



Universidade de São Paulo
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Eletrônica de “Plástico”: porque o futuro é flexível

Prof. Dr. Fernando J. Fonseca

fernando.epusp@gmail.com

Com a colaboração do:

Prof. Dr. Leonardo G. Paterno (UnB) e Dr. Gerson dos Santos

Tabela periódica dos elementos

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	[La]	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	[Ac]	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg							

4A

Série dos Lantanídeos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Série dos Actinídeos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Silício

Silício	Si
	14

Obtido pela primeira vez por **Berzelius**, em **1822**, em uma forma impura. Somente em **1845** foi obtido em uma forma pura e cristalina, por **Saint-Claire Deville**.

É o **segundo** elemento mais abundante na **crosta terrestre**, com **25,8% em peso**.

Símbolo:	Si	Ge	C
Número atômico (z):	14	32	6
Massa atômica (MA):	28,09 u	72,64 u	12,01 u
Densidade:	2,33 g/cm ³	5,32 g/cm ³	2,27 g/cm ³
Energia de ionização:	788 kJ/mol	763 kJ/mol	1086,5 kJ/mol
Ponto de fusão:	1414 °C	938 °C	3550°C
Ponto de ebulição:	3265 °C	2833 °C	4289°C
Raio atômico:	117 pm	122,5 pm	70 pm
Eletronegatividade:	1,9 eV	2,0 eV	2,55 eV

6 ppm em peso na crosta terrestre.

Carbono

Carbono	C
	6

Na forma de **grafite** e de **diamante**, o carbono é utilizado desde a **Pré-História**. O diamante havia sido mencionado desde 1200 a.C. Porém, a 1ª citação foi feita no século I, por Manulius.

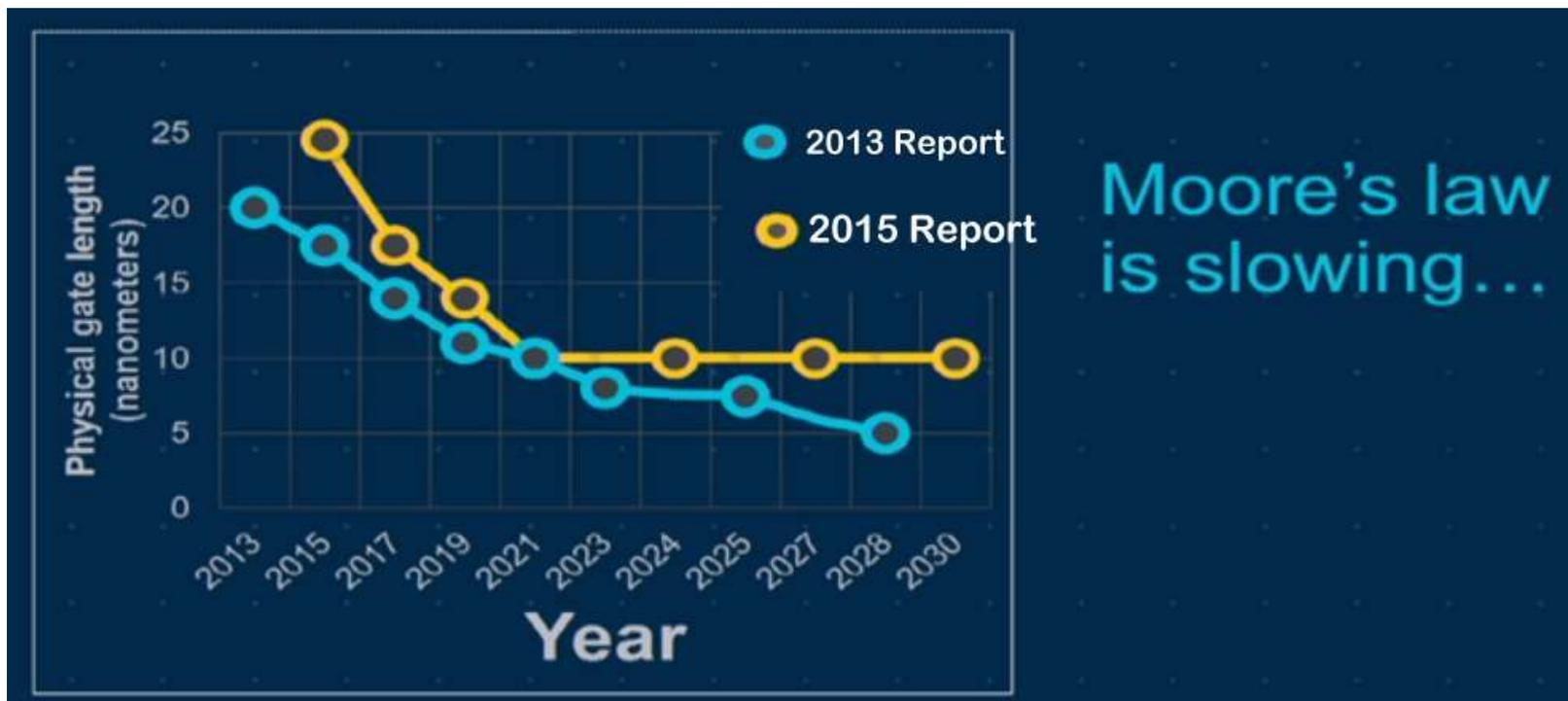
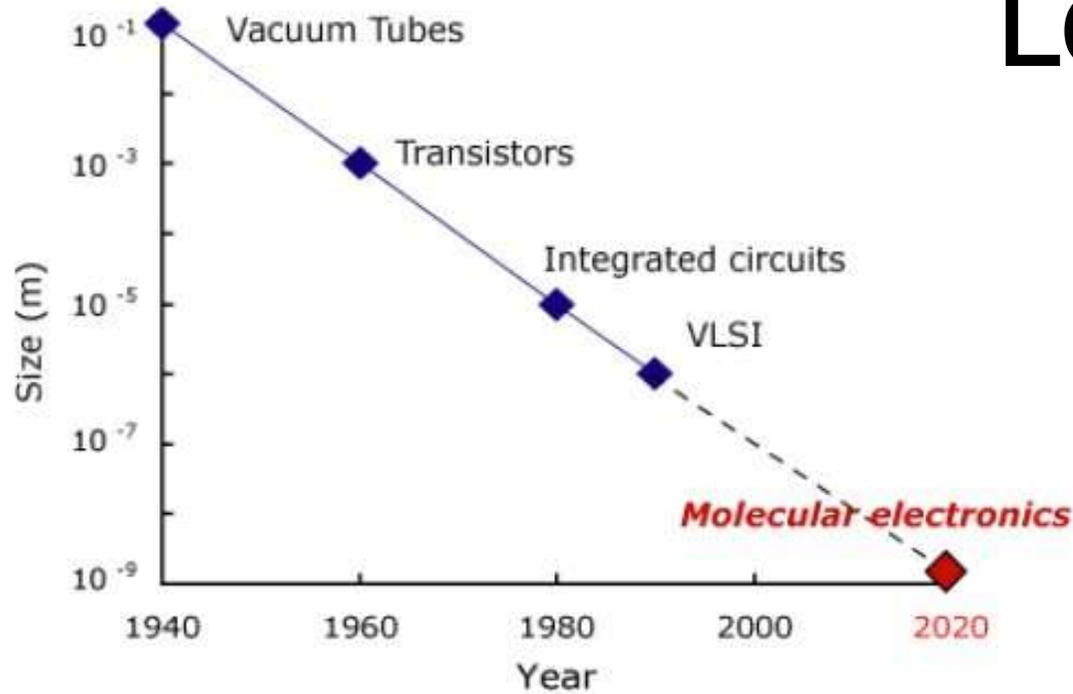
Valorizado como um elemento químico, a partir de **Archibald Scott Couper** e **Friedrich August Kekulé**, que no século XIX, iniciaram os estudos sobre a estrutura e o comportamento químico do carbono. Eles constataram que o carbono é o único elemento capaz de formar muitos compostos, com cadeias e anéis apenas de átomos de carbono.

É o **15º** elemento mais abundante na **crosta terrestre**, e o **4º** mais abundante **no universo**.

Lei de Moore

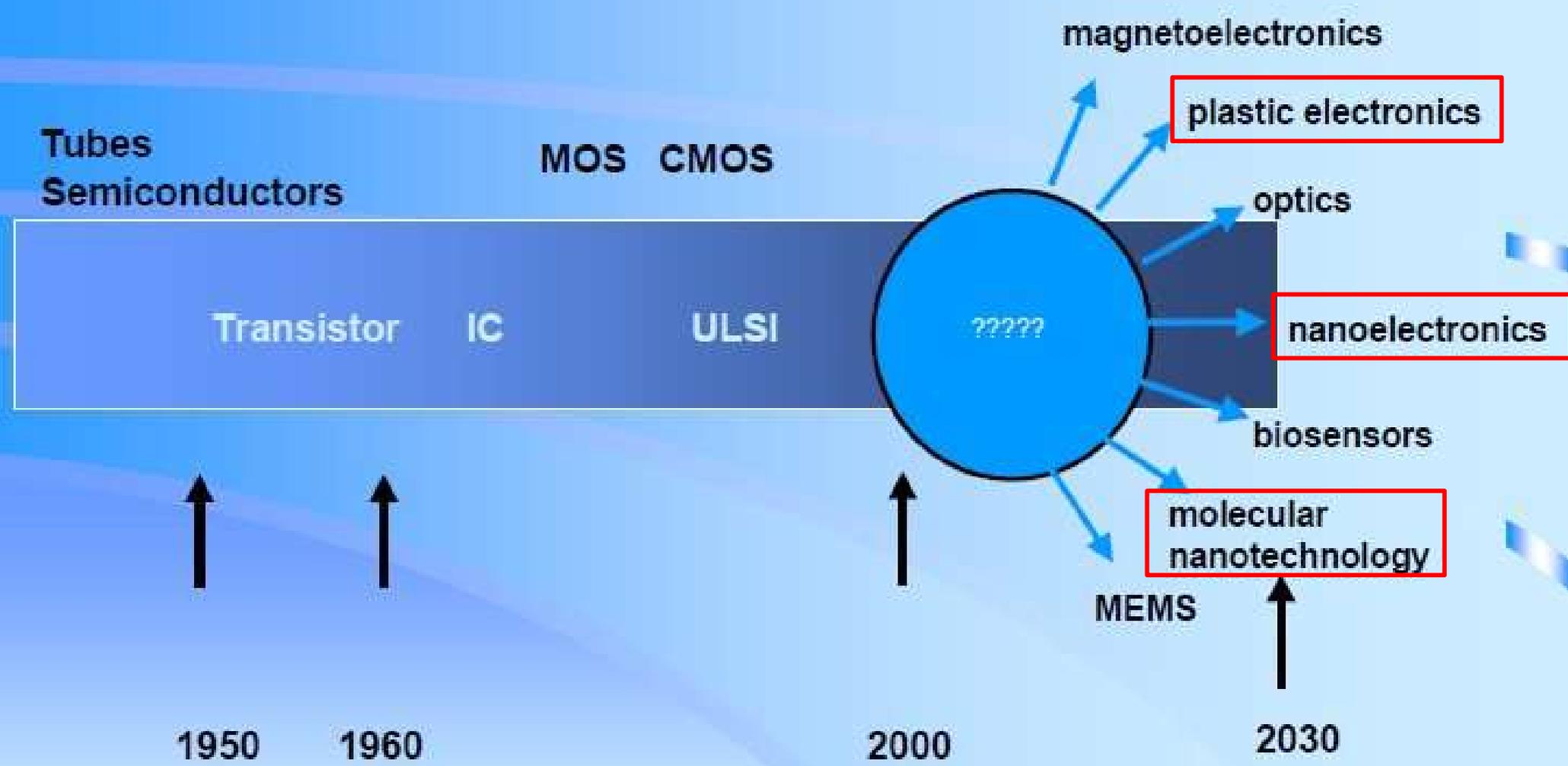
Presidente da INTEL

A lei de Moore estabelece que a quantidade de transistores num chip duplica a cada 18 a 24 meses.



Moore's law is slowing...

CMOS technologies and the future



The Scale of Things – Nanometers and More

Things Natural



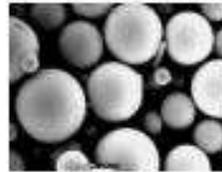
Dust mite
200 μm



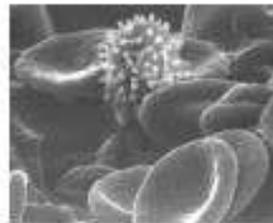
Human hair
~ 60-120 μm wide



Ant
~ 5 mm



Fly ash
~ 10-20 μm



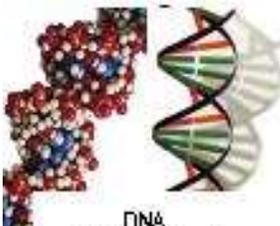
Red blood cells with white cell
~ 2-5 μm



~10 nm diameter

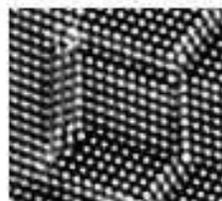


ATP synthase

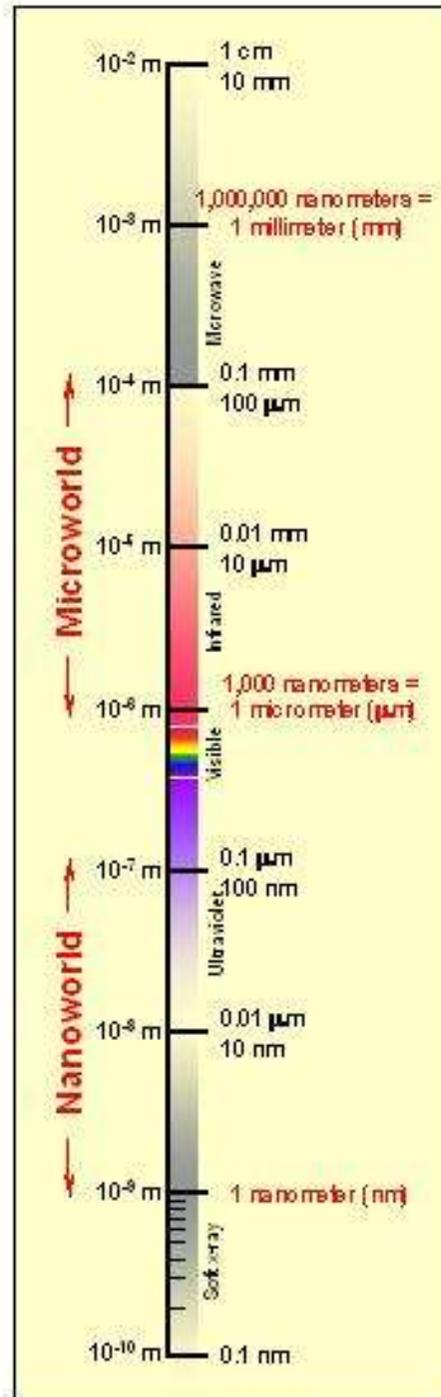


DNA

~2-12 nm diameter



Atoms of silicon
spacing ~tenths of nm



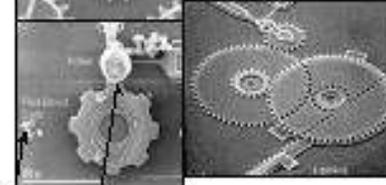
Things Manmade



Head of a pin
1-2 mm



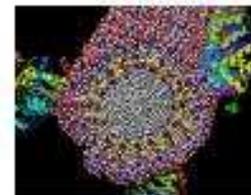
Micro Electro Mechanical (MEMS) devices
10-100 μm wide



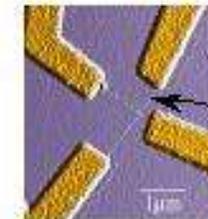
Pollen grain
Red blood cells



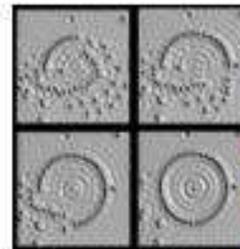
Zone plate x-ray "lens"
Outer ring spacing ~35 nm



Self-assembled,
Nature-inspired structure
Many 10s of nm



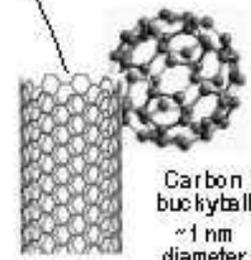
Nanotube electrodes



Quantum corral of 48 iron atoms on copper surface
positioned one at a time with an STM tip
Conical diameter 14 nm

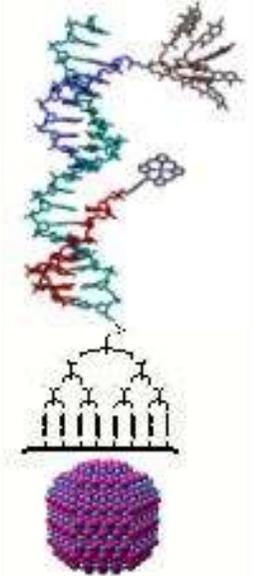


Carbon nanotube
~1.3 nm diameter



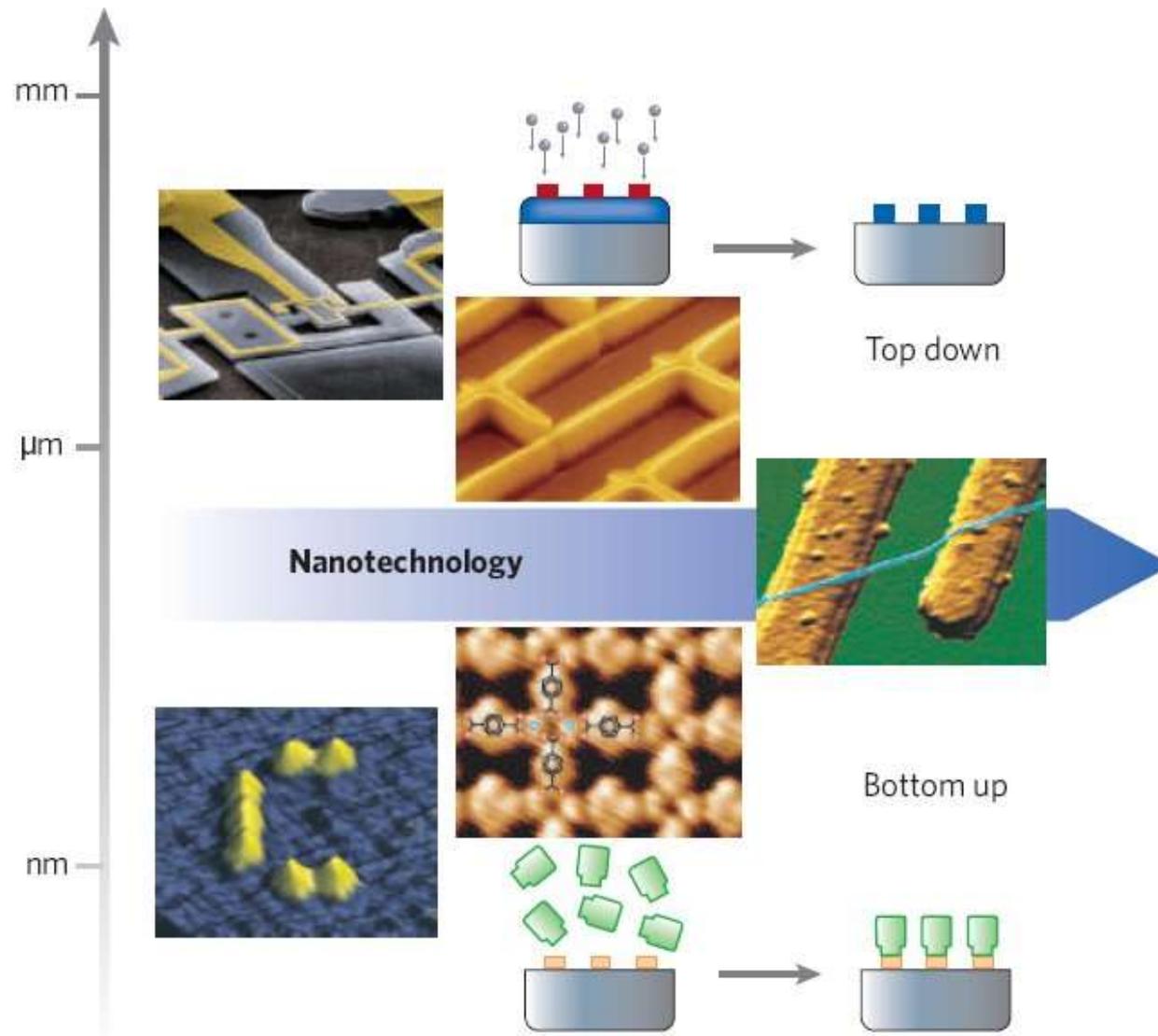
Carbon buckyball
~1 nm diameter

The Challenge



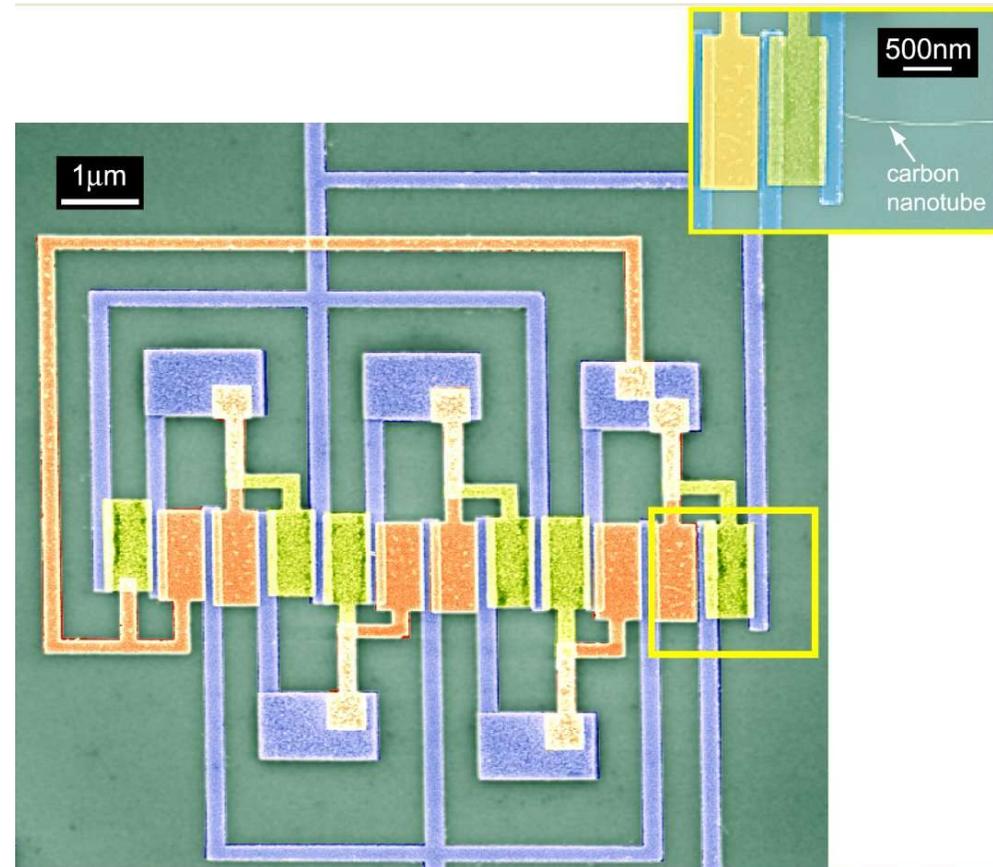
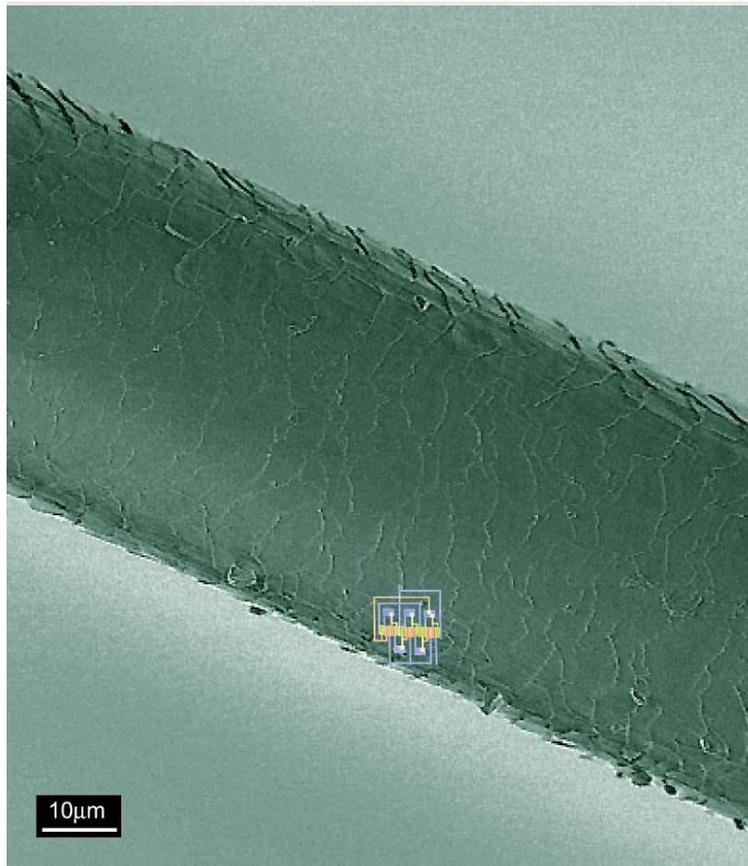
Fabricate and combine nanoscale building blocks to make useful devices, e.g., a photosynthetic reaction center with integral semiconductor storage.

