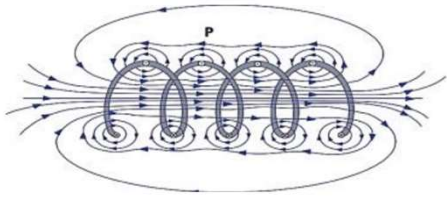


Insper

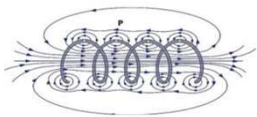


# PROJETO FINAL

## Wireless Power Transfer

*Eletromagnetismo e Ondulatória*

Gabriel O. | João Victor P. | Pedro M. | Sarah P.



## Primeira evidencia de transmissão de energia



Relações entre corrente elétrica e campo magnético



Transmissão de energia por indução



## Objetivo do Projeto

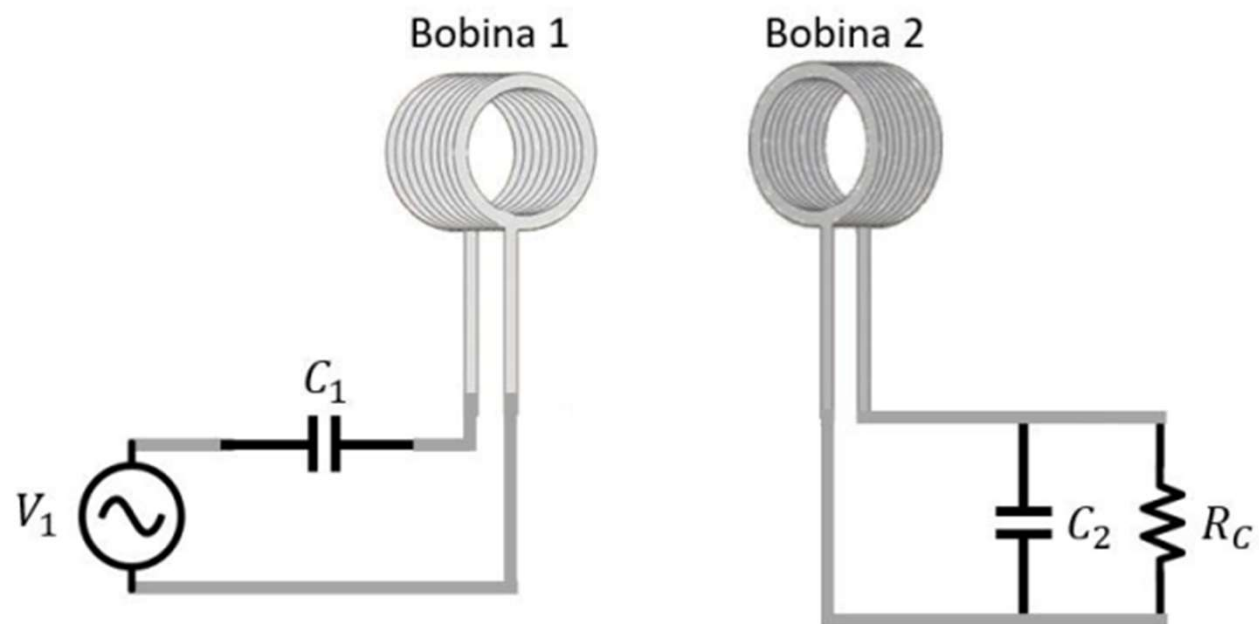


**TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO**



**VALIDAR SIMULAÇÕES**

## Wireless Power Transfer



Desenho esquemático do modelo de transmissão de energia sem fio com duas bobinas

# SUMÁRIO

## 01 CIRCUITOS E MODELOS

---

- *Circuitos utilizados*
- *Equações*

## 02 MONTAGEM SIMULAÇÃO

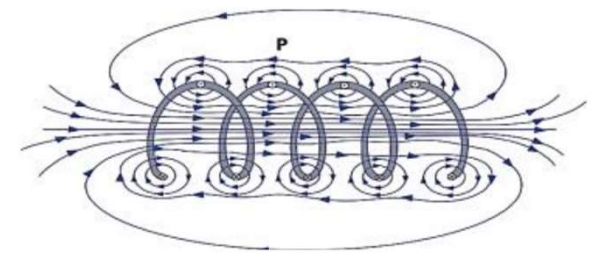
---

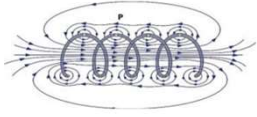
- *Montagem das Bobinas*
- *Simulações com Parâmetros*

