

ERNEST ORLANDO LAWRENCE
BERKELEY NATIONAL LABORATORY



Fonografia e Patrimônio Cultural:

Extração de áudio de registros mecânicos por técnicas não-destrutivas

Nilson E. Souza Filho

Apresentação

I – Introdução

II – Registro Mecânico Vertical

III – Detector Sensível a Posição - PSD

IV – Sensor Cromático Confocal (IRENE)

Apresentação



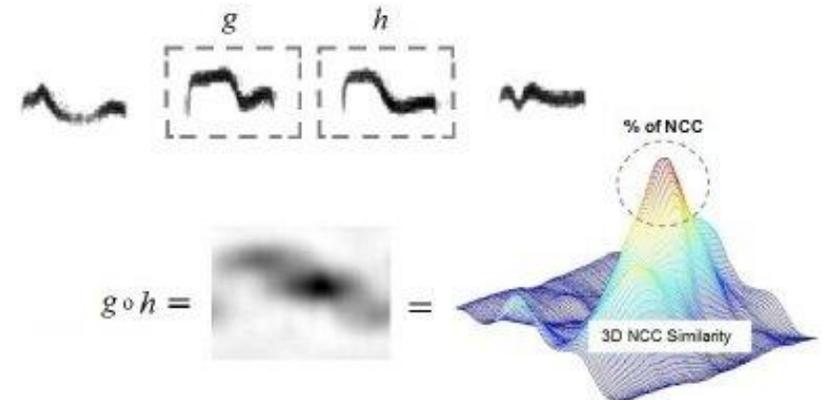
Mestrado: Bioacústica

Orientador: Vielliard, J.M. (2002-2005)



Processamento Digital de Imagens: *Template Matching*.

$$g(t) \circ h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) * w(t + \tau) dt$$



- a) Reconhecimento;
- b) Classificação;
- c) Grau de informação.

$$NCC = \frac{\sum_x \sum_y [g(x,y) - \bar{g}][h(x - x_i, y - y_i) - \bar{h}]}{\sqrt{\sum_x \sum_y [g(x,y) - \bar{g}]^2 \sum_x \sum_y [h(x - x_i, y - y_i) - \bar{h}]^2}}$$

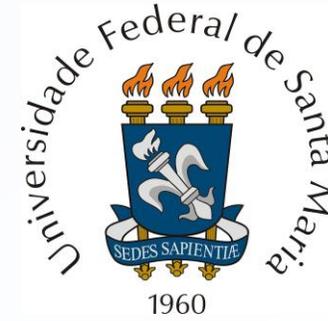


Entropia de Shannon:

$$H = - \sum_{i=1}^M P_i \log_2 P_i \text{ bits por símbolo}$$

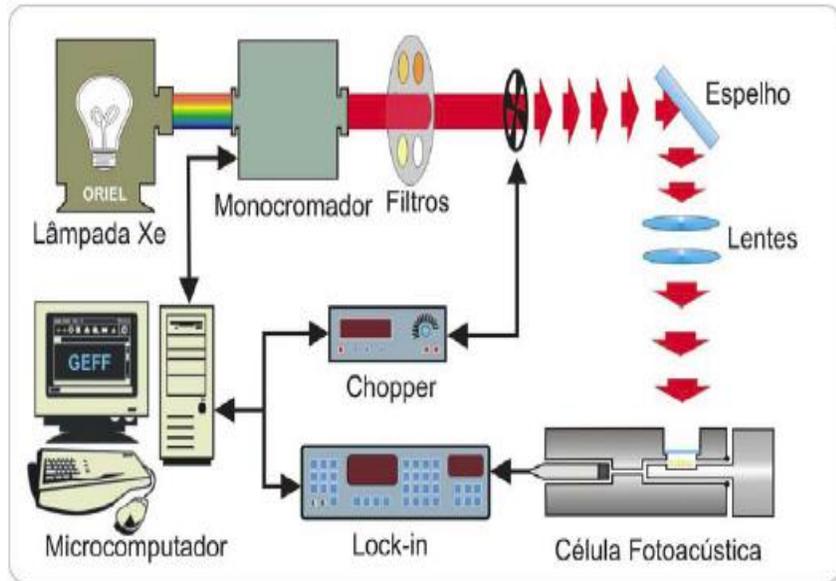
•DOI: [10.5902/2179460X11303](https://doi.org/10.5902/2179460X11303)

Apresentação



Doutorado: Técnicas Fototérmicas

Orientador: [Bento, A.C.](#) (2008-2012)



Técnicas Fototérmicas

- Espectroscopia Fotoacústica - PAS
- Fotoacústica de Célula Aberta - OPC
- Interferometria de Ondas Térmicas - TWI
- Fotorefletância Modulada - MOR



Como comecei a trabalhar com Digitalização de Cilindros Fonográficos?

Apresentação

Início Biblioteca Virtual Estúdio Contato



Prof. Dr. Nilson E. de Souza Filho

- Licenciatura e Bacharelado em Física (UEM);
- Mestrado pelo Instituto de Artes da UNICAMP;
- Doutorado e Pós-Doutorado em Física (UEM);
- Professor Associado II da UFSM;
- Pesquisador Visitante (LBNL), Berkeley-CA, USA;
- Pesquisa: Aplicação de Técnicas Não-Destrutivas: Fotoacústica (PAS e OPC) e Perfilometria (DSP e ESPI);
- Eletroacústica e Técnicas de Registro Fonográfico.

<https://www.evilsom.com>

ENSINO (2013)

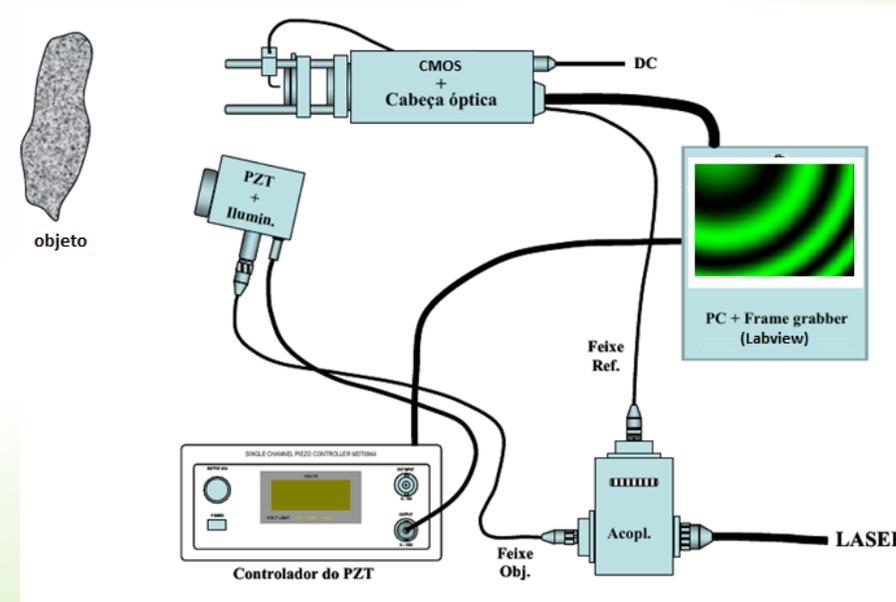
EAC 1008 - Música para Eng. Acústica	EAC 1025 - Eletroacústica II
Notas de Aula 1	Notas de Aula 1
Notas de Aula 2	Notas de Aula 2
EAC 1028 - Técnicas de Gravação	Física I
Notas de Aula 1	Notas de Aula 1
Notas de Aula 2	Notas de Aula 2
EAC 1033 - Projeto Sonoro	Física III
Notas de Aula 1	Notas de Aula 3
Notas de Aula 2	Notas de Aula 4



Pós-Doutorado: Técnicas não destrutivas

Orientador: Astrath, N.G.C. (2015)

Interferometria de Padrão Eletrônico de Granulação de Luz (ESPI)



Researchers play tune recorded before Edison

Rosen, Jody. *New York Times* 27, 2008.

Apresentação

ENSINO

EAC 1008 - Música para Eng. Acústica

Notas de Aula 1

Notas de Aula 2

EAC 1028 - Técnicas de Gravação

Notas de Aula 1

Notas de Aula 2

EAC 1033 - Projeto Sonoro

Notas de Aula 1

Notas de Aula 2

EAC 1025 - Eletroacústica II

Notas de Aula 1

Notas de Aula 2

Física I

Física II

Notas de Aula 1

Notas de Aula 2

Física III

Física IV

Notas de Aula 3

Notas de Aula 4

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 3, e3601 (2018)
www.scielo.br/rbef
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0296>

História da Física e Ciências Afins
©
Licença Creative Commons

Hill and Dale: A técnica de Edison e a transcrição de registros fonográficos de cilindros

Hill and Dale: The Edison technique and the transcription of phonographic records of cylinders

Nilson Souza Filho*¹, J. Jeferson Rosa¹, Daniel Matos Silva², Nelson Guilherme Casteli Astrath²

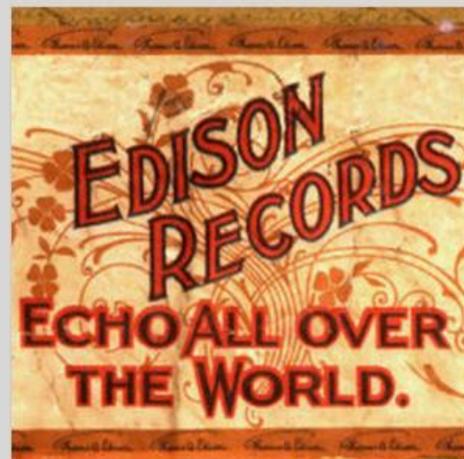
¹Engenharia Acústica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

²Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, PR, Brazil

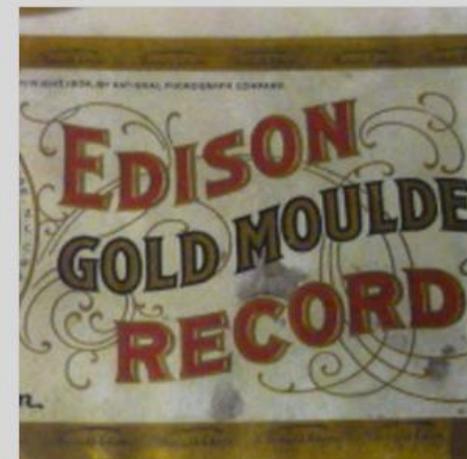
Recibida em 26 de Setembro, 2017. Revisado em 05 de Novembro, 2017. Aceptado em 13 de Novembro, 2017.