Top-down x Bottom-up ?



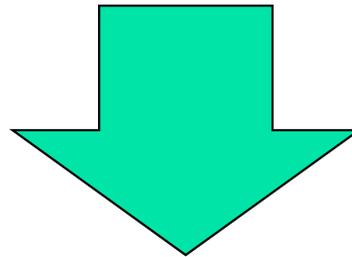
Nanotubos de Carbono

(CNT = Carbon NanoTube)

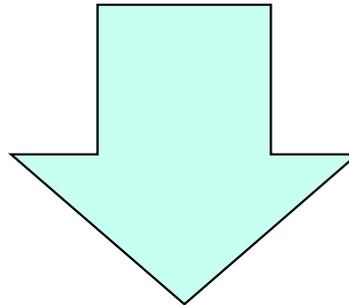


Source: IBM

Como continuar a fabricar dispositivos cada vez menores?



Eletrônica Orgânica



Eletrônica Molecular

Eletrônica Orgânica

Nova oportunidade para a fabricação de dispositivos eletrônicos de filmes finos.

Os materiais orgânicos conjugados podem apresentar características isolantes, **semicondutoras e condutoras** muito interessantes.

Com condições de processamento muito mais simples, fáceis e baratas de serem utilizadas.

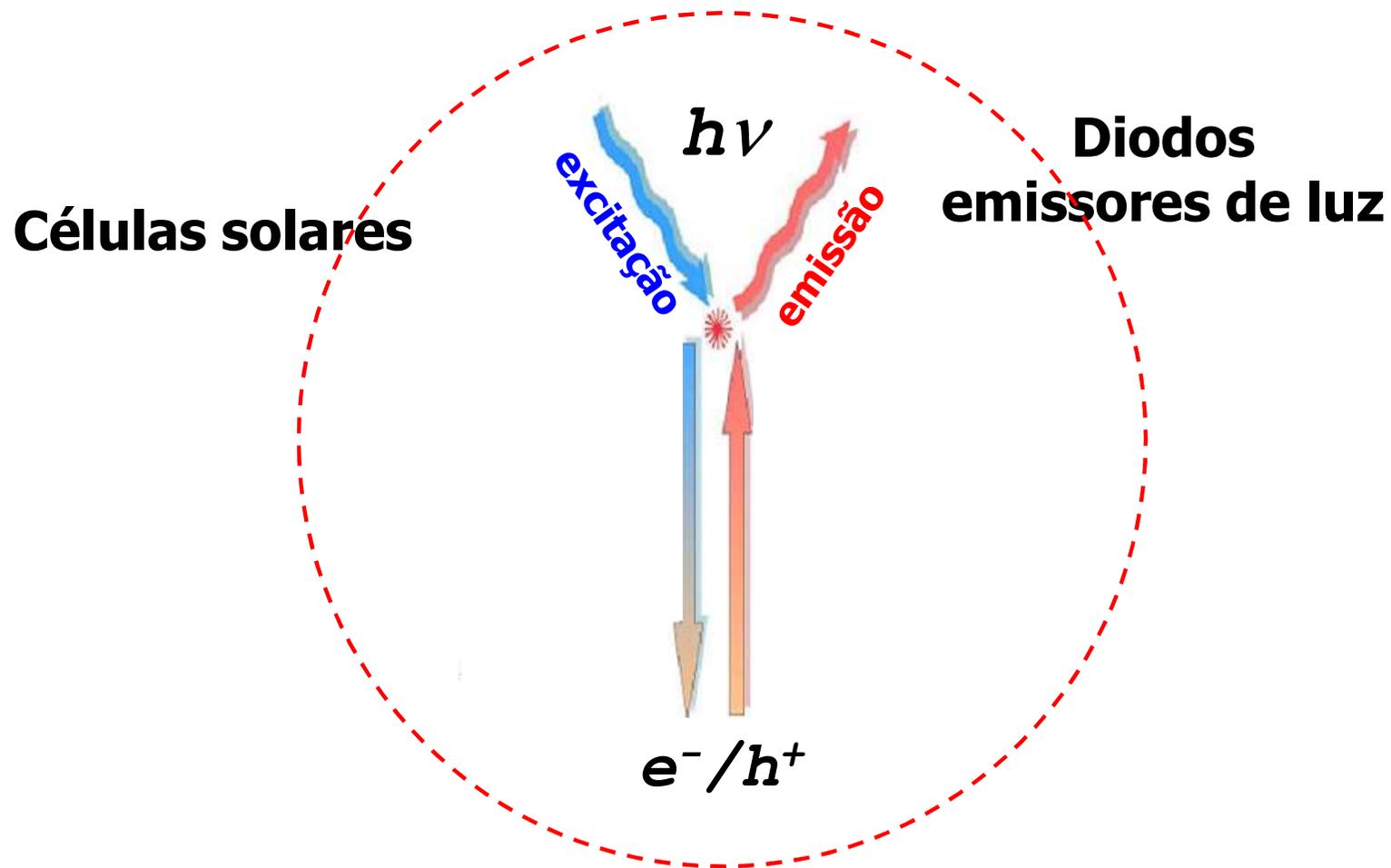
Possuem também as vantagens de serem processadas

- à temperatura ambiente,
- com maior velocidade, menores
- com custos potencialmente.

Aplicações da Eletrônica Orgânica

- As principais aplicações desenvolvidas são:
 - *Organic light emitting diodes (OLED)*
 - *Organic thin-film transistors (OTFT)*
 - *Organic photovoltaics (OPV)*
- Além de
 - *Sensores*
 - *Memórias*
 - *RFID*

Eletrônica Orgânica

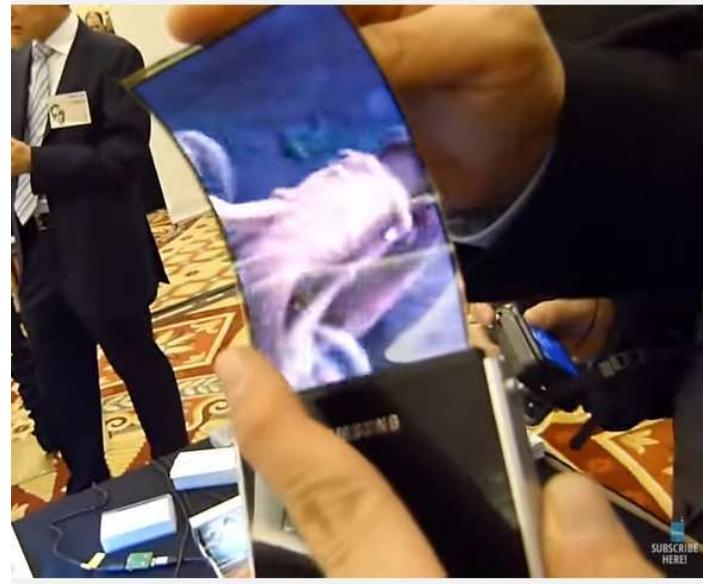


**Diodos, sensores,
transistores e memórias**

Equipamentos flexíveis!!!!

Samsung Flexible OLED display Hands-on

<https://youtu.be/HU2nG9qy6vs>



Samsung Keynote Youm flexible OLED Display at CES 2013 Download



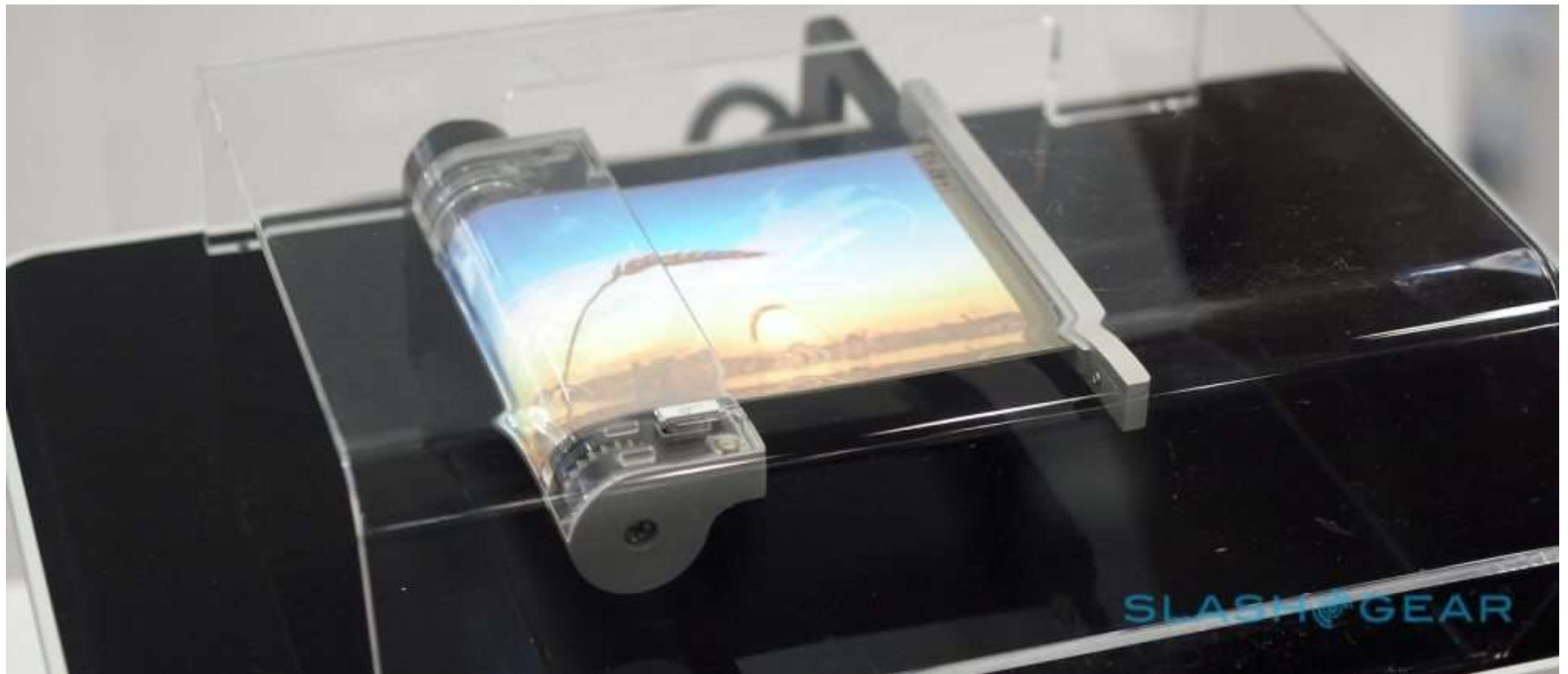
Samsung Keynote Youm flexible OLED Display at CES 2013 Download



Eletrônica Flexível



Em 2014 a Samsung anuncia que lançará um display flexível, para modelos de smartphones em **2015**



Displays
enroláveis



1º. Celular com tela flexível!?!?!?!?

tecnoblog TECNOCAST REVIEWS CUPONS CURSOS ASSISTENTE DE COMPRAS ANUNCIE

Início » Mobile » FlexPai é o mais novo celular dobrável do mercado

FlexPai é o mais novo celular dobrável do mercado

A Royole se adiantou à Samsung e apresentou o FlexPai, que tem tela de 7,8 polegadas

Por Victor Hugo Silva
01/11/2018 às 13h33

01/11/2018



(Rouyu)

<https://twitter.com/twitter/statuses/1057568515324952577>

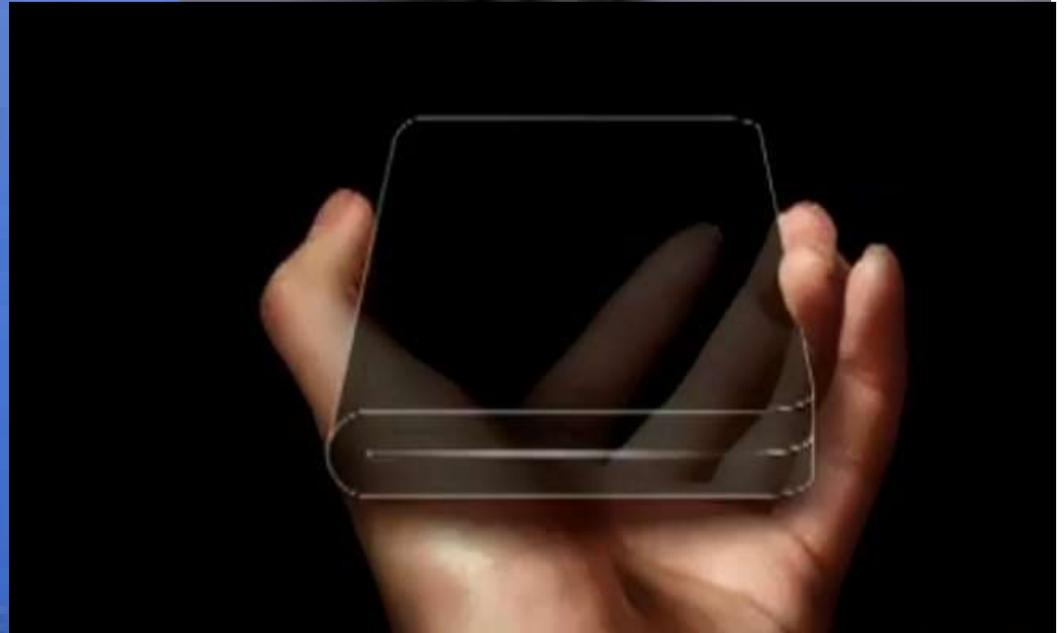


 **ROYOLE**

Galaxy FOLD

10/2018

<https://youtu.be/t0NbSPmIo20>



R\$11.798,05



SAMSUNG

Múltiplas Janelas,
múltiplas possibilidades



**Samsung
Galaxy Z Fold 4
Preto**



**Galaxy Z Flip4 5G 256GB
Violeta**

**R\$ 6.749,00
à vista**



PSVita 2012

AMOLED



Samsung S4 4,3" 960x540 qHD July '13



Samsung S2

1ª. TV de OLED

TV OLED Sony 11"
dez 2007
US\$ 2.500,00



OLED x LED

Qualidade de cores e contrastes incríveis mas

Rígidas!



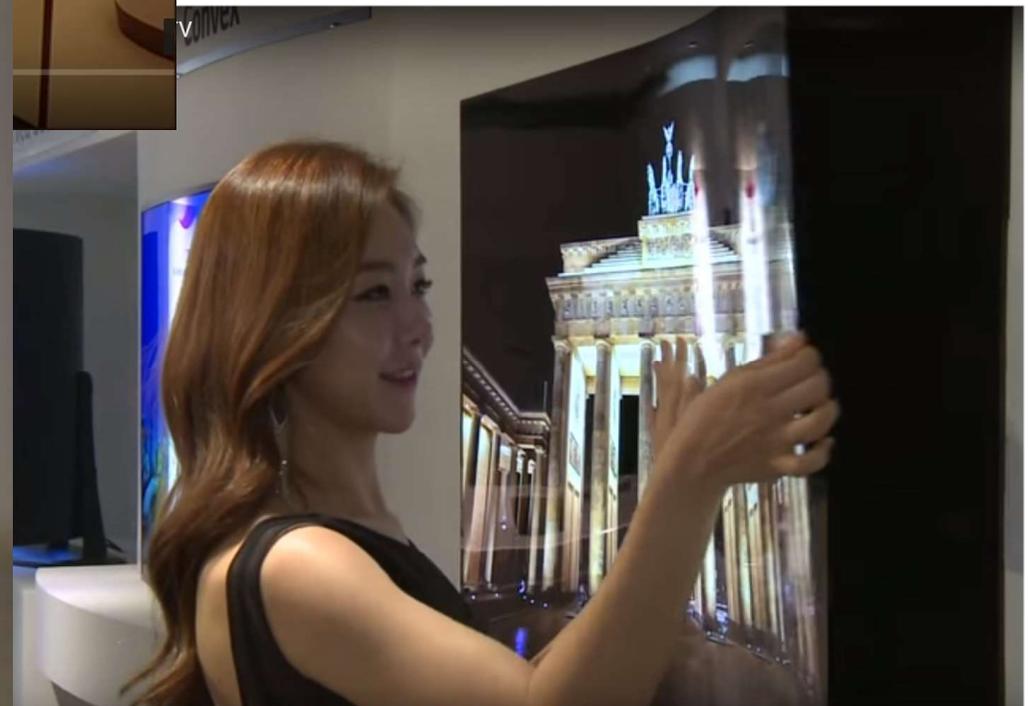
LG InnoFest Latin America 2017 - TV LG Signature OLED W7



Em 22/06/17 a LG lança numa Feira na América Latina



LG B7 65 polegadas = R\$ 11.000





Smart TV 4K LG LED 86" com HDR

2018

86" – R\$ 31.205,53
Fast Shop



NanoCell TV 4K LG LED 86" IA

86" – R\$ **21.999,00** à vista

Fast Shop

Ou 10 x 2.321,45



Samsung Smart UN105S9W UHD TV US\$ **119.000,00 !!!!**

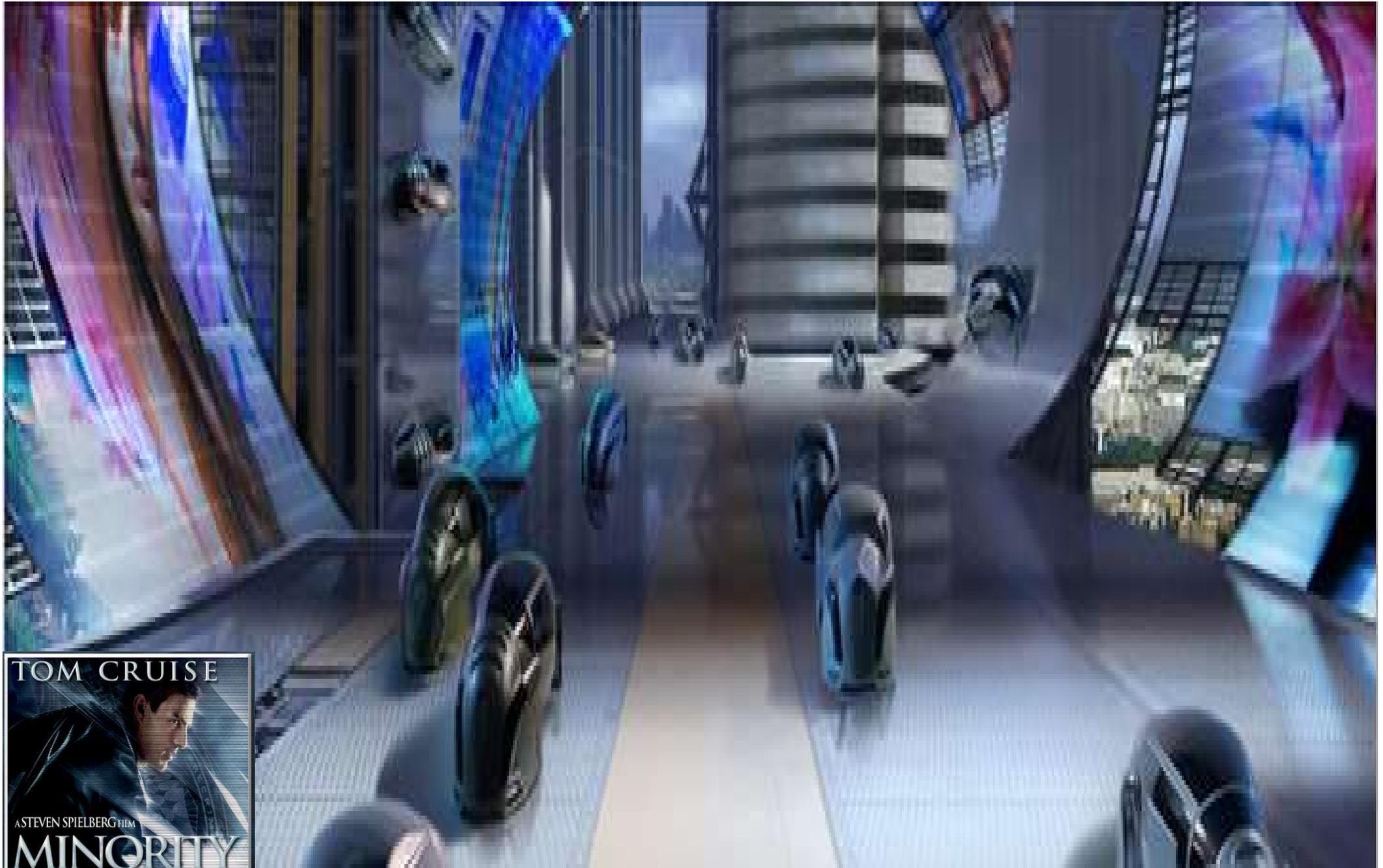
<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/11/testamos-tv-curva-4k-de-105-polegadas-que-custa-meio-milhao-de-reais.html>

Uma nova fronteira se abre:



A utilização de iluminação com **OLED branco** será uma revolução no consumo de Energia!

Motivação: Painéis grandes, externos e flexíveis



Como tudo começou?