## 03 MEDIÇÕES VALIDAÇÃO

---

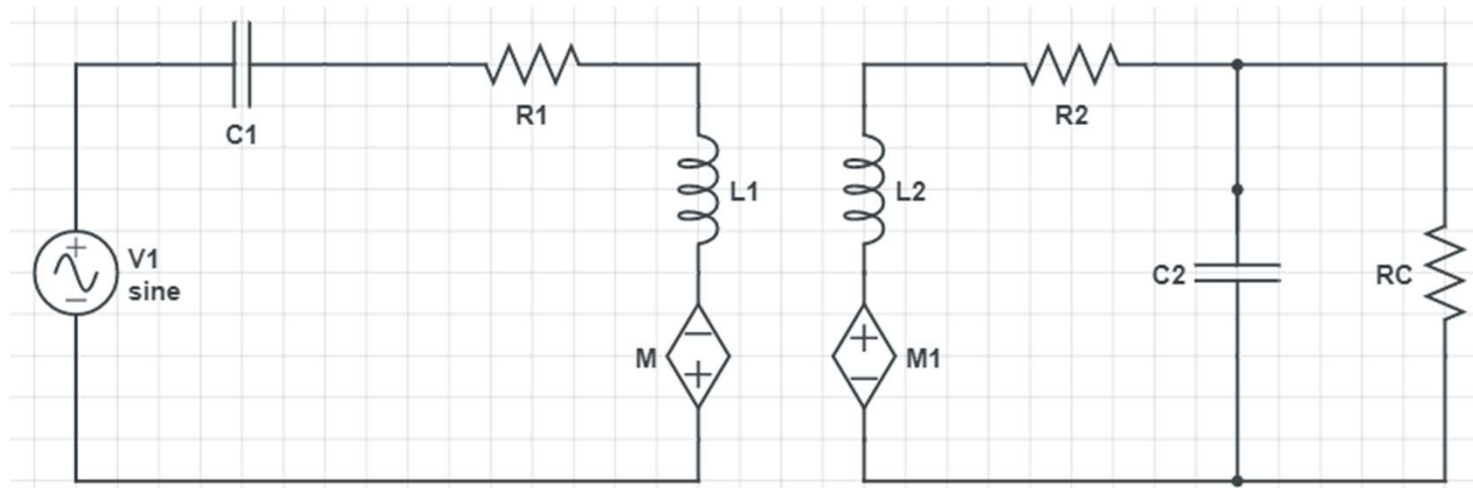
- *Resultados finais*
- *Vídeos*
- *Validação do modelo*





## Circuito Esquemático do WPT

Parecido com o circuito de um transformador, mas com uma diferença: capacitores!

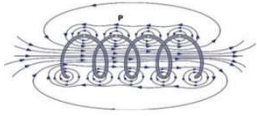


### Malha 1

$$V_1 = (R_1 + X_{C_1} + X_{L_1}) \cdot I_1 - X_M \cdot I_2$$

### Malha 2

$$X_M \cdot I_1 = \left( X_{L_2} + R_2 + \frac{1}{\frac{1}{X_{C_2}} + \frac{1}{R_C}} \right) \cdot I_2$$



## Frequência de Ressonância

Por que utilizar um capacitor?



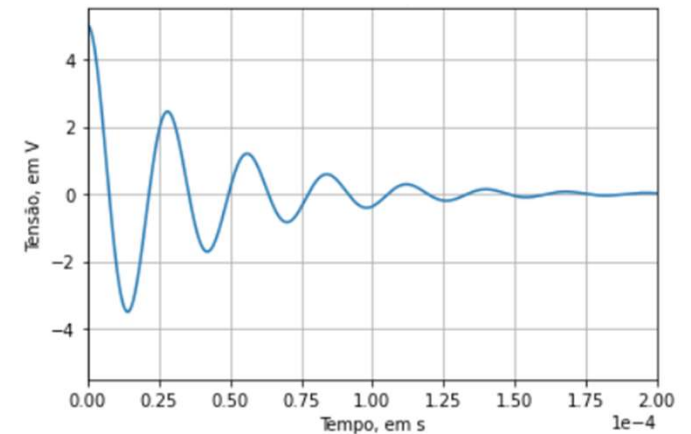
Impedâncias do capacitor e do indutor se cancelam