<https://edisonrecords.bandcamp.com/>

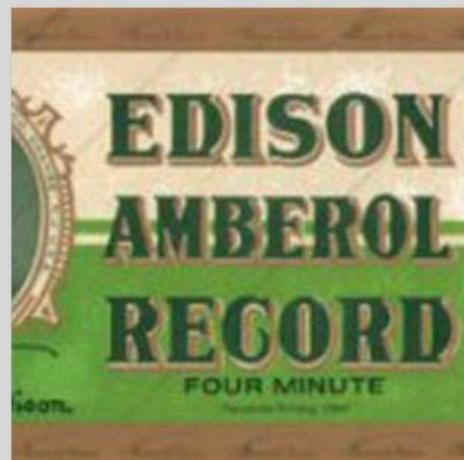
music community



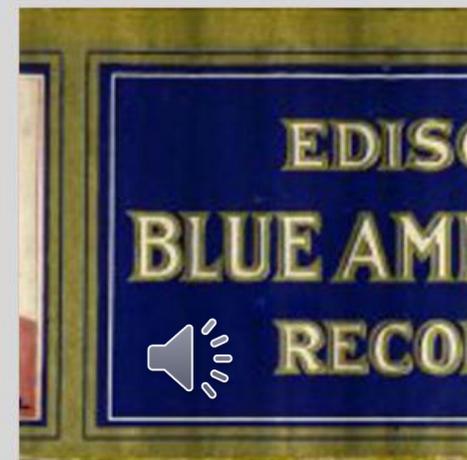
Edison Records (Brown Wax, 1888-1902)



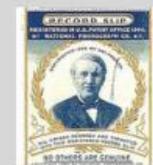
Edison Gold Moulded Records (1902-1912)



Edison Amberol Records (1908-1912)



Edison Blue Amberol Records (1912-1929)



EAC 1028 -
Técnicas de
Gravação
Brazil

Following

[www.researchgate.net/publication/322870915_Hill_and_Dale_The_Edison_technique_and_the_transcription_of_phonographic...](http://www.researchgate.net/publication/322870915_Hill_and_Dale_The_Edison_technique_and_the_transcription_of_phonographic_records)
more

contact / help

Contact EAC 1028 -
Técnicas de
Gravação

Streaming and
Download help

Report this account

Apresentação

ENSINO

EAC 1008 - Música para Eng. Acústica	EAC 1025 - Eletroacústica II
Notas de Aula 1 Notas de Aula 2	Notas de Aula 1 Notas de Aula 2
EAC 1028 - Técnicas de Gravação	Física I Física II
Notas de Aula 1 Notas de Aula 2	Notas de Aula 1 Notas de Aula 2
EAC 1033 - Projeto Sonoro	Física III Física IV
Notas de Aula 1 Notas de Aula 2	Notas de Aula 3 Notas de Aula 4

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 2, e20180165 (2019)
www.scielo.br/rbef
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0165>

História da Física e Ciências Afins
Licença Creative Commons

Princípios de gravação magnética e registro de som em fios

Magnetic recording principles and sound record on wires

Nilson Evilásio de Souza Filho¹, João Paulo Gazola², Artur Harres de Oliveira²,
Nelson Guilherme Castelli Astrath³

¹Universidade Federal de Santa Maria, Engenharia Acústica, Rio Grande do Sul, RS, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Física, Rio Grande do Sul, RS, Brasil

³Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Física, Paraná, PR; Brasil

Recebido em 02 de Junho, 2018. Aceito em 03 de Setembro, 2018.

EAC
ENGENHARIA ACÚSTICA | UFSM

music merch community

Wire Recording

by EAC 1028 - Técnicas de Gravação



sinál de entrada 00:00 / 00:50

Wire Recording

ships out within 30 days

Buy Now \$5 USD or more

Send as Gift

Digital Album
Streaming + Download

Includes high-quality download in MP3, FLAC and more. Paying supporters also get unlimited streaming via the free Bandcamp app.

Buy Digital Album name your price

Send as Gift

- ▶ 1. sinál de entrada 00:50
- ▶ 2. sinál de saída 00:51
- ▶ 3. sinál de saída com dc bias 00:52
- ▶ 4. sinál de saída com ac bias 00:52
- ▶ 5. ruído dc 00:50
- ▶ 6. ruído ac 01:00

Share / Embed Wishlist

EAC 1028 - Técnicas de Gravação
Brazil

Following

www.researchgate.net/publication/328532236_Magnetic_recording_principles_and_sound_record_on_wires

contact / help

Contact EAC 1028 - Técnicas de Gravação

Streaming and Download help

Report this album or account

Procurar:

MAESTRO JORGE ANTUNES GANHA O “ARSC GRANT 2014”



Santa Maria – Abril de 2013
EAC 1028 – Técnicas de Gravação

AULA 01

OBJETIVOS

- 1. Estudar os princípios dos sistemas de Registro Fonográfico;**
- 2. Compreender a teoria e prática do uso de elementos eletroacústicos e as técnicas utilizadas em gravação de áudio;**
- 3. Realizar gravações profissionais de áudio. (analógicas, digitais e virtuais)**

PROGRAMA

1. História das Técnicas de Gravação

- 1.1 – Registro Mecânico
- 1.2 – Gravação Magnética
- 1.3 – Leitura Óptica

2. Transdutores de Som e Interfaces de Áudio

- 2.1 – Microfones e Monitores de Referência
- 2.2 – Digital Audio Workstation (DAW)
- 2.3 – Softwares Multipista

3. Práticas de Gravação em Estúdio

- 3.1 – Gravação de Bateria
- 3.2 – Gravação de voz e outros instrumentos
- 3.3 – Paisagem Sonora e Bioacústica



Princípios de Registro Mecânico

Os primeiros gravadores de som tinham natureza mecânica.

Teoria Científica: Mecânica Newtoniana

Tecnologia: Máquinas Simples

Meios: Cilindros e Discos

Material Suplementar:

[Notas de Aula 01](#) - Física I e Física II;

Notas de Aula 02 - Física III;

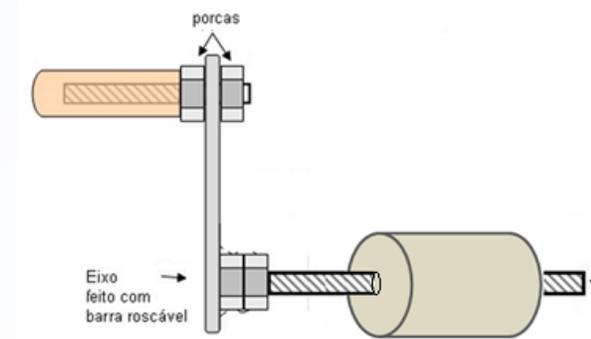
Notas de Aula 03 - Física IV;

[Notas de Aula 04](#) - Eletroacústica;

[Notas de Aula 05](#) - PDS em Áudio

Primeiro Avanço

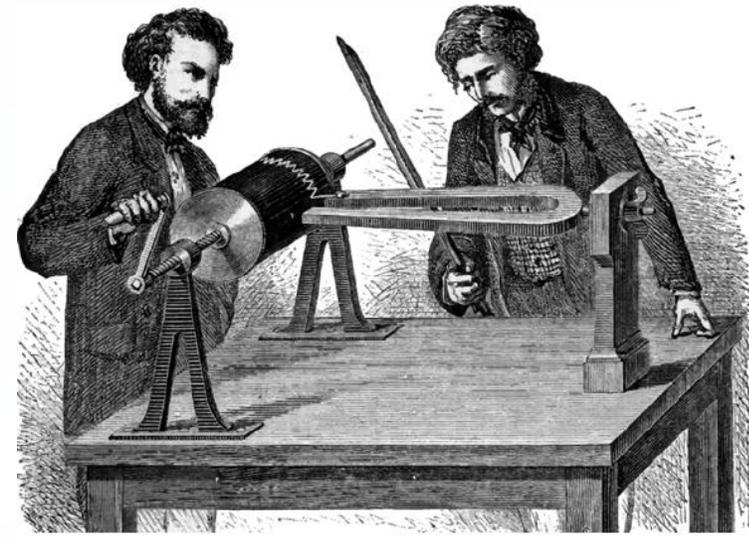
Uma barra roscada com um cilindro acoplado no eixo da manivela do sarilho.



1806 – Vibroscópio

Inventor: Thomas Young

Descrição: Um molinete de cilindro revestido com negro de fumo que é riscado por um estilete acoplado a um diapasão que oscila.

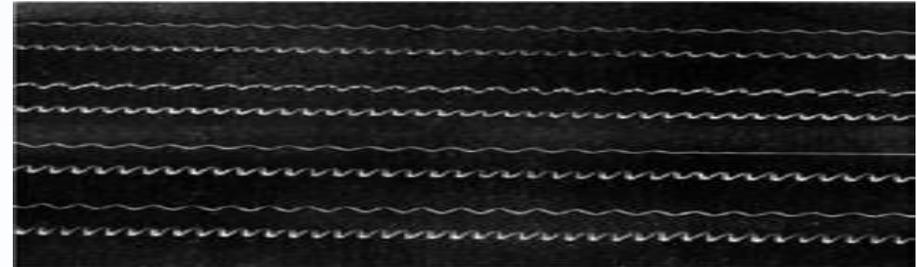
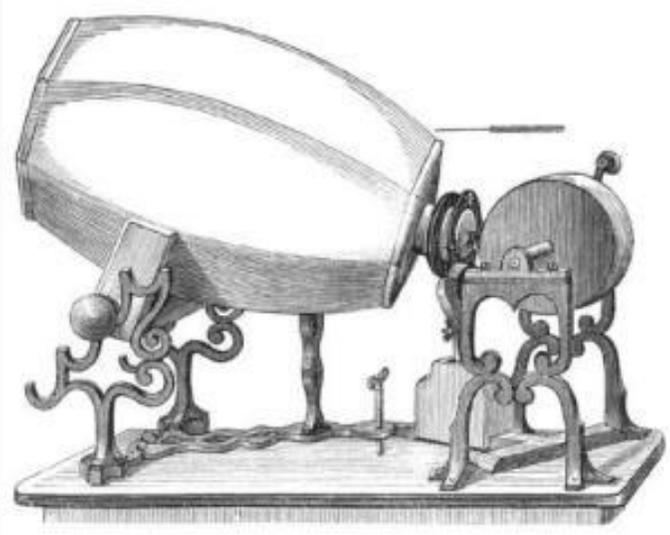


Segundo Avanço

Um couro de porco amarrado na extremidade menor de um cone e perfurado por uma “caneta”.

1857 – Phonautograph (Fonautógrafo)

