

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP

INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN” - IFGW

Disciplina F609 – Tópicos do ensino de Física I

**PROJETO SIMULADOR DE PONTE DE WHEATSTONE COM USO DE LÂMPADAS E
APLICAÇÃO DA PONTE COM USO DE UMA EXTENSÔMETRO EM UM CASO
PRÁTICO**

RELATÓRIO PRÉ-FINAL - RF1



João Carlos Gabriel

RA 840489

[joao_gabriel X yahoo.com.br](mailto:joao_gabriel@yahoo.com.br)

Orientador: Prof. Dr. Jorge Megid

<http://www.fe.unicamp.br/administracao/docentes-exercicio.html#j>

Coordenador da Disciplina: Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi.

<http://portal.ifi.unicamp.br/br/pessoas/128-professores/274-141>

Campinas – SP

13 de Novembro de 2013

1. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi pela compreensão e atendimento nas dúvidas, bem como às diretrizes dadas na disciplina que enriquecem a nossa formação.

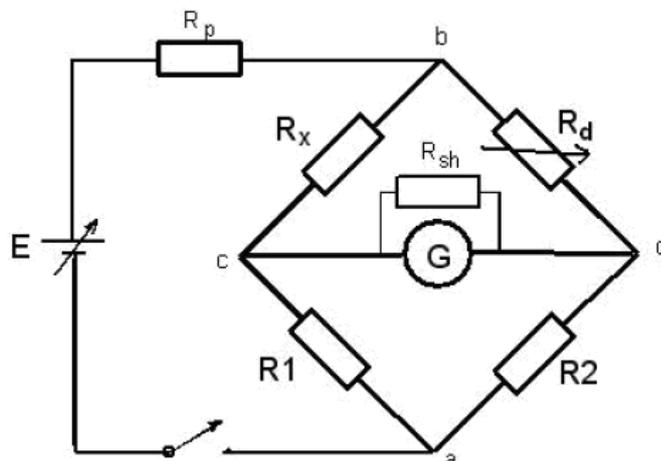
Agradeço ao Prof. Dr. Jorge Megid Neto pelas orientações, recomendações e sugestões dadas ao longo do desenvolvimento do projeto, que mostraram a direção do do trabalho.

2. RESUMO DA TEORIA - PONTE DE WHEATSTONE

A ponte de Wheatstone, em sua forma mais simples, é um circuito elétrico com 4 resistores estruturados em duas malhas e um tramo central com um medidor, podendo ser um galvanômetro, um amperímetro ou um voltímetro (Ponte de Wheatstone – Bibliografia 3)

A ponte de Wheatstone é usada como medidor por comparação. Quando a ponte de Wheatstone estiver em equilíbrio, usa-se o conceito de detecção de zero. Este conceito é um critério menos sensível a problemas de calibração ou de precisão de padrões de referência.

Na figura 1 da ponte de Wheatstone a seguir, se os valores das resistências R_x , R_d , R_1 e R_2 forem tais que os potenciais em c e em d estejam iguais, nenhuma corrente circulará pelo medidor. Se uma das resistências da ponte de Wheatstone for desconhecida ou variável, quando a ponte for equilibrada, permitirá a determinação desta resistência desconhecida. Para descobrir o valor da resistência desconhecida, utiliza-se uma resistência ajustável (como um potenciômetro) para equilibrar a ponte. A associação do conceito de comparação de sinais e do detector de zero é aplicada em vários instrumentos e sensores.



Montagem de uma ponte de Wheatstone.

Figura 1 - Montagem de uma ponte de Wheatstone

3. MONTAGEM DA PONTE DE WHEATSTONE

Na ponte de Wheatstone apresentada, substituiu-se as resistências elétricas por lâmpadas. São utilizadas 4 lâmpadas com resistências variáveis (ou iguais) no lugar das resistências R_1 , R_2 , R_x e R_d . No lugar do medidor – galvanômetro, amperímetro ou voltímetro está sendo usada uma lâmpada indicadora. Se a ponte estiver em equilíbrio, isto é $R_2 * R_x = R_d * R_1$, não passará corrente na lâmpada indicadora e ela não acenderá. Se, por outro lado, a $R_2 * R_x \neq R_d * R_1$, então a ponte de Wheatstone estará desequilibrada e a lâmpada indicadora do tramo central acenderá.