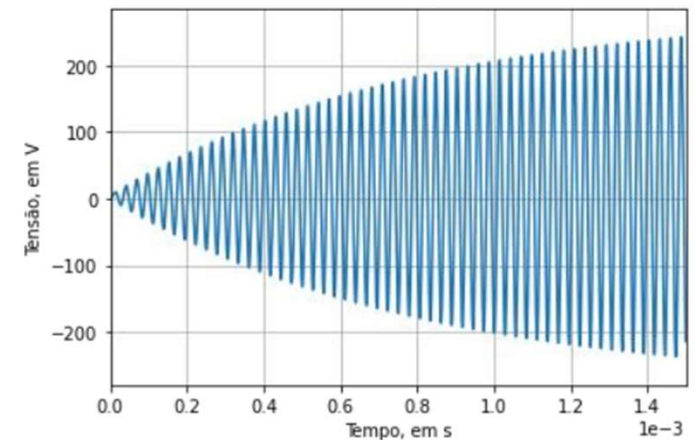
Aumento na eficiência de transmissão entre duas bobinas pelo ar

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

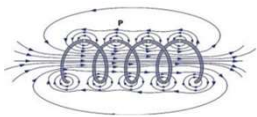
Tensão no Capacitor fora da  $f_{res}$  (circuito RLC)



Tensão no Capacitor na  $f_{res}$  (circuito RLC)







## Bobinas – Parâmetros Construtivos

### Parâmetros gerais

Número de espiras = 44 voltas

Diâmetro = 130 mm

Comprimento do núcleo = 50 mm

#### Bobina Primária

Indutância real = 296.6  $\mu$ H

Resistência real = 412 m $\Omega$

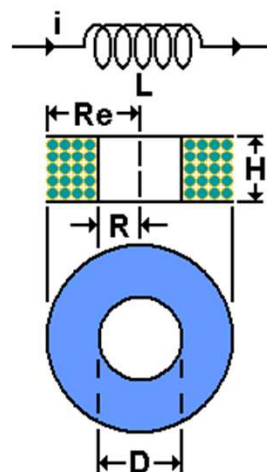
#### Bobina Secundária

Indutância real = 270.2  $\mu$ H

Resistência real = 412.3 m $\Omega$



#### Calculo de Indutores com Núcleo de Ar



Parâmetros de Cálculo:

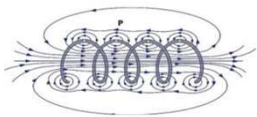
Indutância: L =	0.3	(mH)
Diâmetro do núcleo: D =	130	(mm)
Comprimento do núcleo: H =	50	(mm)
Corrente máxima: i =	1000	(mA)
Secção/AWG do fio: S(mm²) =	6 (8 AWG)	

Valores Calculados: (valores aproximados para referencia)

L=	0.3	mH	Re=	74.79	mm	R=	65	mm
Resistencia=	0.04	Ohm	Dissipação=	0.038	W			
Comprimento(fio)=	18.81	m	Massa(cobre)=	1.39	kg			

Parâmetros de Bobinagem: N° de espiras = 44

N° de camadas = 2.9 Espiras/Camada = 15.3



## Cálculo dos Parâmetros do Circuito

A partir do valor de indutância da bobina, pode-se calcular os demais valores para o circuito



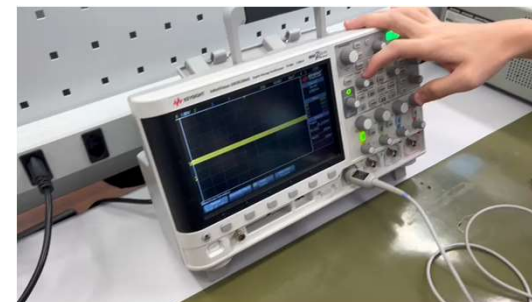
Pares de Capacitância e Frequência de Ressonância  
(segundo disponibilidade e indutância escolhida)

Capacitância	Frequência de Ressonância
$0,1\mu F$	$29,223\text{ kHz}$
$0,15\mu F$	$23,861\text{ kHz}$
$0,47\mu F$	$13,479\text{ kHz}$
$1\mu F$	$9,241\text{ kHz}$
$4,7\mu F$	$4,262\text{ kHz}$



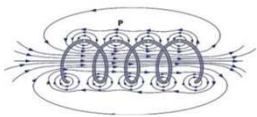
Qual escolher?