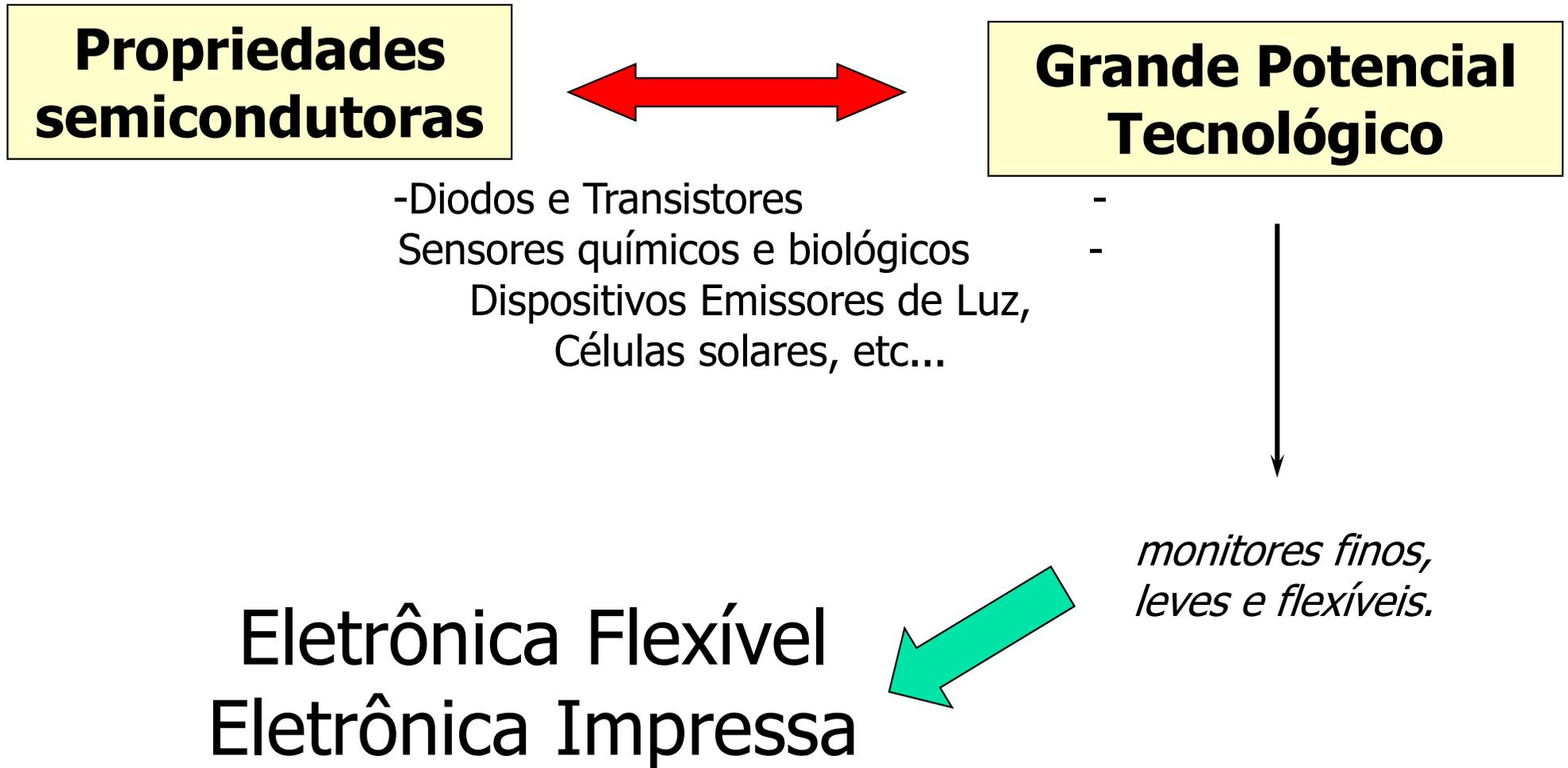
1977: o nascimento dos polímeros eletrônicos



2000 - Prêmio Nobel em Química
(A. J. Heeger, H. Shirakawa e A. G. MacDiarmid)

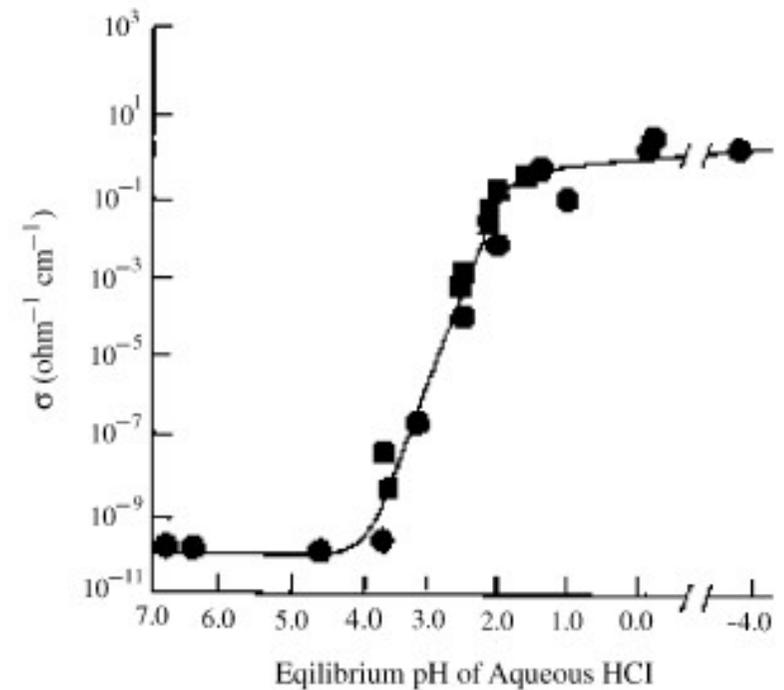
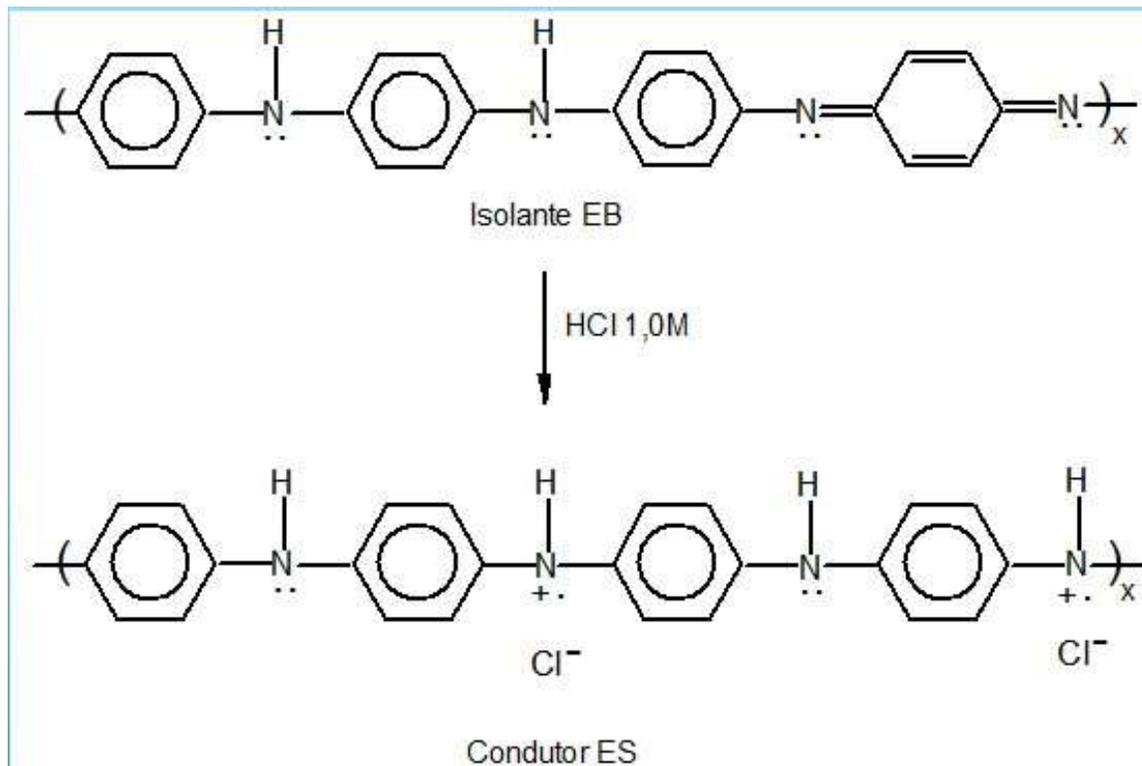
"for the discovery and development of conductive polymers"

Novos horizontes:



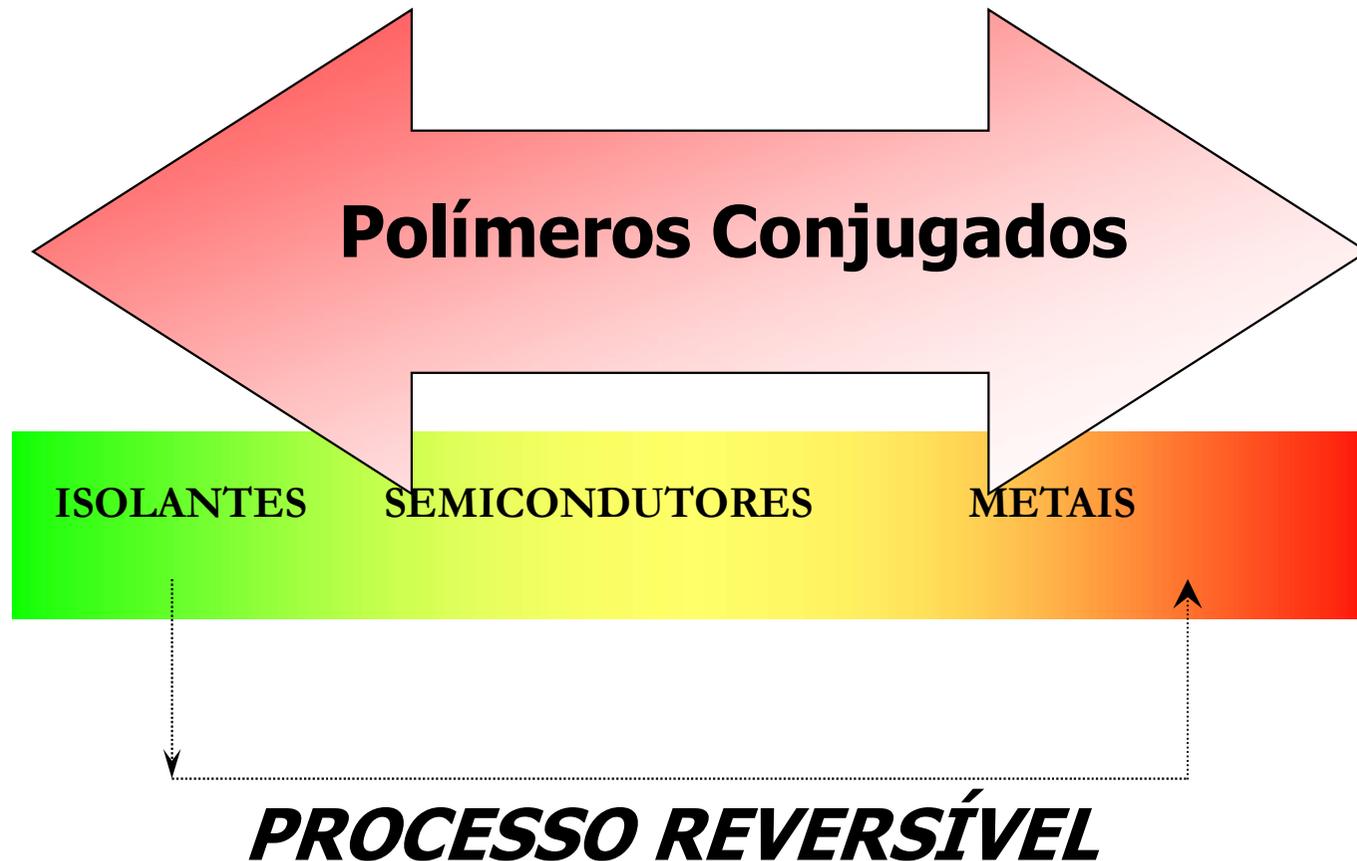
Polímeros condutores

Materiais cuja condutividade elétrica depende das características físico-químicas do ambiente que os cerca
→ transdutores em sensores químicos

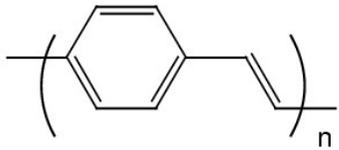


A condutividade depende do meio e é reversível!

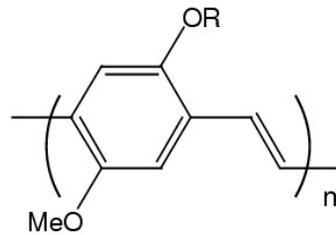
Propriedades Inovadoras



Alguns Polímeros conjugados

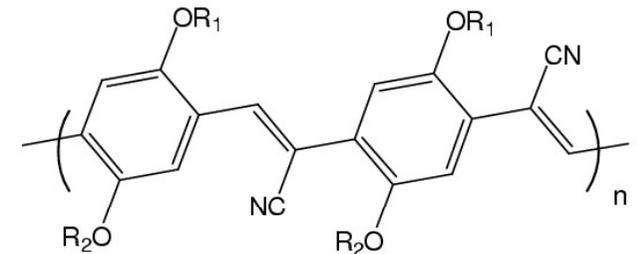


PPV

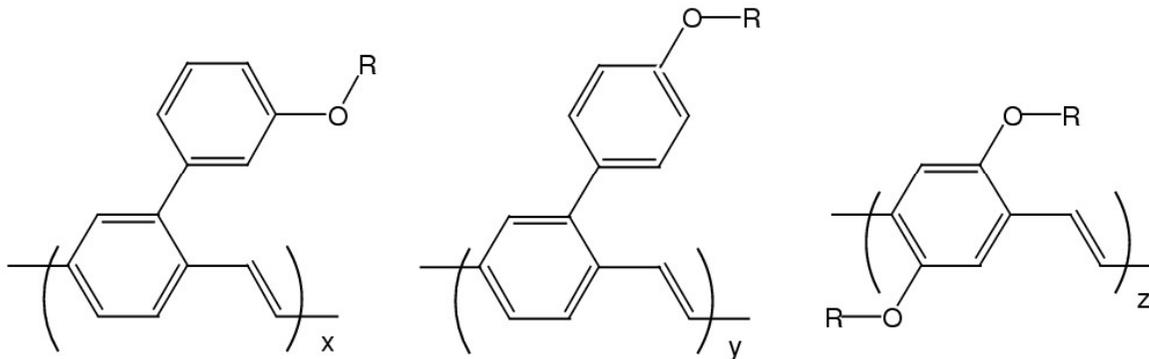


MEH-PPV R = CH₂CH(Et)Bu
 "OC₁C₁₀" PPV R = (CH₂)₃CH(Me)(CH₂)₂CHMe₂

Soluble PPV's

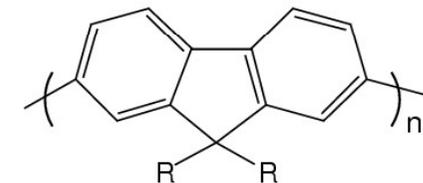


Cyano-PPV



R = (CH₂)₃CH(Me)(CH₂)₂CHMe₂

Hoechst/Aventis/Covion PPV co-polymers



Polyfluorene

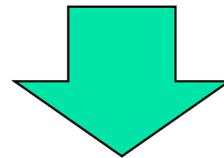
Vantagens “potenciais”

Baixo custo e *fácil preparação*

Baixo consumo de energia

Grandes áreas de emissão

Flexibilidade / Espessura



Nova tecnologia

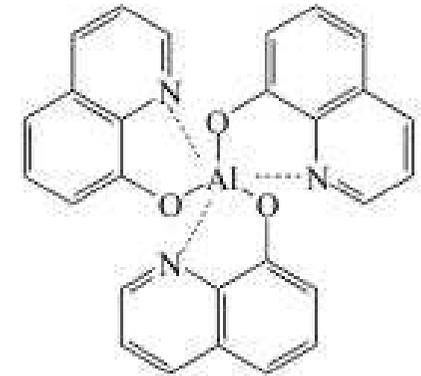
Dispositivos de camadas finas de pequenas moléculas orgânicas ou polímeros conjugados

Primeira demonstração de LED com pequena molécula orgânica

(camadas preparadas por evaporação térmica)

C.W. Tang, S.A. Vanslyke, Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 913

Alq₃ = tris(8-hydroxyquinoline) aluminum (III)



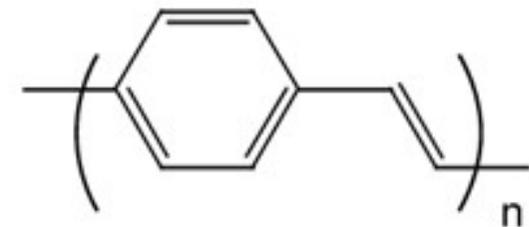
Primeira demonstração de eletroluminescencia de um polímero conjugado

(camadas preparadas por *spin-coating*)

J.H. Burroughes et al., Nature 347 (1990) 539

Patente USA 5.247.190

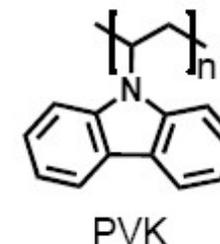
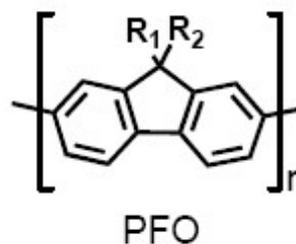
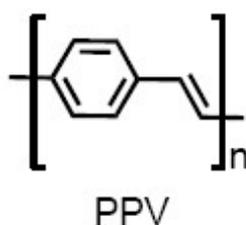
PPV = poly(para-phenylene vinylene)



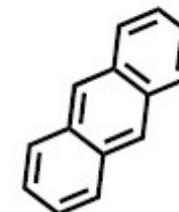
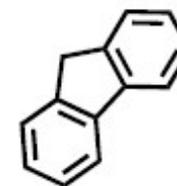
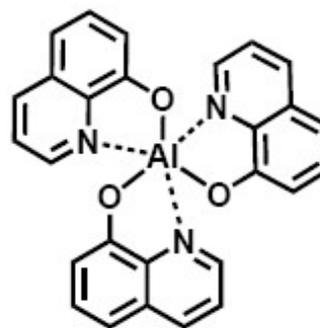
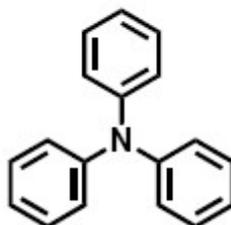
Tipos de OLEDs

Atualmente, os tipos mais usuais de OLEDs são os poliméricos (PLEDs) e as pequenas moléculas organometálicas (OLEDs)

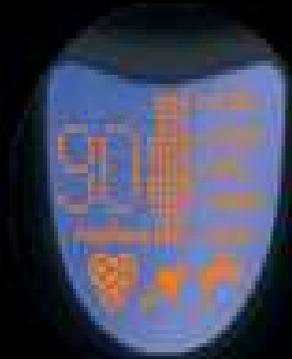
Polymer
PLEDs



Organic
OLEDs



O primeiro produto comercial usando um polímero luminescente
(PLED monocromático)



**Norelco 8894XL Spectra
"James Bond's Shaver of
Choice" with Polymer
Display**

\$179.99

Lançado em 2002

Primeiro produto utilizando display de OLED

OLED

Organic Light-Emitting Diodes



- Baixo consumo
- Alta Resolução
- Custo de Produção competitivo
- **Limitação** 15" de diâmetro

Lançamento KODAK 2003 !



Konka V981 4,8" super AMOLED June



NEC X-06E
4,7" 1280x720 AMOLED June

AMOLED

Lançamentos
para 2013

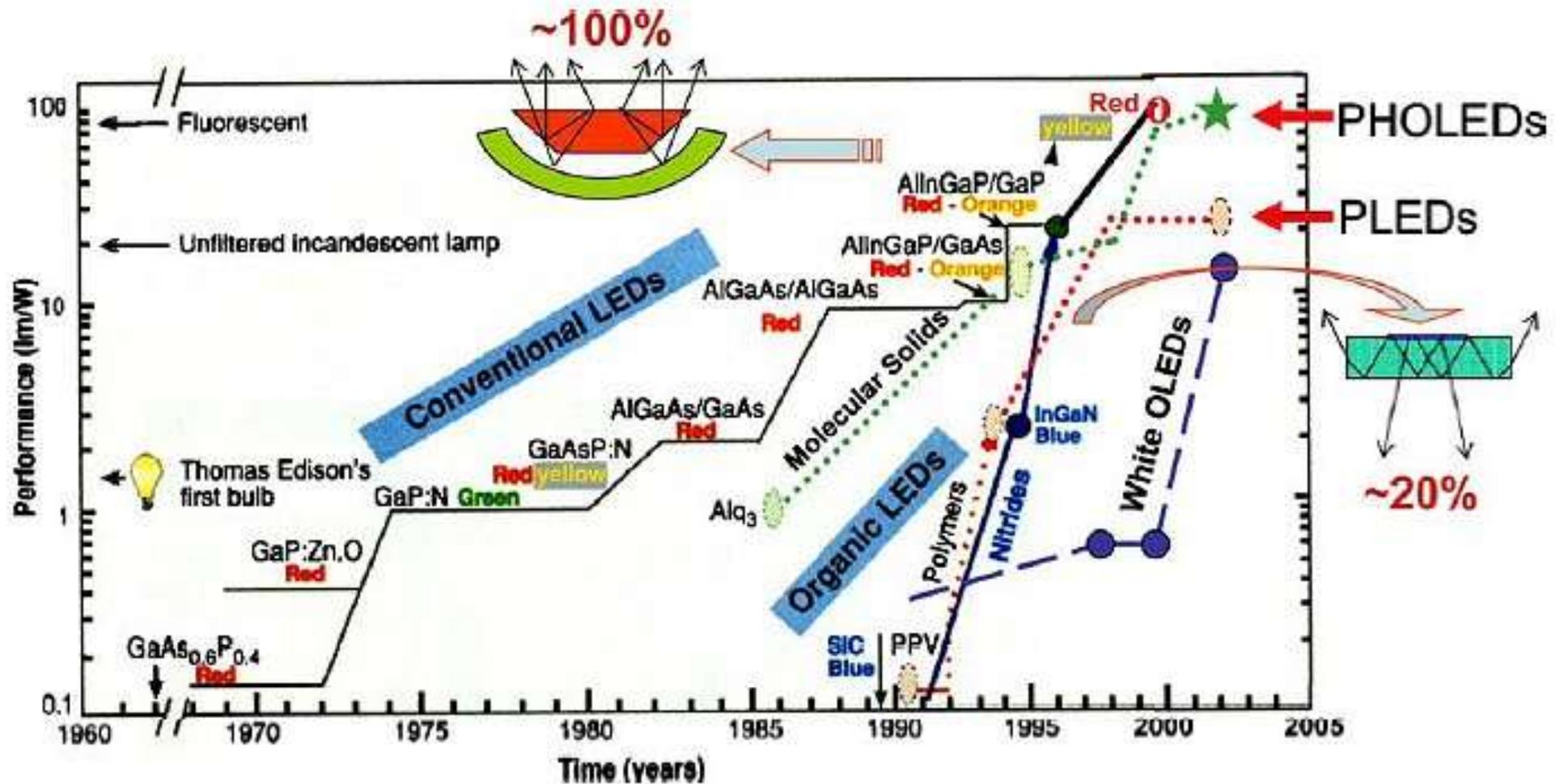


Samsung S4 mini
4,3" 960x540 July

Nokia Lumia 928
4,5" 1280x768 ClearBack May



Progresso do desempenho dos LEDs orgânicos e inorgânicos nos últimos 45 anos



Fonte: Stephen R. Forrest, The road to high efficiency organic light emitting devices, *Organic Electronics*, 4, p. 45-48, 2003.