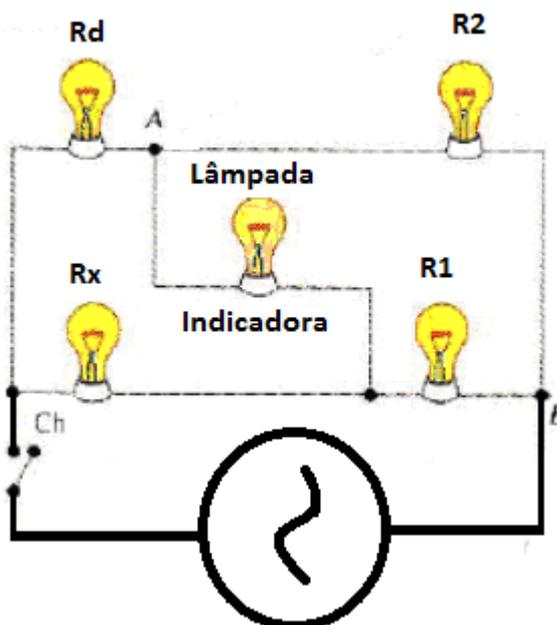


Figura 2 – Ponte de Wheatstone com lâmpadas

O entendimento do circuito da ponte de Wheatstone pode ser utilizado nos níveis de ensino médio, técnico, superior e de pós-graduação.

Ensino Médio – aula de Física

Dentre os conceitos a serem aprendidos pelos alunos estão:

- **Questão Investigativa:** A questão investigativa inicial no experimento de física para os alunos do ensino médio é o de realizar uma montagem com 5

lâmpadas interligadas e alimentadas de forma que 4 acendam e uma fique apagada, mesmo estando com os terminais ligados ao circuito. Nenhuma lâmpada pode ficar em curto circuito. .

- Fonte elétrica
- Tensão contínua
- Tensão alternada
- Corrente elétrica
- Tensão elétrica
- Resistências elétricas
- Lei de Ohm
- Tipos de fios
- Montagem de circuitos elétricos
- Lei de Kirchhoff das malhas (tensões)
- Lei de Kirchhoff dos nós (correntes)
- Lâmpadas
- Como as lâmpadas são fabricadas
- Diferentes tipos de lâmpadas
- Como funcionam as lâmpadas
- Emissão de radiação não ionizante
- Como as resistências elétricas são fabricadas
- Como as resistências elétricas influenciam em condução de eletricidade a longa distância, como nas redes de alta tensão

Ensino Técnico – Instrumentação

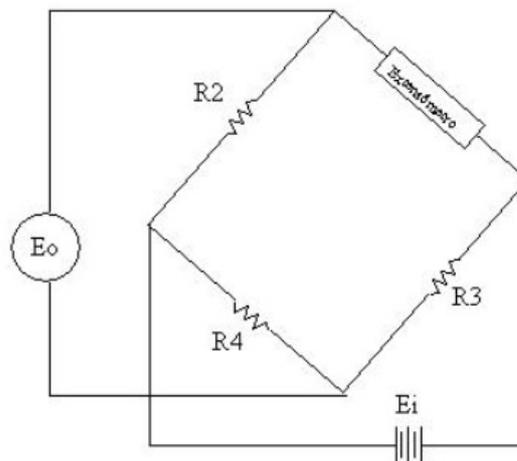
No ensino técnico, além dos conceitos anteriores apresentados ao ensino médio, ainda podem ser discutidos conceitos técnicos como:

- Utilização da ponte de Wheatstone em instrumentação
- Instrumentos de medida utilizando-se células de carga em balanças, por exemplo.
- Instrumentos de medida utilizando-se extensômetros.