Devido um problema no circuito primário (não identificado), a tensão só se mantinha estável para frequências altas



Por isso, elegeu-se o capacitor de  **$0,1\mu F$**

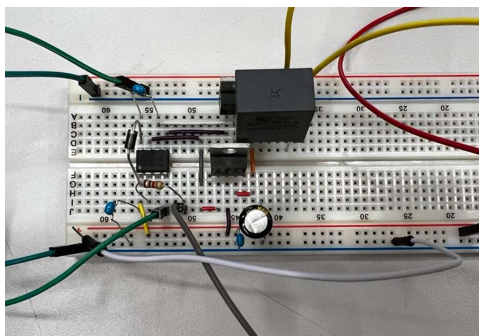
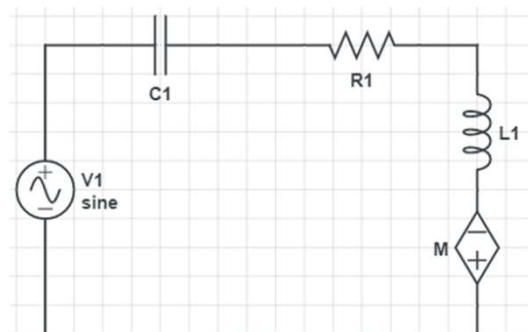
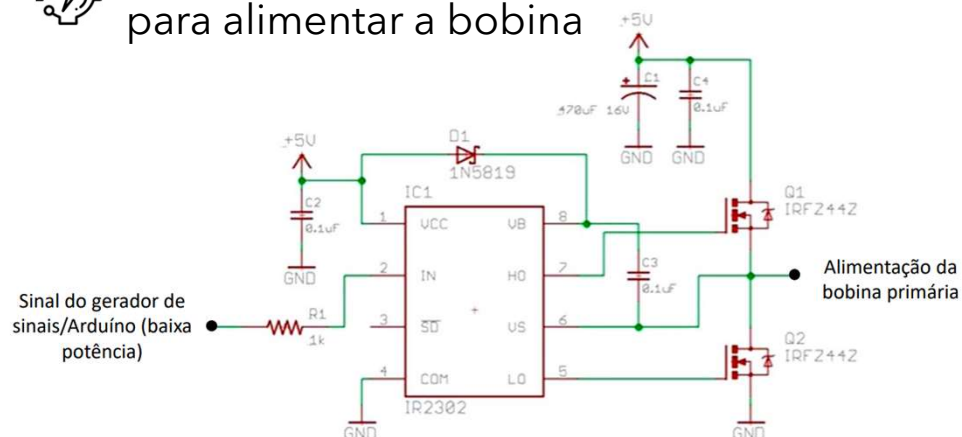
Além disso, utilizou-se um resistor de carga ( $R_C$ ) de  **$100\ \Omega$**



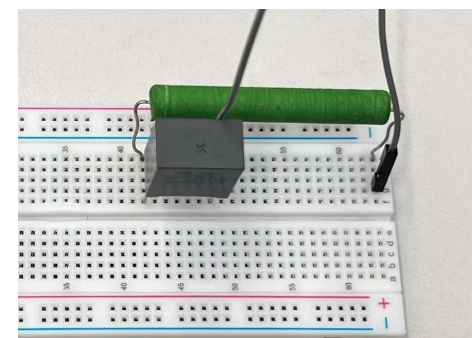
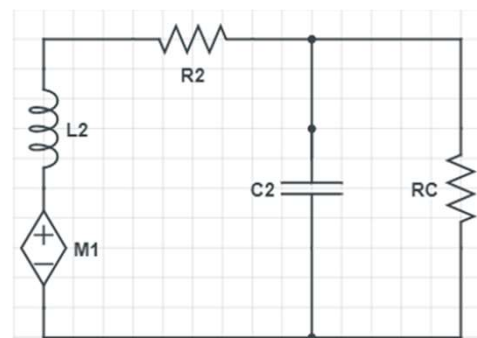
## Circuito Primário