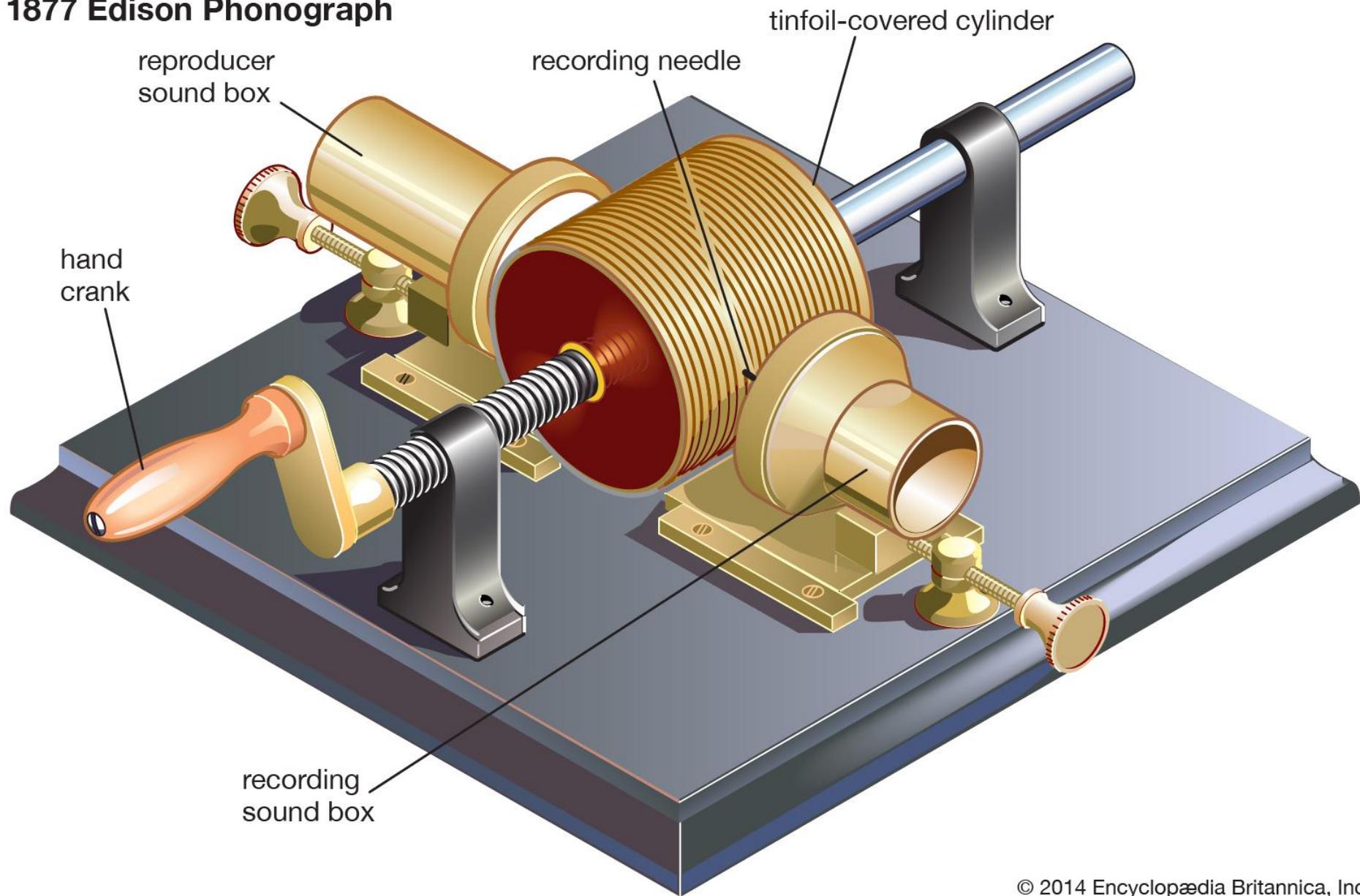
Inventor: Édouard-Léon Scott de Martinville



Descrição:

Um cone aberto numa extremidade que converge as ondas sonoras sobre uma membrana na outra extremidade do cone e cuja vibração move uma agulha que risca um rolo de papel escurecido pela fumaça de uma lamparina a óleo. A única função do aparelho era obter a assinatura visual dos sons.

1877 Edison Phonograph



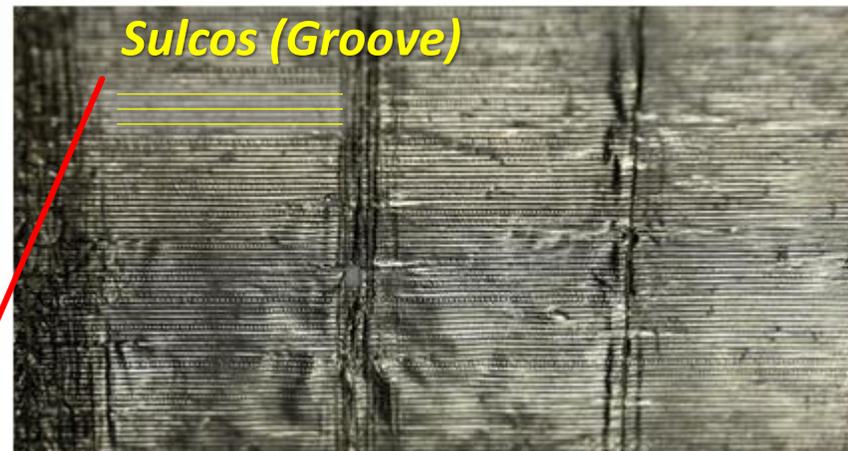
A grande inovação do *Tin Foil* consiste da definição da técnica de registro, do suporte físico de gravação e do conceito de reciprocidade.

Para obter o primeiro gravador/reprodutor, ou seja, um transdutor mecânico-acústico, foi necessário introduzir um meio capaz de reproduzir o mesmo som gravado.

Diaphragm Path
(Transdutor Mecânico-Acústico)



Folha de Alumínio
(Primeira *Media Sonora*)



Permitiu a Reciprocidade → *Mary had a little lamb*



© Helbling 2013

1886 - Cilindros de Cera

Volta Graphophone Company controlou a patente de uma versão melhorada do fonógrafo, o Graphophone, que usava cilindros à base de cera no lugar da folha de alumínio.

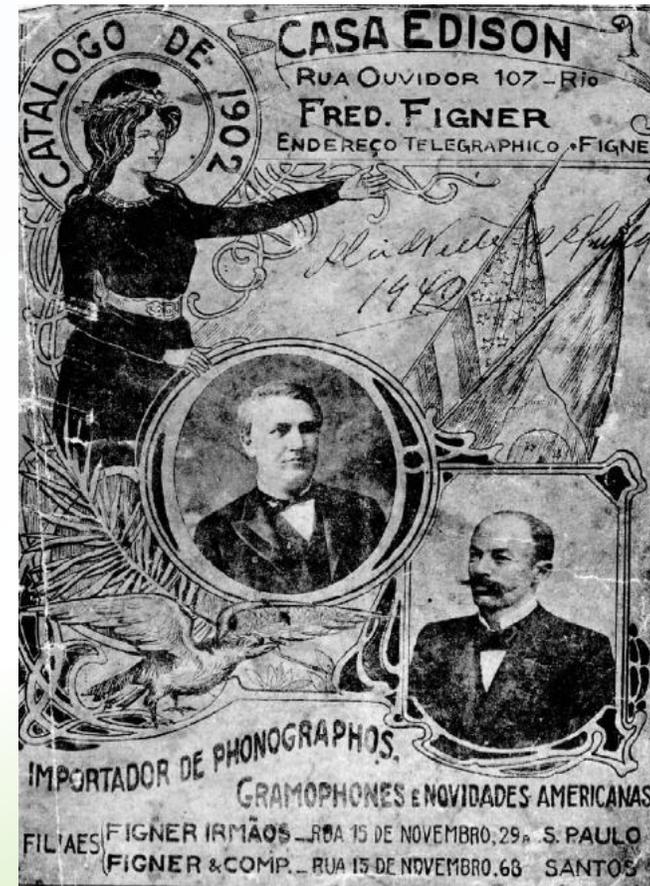


1887 – Phonograph

Depois do grafafone, Edison, após uma década de negligenciar seu próprio fonógrafo, resurge com um "novo" fonógrafo "melhor" (1888). Utilizava cilindros à base de cera, como o meio de gravação. Cilindros de cera se tornaria o primeiro formato para gravações comerciais. Gravadores portáteis de cilindros foram usados por antropólogos e etnomusicólogos para fazer gravações de campo. (1890 Jesse Fewkes gravou índios Passamaquoddy em Maine com cilindros)

1891 – BRASIL: Frederico Figner desembarcou em Belém-PA com fonógrafos da *Pacific Phonograph Company* e cilindros, baterias e vidros para os diafragmas.

1900 – Nasce: A Casa de Edison



Primeiras Técnicas de Registro Fonográfico

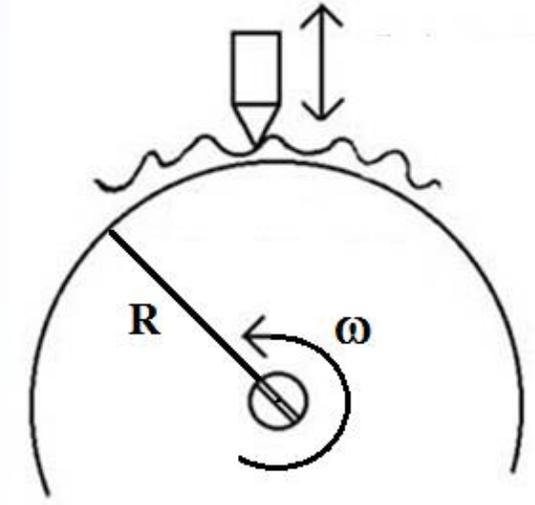
Fonógrafo de Edison X Gramofone de Berliner



Registro por Corte Vertical (Edison)



movimento da agulha na gravação de um cilindro



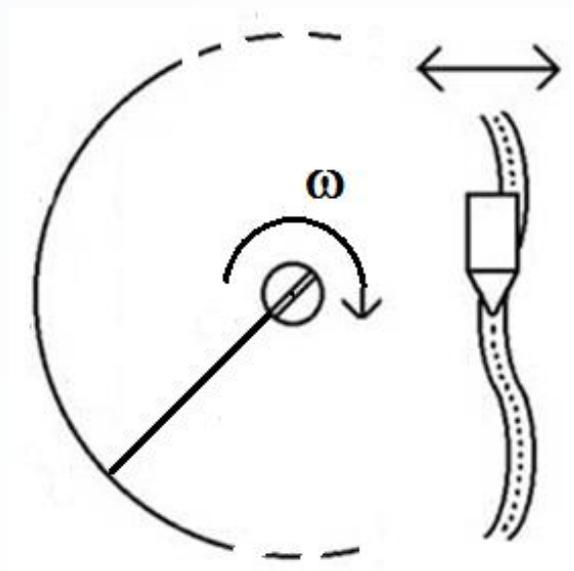
Tamanho padrão dos primeiros cilindros, eram de 4,25" de comprimento e 2,1875" de diâmetro.
A rotação de reprodução de 120 rpm.
(custavam 50 centavos cada).

O padrão de passo de ranhura era de 100 ou 200 faixas por polegada (40 ou 80 faixas por cm),
dependendo do tempo de registro, a velocidade linear de um cilindro permanece constante a 44 cm/s.

Registro por Corte Lateral (Berliner)



movimento da agulha na gravação de um disco



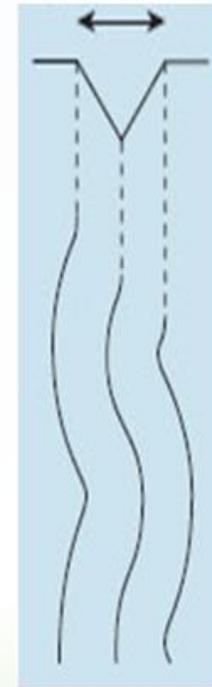
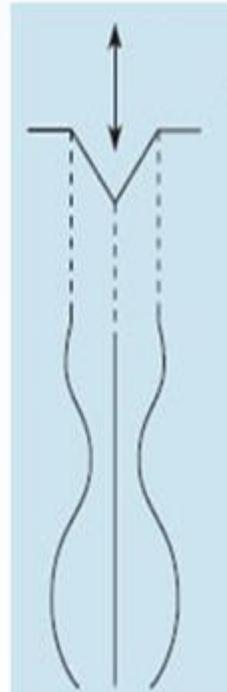
Devido a ranhura da volta mais externa do disco ser muito maior do que uma ranhura próxima ao centro, a velocidade linear varia ao longo da superfície de um disco de 78rpm a partir de 120 cm/s na extremidade para 44cm/s perto do centro (lembrando que a velocidade de rotação é constante).

Primeiras Técnicas de Registro Fonográfico

Registro por Corte Vertical
(up-and-down ou Hill and Dale)

Registro por Corte Lateral
(Needle Cut)

Comparação entre os movimentos da agulha



Em ambos os casos, as ondulações da ranhura são diretamente análogas as vibrações sonoras.