Ensino Superior e Pós-Graduação

No ensino Superior e de Pós-Graduação, a ponte de Wheatstone é extremamente importante em instrumentos de laboratórios, onde circuitos de pontes em desequilíbrio podem ser usados para medidas de outras grandezas físicas (força, luz, frio e calor, radiação, etc) e grandezas químicas (pH, turbidez, etc).

Uma das aplicações da ponte de Wheatstone é a de utilização em células de carga ou extensômetros. Nesta montagem substitui-se uma das resistências, a resistência desconhecida, por um extensômetro. Este, ao ser submetido a uma carga de tração se deforma mudando o comprimento, a área da seção transversal do elemento, mudando assim a resistência.



Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

Figura 3 – Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

A ponte de Wheatstone é um circuito que possibilita o ensino prático de vários conceitos.

4. LISTA DE MATERIAIS E CUSTOS

Lista de Materiais (circuito com lâmpadas)

- Chapa de compensado de 0,5 m²;
- 5 soquetes de porcelana
- 4 m de fio 14 (par)
- Parafusos ou pregos encontrados em obras
- 7 Lâmpadas de potências diferentes
- 4 conectores

O preço da montagem de um circuito de Ponte de Wheatstone é relativamente baixo. Os valores são indicados na tabela 1:

Tabela 1 – Componentes e seus custos – Ponte de Wheatstone com lâmpadas.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	Chapa compensado e	0,5 m ²	Encontradas em caçambas de entulho	
2	Fio 14	4 m	R\$ 5,00	R\$ 5,00
3	Soquetes de porcelanda	5 unidades	R\$ 3,00	R\$ 15,00
4	Lâmpadas diferente potências (60W, 100W, 20W)	7 unidades	R\$ 3,00	R\$ 21,00
5	Conectores	4	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TOTAL				R\$ 45,00

Lista de Materiais (circuito com extensômetro)

- Chapa de compensado de 1 m²;
- 4 m de fio 14 (par)
- 1 interruptor
- Fonte de tensão de 24 V (contínua)
- Parafusos
- Fita isolante
- Resistências elétricas
- Extensômetro
- Galvanômetro

O preço da montagem de um circuito de Ponte de Wheatstone com extensômetro está indicado na tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Componentes e seus custos – Ponte de Wheatstone com extensômetro.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
1	Chapa e compensado	0,5 m ²	Encontradas em caçambas de entulho	
2	Fio 14	4 m	R\$ 5,00	R\$ 5,00
3	Resistores com diversos valores de resistência	5 unidades	R\$ 0,50	R\$ 1,00
4	Potenciômetro	2 unidades	R\$ 5,00	R\$ 10,00
5	Conectores	4	R\$ 4,00	R\$ 4,00
6	Extensômetro 120 ohms, linear	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
TOTAL				R\$ 45,00

5. EXISTÊNCIA EM OUTRAS APRESENTAÇÕES

O projeto já é apresentado na internet. Um projeto deste tipo pode ser visto no site www.feiradeciencias.com.br.



Figura 4 – Montagem elétrica da ponte de Wheatstone

Um filme da ponte de Wheatstone com lâmpadas pode ser vista na seguinte página:

http://www.youtube.com/watch?v=1ZsZhMqs_c0

6. CRONOGRAMA DE TRABALHO E RESULTADOS ATINGIDOS

O cronograma de trabalho para a montagem dos experimentos da ponte de Wheatstone foi o seguinte:

Agosto de 2013

- Pesquisa sobre o tema do projeto nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Definição do tema. Pesquisa sobre o tema nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Definição do título
- Pesquisa sobre o assunto na internet, nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Procura de um orientador. Contato com o orientador. Aceitação do orientador sobre o projeto.
- Elaboração do pré-projeto da Ponte de Wheatstone.