Gerador não produz potência suficiente para alimentar a bobina



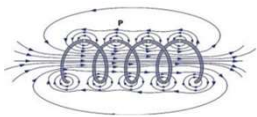
## Circuito Secundário



### Especificação Elétrica

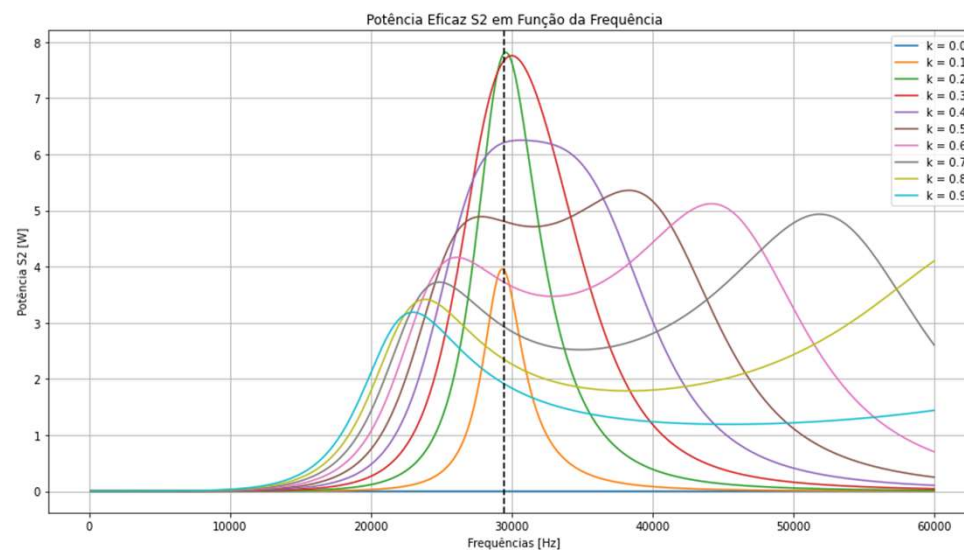
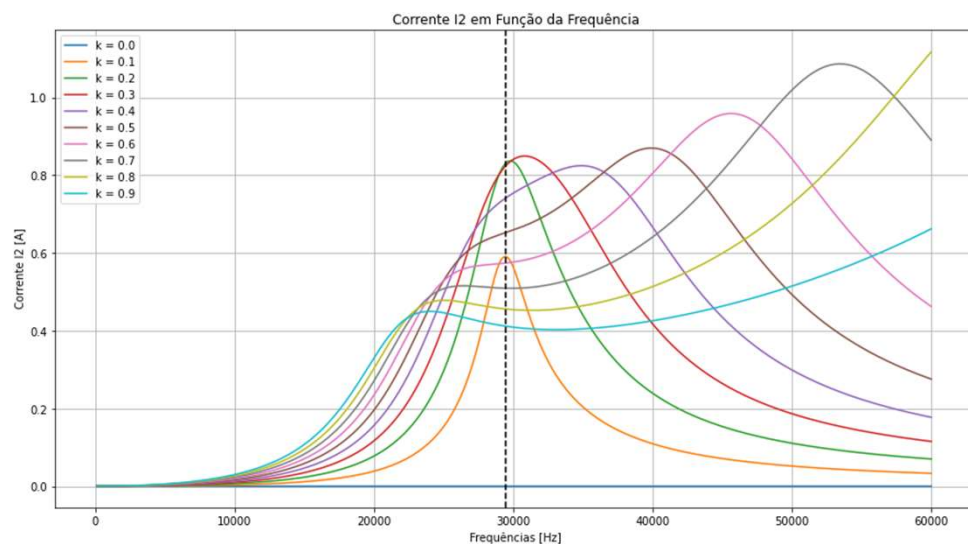
$C1 = 0,1e-6$	$L1 = 296,6e-6$
$C2 = 0,1e-6$	$L2 = 280,2e-6$
$RC = 100\Omega$	$V_p = 5V$
$f = 29.223Hz$	

