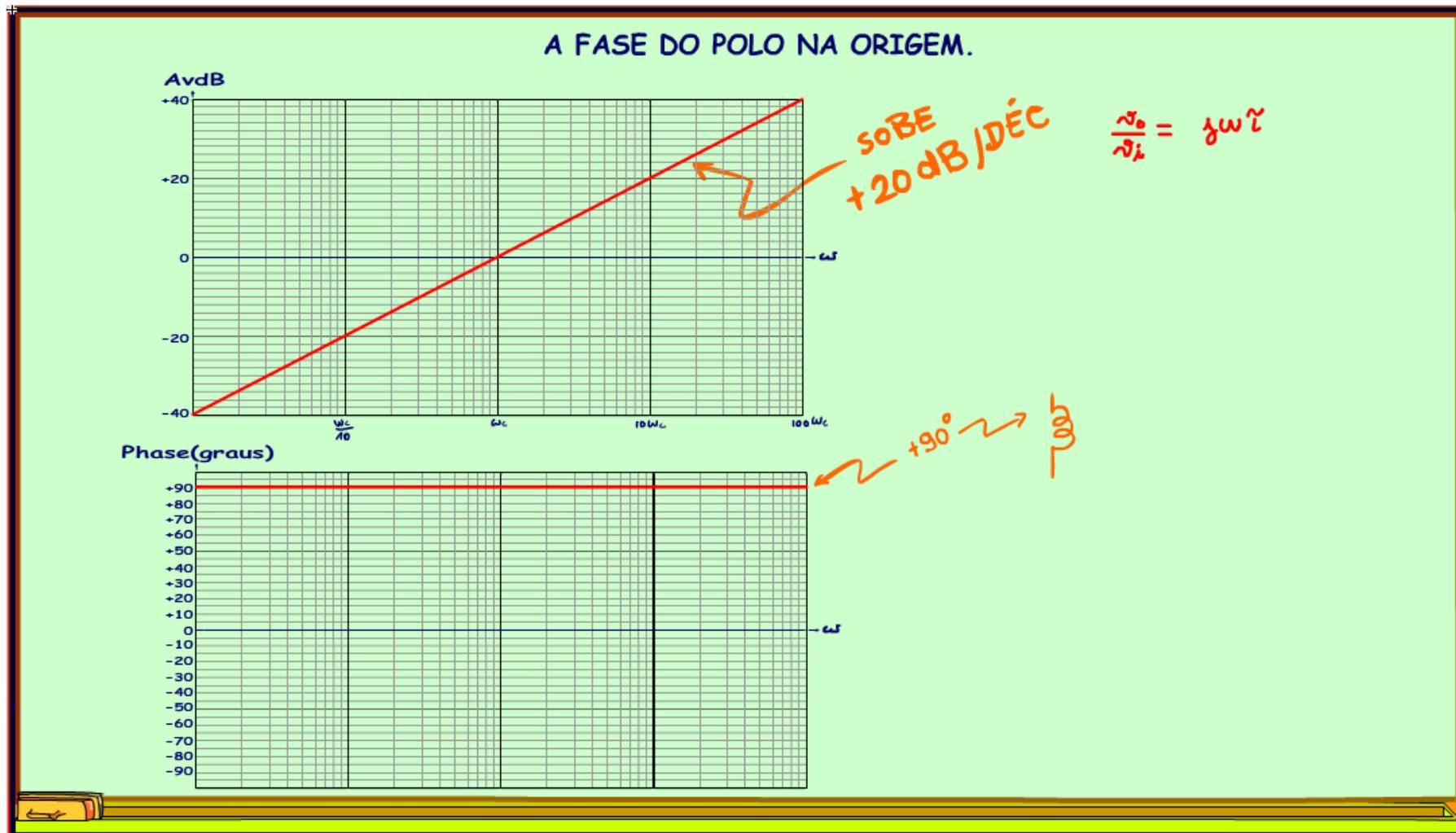


Figura 24

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Como você está careca de saber, no indutor a tensão está adiantada de 90 graus em relação a corrente!

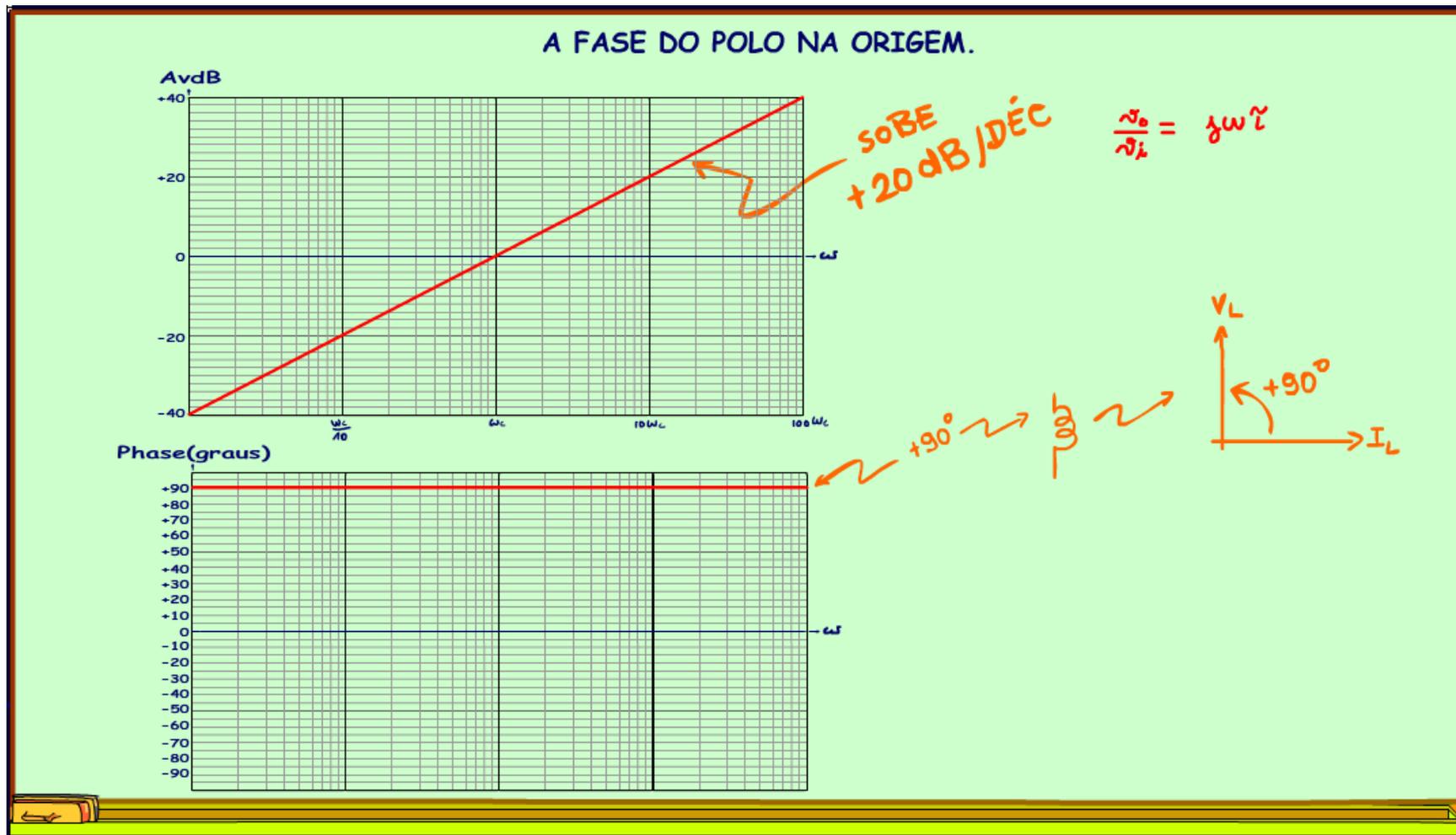


Figura 25

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E pronto isso é tudo sobre a fase no zero na origem.