Setembro de 2013

- Elaboração detalhada da lista de materiais da ponte de Wheatstone
- Pesquisa de fornecedor do extensômetro para elaboração da ponte de Wheatstone com Extensômetro.
- Compra do material elétrico

Outubro de 2013

- Aquisição da placa de compensado em uma obra perto da minha residência
- Pesquisa de empresa que fornece o extensômetro
- Início da pintura da placa de madeirite
- Elaboração do Relatório Parcial do projeto e envio ao Prof. Lunazzi

Novembro de 2013

- Compra dos componentes faltantes
- Montagem dos circuitos
- Testes dos circuitos
- Elaboração do RELATÓRIO PRÉ – FINAL RF1

7. FOTOS DA MONTAGEM DA PONTE DE WHEATSTONE

Nesta sequência são apresentadas as fotos tiradas dos materiais e da montagem dos experimentos para a montagem da ponte de Wheatstone de lâmpadas.



Figura 5 – Soquetes para as lâmpadas – soquete de cerâmica



Figura 6 – Fio elétrico para a conexão dos soquetes para as lâmpadas

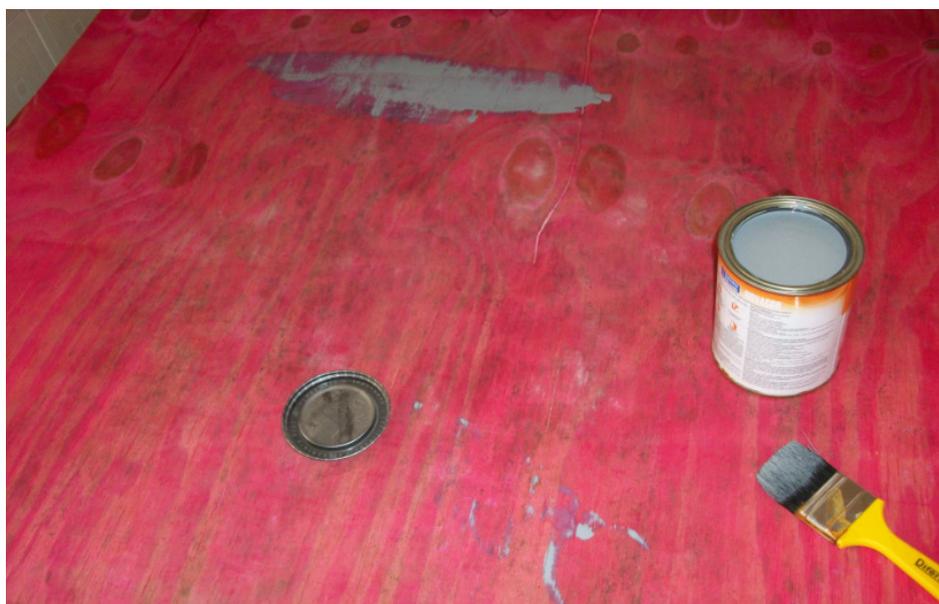


Figura 7 – Chapa de madeira – início da pintura



Figura 8 – Chapa de madeira – compensado pintado



Figura 9 – Montagem dos soquetes de porcelana

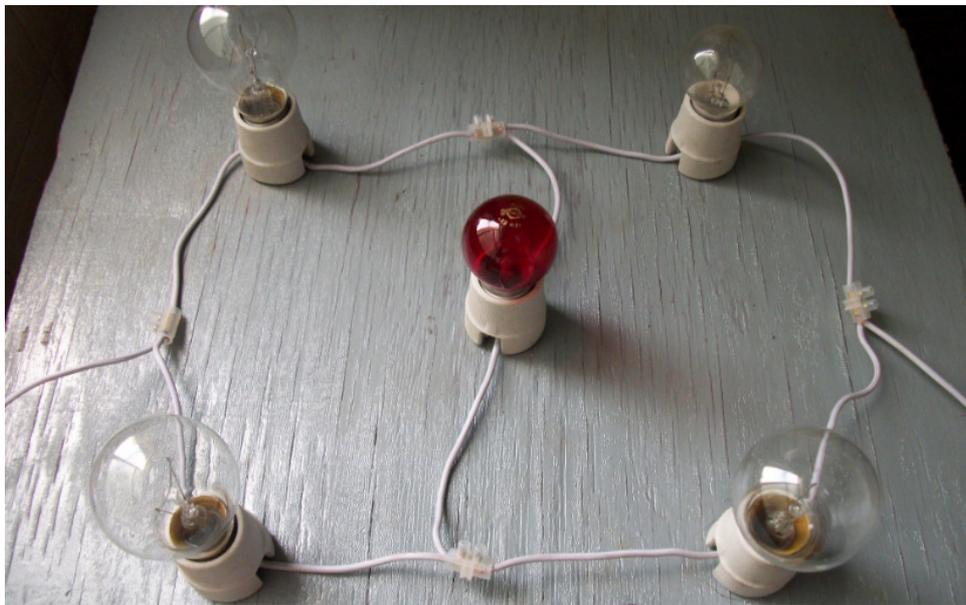


Figura 10 – Montagem dos fios nos soquetes de porcelana e colocação das lâmpadas



Figura 11 – Teste da ponte de Wheatstone em equilíbrio – a lâmpada do meio não acende.