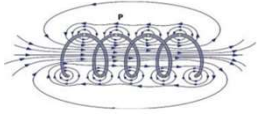




## Simulações

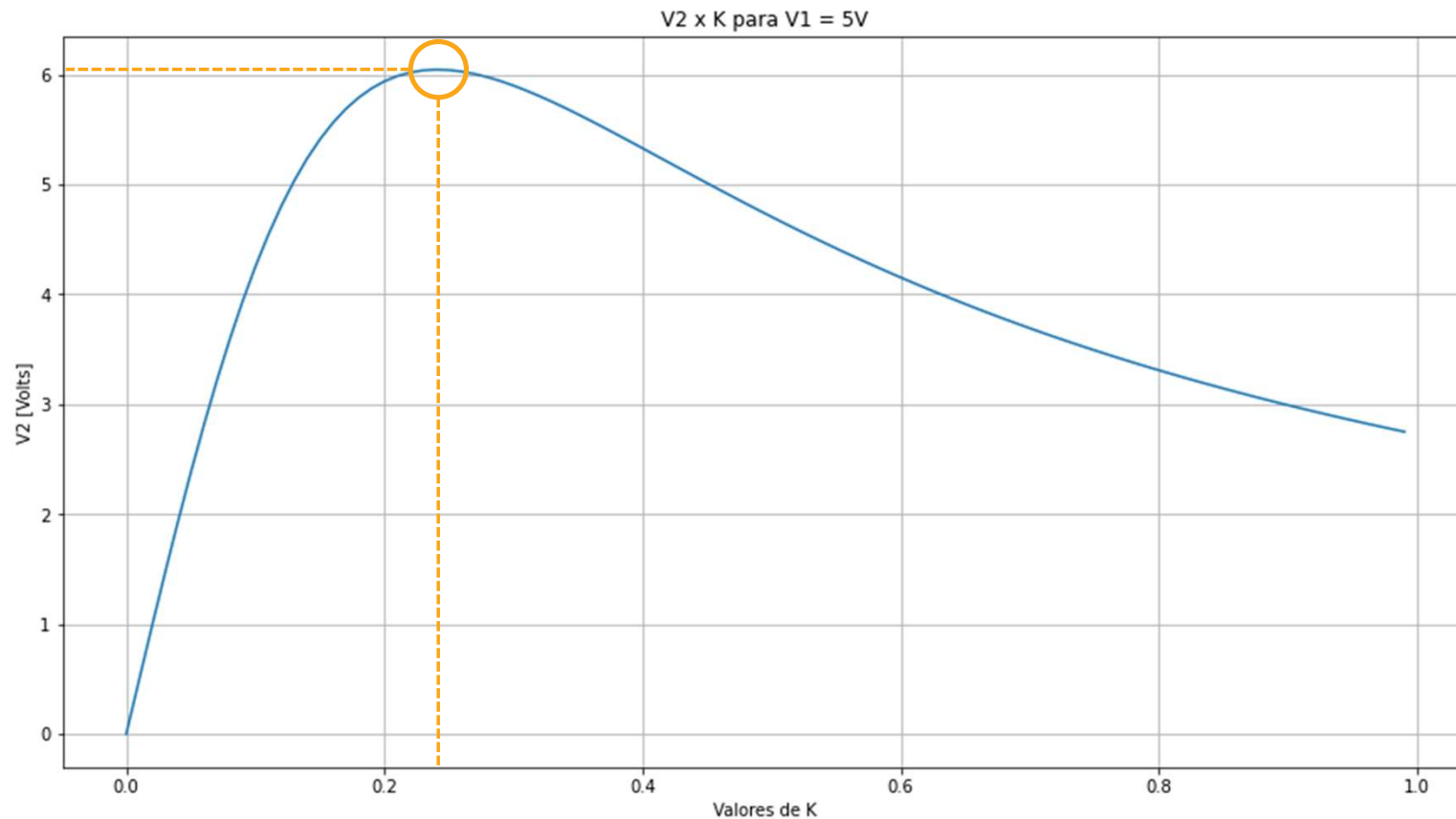
A partir desses valores, quais são os valores esperados?





## Simulações

A partir desses valores, quais são os valores esperados?