Hill and Dale: The Edison technique and the transcription of phonographic records of cylinders

February 2018 · Revista Brasileira de Ensino de Física 40(3):e3601

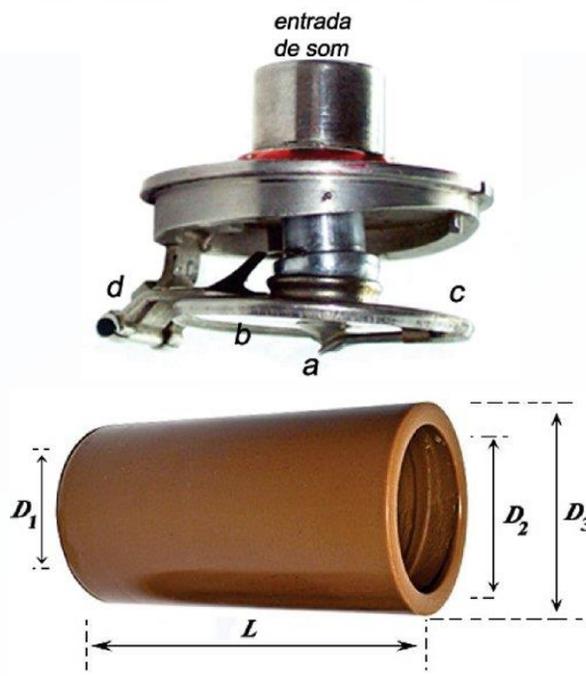
DOI: [10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0296](https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0296)

License · [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Project: [Transcription of historical phonographic recordings](#)

Lab: [Nilson Evilásio Souza Filho's Lab](#)

 Nilson Evilásio Souza Filho ·  Jeferson Rosa ·  Daniel Matos Silva ·  Nelson G. C. Astrath



Fonógrafo de Edison e Cilindro de Cera

Research Interest ⓘ 4.3

Citations 0

Recommendations  0 new 2

Reads ⓘ 13 new 1,191

[See details](#)

Características do Registro Mecânico (Hill and Dale)

- Corneta
Teorema de Reynolds na Trombeta de Gabriel
- Facetas de Corte do Diafragma
Barra de safira com 0,9 mm de diâmetro (2 minutos);
Barra de safira com 0,6 mm de diâmetro (4 minutos).
- Cilindro Marrom
L = 105mm e $D_3 = 55\text{mm}$.
Sulcos gravados com passos de 0,254 mm;
100 voltas por polegadas (100 tpi)
Aproximadamente 400 voltas de sulcos em 2 min.
- Cone interno do cilindro:
 $D_1 = 46\text{ mm}$ e $D_2 = 48\text{ mm}$.

Hill and Dale: The Edison technique and the transcription of phonographic records of cylinders

February 2018 · Revista Brasileira de Ensino de Física 40(3):e3601

DOI: [10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0296](https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0296)

License · [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Project: [Transcription of historical phonographic recordings](#)

Lab: [Nilson Evilásio Souza Filho's Lab](#)


 Nilson Evilásio Souza Filho · Jeferson Rosa · Daniel Matos Silva · Nelson G. C. Astrath

Research Interest   4.3

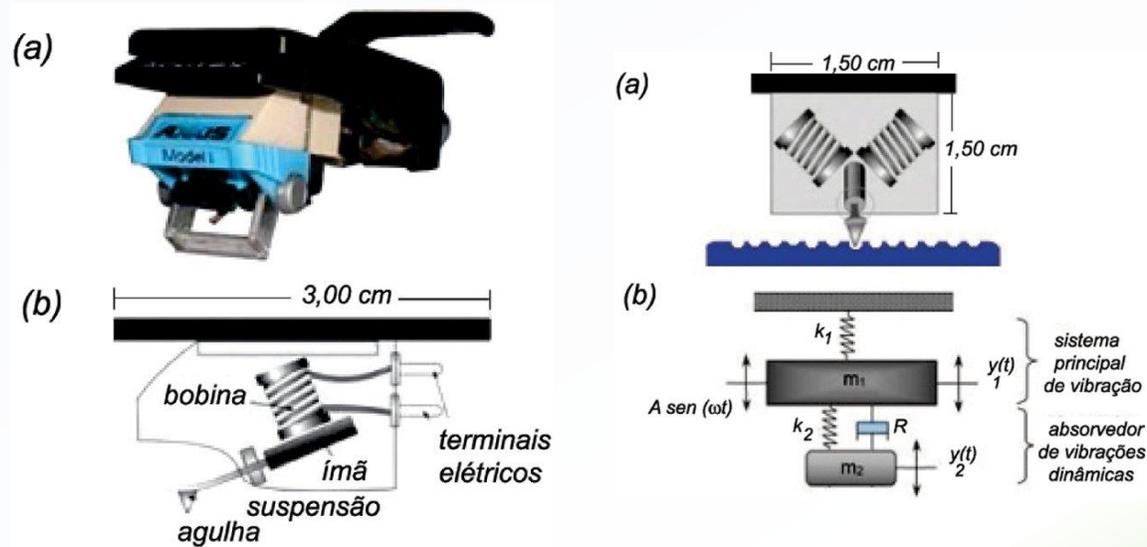
Citations 0

Recommendations  0 new 2

Reads  13 new 1,191

[See details](#)

Primeiro Arqueophone no Brasil



Técnicas de Leitura: Cápsula Fonocaptora.

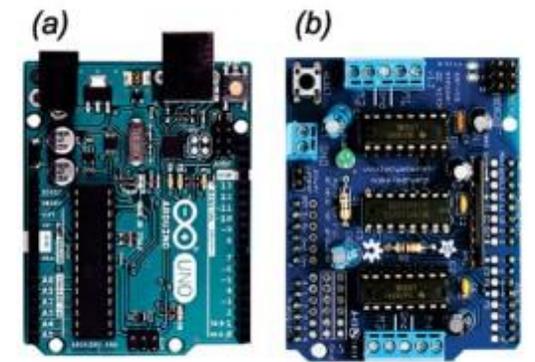
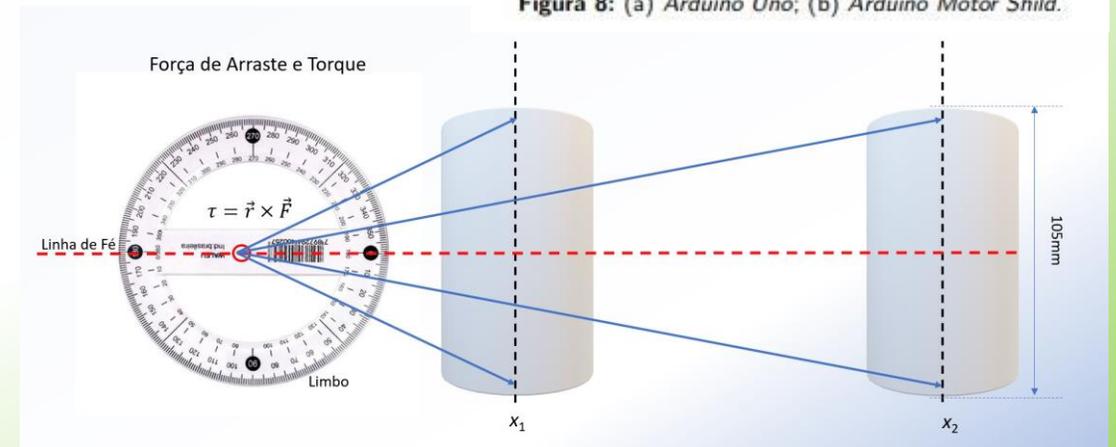


Figura 8: (a) Arduino Uno; (b) Arduino Motor Shield.



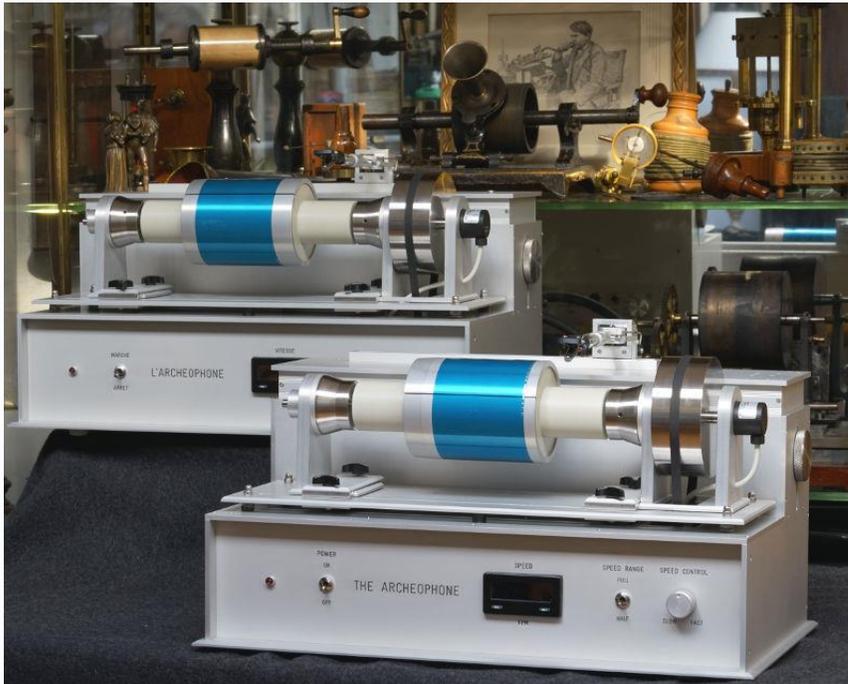
Braço Giratório Longo ≠ Braço Deslizante (VERTICAL TRACKING).