Polymeric Light-Emitting Diodes (PLED)

Dispositivos Emissores de Luz (PLEDs)

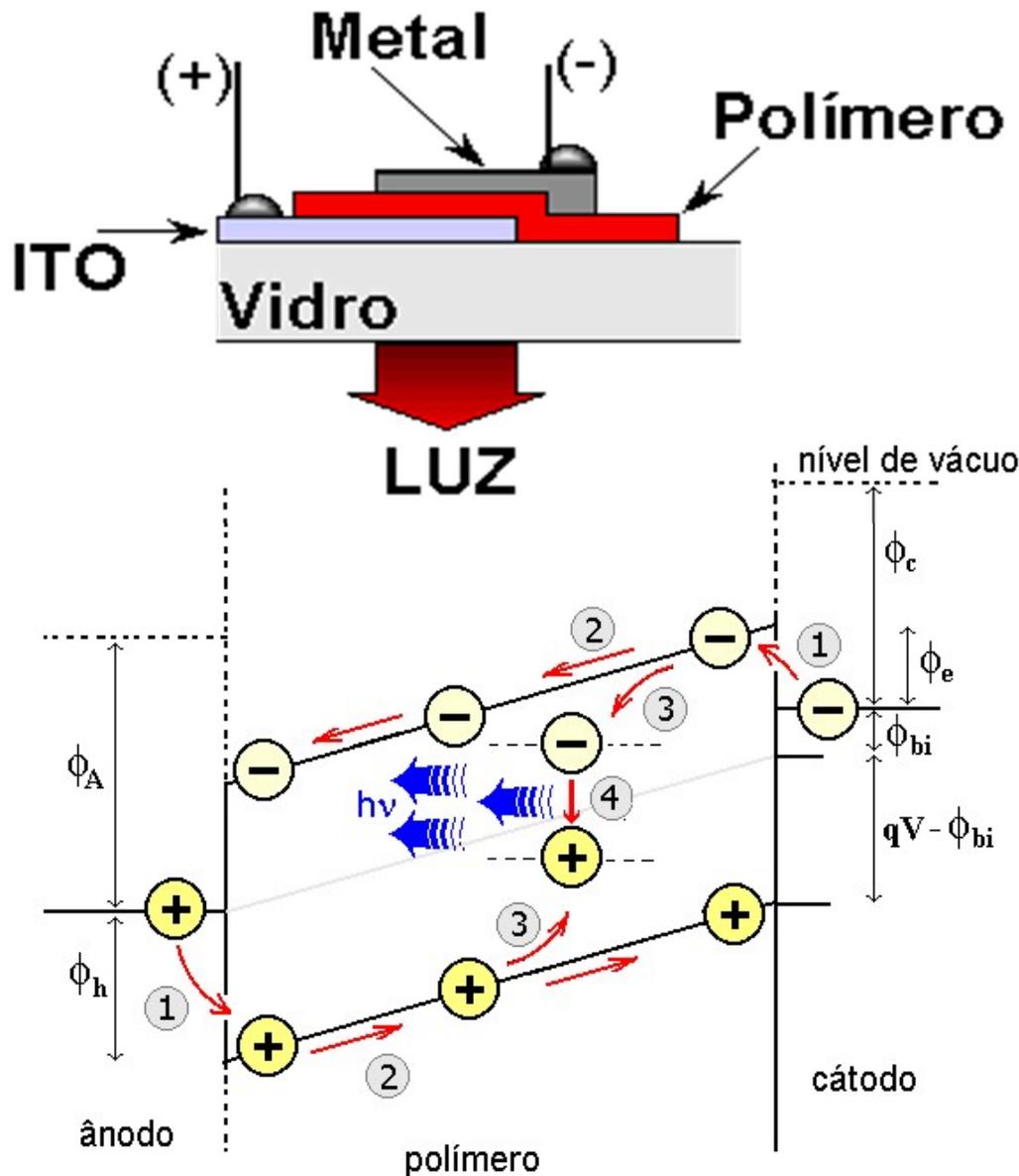
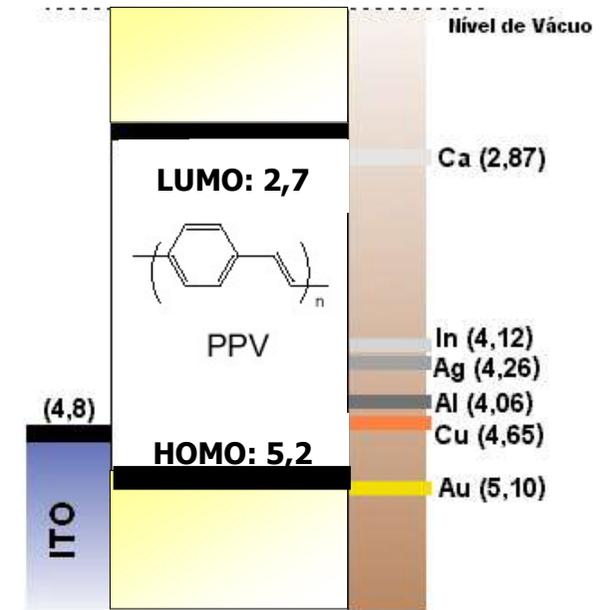


Diagrama de Energias



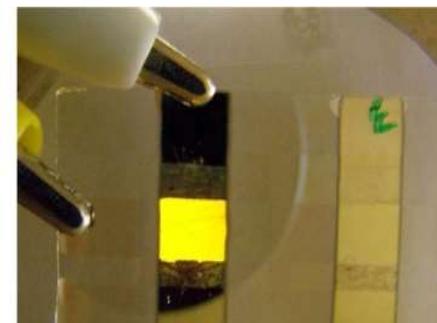
Passos básicos da eletroluminescência:

- (1) injeção dos portadores
- (2) transporte dos portadores,
- (3) formação do éxciton e
- (4) processo de decaimento radiativo.

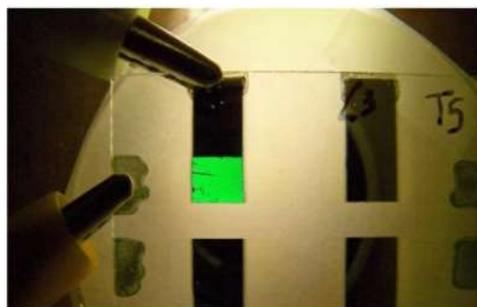
PLEDs, OLEDs e LECs



Iridium Complex



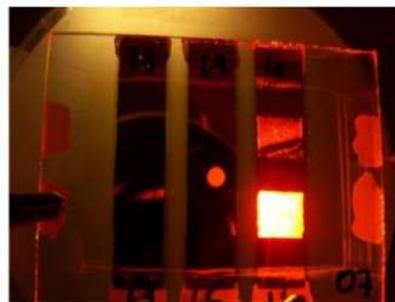
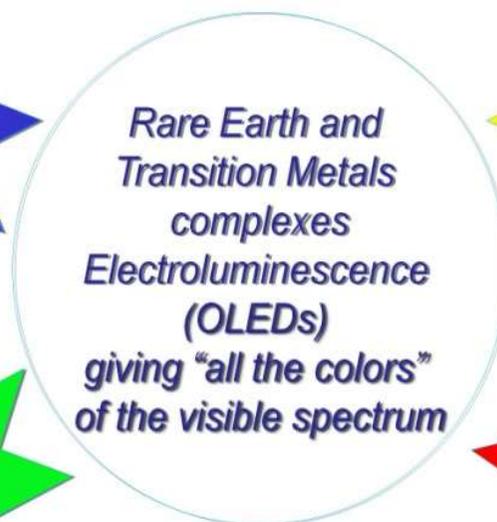
Rhenium Complex



Terbium Complex

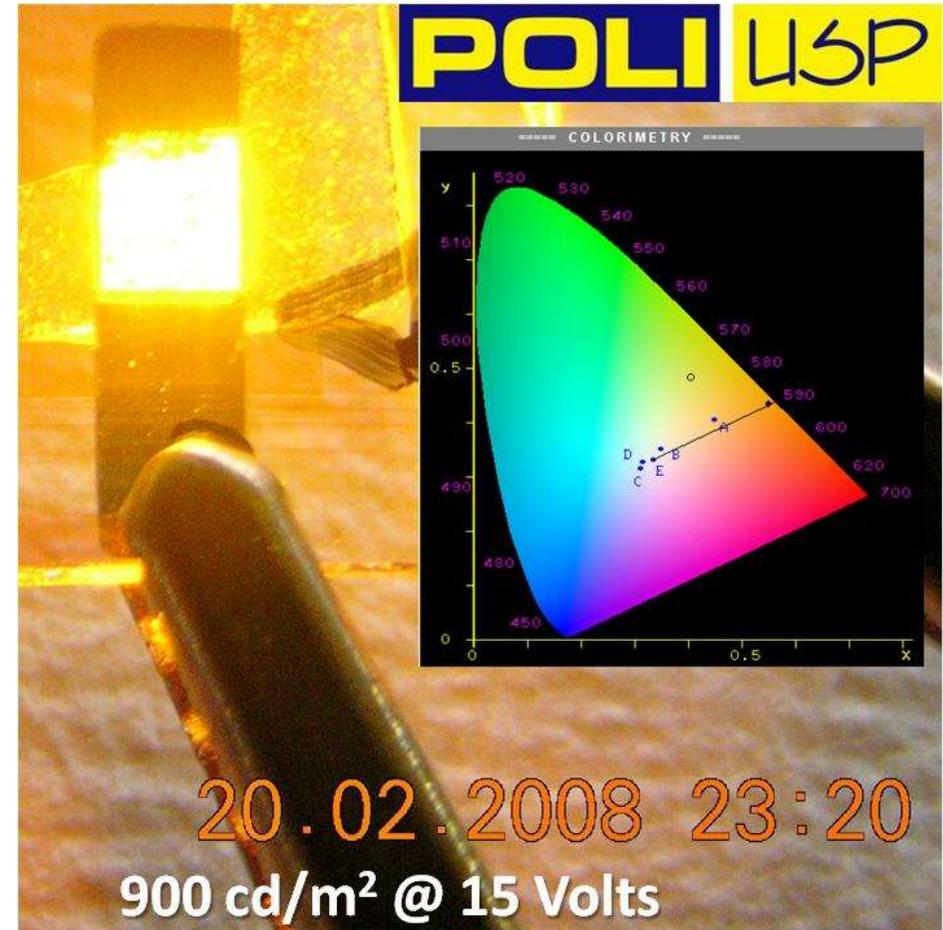
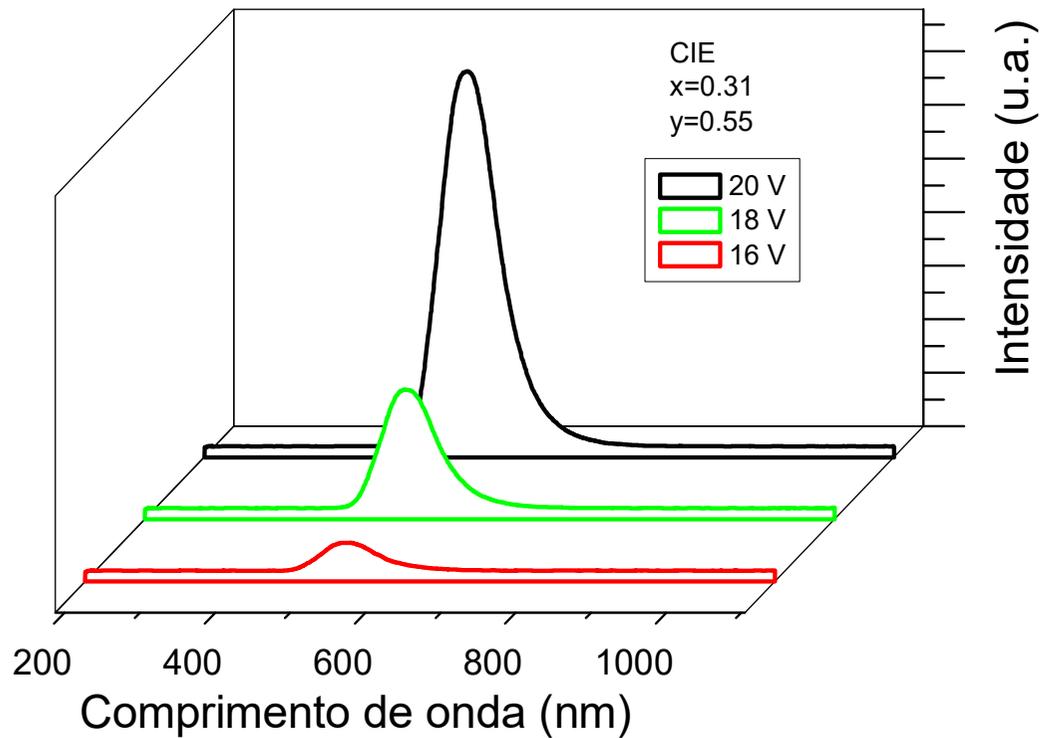


Europium Complex



Ruthenium Complex

Caracterização Óptica



H. Gimaiel, G. Santos, E. T. A. Dirani, F. J. Fonseca,
e A. M. Andrade

Infraestrutura

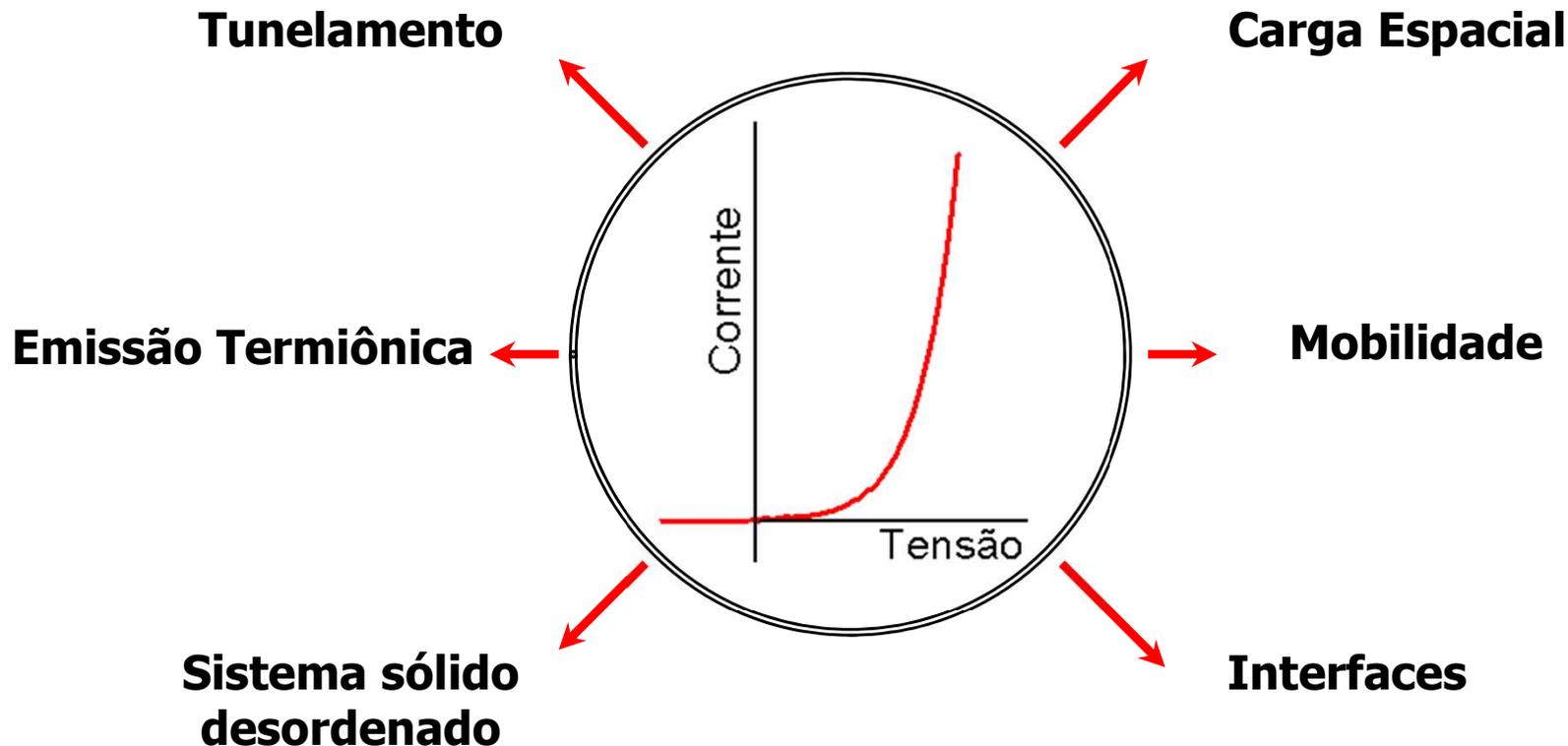
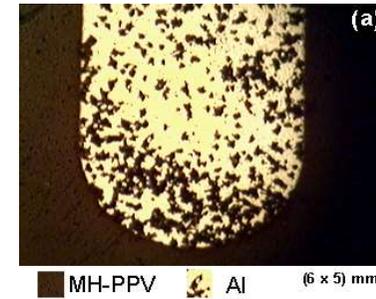
Glove Box com atmosfera controlada com spinner e evaporadora



Injeção, Transporte e Eficiência

INFLUÊNCIAS

- Características dos substratos.
- Estrutura Química do polímero
- Mobilidade dos portadores ($\mu_h > \mu_e$)
- Morfologia dos filmes
- Temperatura
- Degradações do polímero e das interfaces.



Caracterizações

Contribuições do volume e das interfaces

- I vs. V
- Impedância Complexa
- Capacitância
- Tempo de vôo

Estrutura eletrônica

- Fotoluminescência
- Eletroluminescência
- Radiância espectral

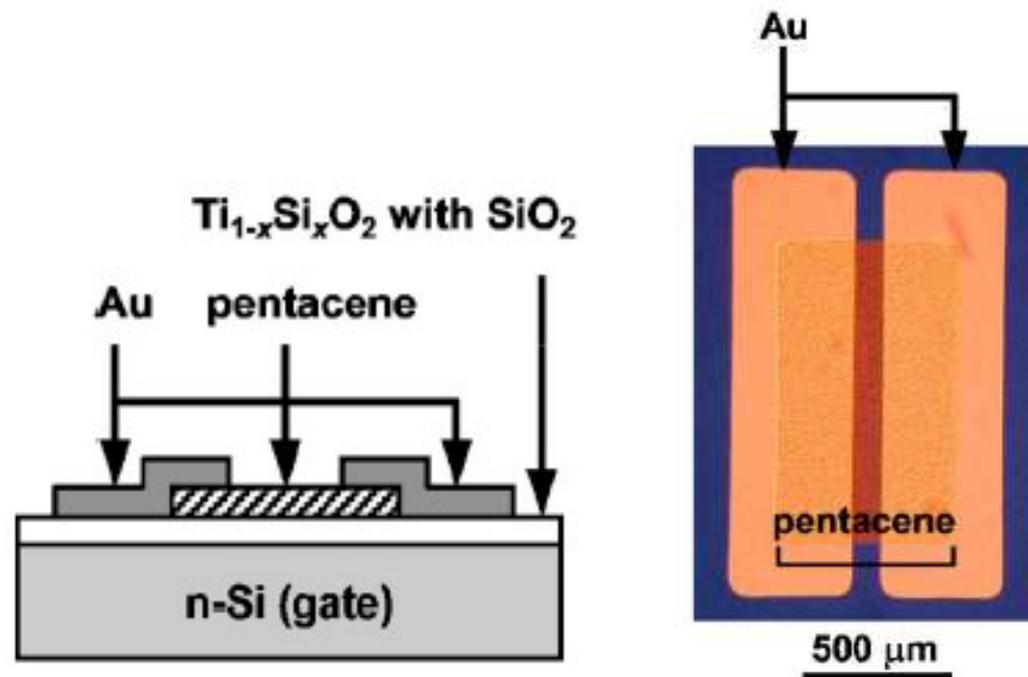
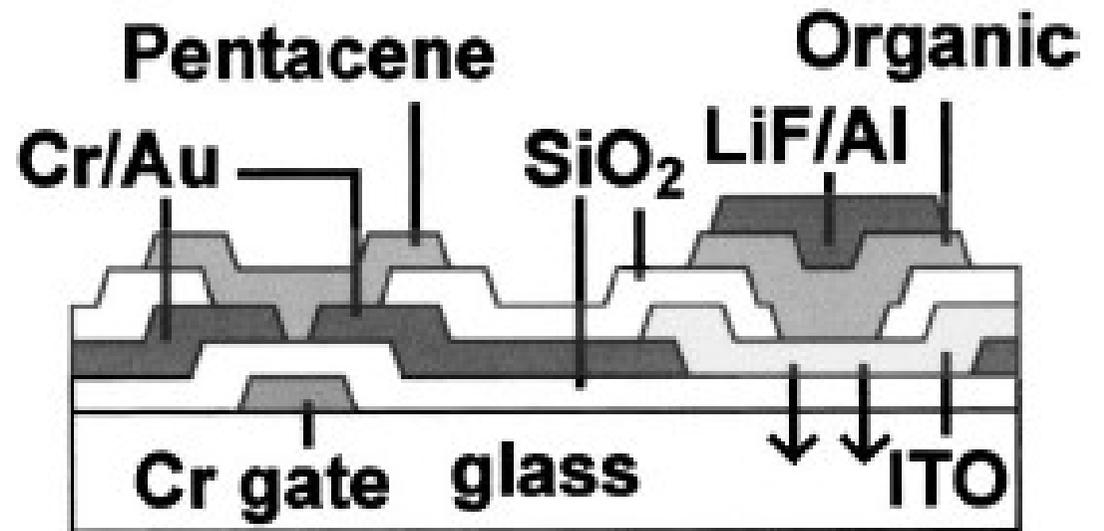
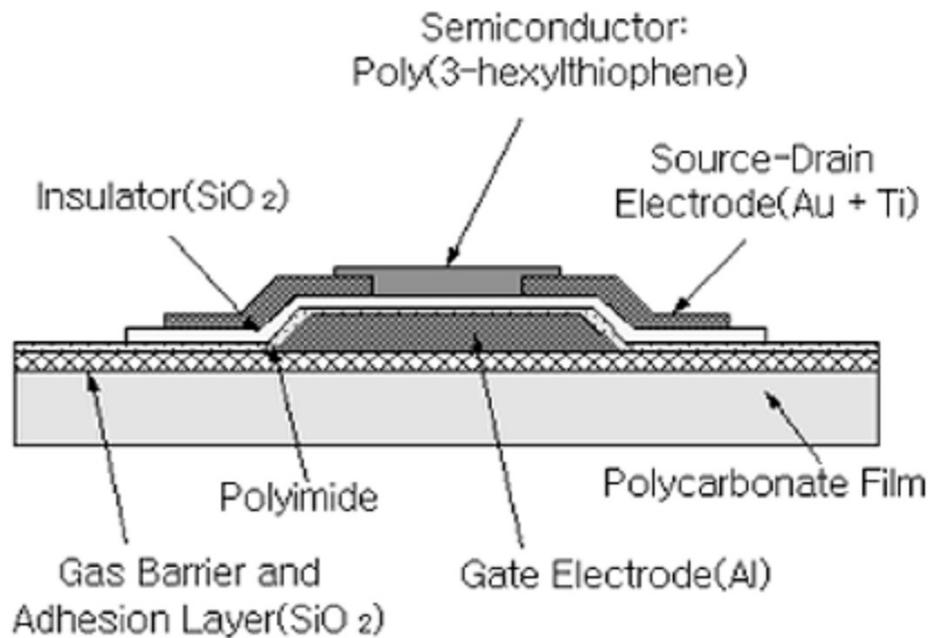
Morfologia

- Microscopia de Força Atômica
- Espectroscopia de Elipsometria

Eficiência

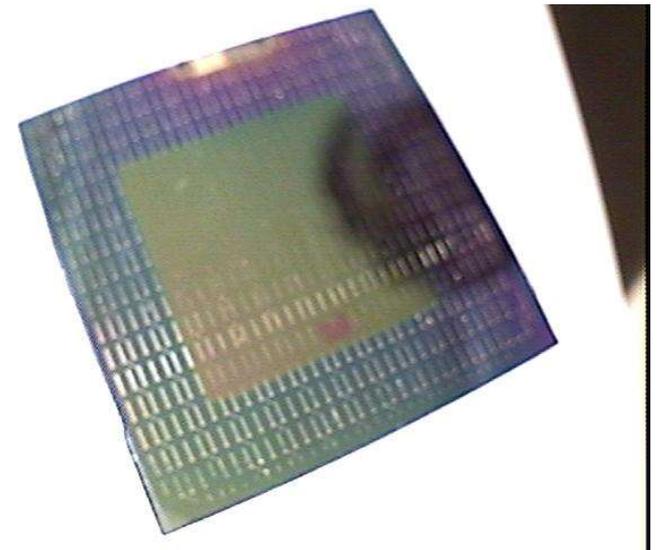
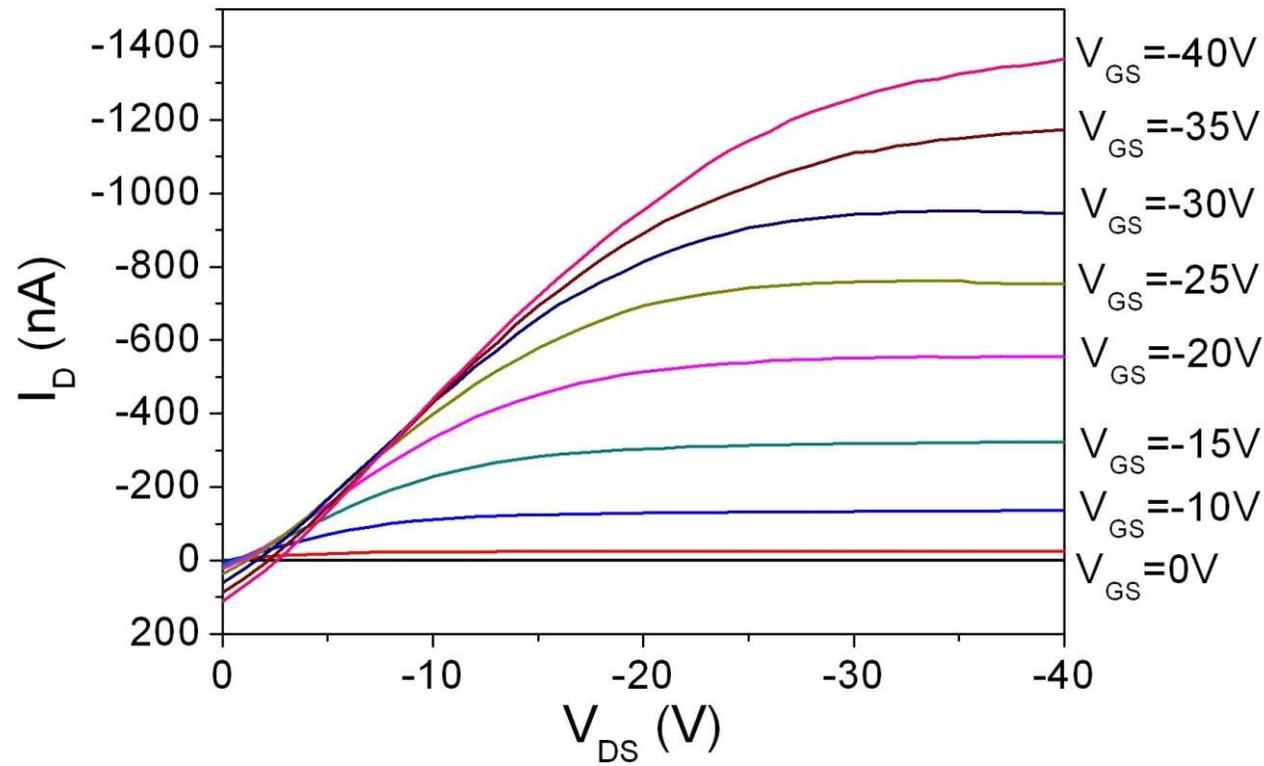
- Eficiência quântica
- Tempo de vida (*degradação*)