Vamos praticar agora.

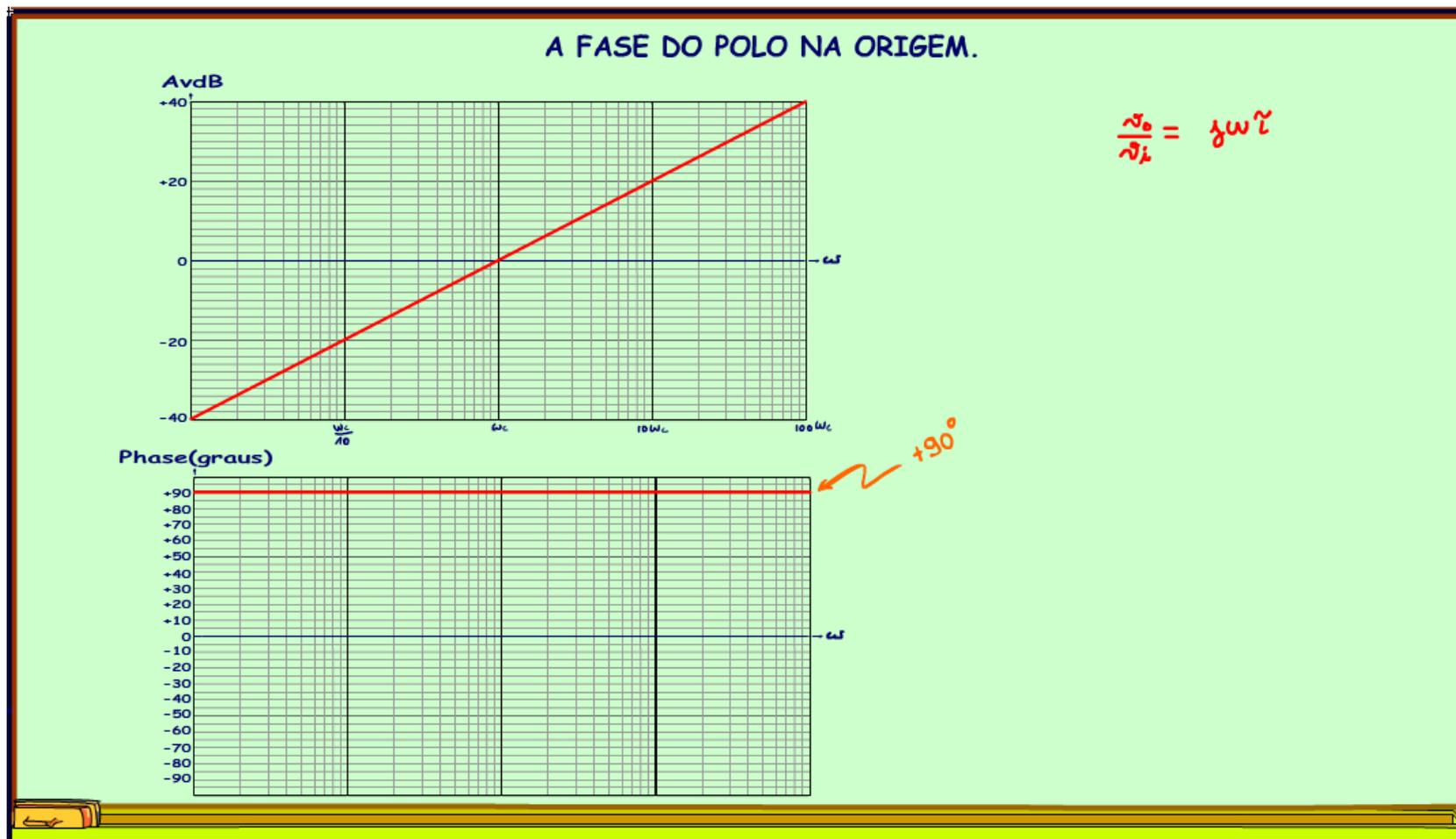


Figura 26

## BODE-veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### 1.6 EXEMPLO.

No tutorial passado sobre o tema eu resolvi o circuito da figura chegando a equação com um polo com frequência de corte que eu chamei de  $\omega_{cp}$ , e um zero, com frequência de corte que eu chamei de  $\omega_{cz}$ , na equação dá para concluir que a frequência do polo tem um valor menor do que a frequência do zero, veja no gráfico onde estão essas frequências.

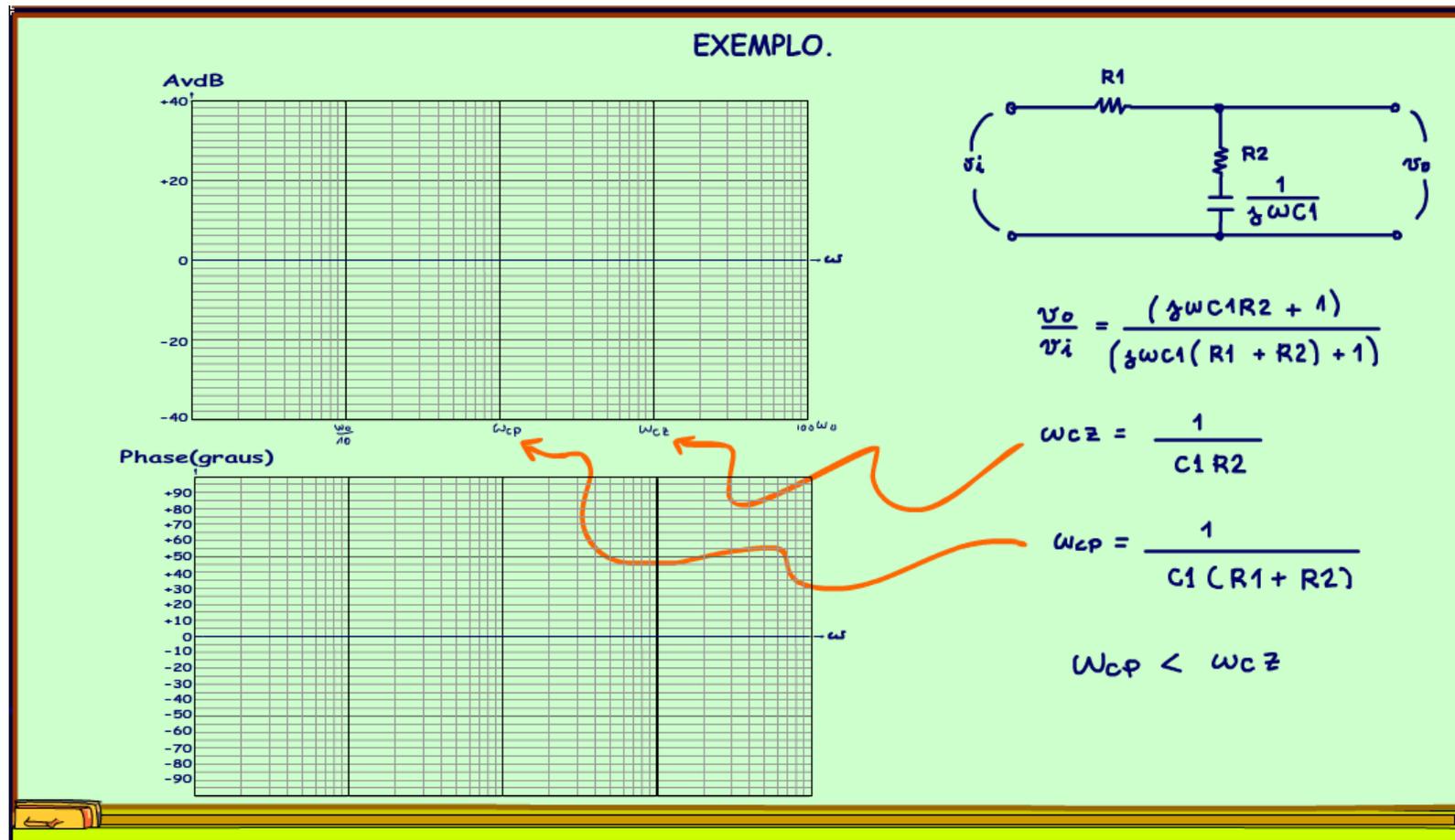


Figura 27

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Esse é o gráfico do ganho de tensão do zero em verde e do polo em azul.