Introdução

Quem inventou o Archeophone ?
Henri Chamoux



Cápsula Shure M44



Phonograph makers of the world

Optical readout

<u>Takashi Nakamura</u>	Laser positioning	Sapporo, Japan
William A. Penn	High-tech table top	Syracuse, New York
Vyacheslav Petrov	Trembling prism	Kiev, Ukraine
Juraj Poliak	The lightest touch	Lausanne, Switzerland

Axial movement

Julien Anton	Rolling free	Béziers, France
Roger Arnhoff	Tobias	Mo i Rana, Norway
Yuri Bernikov	Ediphone Po-russki	Amherst, Massachusetts
Marek Bohac	DJ's player	Prague, Czech Republic
Geoffrey I Brown	Heavy duty	Window Rock, Arizona
Norman Bruderhofer	Passive high-rise	Berlin, Germany
<u>Henri Chamoux</u>	Most elaborate	Cachan, France
<u>François Dussaud</u>	Volume control	France
Jean-Marc Fontaine	Experimental player	Paris, France
Jean-Luc Fradet	Modern additions	Deols, France
Gérard Frappé	Old style	Clamart, France
Ian Gilmour	Standard D box	Canberra, Australia
Frederick I. Granger	The wax lathe	Quebec, Canada
Christer Hamp	Plastic assembly	Stockholm, Sweden
Keith Harrison	Home and Standard construction	Suffolk, England
Keith Harrison	Stepping Home	Suffolk, England
Trevor Hill	Rugged home-brew	Melbourne, Australia
Jeff Howe	Overseas wreck	Canterbury, England
Tohru Ifukube	Attaché case player	Japan
Francis Jeannin	Clockwork phonograph	Arles, France

Francis Jeannin

Franz Lechleitner
 Franz Lechleitner
 Eliot B. Levin
 John Levin
 Richard Levine
 Rob Lomas
 Royston Maybery
 Mercadier
 Alfred Meurer
 José Navia
 James Nichols
 Edwin Olson
 Joe Pengelly
 Christian Pillet
 David Pittock
 Peter Posthumus
 Charles Adams Randall
 Lionel Risler
 Joe Roeder
 Augustus Rosenberg
 Art Shifrin
 Gerd Stanke
 Lloyd Stickells
 Ben Teo
 Adrian Tuddenham
 Unknown

Clockwork phonograph

The inverted grip
 Double disc
 Stand-up player
 Low pressure
 Edison in a box
 Direct tracking
 A machinist's phonograph
 The iron whisper
 Convertible electric
 Floating on air
 Big wheel rolling
 Very low cost player
 Moving mandrel
 Full mobility
 Black elegance
 Player of African wax
 Switched-on sound
 Studio player
 Scavenger's phonograph
 Earplug for the deaf
 Air delivery
 Inside out
 Low inertia arm
 Scratching plastic
 Wow killer
 Pathé update

Arles, France

Vienna, Austria
 Vienna, Austria
 Hertfordshire, England
 Los Angeles, California
 Keene, New Hampshire
 Philadelphia, Pennsylvania
 Ontario, Canada
 France
 Fachingen, Germany
 Vilagarcía, Spain
 Paris, France
 St. Charles, Missouri
 Plymouth, England
 Marseille, France
 Cambridge, England
 England
 England
 Paris, France
 Seattle, Washington
 London, England
 U.S.A.
 Berlin, Germany
 England
 Kulai, Malaysia
 Bath, England
 France

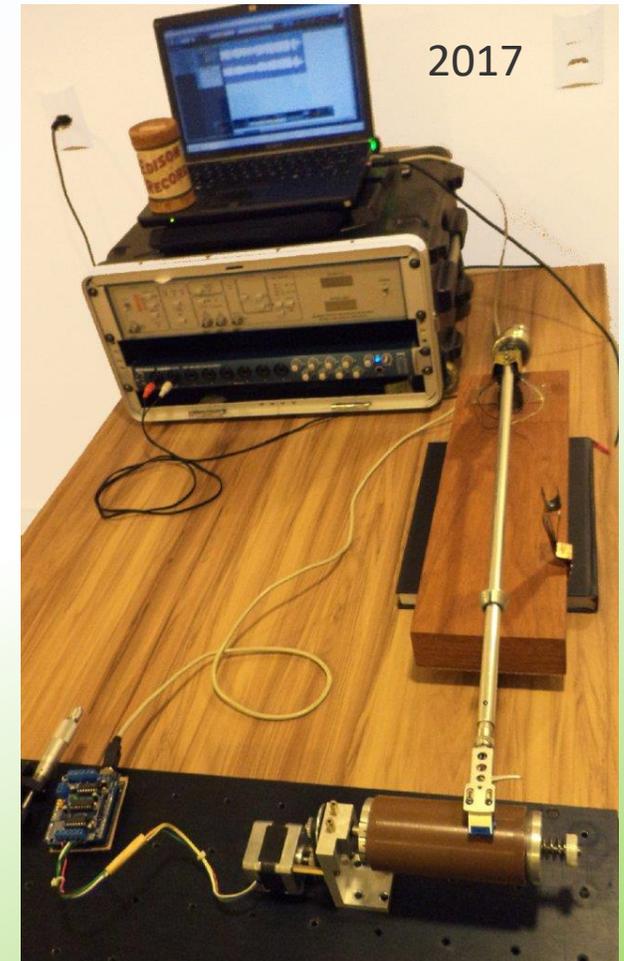
Phonograph makers of the world

(Christer Hamp, Stockholm, Sweden)

<http://www.christerhamp.se/phono/>

Pivoting arm

Jelle Attema	Ball bearing	Haarlem, Netherlands
Tim Brooks	The simplest way	Greenwich, Connecticut
Walter Bruch	Upturned turntable	Germany
Norman Bruderhofer	A basic setup	Berlin, Germany
NEW ▶ Jan Derogee	3D printed piezo	Santa Maria-RS, Brazil
NEW ▶ Nilson Evilásio	Educational longarm	Haarlem, the Netherlands
Bruno Garnier	Office chair bearing	Sorbo Ocagnano, France
Oliver R. Graham	The wooden arm	Westerly, Rhode Island
Christer Hamp	Abandoned project	Stockholm, Sweden
Stig Hansson	Solid engineering	Gällö, Sweden
Rob Lomas	Poor man's phonograph	Philadelphia, Pennsylvania
Rob Lomas	The short arm	Philadelphia, Pennsylvania
Glenn Sage	<u>The long arm</u>	Portland, Oregon
Jack Towers	The standard player	U.S.A.



Etapa IV – Digitalização de Cilindros

Interfaces de Áudio

(Ver [Notas de Aula 05 – PDS e Áudio](#))

Presonus Firepod FP10



Presonus Firestudio Project



Presonus Firestudio 2626



Presonus Audiobox 1818vsl



Tascam US1800



Steinberg Ur824, Sample Rate 192 kHz



Etapa IV – Digitalização de Cilindros

Interfaces de Áudio

Tascam US 200, 24bit/96kHz



Focusrite Scarlett
Steinberg UR-RT2
Behringer U-PHORIA



24bit/192kHz



Tascam Dr100 ii, com cartão de memória micro sd

Vídeo 01:

Cuidados com a superfície do Cilindro
e Ajustes Braço/Agulha e Microscópio

Vídeo 02:

Digitalização do Trecho Inicial

Edison Blue Amberol: 1571

Rotação: - 80 RPM

Video 03:

Edison Blue Amberol: 1571

Rotação: + 160RPM

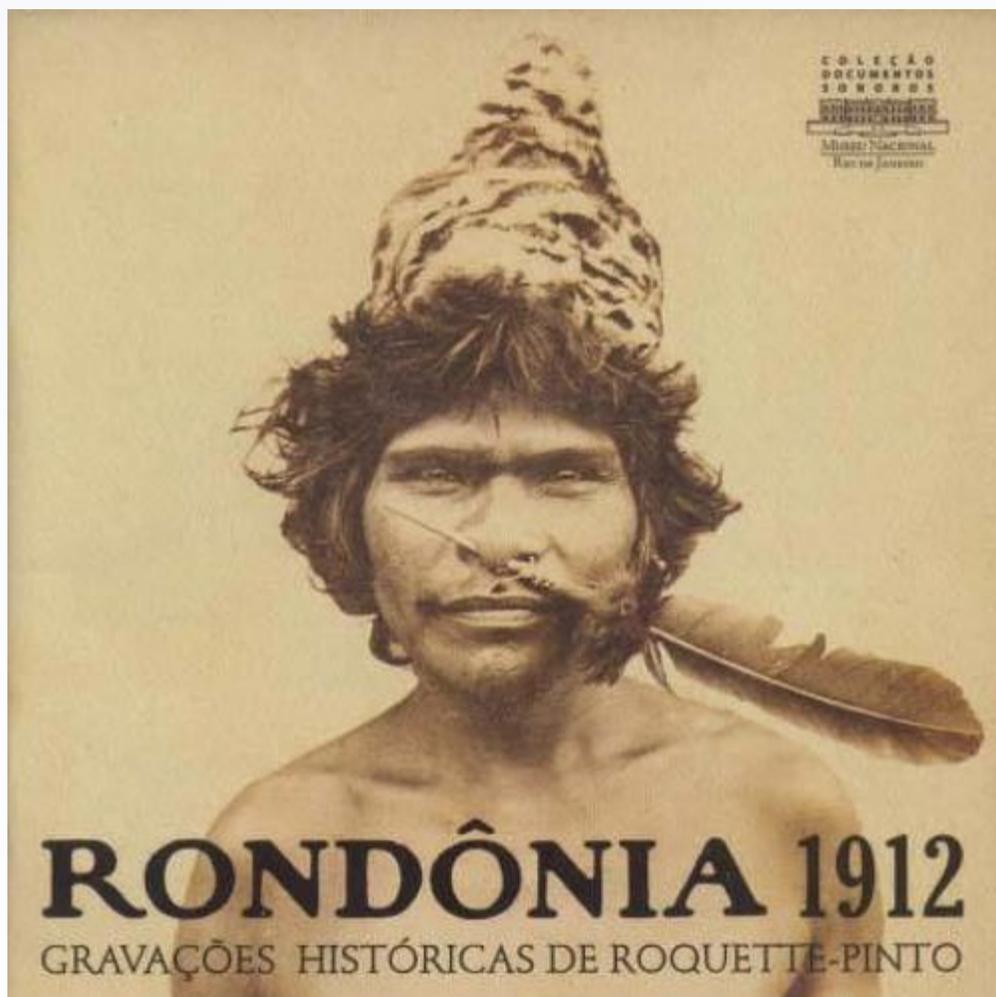
Sem Filtragem

Vídeo 04: Filtragem Básica

Noise Reduction

X-Click Mono: Shellac (78RPM)

X-Crackle: Extreme Crackle Reduction



I – Introdução

11 de Maio de 2021, e-mail do **Rafael Sousa**

Tratamento e conservação do Fundo Discoteca Oneyda Alvarenga: acondicionamento, descrição e restauro da documentação textual e fonográfica (cilindros de cera)



- Visita Técnica, inspeção visual dos cilindros (08/10/2021).
- Seminário ao Público: Fonografia e Patrimônio Cultural (11/11/2021)

<https://www.youtube.com/watch?v=AoXnxF-9LuY>

I – Introdução

08/10/2021



Cilindro CCSP 38



I – Introdução



II – Registro Mecânico Vertical

© Helbling 2013

III – Detector Sensível à Posição - PSD

Reproduction of sound from old wax phonographic cylinders Using the laser-beam reflection method

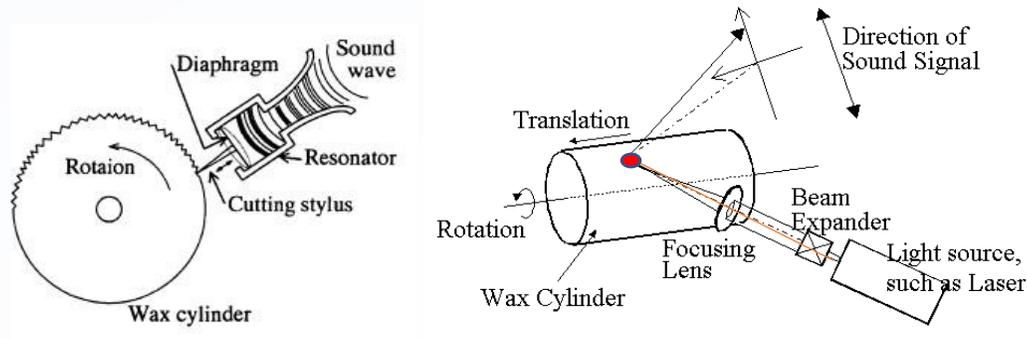
Toshiaki Iwai, [Toshimitsu Asakura](#), Toru Ifukube and Toshio Kawashima
Applied Optics – **April 1986**

New Methods Of Sound Reproduction From Old Wax Phonograph Cylinders

[Tohru Ifukube](#), [Toshio Kawashima](#), [Toshimitsu Asakura](#)
The Journal of the Acoustical Society of America, **April 1989**