Figura 12 – Teste da ponte de Wheatstone em desequilíbrio – a lâmpada do meio acende.

Ponte de Wheatstone com EXTENSÔMETRO



Figura 13 – Extensômetros KYOWA.

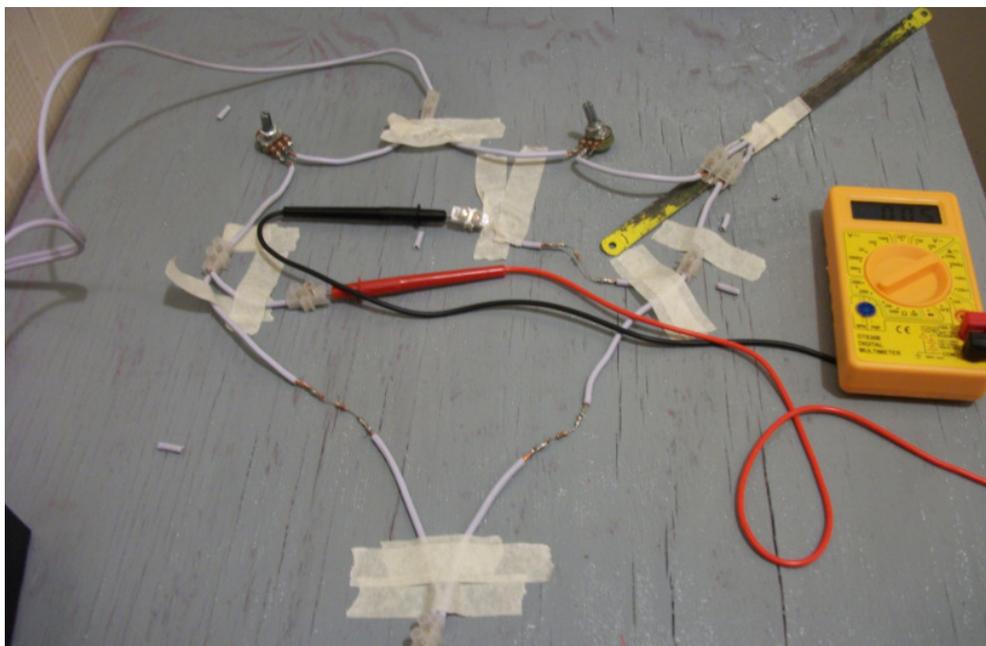


Figura 14 – Teste da ponte de Wheatstone com extensômetro. .

8. DIFICULDADES ENCONTRADAS

A maior dificuldade para a montagem do circuito foi a de encontrar e comprar o extensômetro. A venda do extensômetro somente é feita em cartela de 10 unidades, sendo que o preço total da cartela é de R\$ 200,00 (incluso o envio via CEDEX).

9. PESQUISA REALIZADA

A pesquisa sobre um tema para a elaboração de um projeto para a disciplina de F609 foi iniciado folheando-se o livro de Física que utilizei no meu primeiro ano do curso de Engenharia na Unicamp, em 1984. O livro de FÍSICA de Paul A Tipler, volumes 1 e 2 da Editora Guanabara Dois, 1978. Nestes dois livros procurei algum assunto interessante, que pudesse ser desenvolvido para a disciplina e que simultaneamente possa ser utilizado no ensino médio. Foquei principalmente os tópicos relacionados com a área de elétrica / eletromagnetismo, pela qual me interessei profundamente. Uma vez definido o assunto, pesquisei sobre a ponte de Wheatstone na Internet. Encontrei alguns artigos em sites que estão relacionados na Bibliografia.