Organic Thin Film Transistor (OTFT)

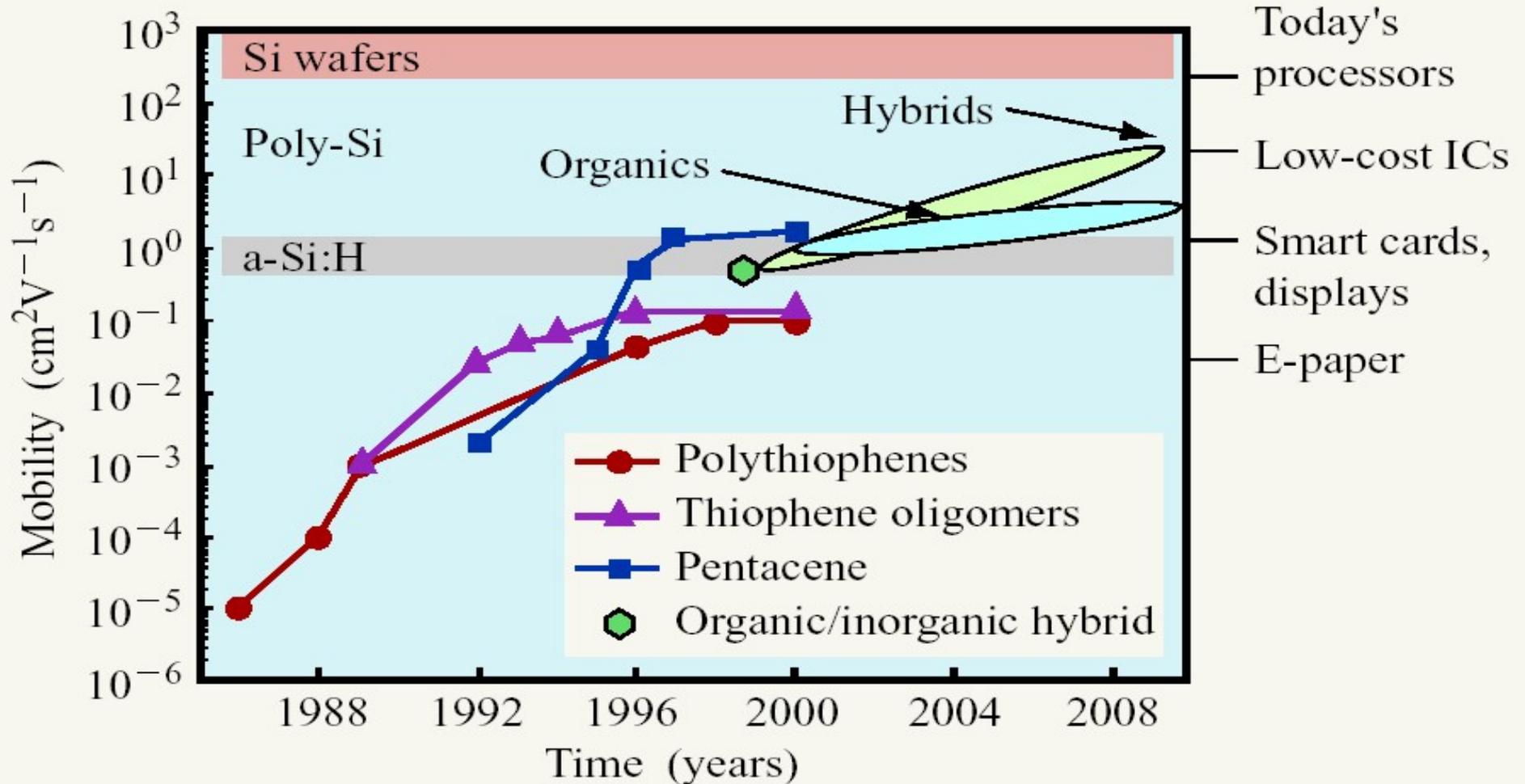


OTFT

OTFT bottom contact bottom gate - Si/SiO_xN_y/Au/Pentacene



Mobilidade de portadores



Mobilidades dos semicondutores orgânicos melhoraram cinco ordens de grandeza nos últimos 15 anos. Grandes esforços em pesquisa em novos materiais são responsáveis por este aumento.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

"Fabricação, Caracterização e Modelamento de um Dispositivo de Efeito de Campo à base de Poli(o-metoxianilina)"

ROBERTO KOJI ONMORI

Bacharel em Física, Instituto de Física da USP, 1985
Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da USP, 1990

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Mendonça Faria

São Paulo, abril de 1997

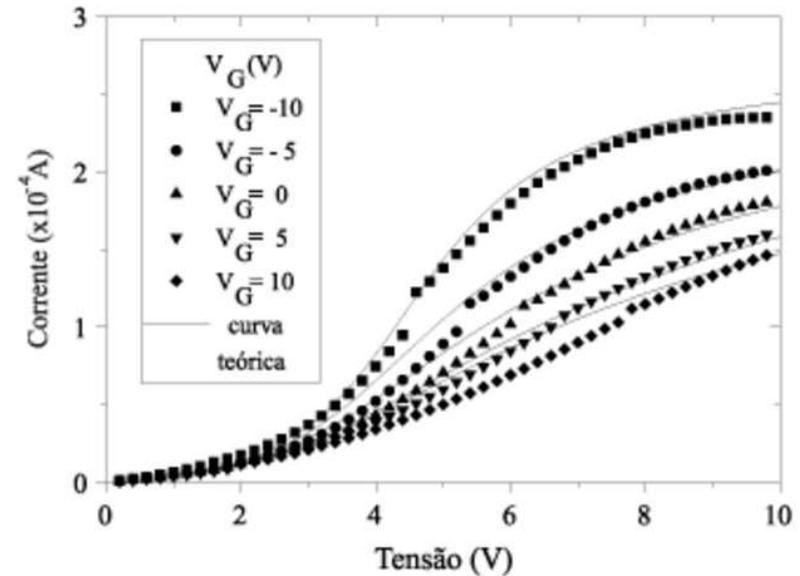


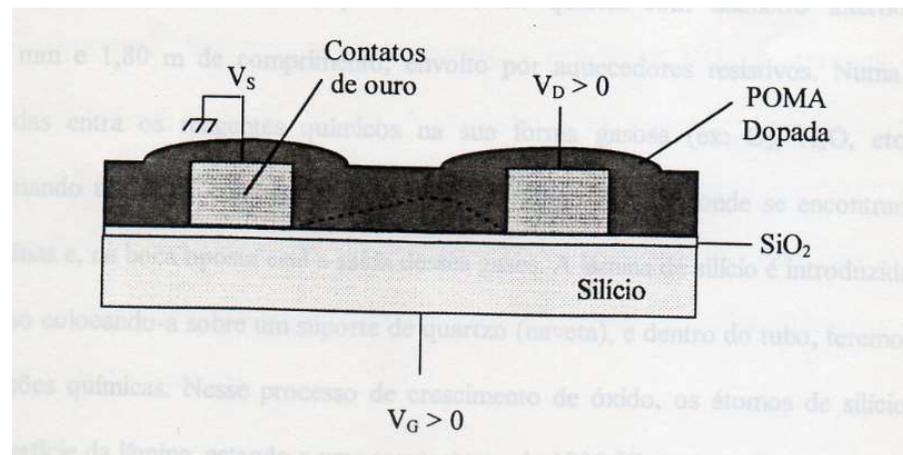
Figura 4. Curva corrente vs. tensão, experimental e teórica, para o transistor fabricado a base de POMA.

Primeiro OFET no Brasil

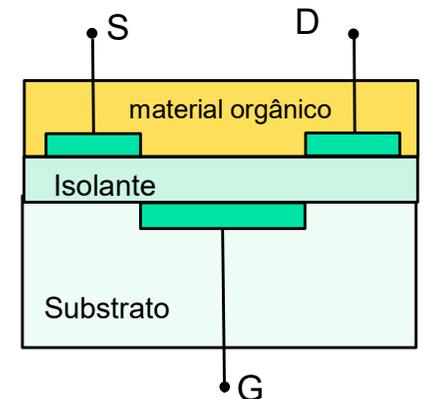
1997

IFSC-USP
POLI

POMA



BOTTOM CONTACTS
BOTTOM GATE



Organic Field Effect Transistor

Synthetic Metals, 22 (1988) 265 - 271

265

J. Phys. Chem. 1985, 89, 5133-5140

5133

Poly(3-methylthiophene)-Coated Electrodes: Optical and Electrical Properties as a Function of Redox Potential and Amplification of Electrical and Chemical Signals Using Poly(3-methylthiophene)-Based Microelectrochemical Transistors

James W. Thackeray, Henry S. White, and Mark S. Wrighton*

Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139
(Received: June 18, 1985)

Optical and electrical properties of anodically grown poly(3-methylthiophene) are reported as a function of redox potential in $\text{CH}_3\text{CN}/0.1 \text{ M } [n\text{-Bu}_4\text{N}]\text{ClO}_4$. Poly(3-methylthiophene) can be grown by the oxidation of 3-methylthiophene and deposited onto Au or Pt electrode surfaces. The poly(3-methylthiophene) can be used to "connect" two or more closely spaced ($1.2 \mu\text{m}$) microelectrodes ($2.4 \mu\text{m}$ wide \times $50 \mu\text{m}$ long \times $0.1 \mu\text{m}$ thick) of a microelectrode array fabricated by conventional microfabrication techniques. A pair of poly(3-methylthiophene)-connected microelectrodes can function as a transistor where one of the electrodes is regarded as a "source" and the other as a "drain" with the source being referenced to the solution as a gate. The poly(3-methylthiophene) is the analogue of the channel of a solid-state field-effect transistor, since its conductivity changes by $>10^6$ depending on the gate potential. Large optical (300-800 nm) and electrical changes for the poly(3-

GENERATION OF MICROPATTERNS IN POLY(3-METHYLTHIOPHENE) FILMS USING MICROLITHOGRAPHY: A FIRST STEP IN THE DESIGN OF AN ALL-ORGANIC THIN-FILM TRANSISTOR

W. KOBEL, H. KIESS and M. EGLI

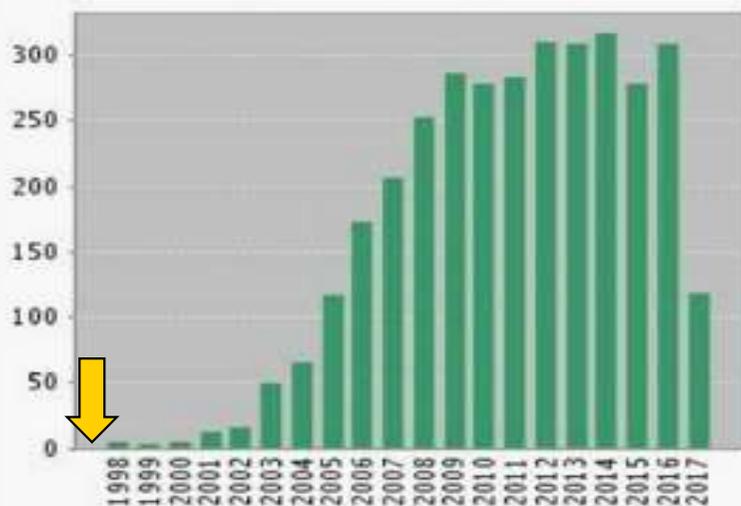
SIN, c/o Laboratories RCA Ltd., Badenerstrasse 569, CH-8048 Zurich (Switzerland)

(Received June 26, 1987; accepted September 7, 1987)

Abstract

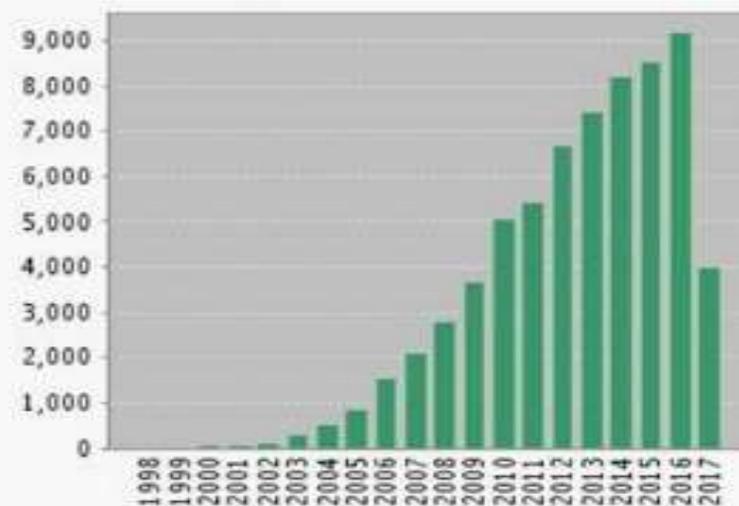
A thin-film transistor structure was designed using poly(3-methylthiophene) in its oxidized (highly conducting: $\sigma \approx 2 \times 10^4 \text{ S/m}$) state as source and drain contacts, and the same material in its reduced (semi-conducting: $\sigma \approx 10^{-7} \text{ S/m}$) state as channel. The source, drain and channel zones can be defined by means of electrochemical and microlithographic procedures. The ultimate resolution is in the submicron range.

Itens publicados por ano



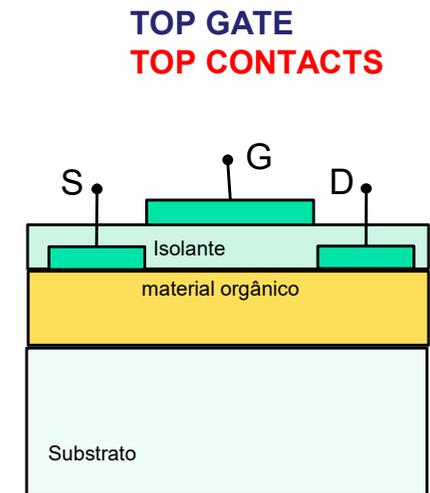
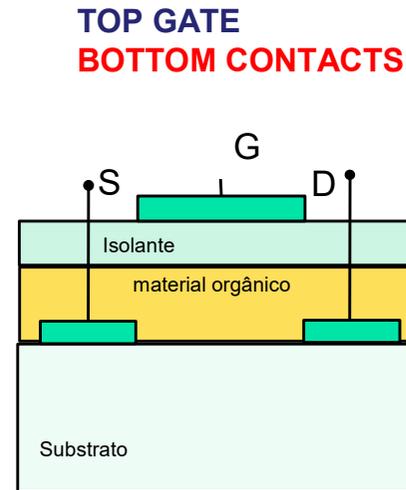
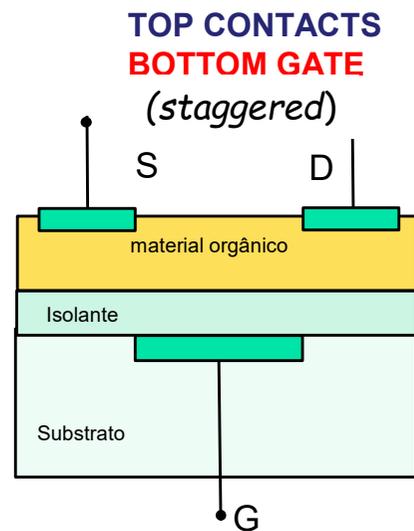
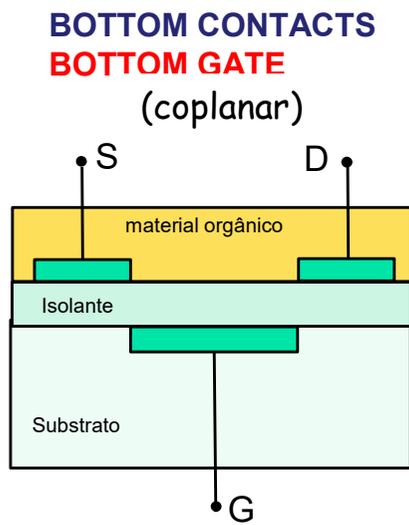
Os últimos 20 anos são exibidos.
Visualizar um gráfico com todos os anos.

Citações em cada ano

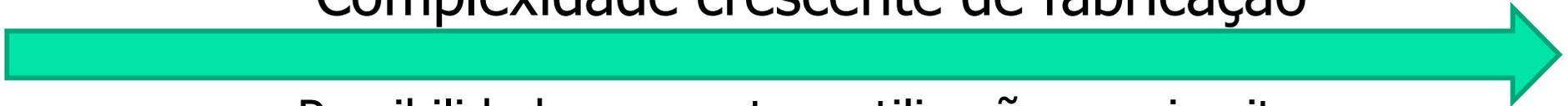


Os últimos 20 anos são exibidos.
Visualizar um gráfico com todos os anos.

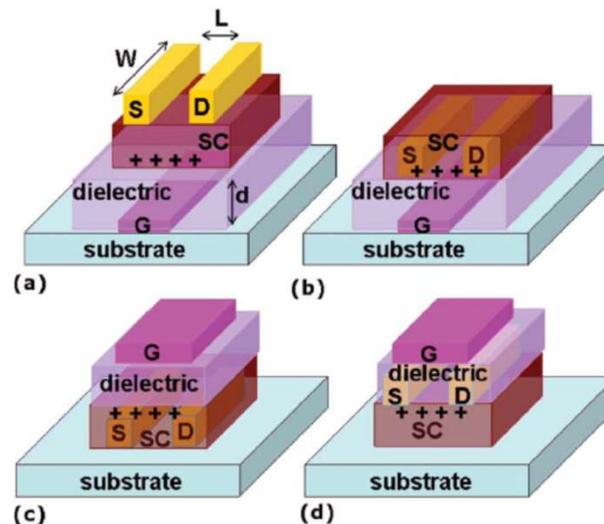
ESTRUTURAS DE OTFT



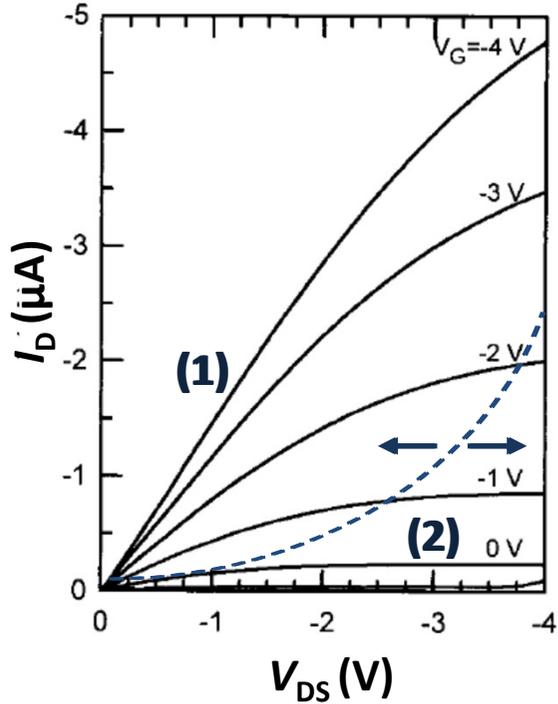
Complexidade crescente de fabricação



Possibilidade crescente e utilização em circuitos

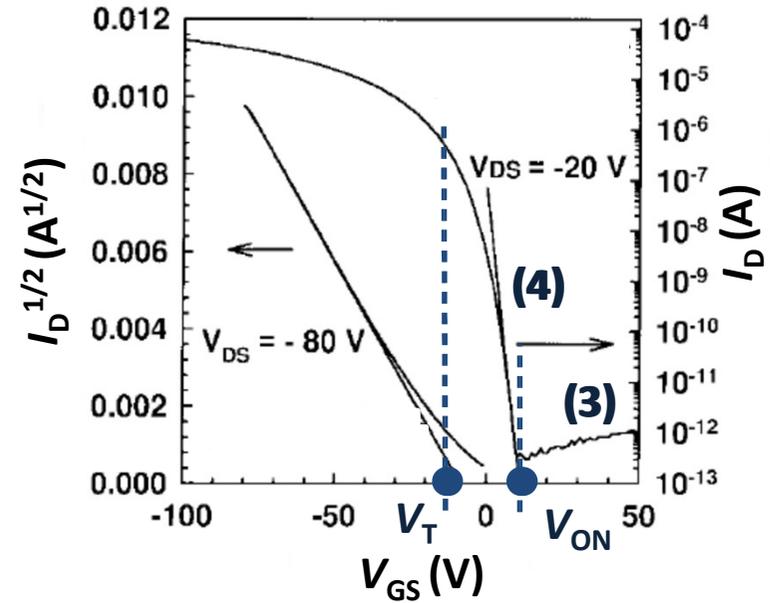


CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO OTFT



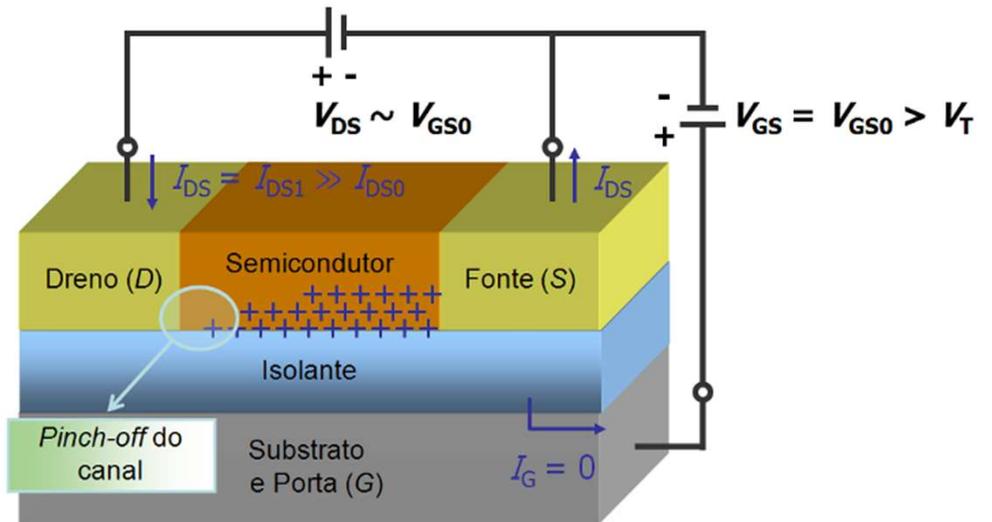
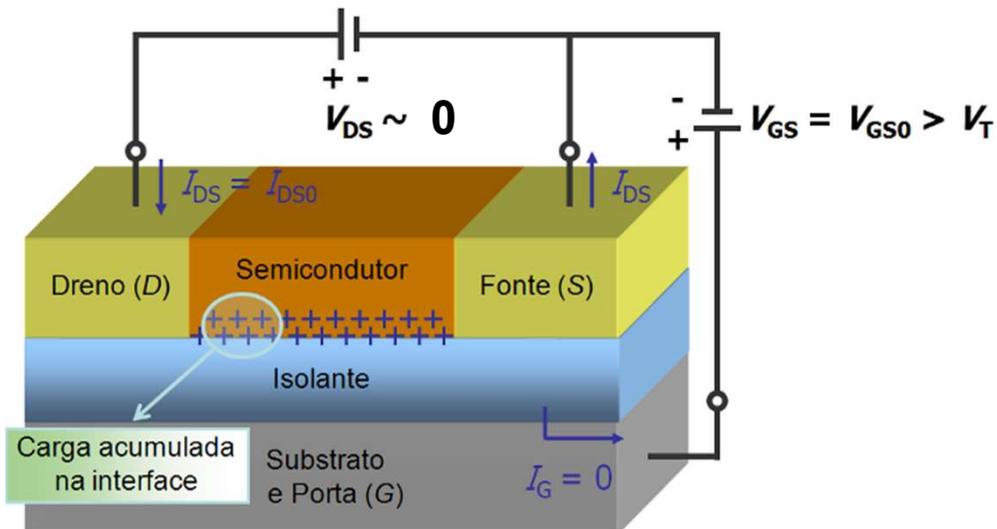
1) Linear