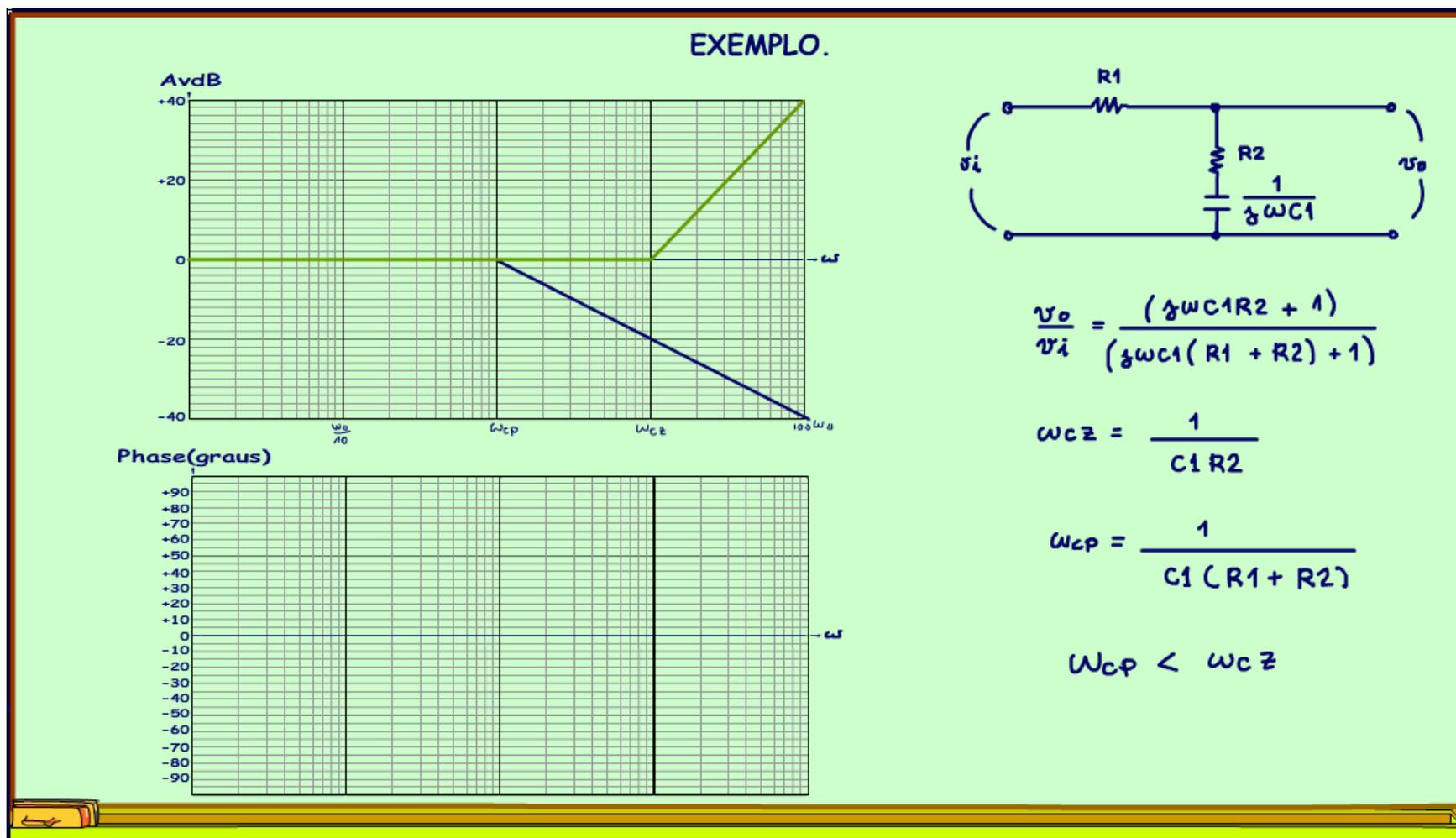


Figura 28

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

A soma dos dois gráficos é mostrado na curva em vermelho, resultando num filtro passa baixo até a frequência de corte do zero, depois desse ponto a amplitude se estabiliza.

Agora vou fazer o mesmo para a fase.

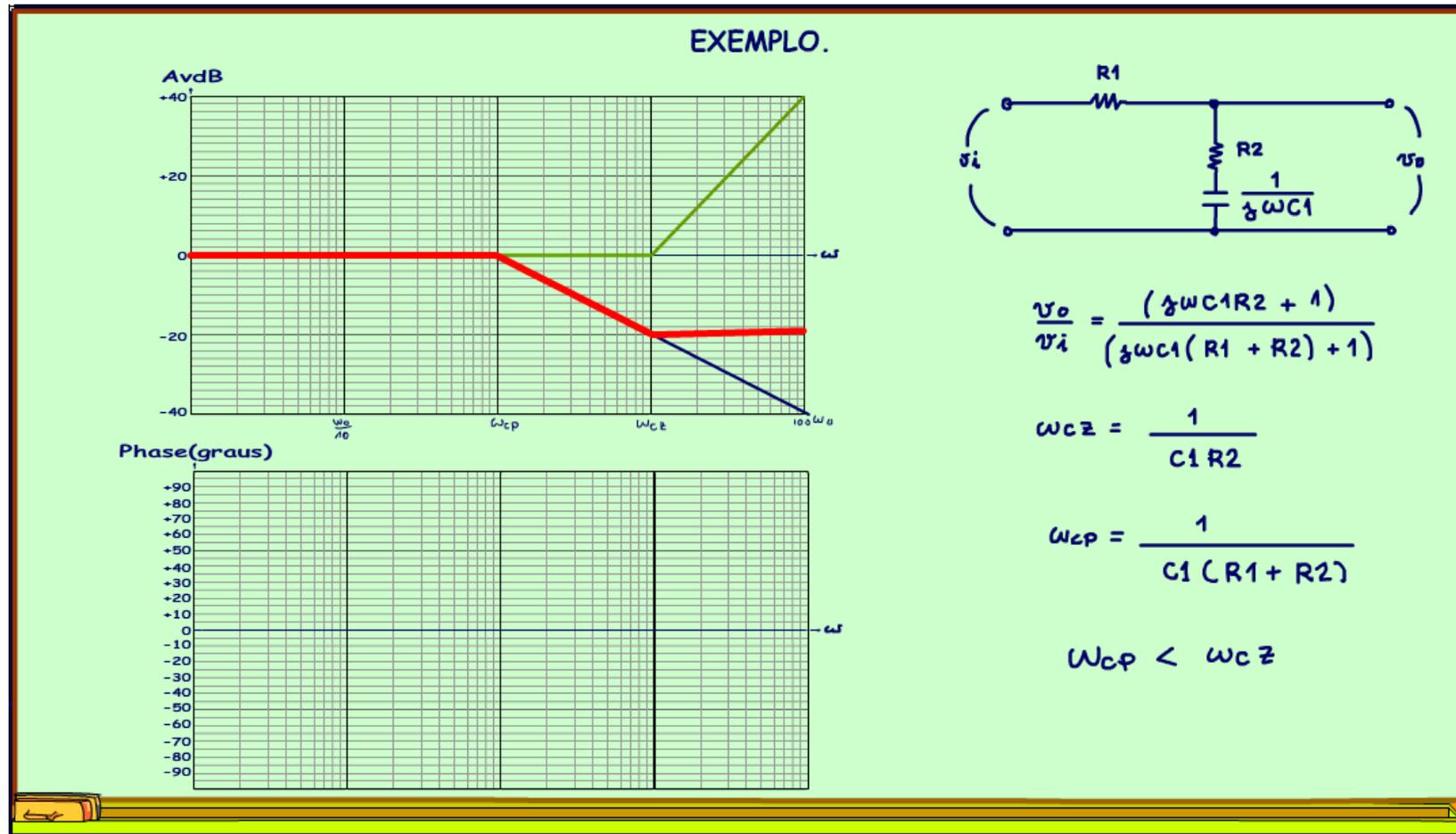


Figura 29

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Primeiro desenho a fase do polo, com menos 45 graus bem na frequência de corte do polo.