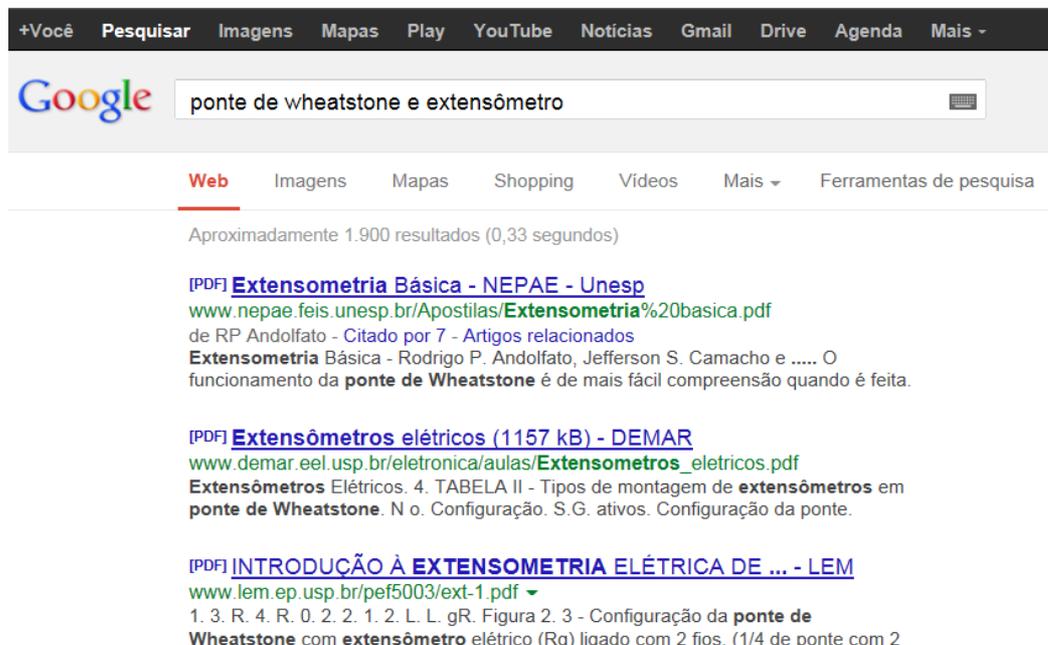


Figura 15 – Pesquisa na Internet

10. DESCRIÇÃO DO TRABALHO EM TERMOS DOS NÍVEIS DE ENSINO

a) Público em geral

O público em geral pode descrever o trabalho como uma montagem elétrica e um circuito que pode estar em equilíbrio ou desequilibrado. Quando a ponte está equilibrada, a lâmpada do tramo central não acende. Por outro lado, quando a lâmpada acende, isto significa que a ponte está desequilibrada.

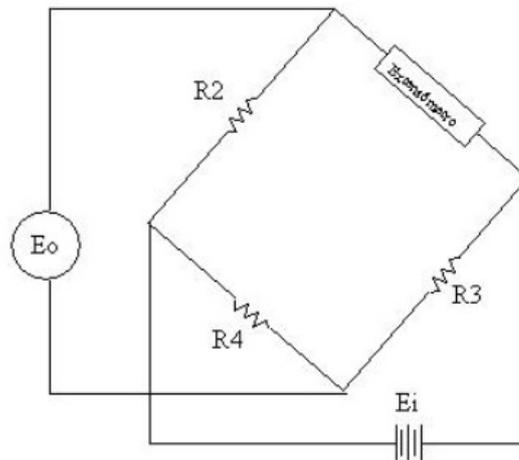
b) Ensino Médio e Técnico

Para os alunos do ensino médio, o equilíbrio da ponte significa uma relação entre os resistores (lâmpadas) obtida das Leis de Kirchhoff. Se a ponte está em equilíbrio, isto significa que $R_2 * R_x = R_d * R_1$.