2) Saturação

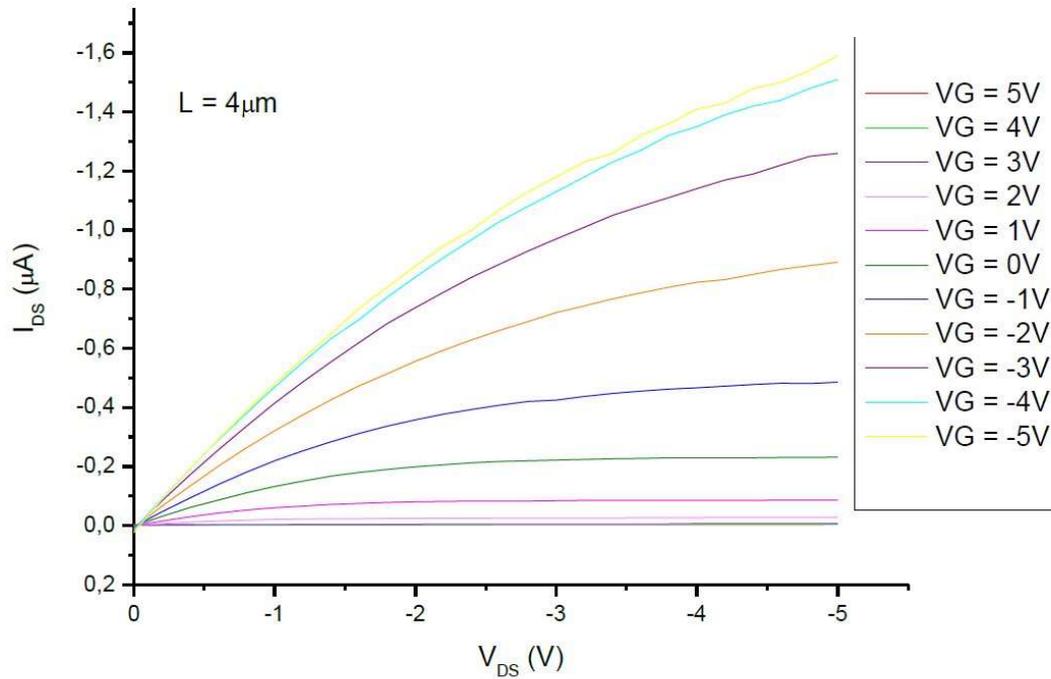
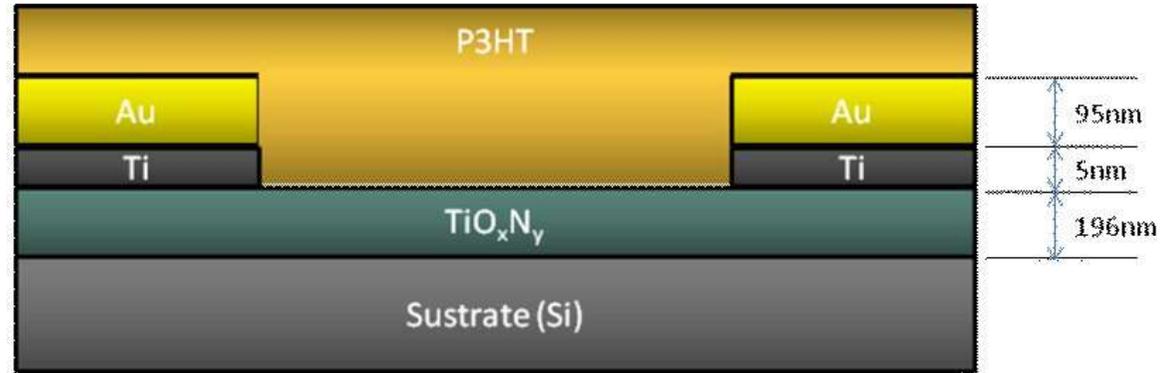


3) Corte

4) Sublimiar

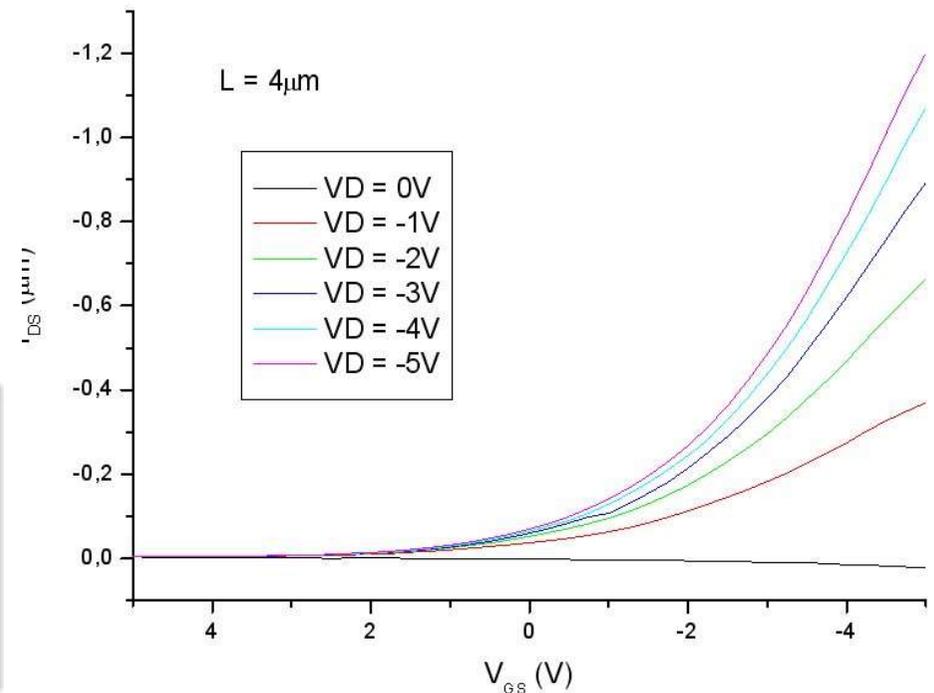


TFT orgânico/inorgânico



$L = 4\mu\text{m}$
 $W = 1,1\text{mm}$
 $\mu = 1,95 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$
 $I_{ON/OFF} = 10^3$

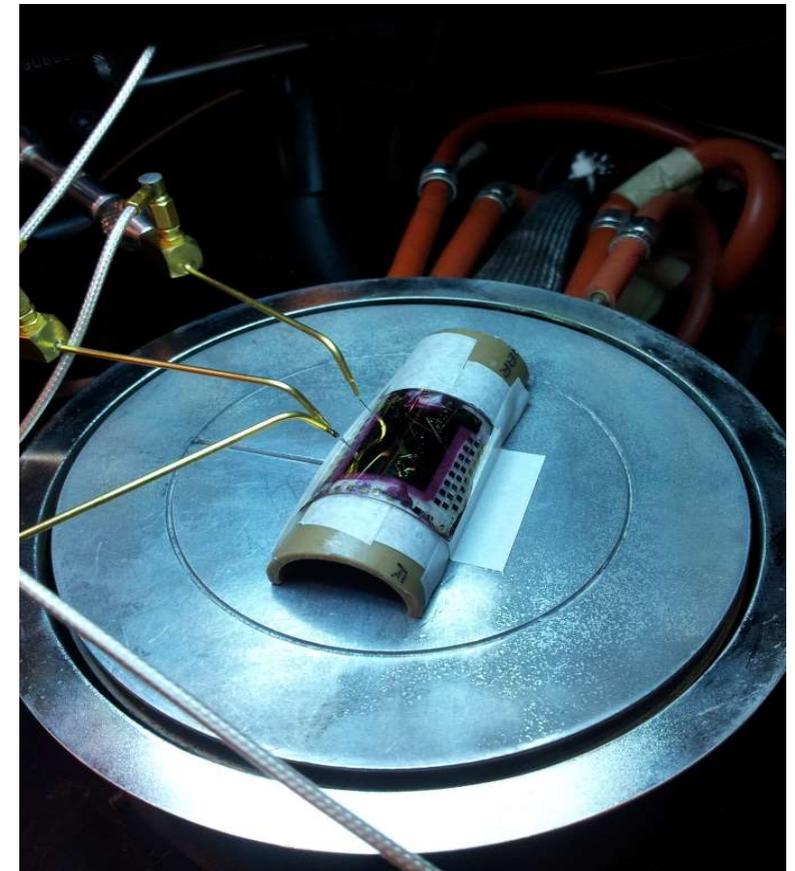
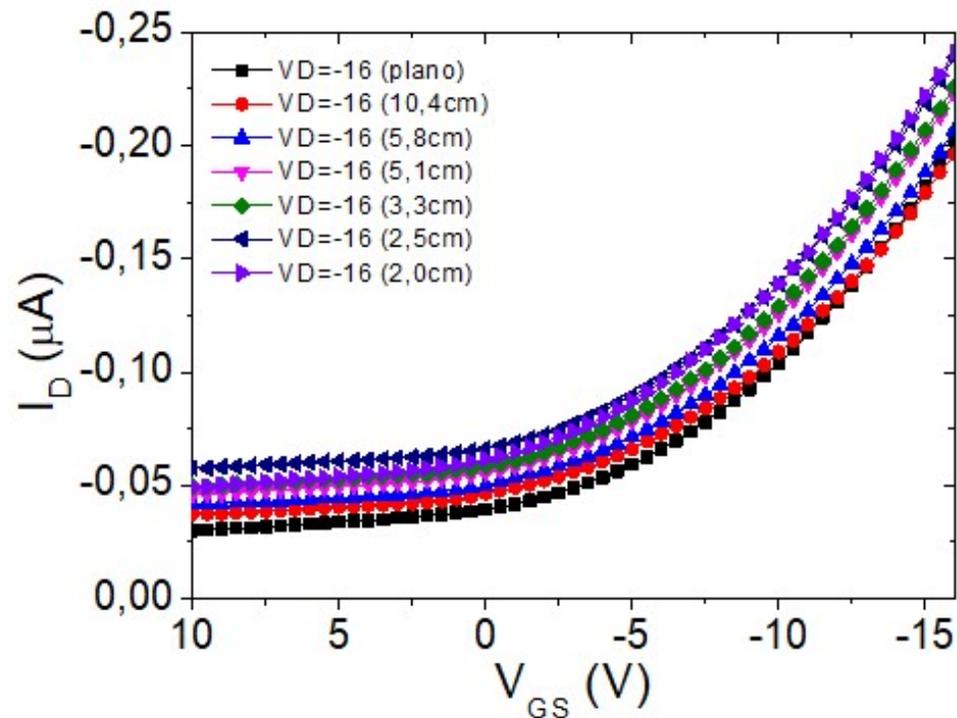
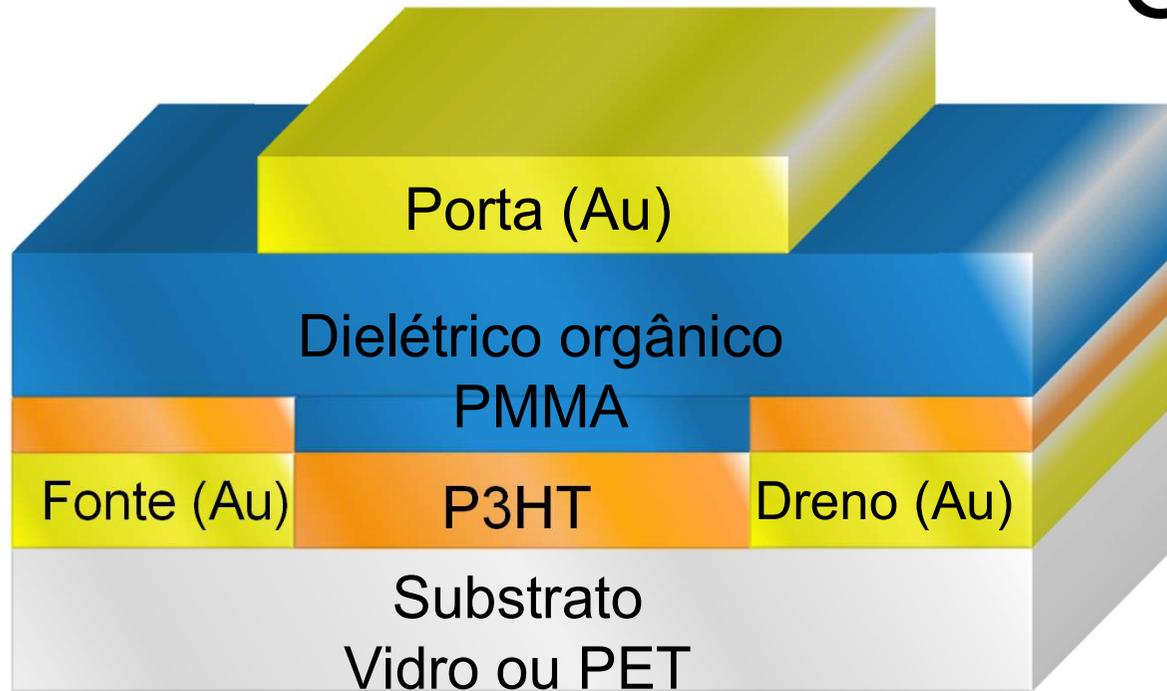
Marco Roberto Cavallari
 Vinicius Ramos Zanchin
 José Enrique Eirez Izquierdo



OTFT flexível

Vinicius R. Zanchin, Marco R. Cavallari e F.J. Fonseca

GEM/EPUSP 2013
1º OTFT flexível do BR



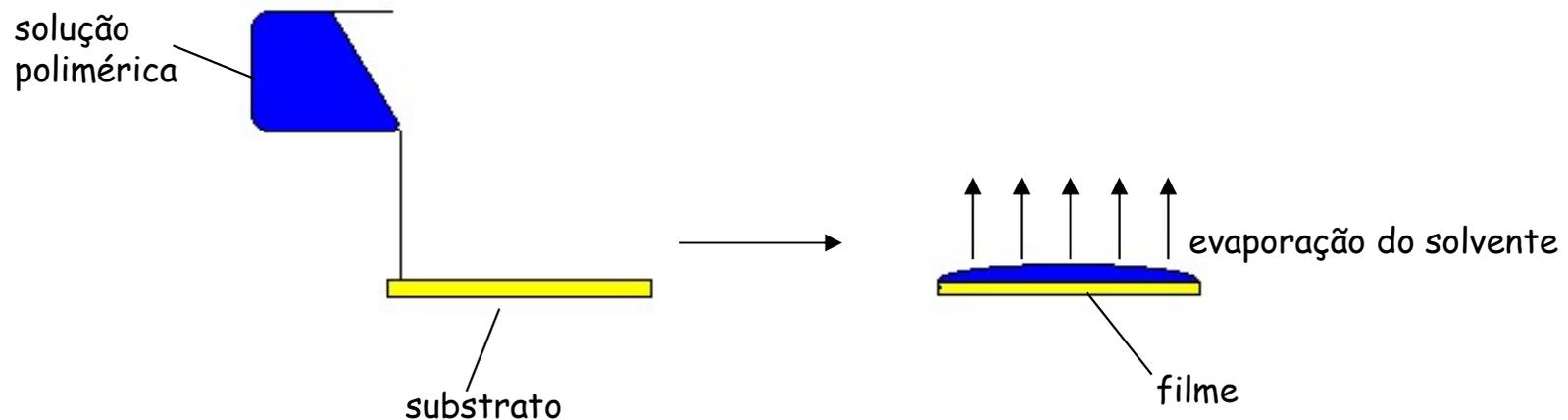
Infraestrutura

Glove Box com atmosfera controlada com spinner e evaporadora



CASTING

- Obtenção de filmes por derramamento da solução polimérica sobre um substrato sólido e posterior evaporação do solvente
- filmes espessos (alguns μm)
- Espessura do filme \propto concentração da solução



- Vantagens: simples, desperdício pequeno; Desvantagens: uniformidade pequena, limitação a pequenas áreas, rendimento baixo

SPIN-COATING

- um tipo de casting onde a evaporação do solvente é acelerada pela rotação do substrato em altas velocidades (2000-5000 rpm)
- filmes finos (< 100 nm)
- Boa uniformidade/reprodutibilidade

Desvantagens:

- Desperdício de material
- Limite de área de aplicação (áreas muito grandes)
- Taxa alta de evaporação do solvente (pouco tempo para ordenamento molecular)

Recozimento (*thermal annealing*) melhora a morfologia

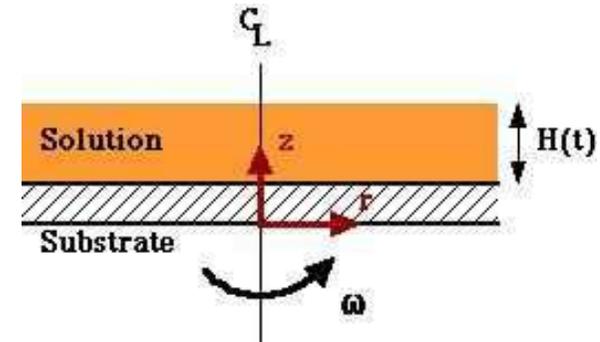
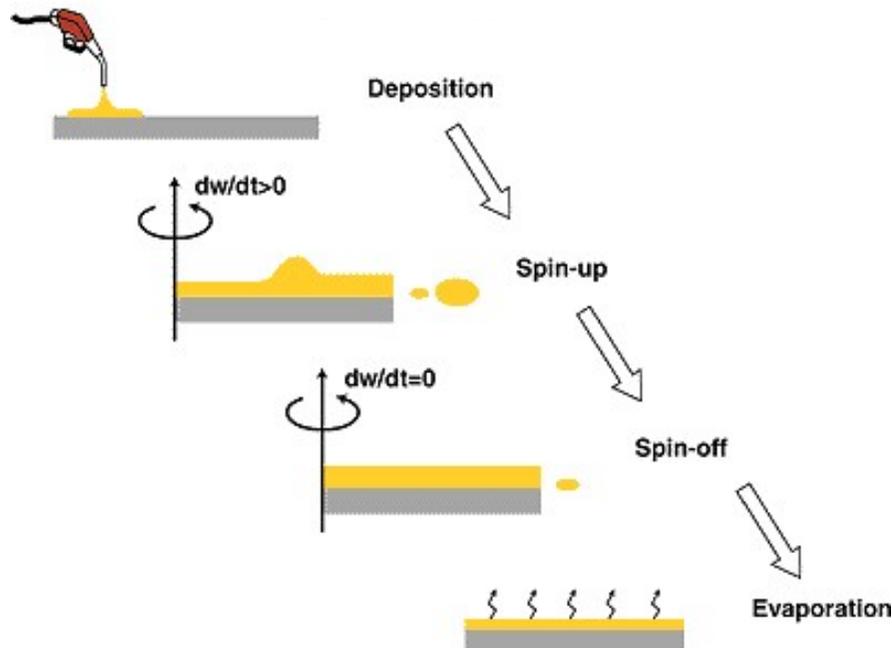


substrato

controlador
de velocidade

SPIN-COATING

Estágios da deposição



$$H(t) = \frac{1}{\omega} \left(\frac{4\rho}{3\mu} t \right)^{-1/2}$$

μ = viscosidade

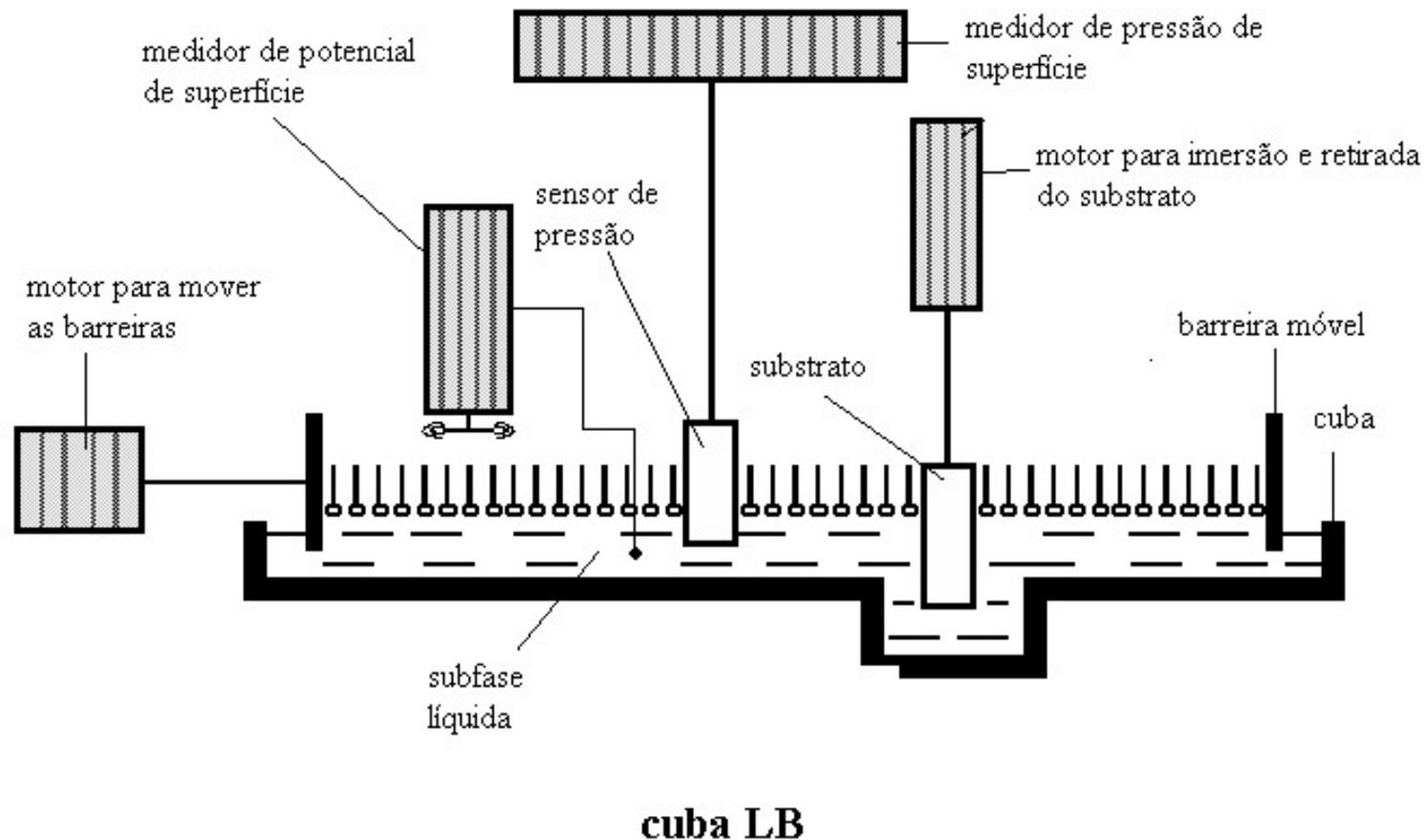
ρ = densidade

ω = velocidade de rotação

Importante: a taxa de evaporação do solvente não é considerada

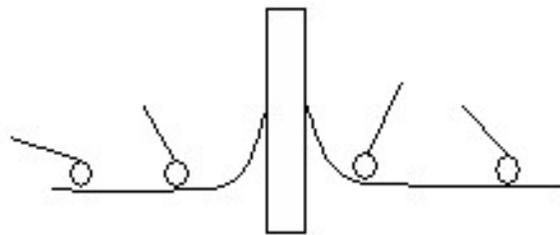
LANGMUIR-BLODGETT

- Moléculas anfifílicas dispersas em água orientam-se de acordo com a polaridade, são comprimidas por uma barreira móvel e transferidas "uma-a-uma" ao substrato