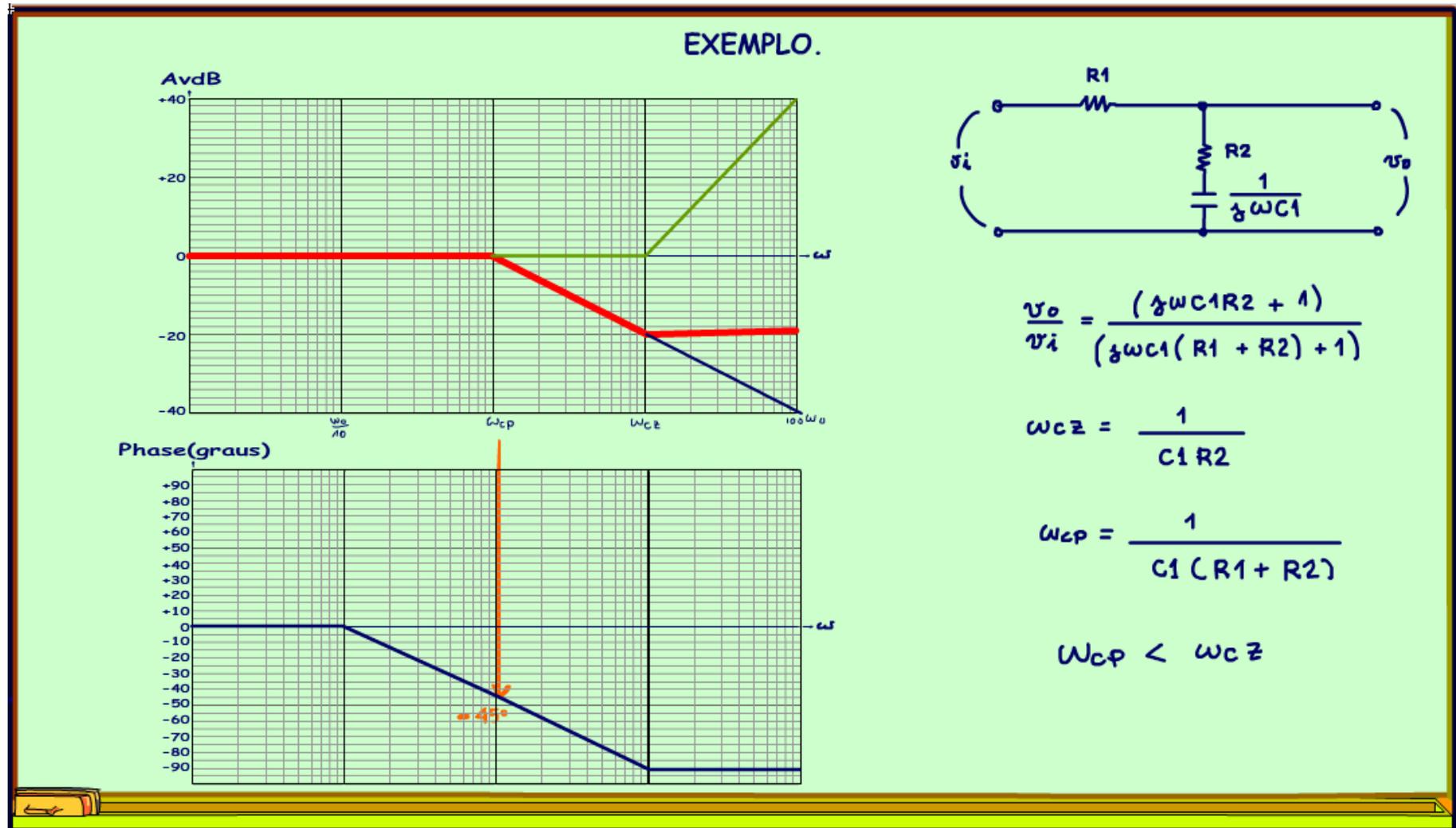


Figura 30

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Agora vou fazer o mesmo para a fase do zero, é só usar os modelinhos, na frequência de corte é mais 45 graus.