Optical reproduction of sounds from old phonographic wax cylinders

Takashi Nakamura; [Toshimitsu Asakura](#), Tohro Ifukube, Toshiaki Iwai,
Toshio Kawashima, Jun Uozumi and T. Ushikaza.
Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, **December 1997**

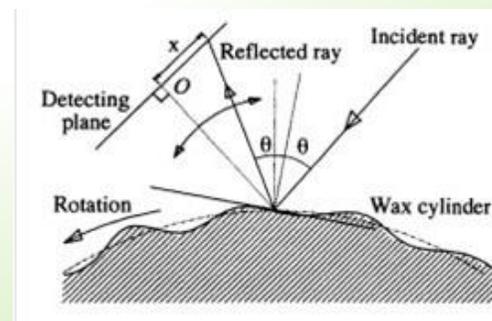
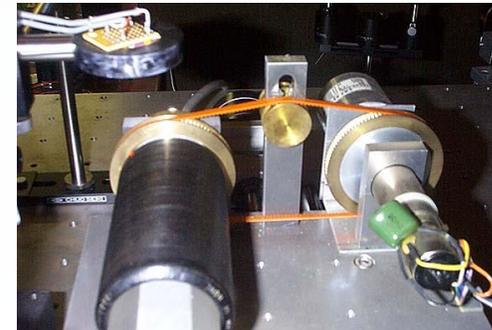


Study on Reproduction of Sound from Old Wax Phonograph Cylinders Using the Laser

[Toshimitsu Asakura](#), Jun Uozumi, Toshiaki Iwai, Takashi Nakamura
In book: Optics and Lasers in Biomedicine and Culture, **January 2000**

A Portable Record Player for Wax Cylinders Using a Laser-Beam Reflection Method

Tohru Ifukube, Yasuyuki Shimizu
INTERSPEACH 2007



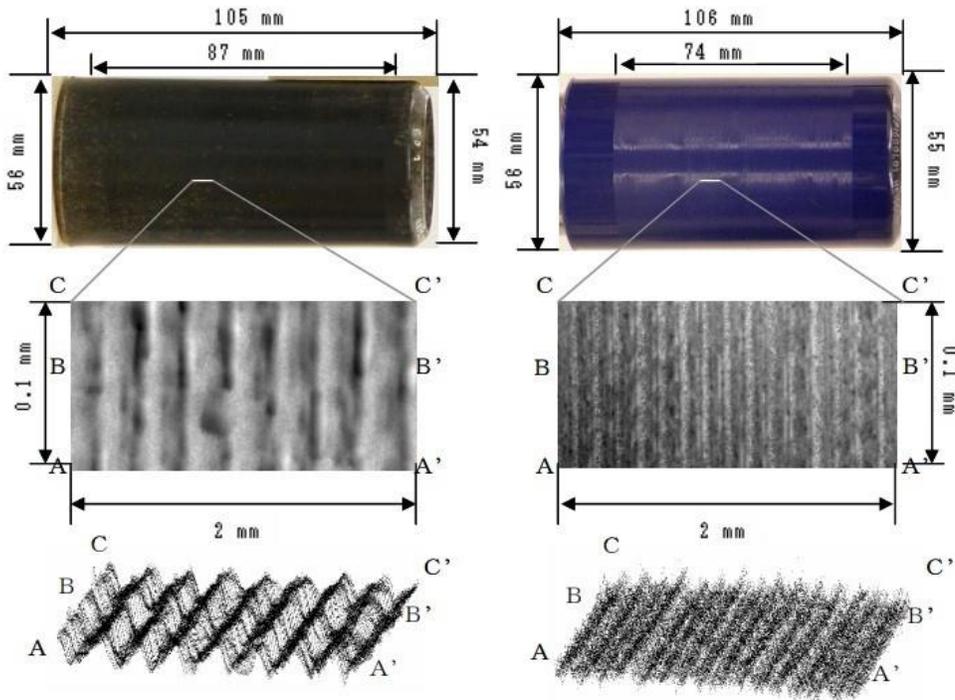
III – Detector Sensível à Posição - PSD

Preservation of Data in Gramophone Record by Non-contact and Non-destructive Fully Scanning Method

Shigeto Takeoka, Takanori Tokuno and Yoshio Yamasaki

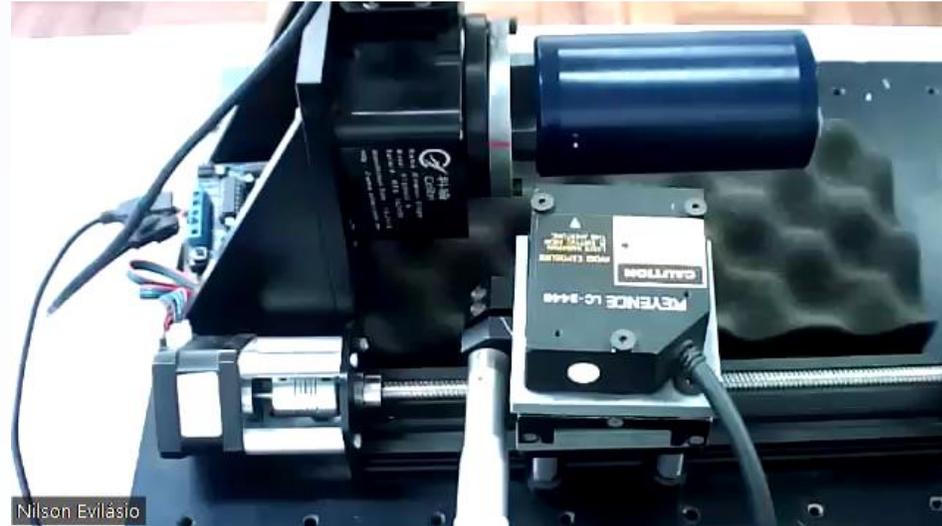
Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University
takeoka@acoust.rise.waseda.ac.jp

2004



Position Sensitive Detector (PSD)

Optic Arqueophone (UFSM-FW)



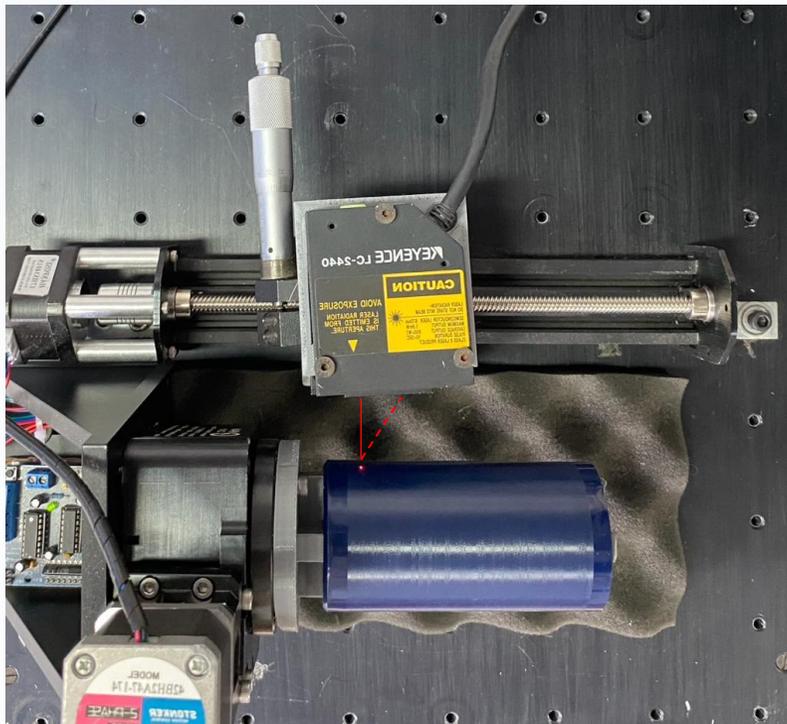
Nilson Evillásio

(PSD) sensor, (Keyence, [LC-2400A](#))

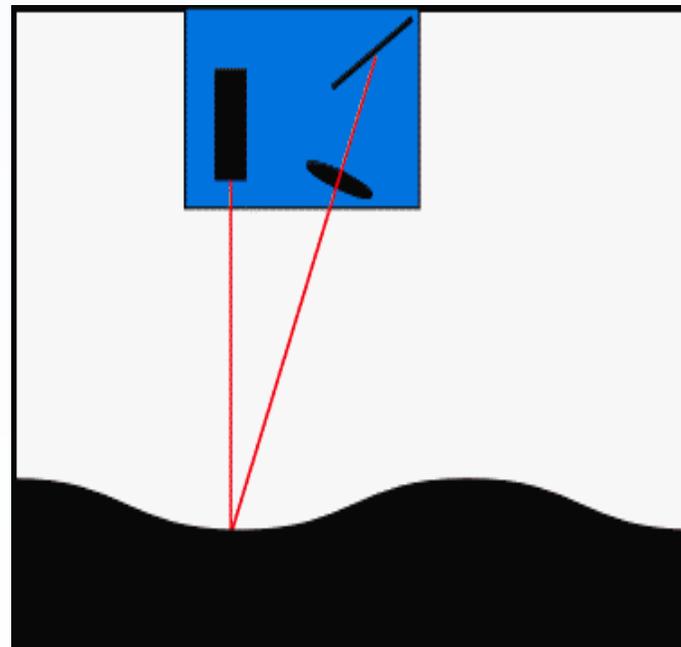
- Profundidade com resolução de 0,2 μm .
- A translação do sensor e rotação do cilindro são sincronizados para varrer cada sulco com passos de 254 μm . Taxa de amostragem de 50 kHz.

III – Detector Sensível à Posição - PSD

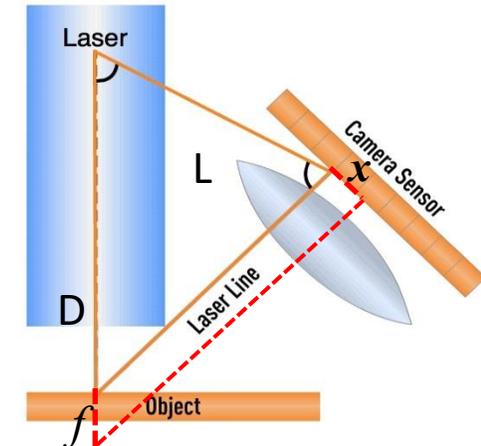
Detector Sensível à Posição(PSD)