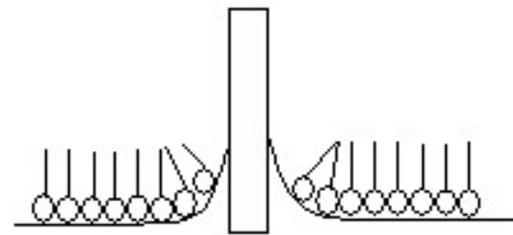


LANGMUIR-BLODGETT

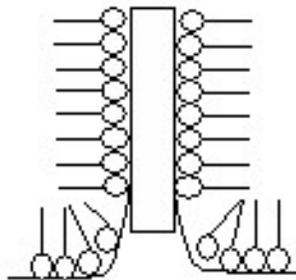
Sequência da deposição



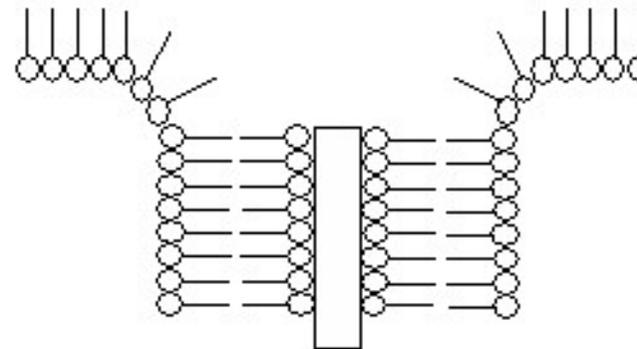
1) Espalhamento



2) Compressão

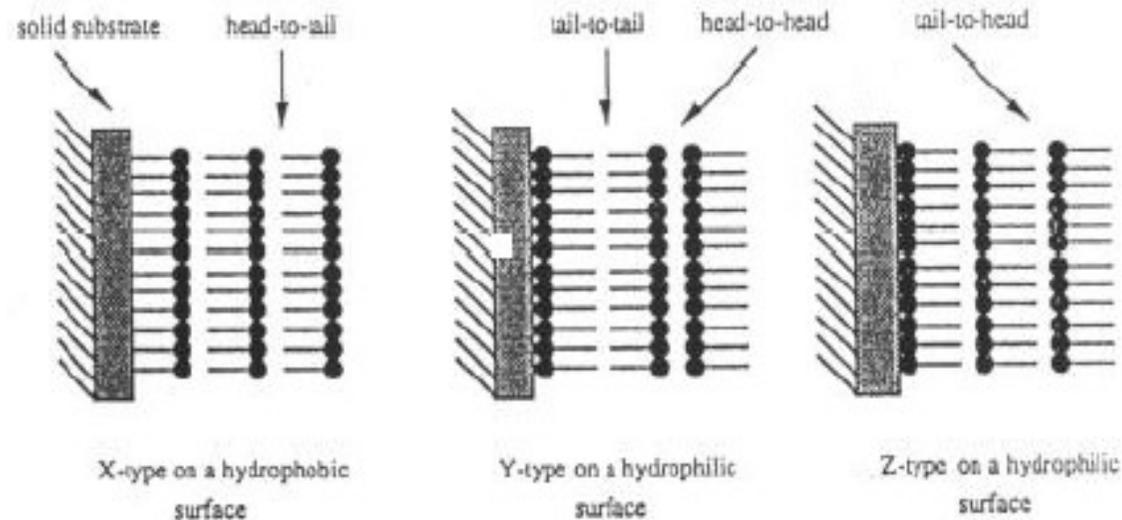
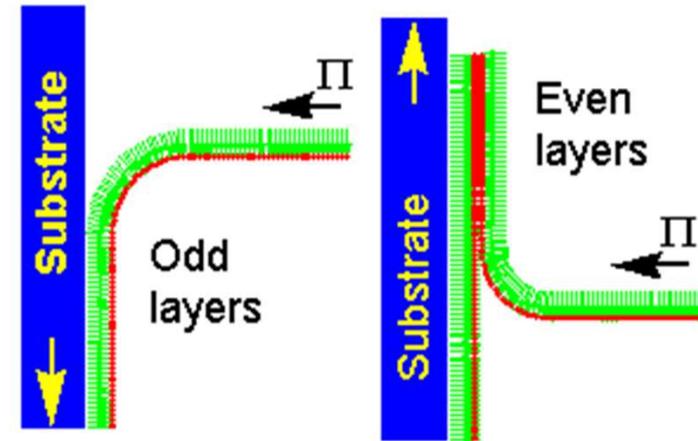
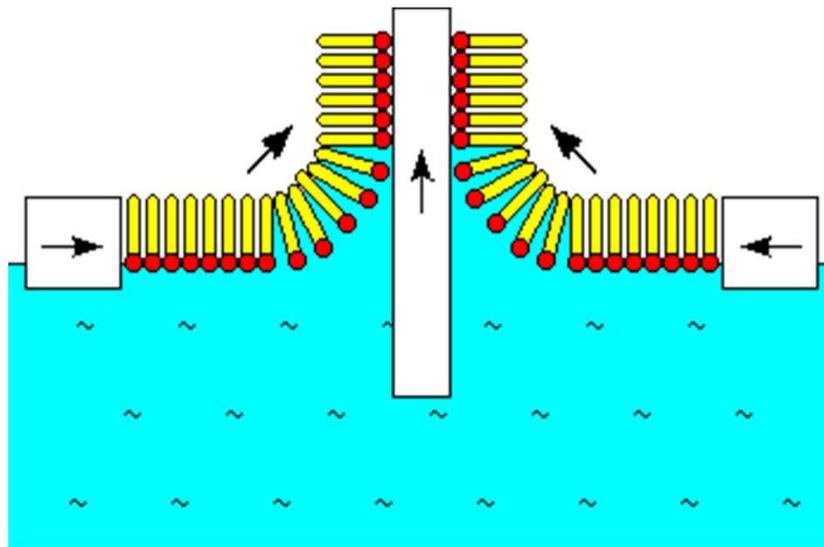


3) 1ª camada

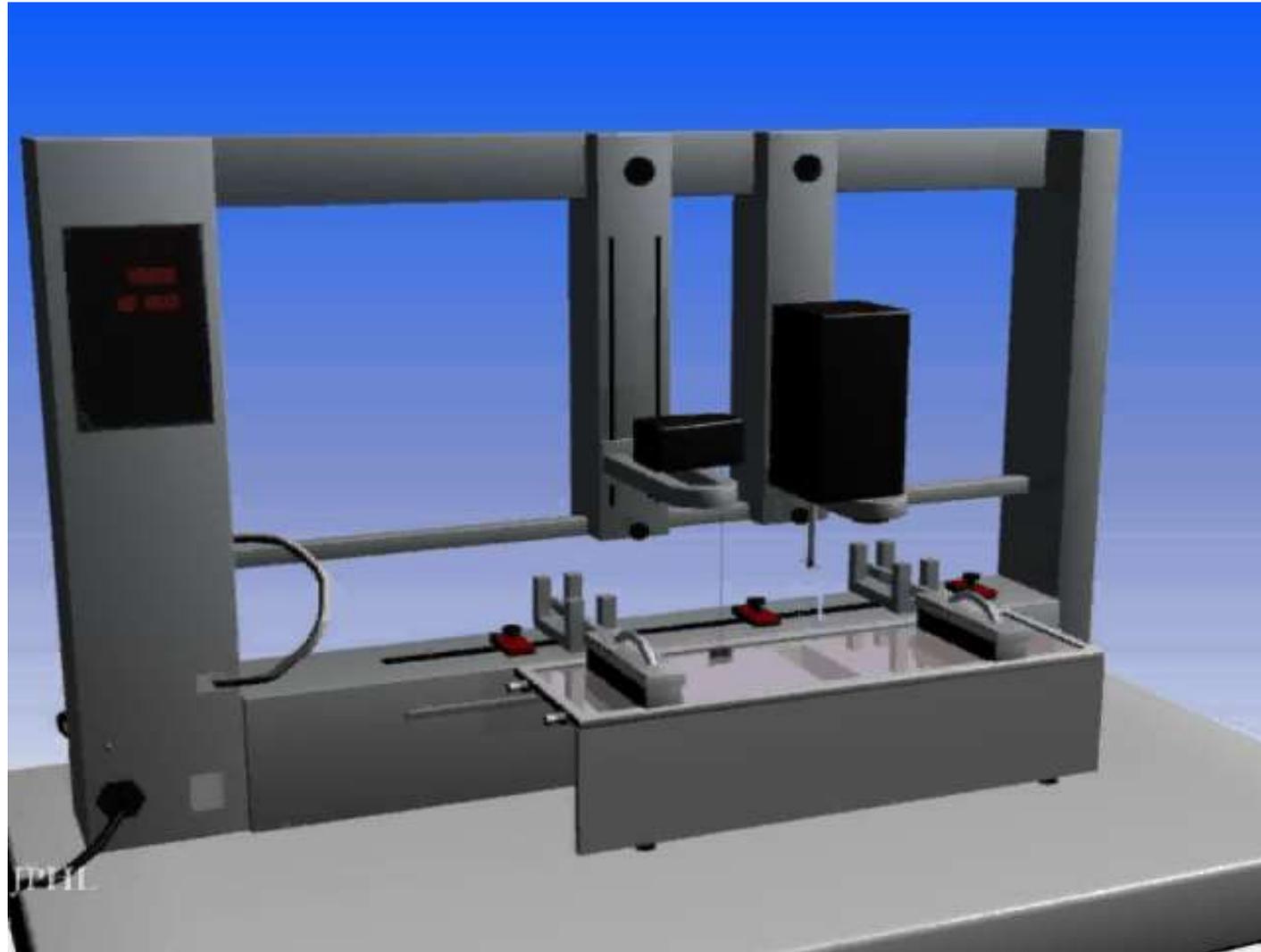


4) 2ª camada

Langmuir-Blodgett films

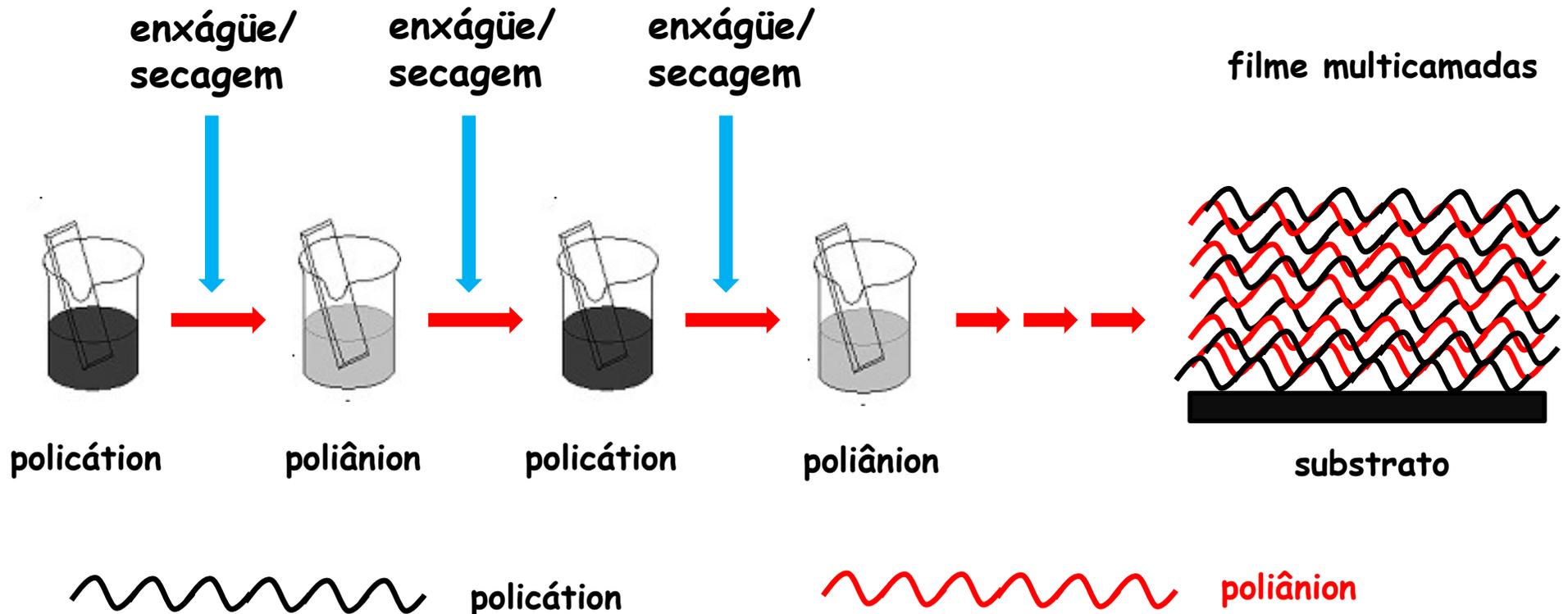


LANGMUIR-BLODGETT

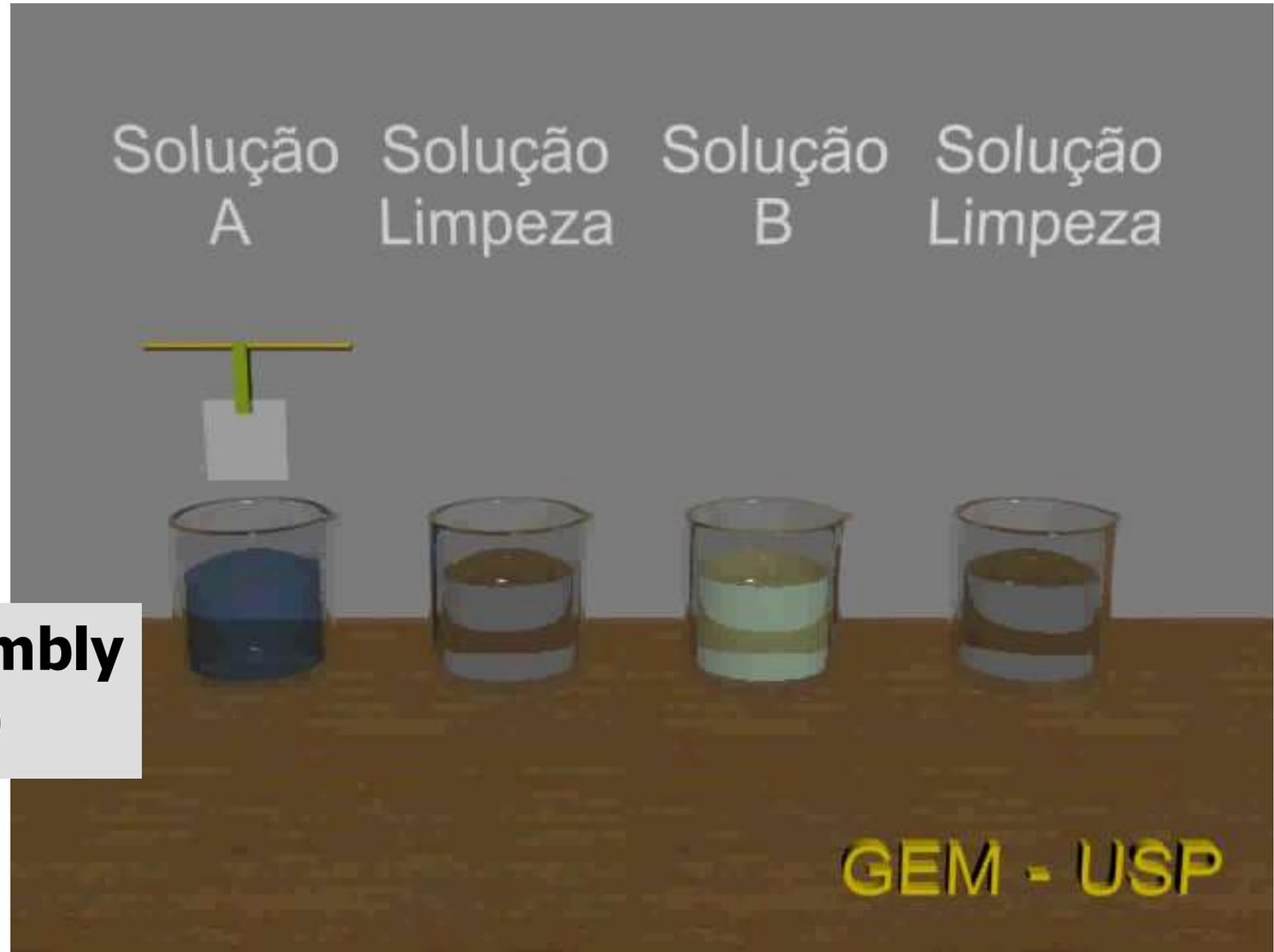


AUTOMONTAGEM (LBL)

- Adsorção governada pela atração eletrostática entre eletrólitos de carga oposta (outras forças secundárias podem também ser aproveitadas)
- Processo simples e barato
- Controle da espessura em nível molecular



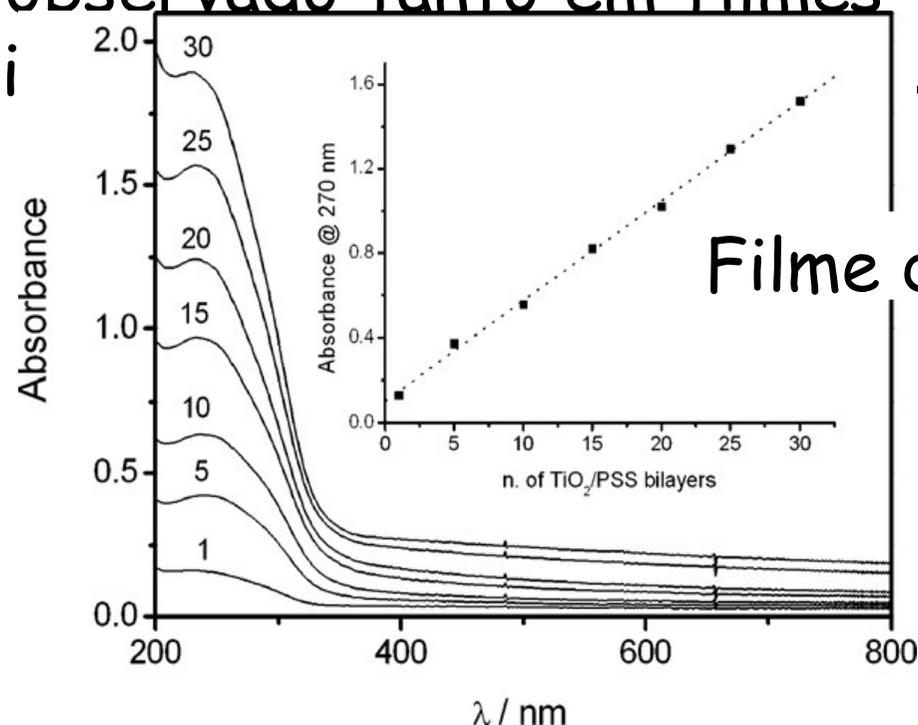
Deposition techniques of nanostructured films



**Self assembly
(LBL)**

AUTOMONTAGEM (LBL)

- A adsorção eletrostática impõe um regime autoregulado de crescimento do filme, em que uma mesma quantidade de material é adsorvida por camada.
- Esse efeito é observado tanto em filmes formados apenas por polieletrólitos e nanopartículas e polietrólitos e