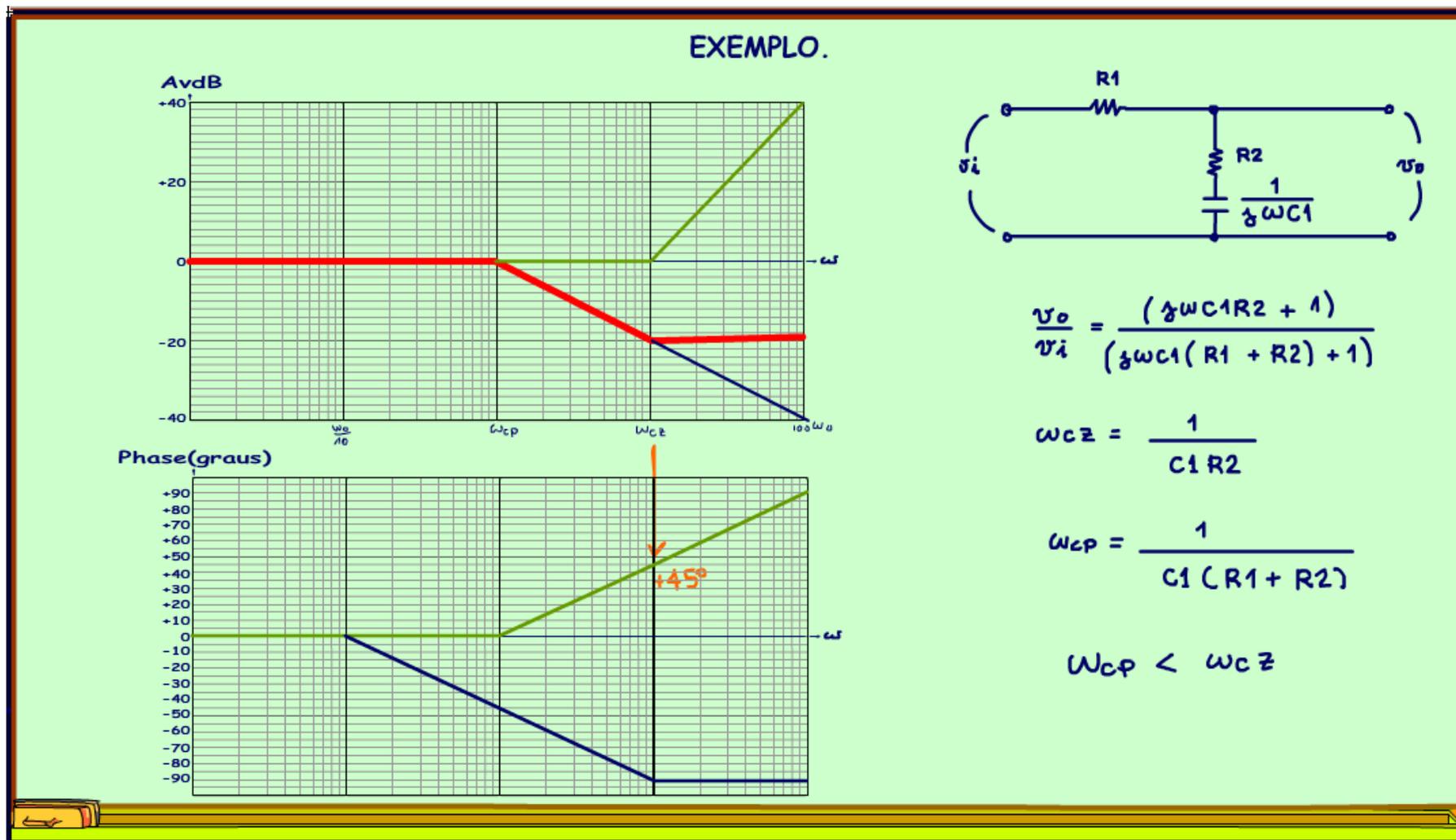


Figura 31

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

E para saber o resultado é somar as fases, exatamente como foi feito com as amplitudes em dB, simples assim.

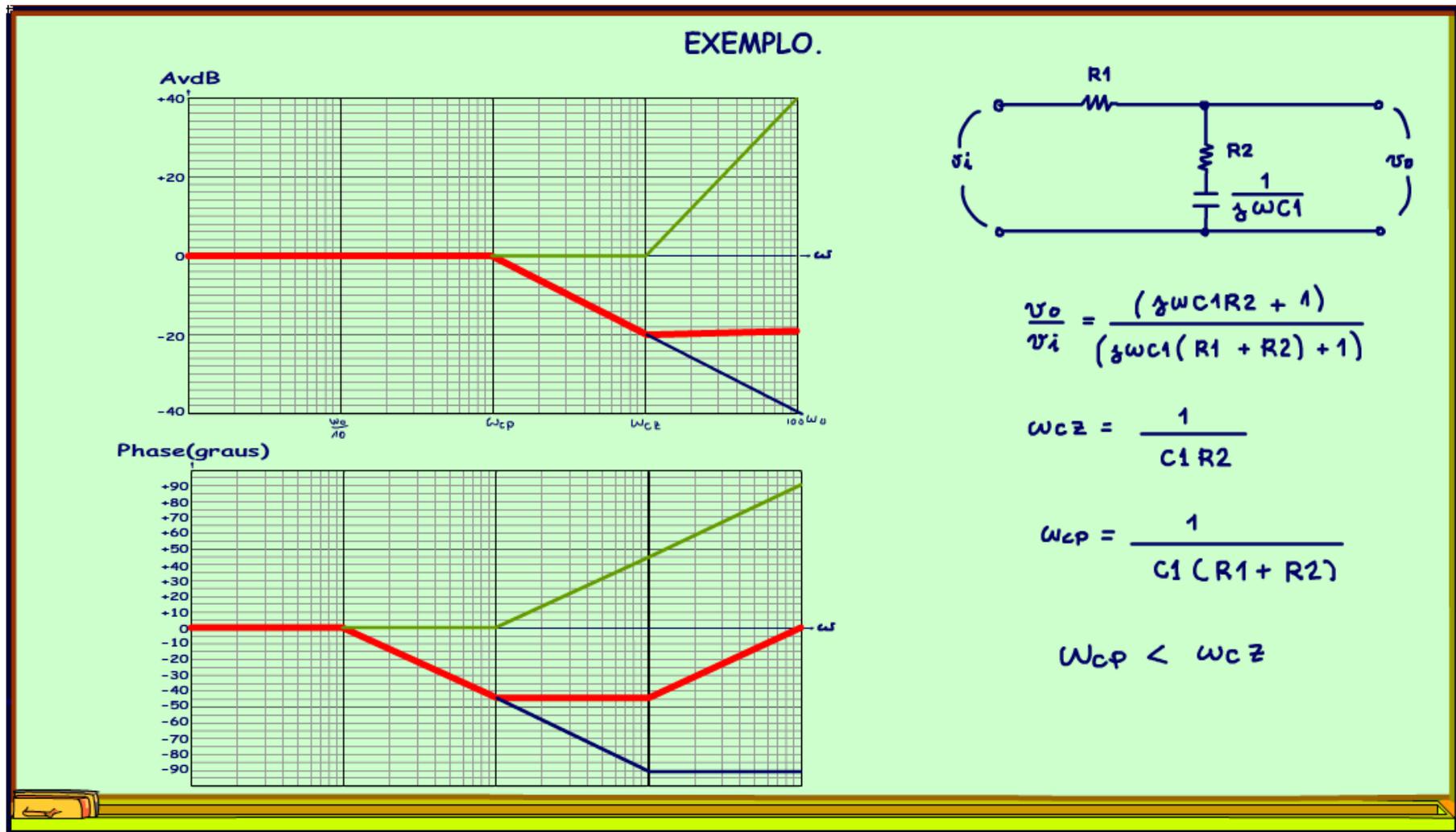


Figura 32

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Até a frequência de corte do polo, a fase é zero.

O circuito se comporta como uma resistência.