Método de Triangulação de Feixe



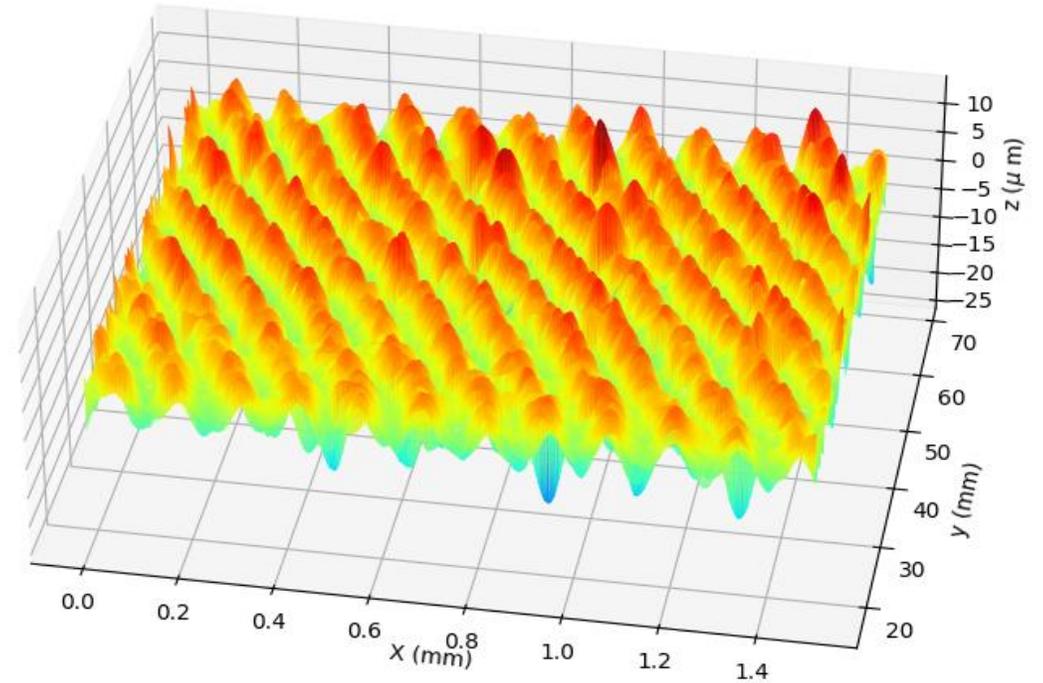
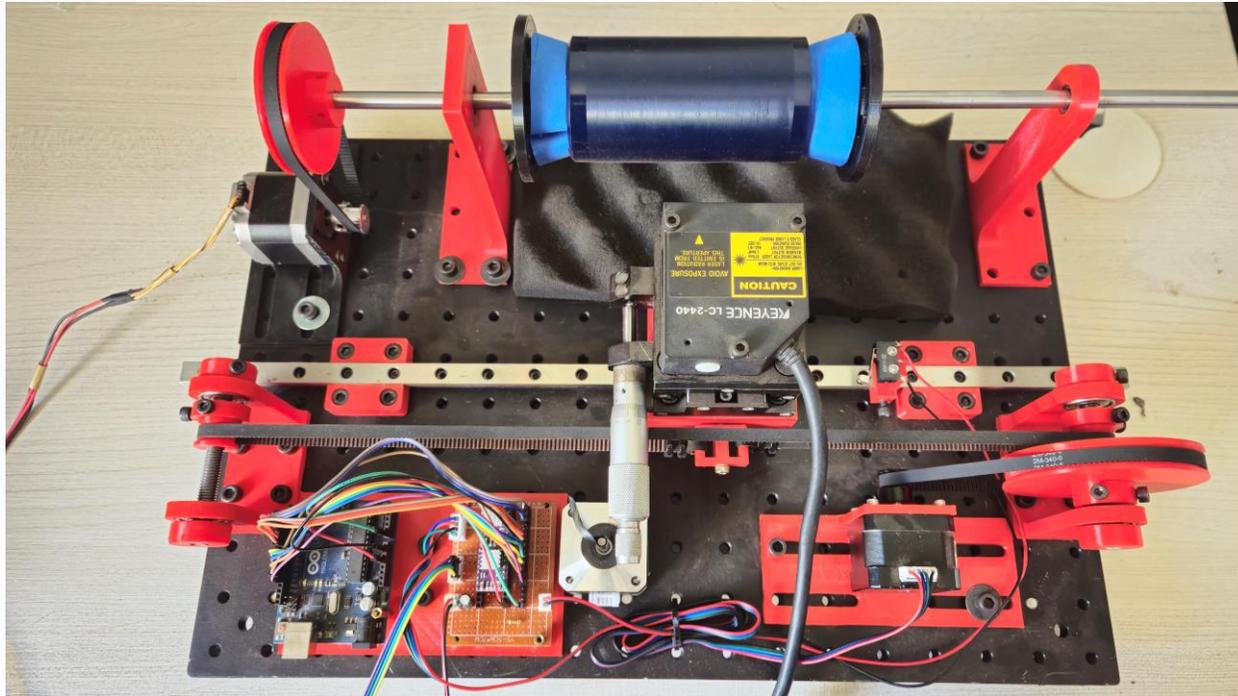
Deslocamento D



$$\frac{D}{L} = \frac{f}{x} \Rightarrow D = \frac{Lf}{x}$$

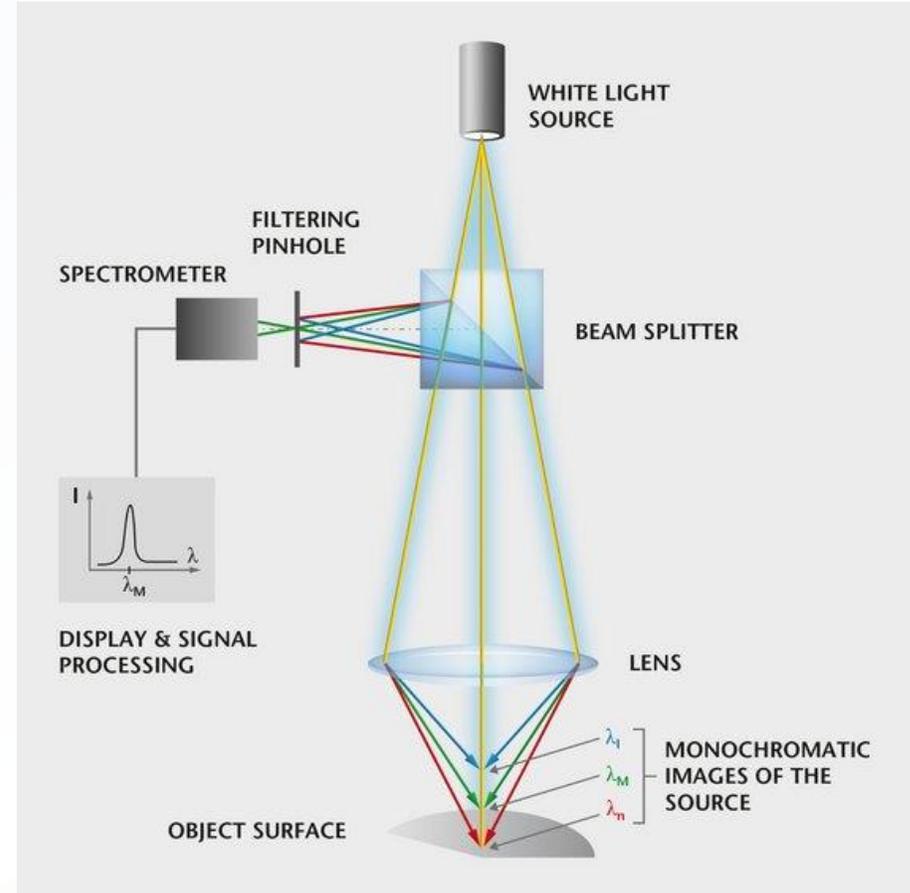
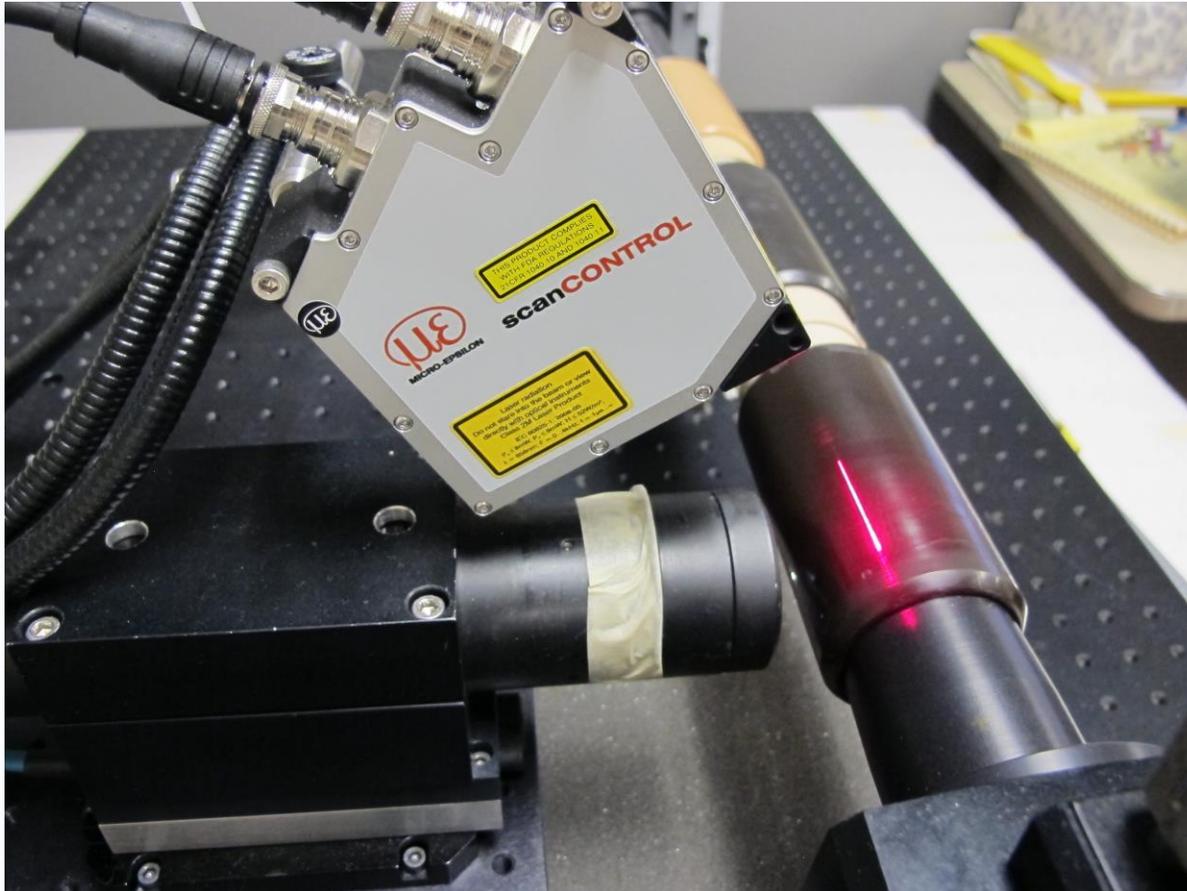
Arqueofone Óptico (UFISM-FW)