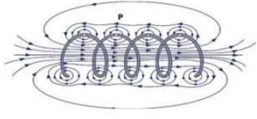
## VALORES MÁXIMOS

Tensão Real: 6.04 V

K ótimo: 0.24

$$P_{Real} = \frac{U_{Real}^2}{R_c} = \frac{6.04^2}{100}$$

$$P_{Real} = 0.36 W$$



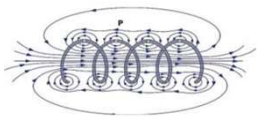
## Circuito Funcionando: Vídeo

Medições para cada distância e demonstração com LEDs



## Medições Realizadas

Distância (cm)	Tensão Medida (V)	Potência Calculada (W)
0	5,02	0,252004
1	5,32	0,285156
2	4,93	0,243049
3	4,45	0,198025
4	4,78	0,228484
5	4,29	0,184041
6	3,65	0,133225
7	3,25	0,105625
8	2,69	0,072361
9	2,44	0,059536
10	2,01	0,040401
11	1,8	0,0324
12	1,72	0,029584
13	1,48	0,021904
14	1,32	0,017424
15	1,24	0,015376
16	1	0,01



## Validação

Os valores estão condizentes com a simulação?



Formato do Gráfico: distância e coeficiente de acoplamento



Tensões máximas medidas e potência calculada

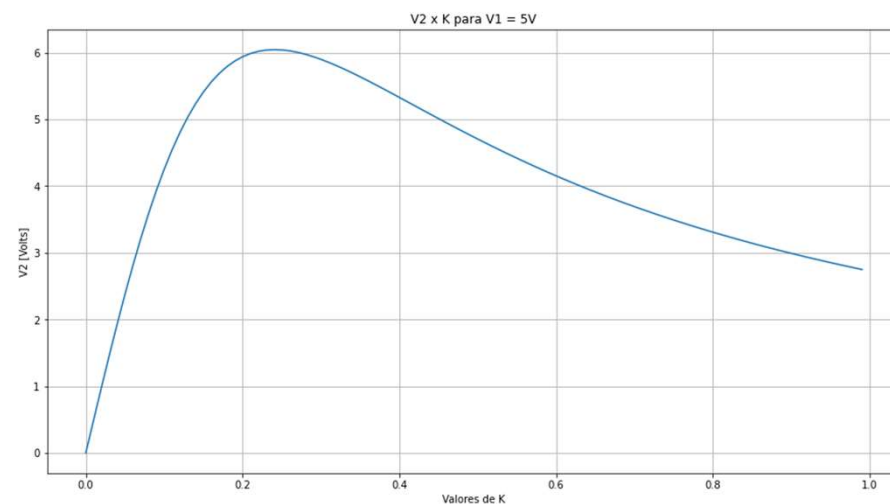
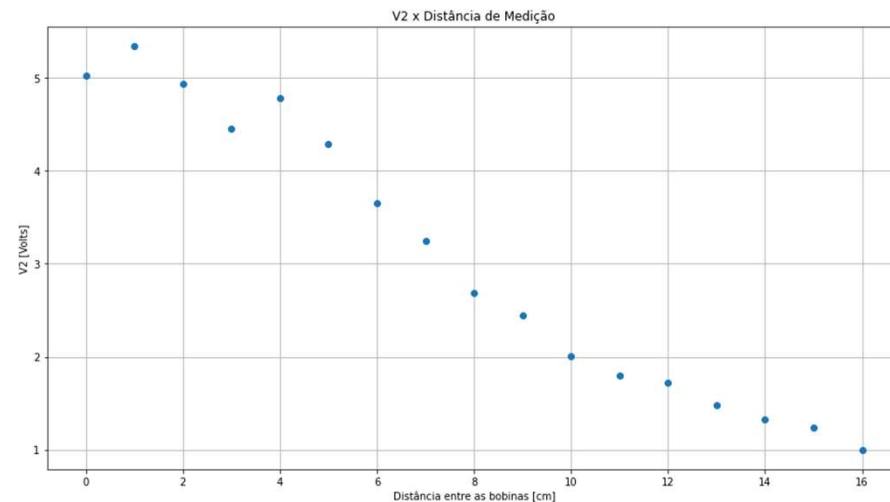
Simulação