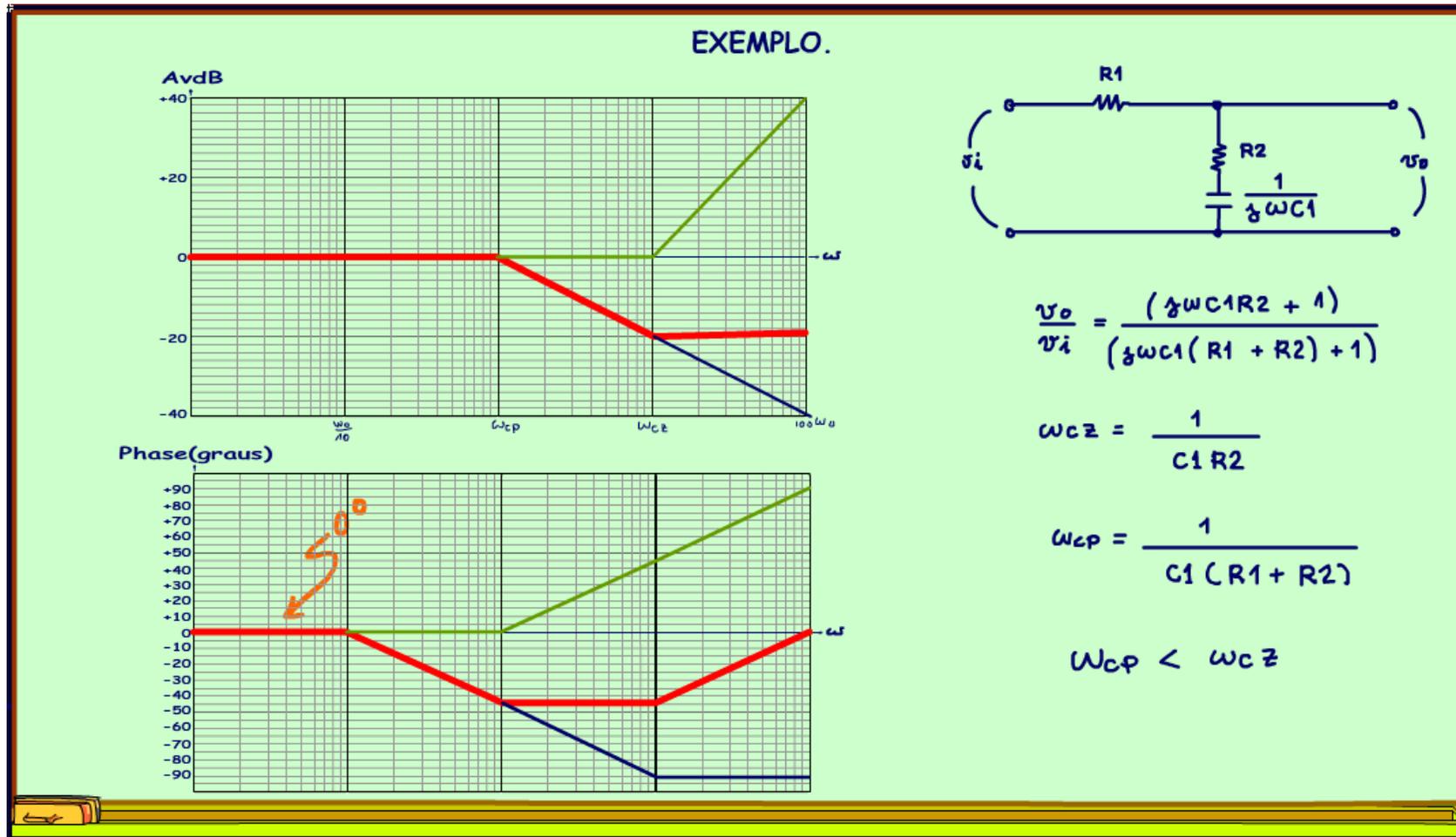


Figura 33

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Entre as duas frequências de corte a fase vai atrasando tendendo a menos 90 graus, o capacitor começa a influir no circuito.

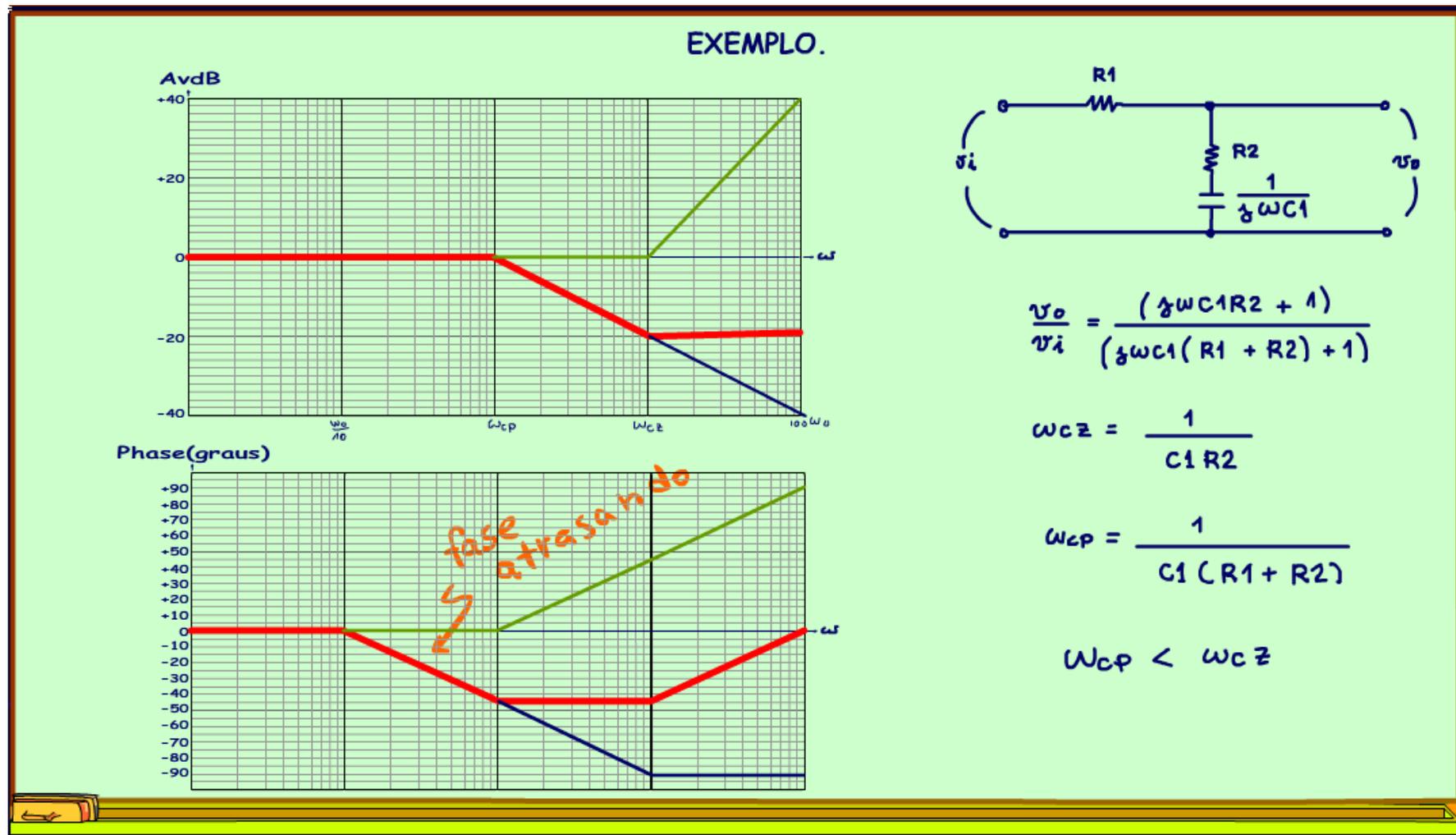


Figura 34

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Na frequência de corte do zero a fase se estabiliza em 45 graus, o capacitor para de influenciar no circuito e o circuito passa a funcionar como um circuito RC.