III – Detector Sensível à Posição - PSD



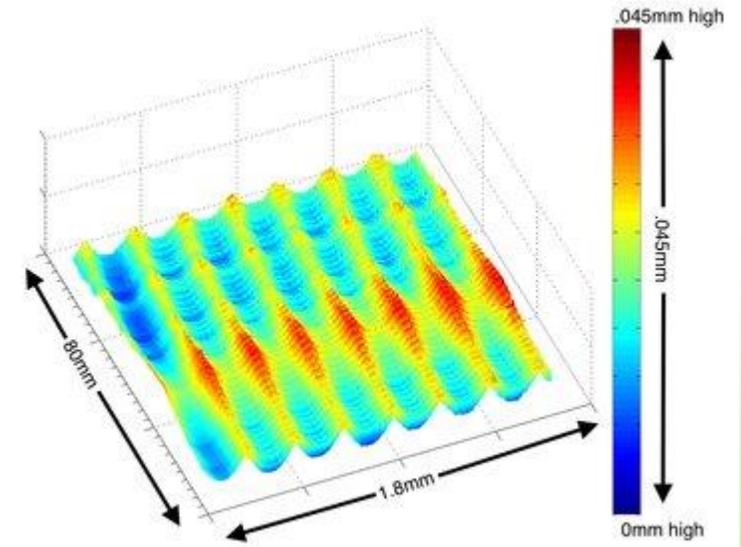
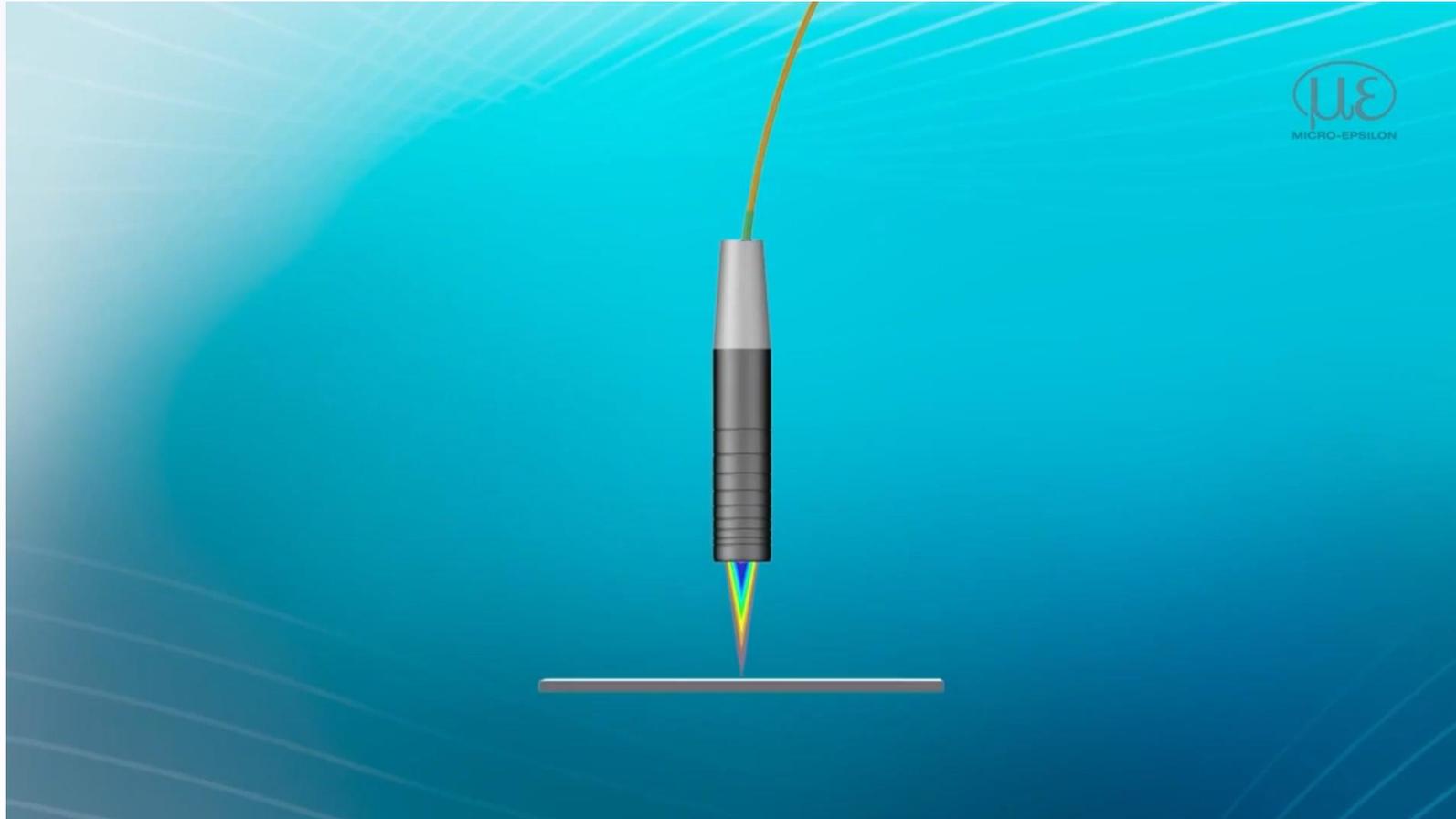
Arqueofone Óptico (UFSM/UEM)

IV – Sensor Cromático Confocal



IRENE (Image, Reconstruct, Erase Noise, Etc.)
Laboratório Nacional Lawrence Berkeley

IV – Sensor Cromático Confocal



A profundidade média dos sulcos na maioria dos registros é de $\sim 0,05\text{mm}$.

IV – Sensor Cromático Confocal



Reconstruction of Mechanically Recorded Sound by Image Processing

Fadeyev, and Carl Haber,
Journal of the Audio Engineering Society, 2003 December.

Reconstruction of Recorded Sound from an Edison Cylinder Using Three-Dimensional Noncontact Optical Surface Metrology

V. Fadeyev, C. Haber, C. Maul, JO. W.. McBride, and M. Golden
Journal of the Audio Engineering Society, 2005 June.

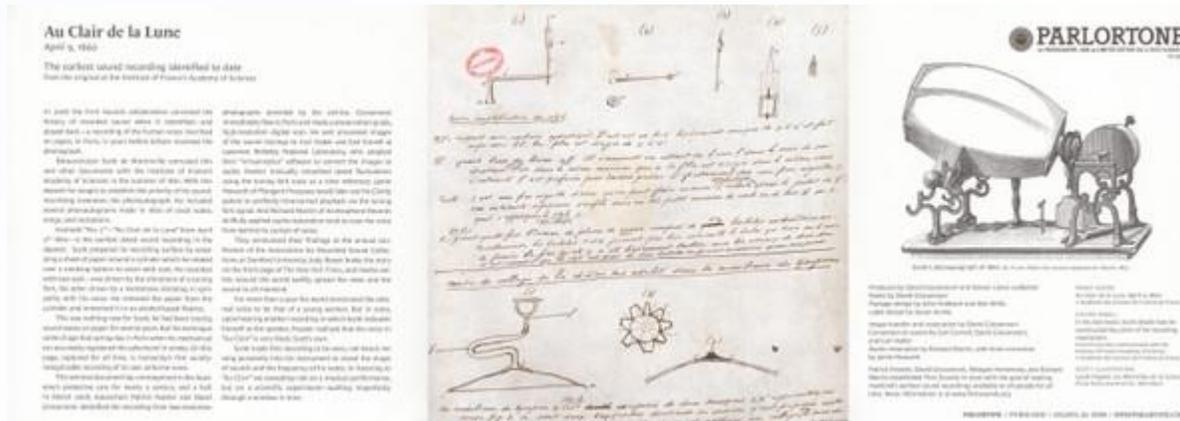
Imaging historical voices

Carl Haber
International Preservation News 46, 2008.

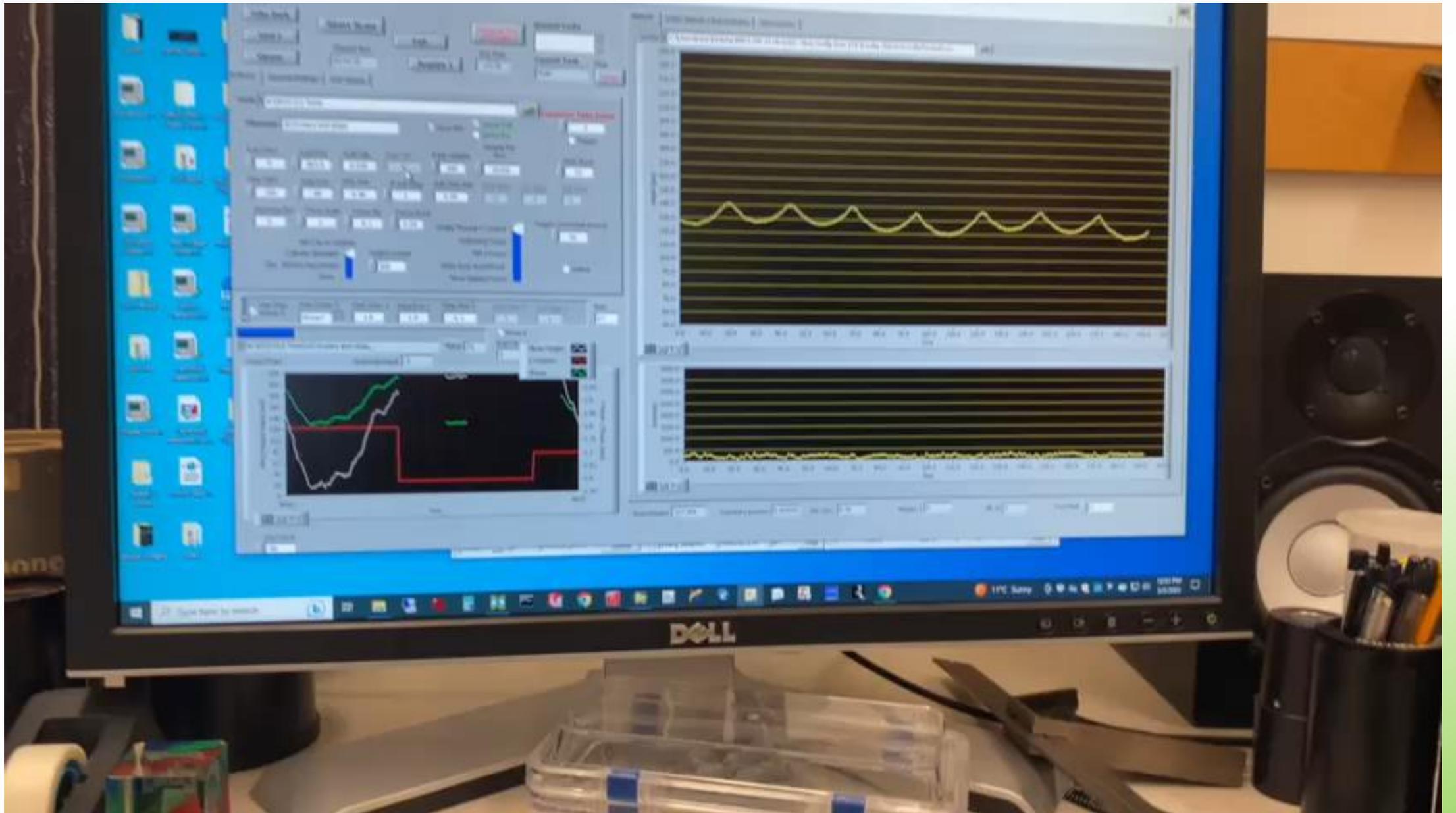
Researchers play tune recorded before Edison

Rosen, Jody. *New York Times* 27, 2008.

1857 – Phonautograph Édouard-Léon Scott de Martinville

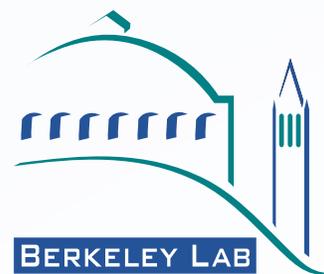


Carl Haber, David Giovannoni, Earl Cornell



Gravação *Dictabelt* do assassinato de John F. Kennedy





ERNEST ORLANDO LAWRENCE
BERKELEY NATIONAL LABORATORY



Agradecimentos:

Me. Rafael Vitor B. Sousa (CCSP)

Carl Haber (LBNL)

Prof. Dr. Ailtão (IFPR)