$V2_{m\acute{a}x}: 6.04 \text{ V}$   
 $P_{Real}: 0.36 \text{ W}$

Medição

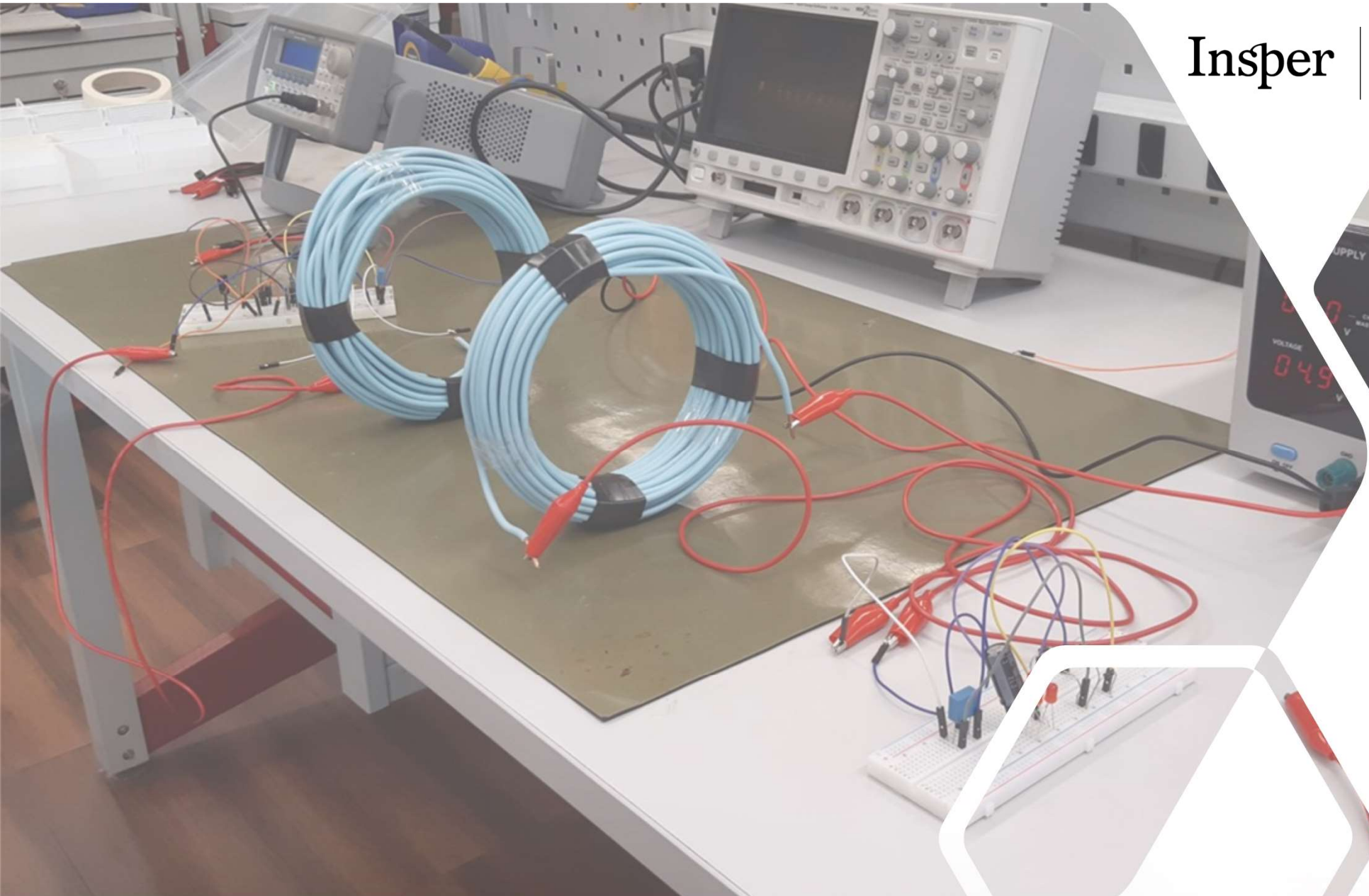
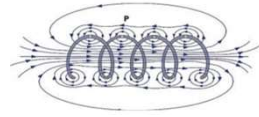
$V2_{m\acute{a}x}: 5,34 \text{ V}$   
 $P_{Real}: 0,28 \text{ W}$

SIMULAÇÃO  $\approx$  REALIDADE





Insper



**Q  
&  
A**