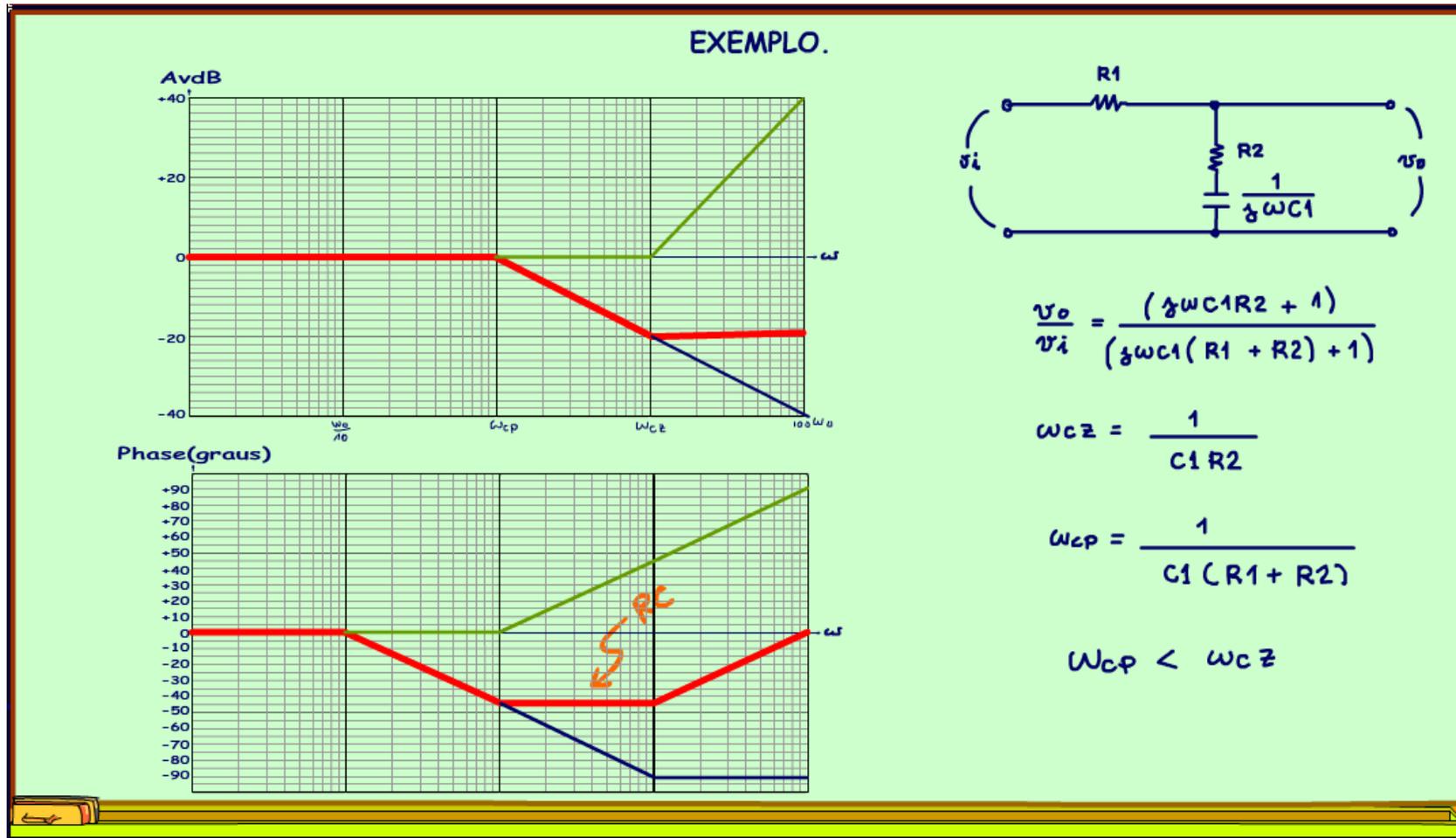


Figura 35

**BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)**

Acima da dessa frequência a fase começa a deslocar novamente para zero, veja que incrível, mesmo com a frequência subindo o capacitor diminui a sua influência no circuito, quanto mais alta a frequência mais resistivo fica o circuito que passa a se comportar como um divisor de tensão.

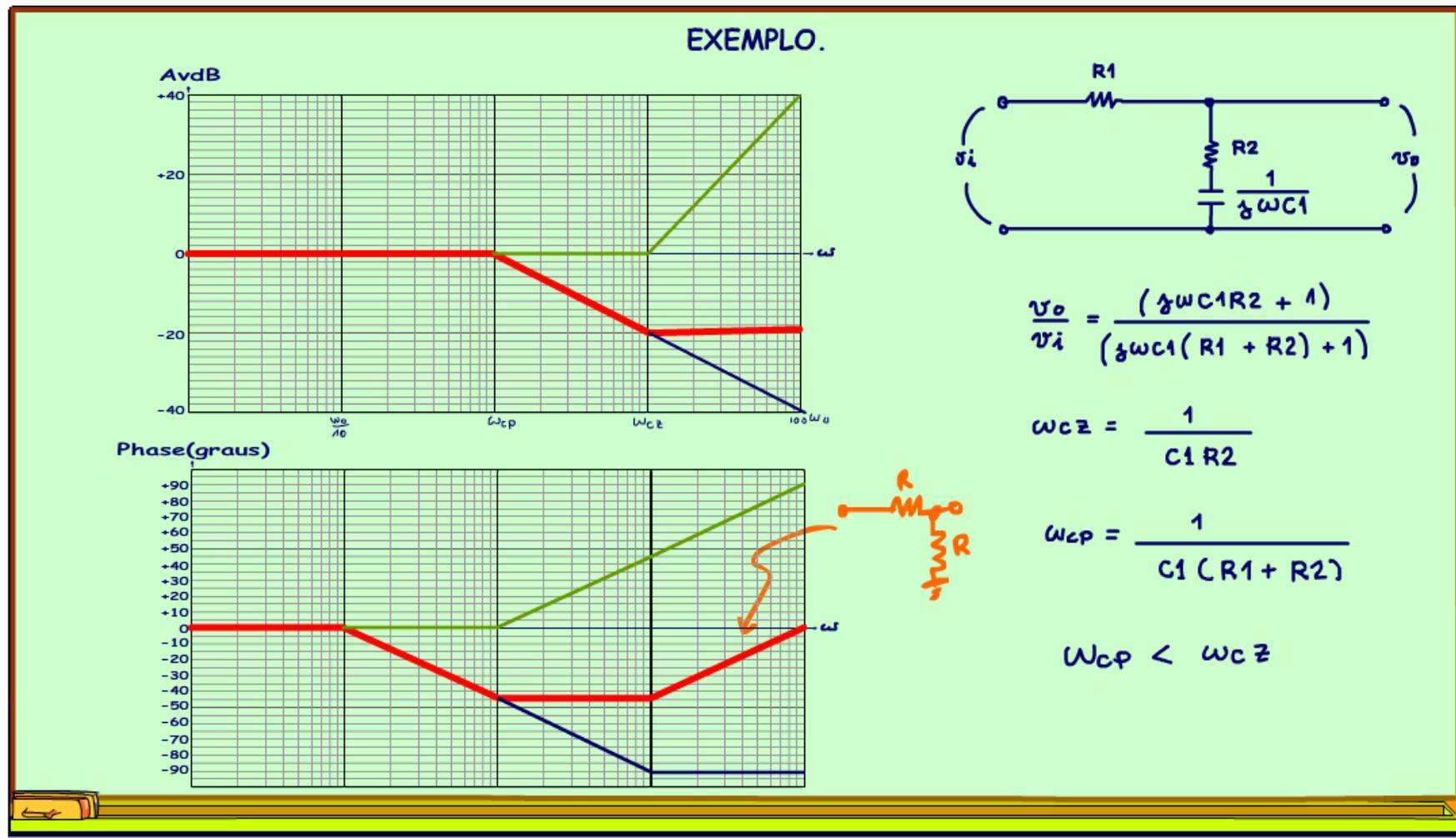


Figura 36

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

Veja o poder do gráfico da fase, analisando a sua curva é possível determinar o circuito equivalente, é possível determinar qual o componente está influenciando mais no circuito, se ele é um circuito indutivo, capacitivo, resistivo ou uma combinação RC ou RL.

O comportamento do circuito muda conforme a frequência do sinal de entrada vai mudando.