Se a ponte estiver desequilibrada $R_2 * R_x \neq R_d * R_1$ passará corrente na lâmpada indicadora (do tramo central) e ela acenderá.

c) Ensino Técnico e Superior

Para o ensino de nível superior, o conceito de ponte de Wheatstone pode ser usado como instrumentação. A variação da resistência do extensômetro desequilibra a ponte e este desequilíbrio será indicado, proporcionalmente pelo medidor E_o (Apostila da disciplina SEM0539).



Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

Figura16 – Ponte de Wheatstone com o uso de extensômetro.

Nesta montagem utiliza-se um conjunto de resistores, uma bateria, uma chave, fios, um galvanômetro e um extensômetro. Ao se aplicar uma carga no extensômetro, a sua resistência muda. Quando a resistência muda, a ponte será desequilibrada e o galvanômetro / amperímetro indicará uma variação. Esta variação poderá ser proporcional à variação da carga no extensômetro. Este projeto complementar será uma apresentação do uso da ponte de Wheatstone para mostrar uma aplicação prática da mesma.

PONTE COM 1 EXTENSÔMETRO

$$\Delta V_0 = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} \right) V_S$$

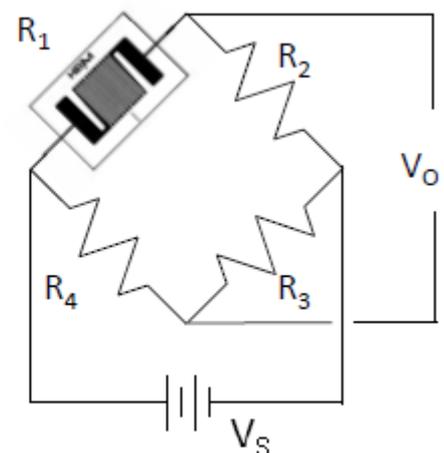


Figura 17 - Ponte de Wheatstone com extensômetro

Extensômetro :

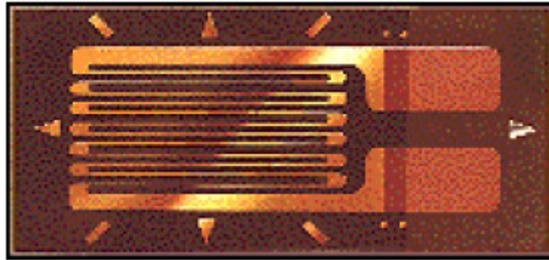


Figura 18 - Extensômetro

A variação da resistência do extensômetro, quando submetido a uma carga irá implicar na variação de V_o , que é proporcional à carga aplicada.

Este tipo de experimento pode ser usado, por exemplo, no cálculo da deformação de uma arquibancada de um estádio de futebol quando submetido a uma oscilação da torcida presente nesta arquibancada. Quando a torcida pula, a arquibancada se deforma. Esta deformação, medida com o extensômetro, reproduz uma variação de carga.

11. DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR

11.1 – DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR – RELATÓRIO PARCIAL

megid@unicamp.br

Para Eu

Out 22 em 5:29 PM

Caro João,

Desculpe a demora.

Acho que está muito bom o texto do projeto. Depois aperfeiçoamos algumas partes.

Não entendi pq é necessário o Extensômetro, já que vc está com dificuldades em conseguir. Nesse caso, perde o sentido de experimento de baixo custo (ao menos a parte que usa o extensômetro).

As fotos da caixa de ferramentas não vejo como necessárias, parece que sem ter uma "caixa de ferramentas" não dá pra fazer o experimento. Acho até que a furadeira não precisa, pois dá pra parafusar no madeirite sem a furadeira. O metro poderia ser um mais novinho, né? (rsrsrs).

Quando vc faz a exposição teórica, vc usa alguma referência? Se sim, coloque ao final do parágrafo o sobrenome do autor e o ano entre parentêsis.