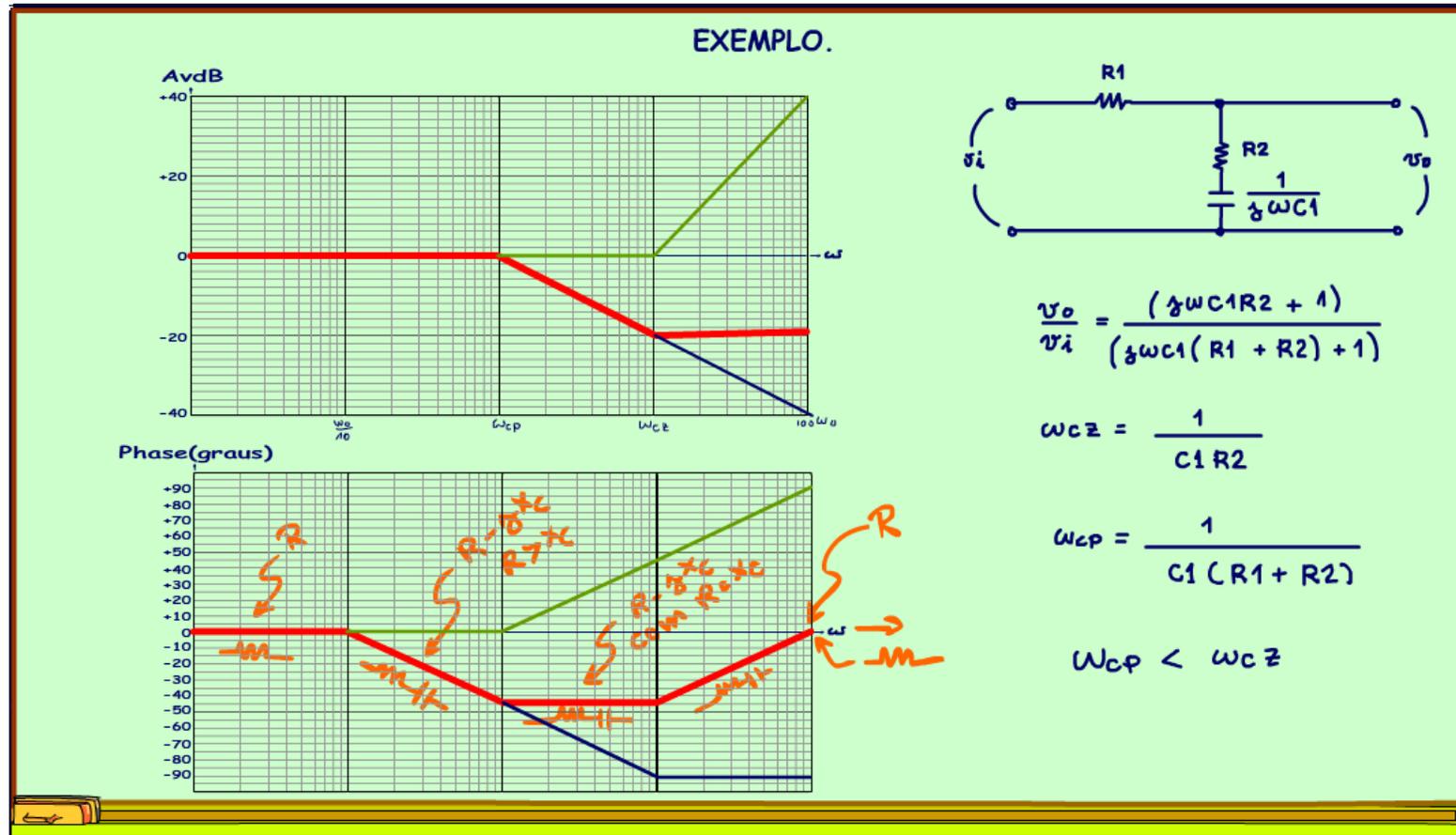


Figura 37

# BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

## 1.7 CONCLUSÃO.

Veja que fantástico, conhecer as curvas de BODE para a amplitude e fase vai abrir um leque muito grande para você entender circuitos mais complexos, o porquê daquele capacitorzinho entre o coletor e a base do transistor, como melhorar a estabilidade de um amplificador e muito mais, todo esse conhecimento vai fazer você se equilibrar melhor na corda bamba da eletrônica!

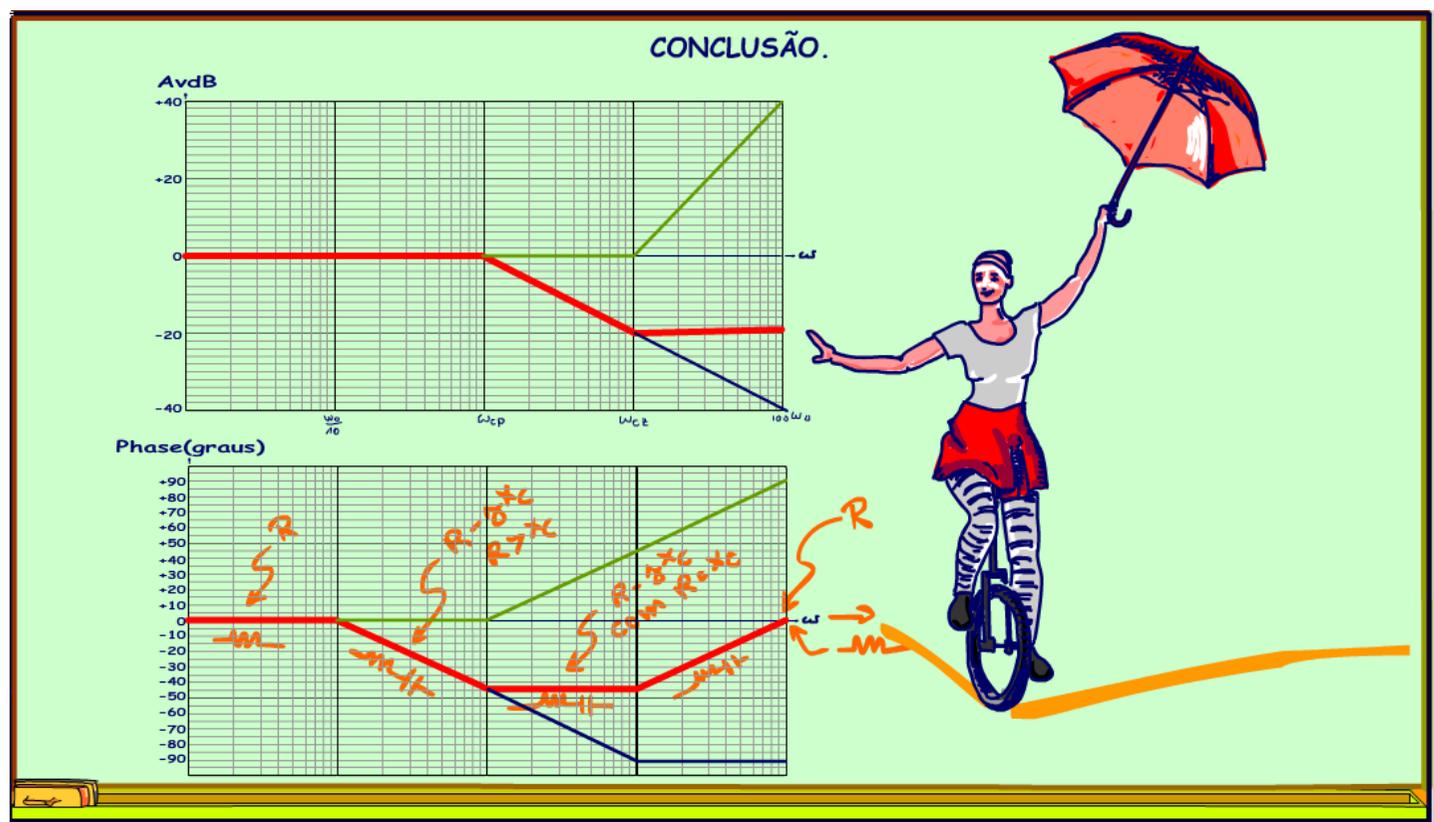


Figura 38

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

## BODE-Veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)

### 1.8 CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

**Arthurzinho: E não tem site.**

Tem sim é [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com) lá você encontra o pdf e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

## BODE-veja como desenhar a defasagem de forma simples usando as curvas de BODE (PARTE 02)



The image shows a screenshot of the website [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com). The website header includes the logo 'bairrospd' and the text 'BAIRROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a green banner with the text 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIRROSPD.COM'. The main content area features a navigation menu with items like 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. A prominent yellow banner reads 'APRENDA A LER RESISTORES'. Below this, there is a cartoon illustration of a man working on a circuit board, with the text 'SENTINDO AS CORES: Código de cores dos resistores.' and 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.'. At the bottom of the screenshot, a blue banner asks 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' with a 'CLIQUE AQUI!' button.

**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**

**[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairros**

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

[https://www.youtube.com/channel/UC\\_tfxnYdBh4IbiR9twtppA](https://www.youtube.com/channel/UC_tfxnYdBh4IbiR9twtppA)