Vc abortou a idéia de deixar os alunos fazerem montagens aleatórias com as 5 lâmpadas, a partir de uma questão investigativa inicial: monte um circuito com as 5 lâmpadas de forma que 4 acendam e uma não, estando todas integradas (ligadas) ao circuito ?

Outra sugestão: e se vc usasse pihã e lâmpadas de lanterna (ou LEDs). Daí teria menos risco de usar tensão de 127V. Que acha?

Sugiro ainda que vc verifique se tem algo sobre Ponte em revistas de ensino de física (Cadernos Brasileiros de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física) e no volume 3 do GREF.

Bem, qq dúvida pode me avisar. Mas penso que vc já pode desenvolver o trabalho.

Abraços, Jorge.

megid@unicamp.br

Out 22 em 5:29 PM

Para Eu

Caro João,

Desculpe a demora.

Acho que está muito bom o texto do projeto. Depois aperfeiçoamos algumas partes.

Não entendi pq é necessário o Extensômetro, já que vc está com dificuldades em conseguir. Nesse caso, perde o sentido de experimento de baixo custo (ao menos a parte que usa o extensômetro).

As fotos da caixa de ferramentas não vejo como necessárias, parece que sem ter uma "caixa de ferramentas" não dá pra fazer o experimento. Acho até que a furadeira não precisa, pois dá pra parafusar no madeirite sem a furadeira. O metro poderia ser um mais novinho, né? (rsrsrs).

Quando vc faz a exposição teórica, vc usa alguma referência? Se sim, coloque ao final do parágrafo o sobrenome do autor e o ano entre parentêsis.

Vc abortou a idéia de deixar os alunos fazerem montagens aleatórias com as 5 lâmpadas, a partir de uma questão investigativa inicial: monte um circuito com as 5 lâmpadas de forma que 4 acendam e uma não, estando todas integradas (ligadas) ao circuito ?

Outra sugestão: e se vc usasse pihã e lâmpadas de lanterna (ou LEDs). Daí teria menos risco de usar tensão de 127V. Que acha?

Sugiro ainda que vc verifique se tem algo sobre Ponte em revistas de ensino de física (Cadernos Brasileiros de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física) e no volume 3 do GREF.

Bem, qq dúvida pode me avisar. Mas penso que vc já pode desenvolver o trabalho.

Abraços, Jorge.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIASSI, M. , NAGAI, Y. E. , Medida de resistividade em materiais semicondutores, Disciplina F 609 – Tópicos de Ensino de Física 1, 2008 em [http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE E MAGNETISMO](http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE_E_MAGNETISMO), acesso em 18/09/2013 às 16h20min.
2. AMORIM, E, P, M, RAGGIO P., Instrumento para Ensino Elementar de Eletrônica Digital, Disciplina F 609 – Tópicos de Ensino de Física 1, em [http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE E MAGNETISMO](http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE_E_MAGNETISMO) acesso em 18/09/2013 às 16h32min.
3. Ponte de Wheatstone, http://www.ifi.unicamp.br/leb/f329-06/4_ponte_de_Wheatstone.pdf, acesso em 18/09/2013 às 16h43min.
4. Ponte de Wheatstone, http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_de_Wheatstone, acessado em 20/08/2013 às 12h22
5. Ponte de Wheatstone , http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fcepa.if.usp.br%2Fefisica%2Fimagens%2Feletricidade%2Fbasico%2Fcap09%2Ffig188.gif&imgrefurl=http%3A%2F%2Fefisica.if.usp.br%2Feletricidade%2Fbasico%2Fmedidas%2Fmedida_resist_eletrica%2F&docid=d9GfH_LqGXoCXM&tbnid=yi0RYDZKrhxCGM&w=400&h=400&ei=93AfUu0GhdD0BI3tgYAL&ved=0CAYQxiAwBA&iact=c, acessado em 20/08/2013 às 12h43.
6. Apostila da disciplina SEM0539-Instrumentação e Sistemas de Medidas, Extensometria e Sensores de Aceleração, USP.