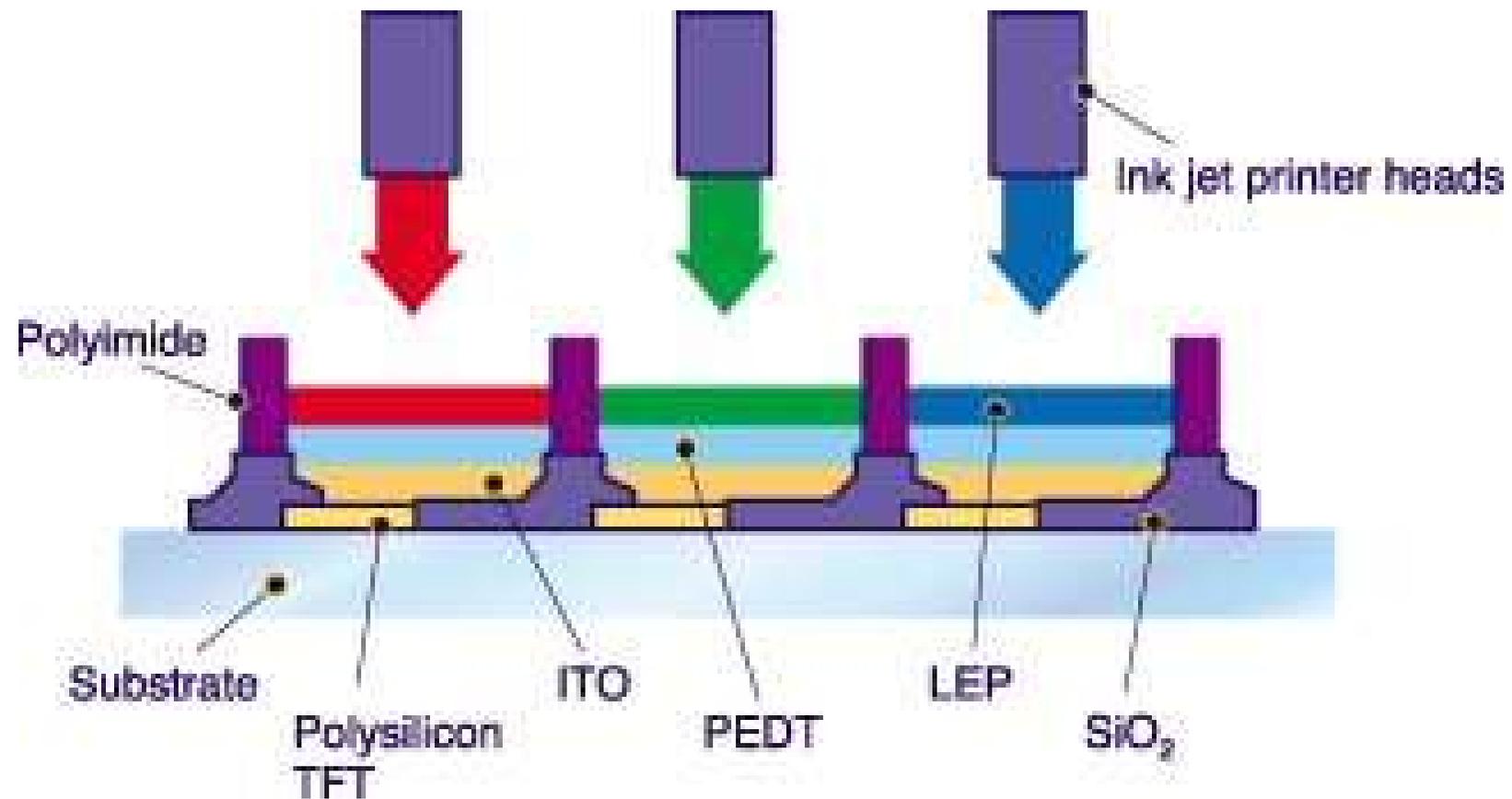


Filme de TiO₂/PSS

Automontagem



Inkjet



Coating

Gravure Coating

Comma Coating

Reverse Roll Coating

Hot Melt Coating

Metering Rod / Myer Bar Coating

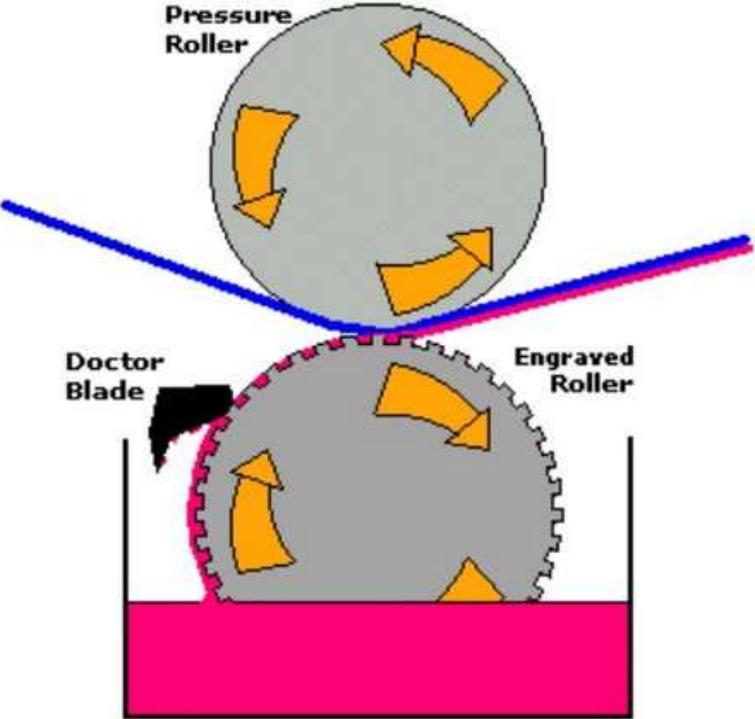
Knife over roll coating

Slot Orifice coating

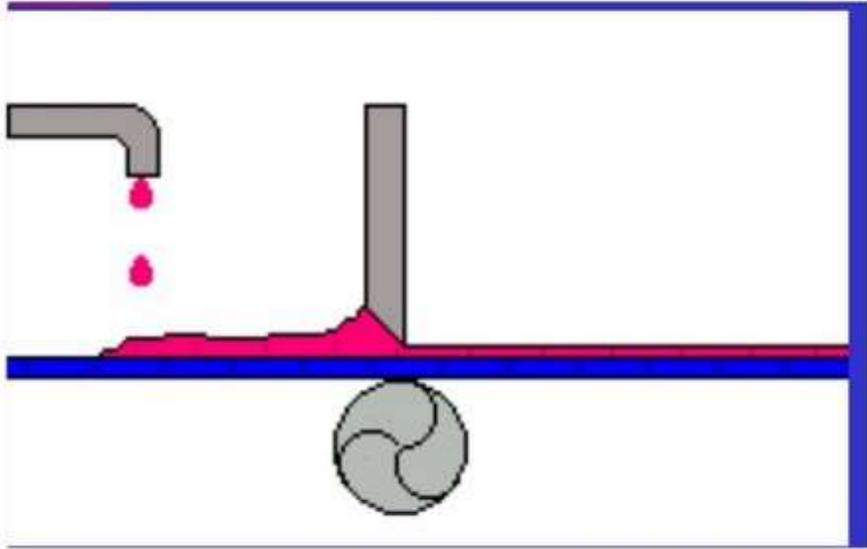
Immersion / Dip coating

Curtain Coating

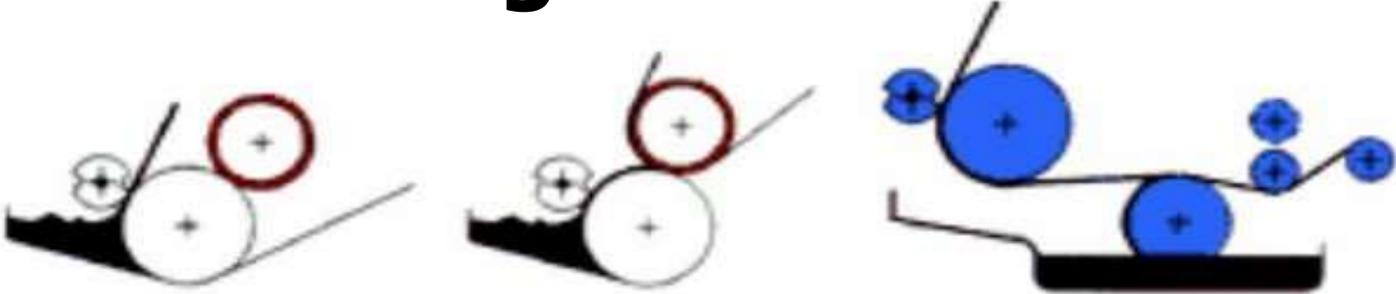
Gravure Coating



Knife Coating



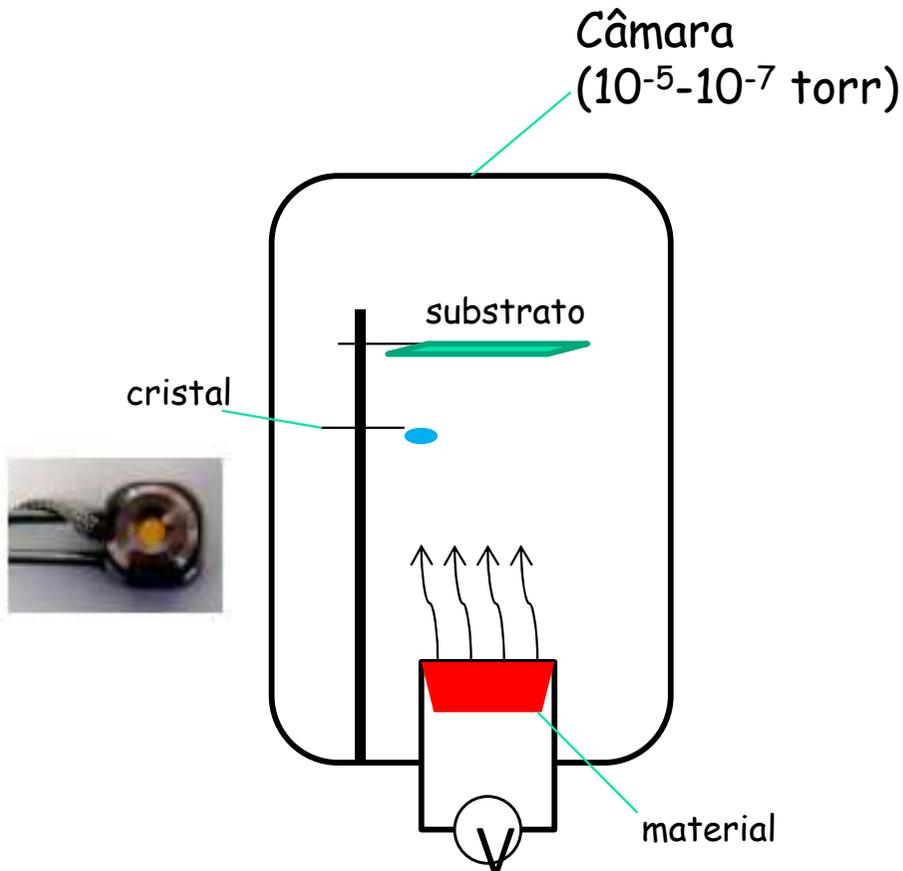
Comma Coating



PROCESSAMENTO DE MATERIAIS INSOLÚVEIS

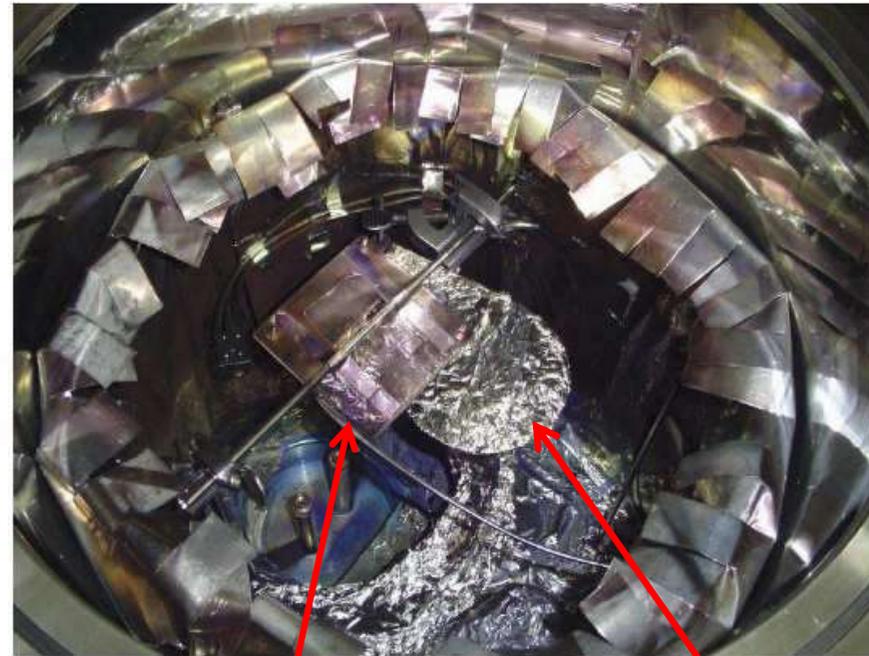
- Evaporação térmica sob vácuo
- Deposição fase orgânica sob vapor (OVPD)
- Deposição por feixe molecular (OMBD)

EVAPORAÇÃO TÉRMICA SOB VÁCUO



- Material é sublimado pela ação da temperatura e vácuo
- Moléculas evaporadas movem-se em linha reta dentro da câmara e condensam no substrato.
- A taxa de crescimento pode ser controlada modulando-se a temperatura da fonte
- A espessura do filme é monitorada por um cristal piezoelétrico

EVAPORAÇÃO TÉRMICA SOB VÁCUO



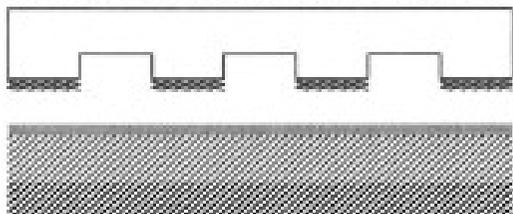
porta-amostra

shutter

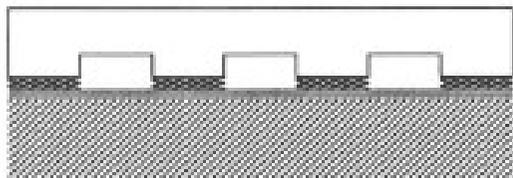
Nanoimprint

μ CP: Whitesides

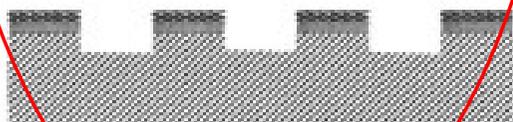
Elastomer stamp:
coated with SAM (Thiol) ink



Substrate coated with thin Au layer



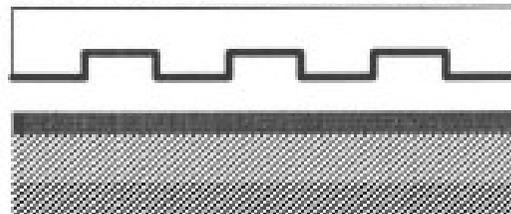
Transfer ink from stamp to Au



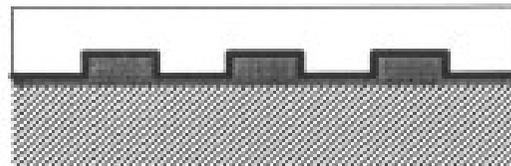
Remove stamp, wet etch Au
and pattern transfer

NIL: Chou

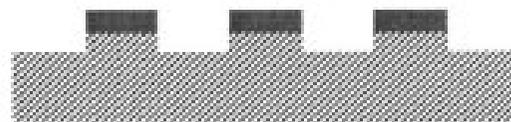
Rigid template: Quartz, Si, etc.
coated with release layer



Spin coat thermopolymer



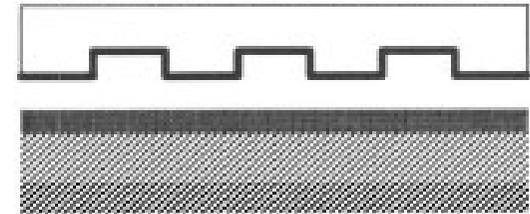
Imprint at elevated temp and pressure



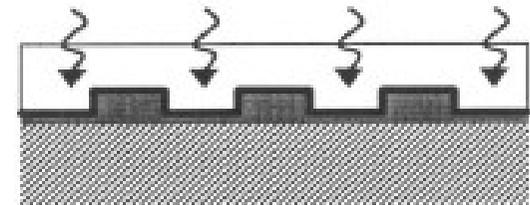
Remove template, breakthrough
etch and pattern transfer

SFIL: Willson

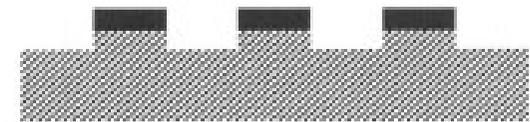
UV transparent template: Quartz
coated with release layer



Dispense UV curable monomer



Flood UV exposure



Remove template, breakthrough
etch and pattern transfer

Methodology of material selection for organic thin-film transistors based on charge carrier mobility characterization

M.R. Cavallari, C. Amorim, G. Santos, S. Mergulhão, F.J. Fonseca, A.M. Andrade

R2R – Roll to roll

The flexible electronics industry is advancing rapidly!



Flexible Circuitry
(The Sonoco Institute)

**Techniques for R2R of
vacuum-deposited materials
are also being pursued!**



Solar Coating Machinery GmbH

**Porque o presente
começa a ser
flexível!**

Tipos de sensores químicos

Específico

- ✓ *Sensor específico*
- ✓ *Um único sensor*
- ✓ *Análise quantitativa*
 - Amônia
 - Radiação UV e Gamma

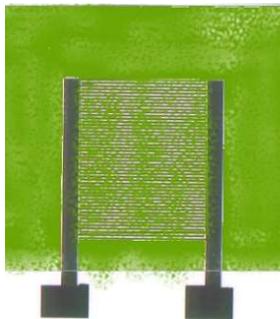
Seletividade Global

- ✓ *Sensores NÃO específicos*
- ✓ *Arranjos de sensores*
- ✓ *Análise de dados multivariada*
- ✓ *Necessita "degustar/cheirar" analitos padrões*
- ✓ *Comparação de desempenhos*
- ✓ *Correlação com análise sensorial*
 - Língua Eletrônica
 - Nariz Eletrônico
 - LE + NE

Caracterização de sensores

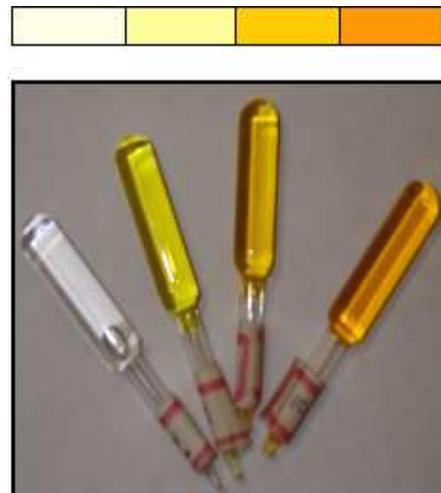
Teste de:

- Sensibilidade;
- Reprodutibilidade;
- Repetibilidade;
 - Life-time;
- Response time;
- Reset.

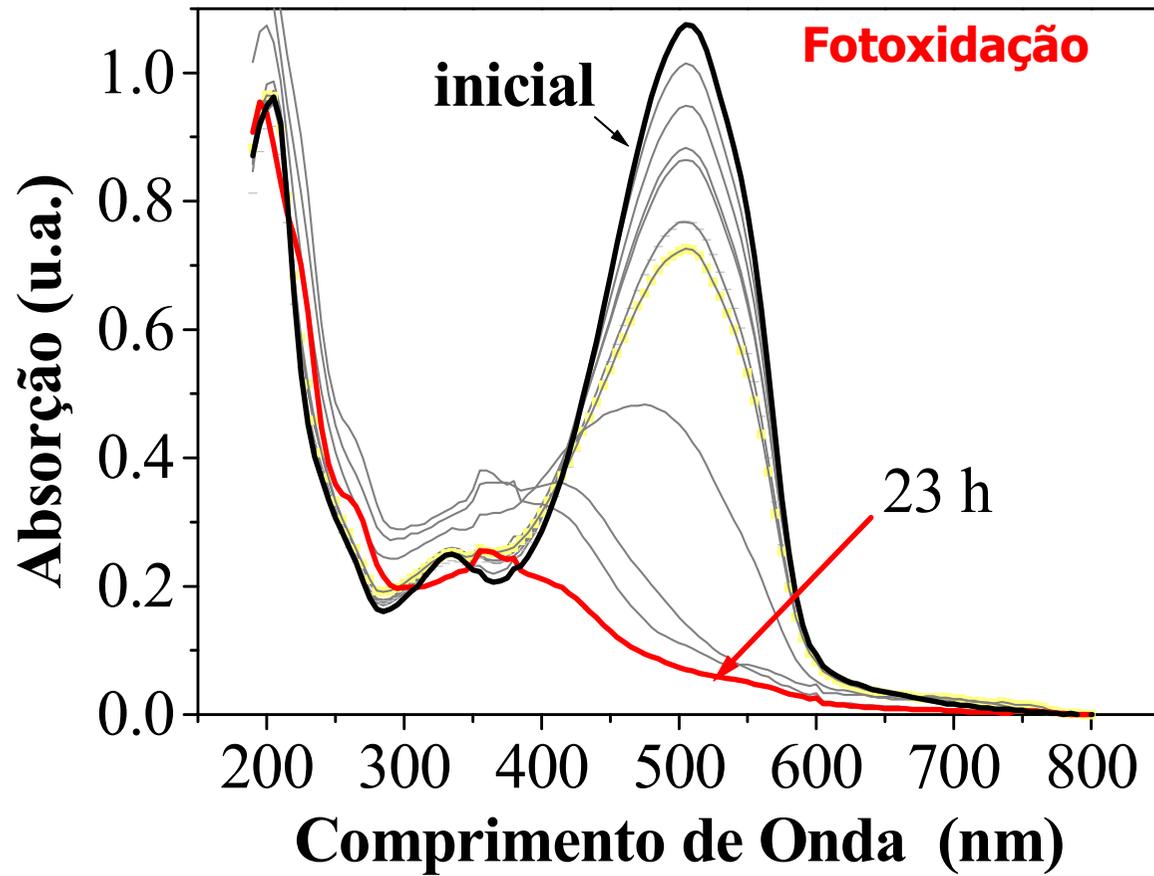


Testes de Fabricação:

Microeletrodos
Envelhecimento
Monitoramento de Processos



Dosímetros

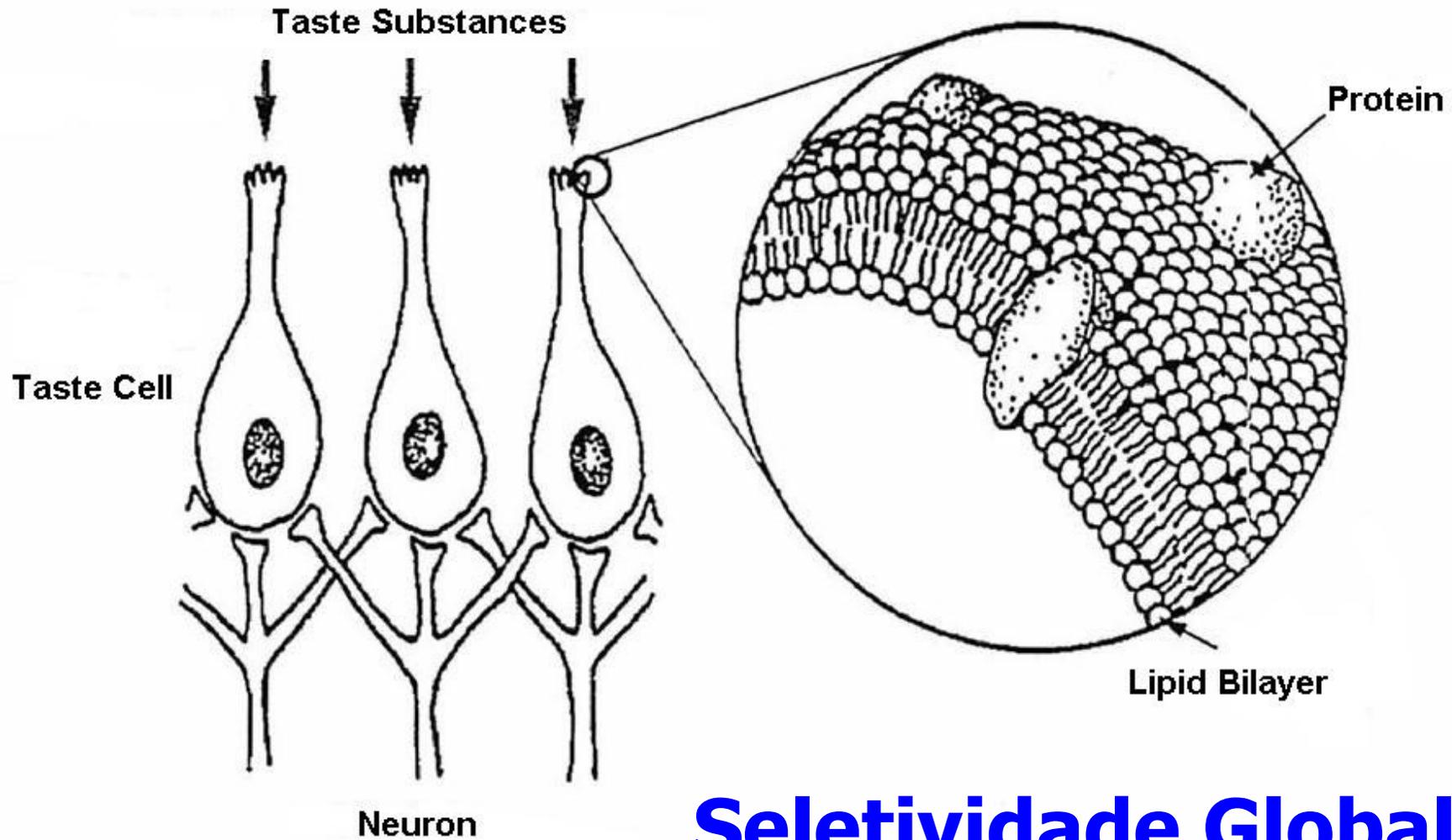


Raios x , gama, etc...



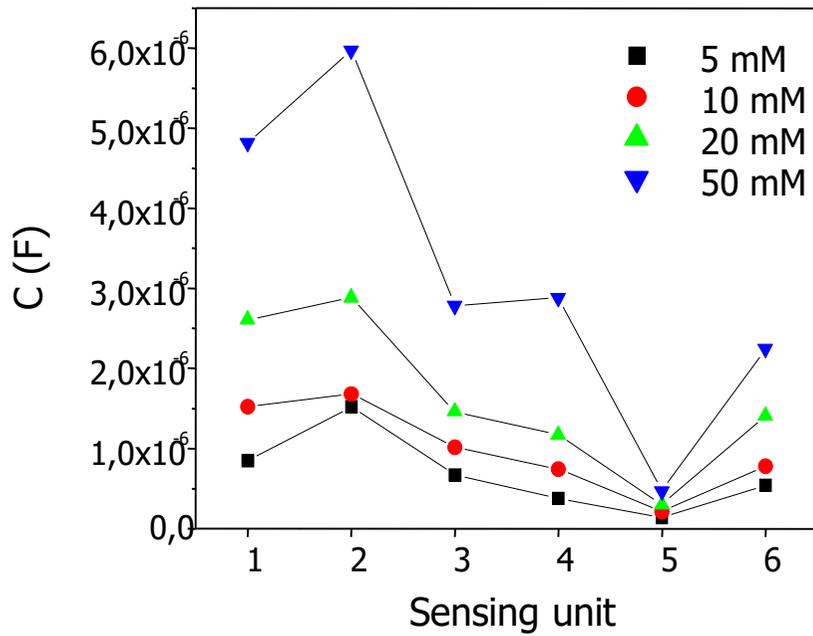
colorímetro

Língua Humana

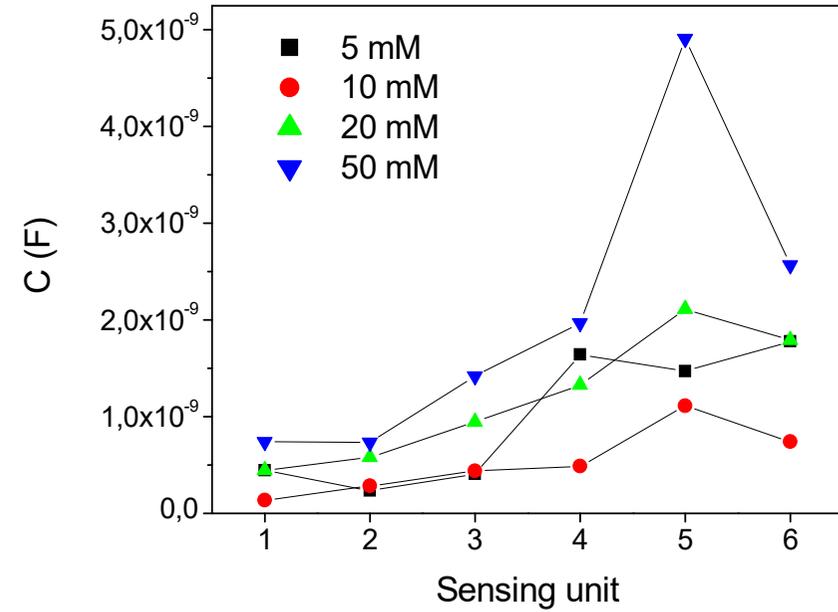


Seletividade Global

“Impressão digital” dos líquidos



NaCl



sucrose

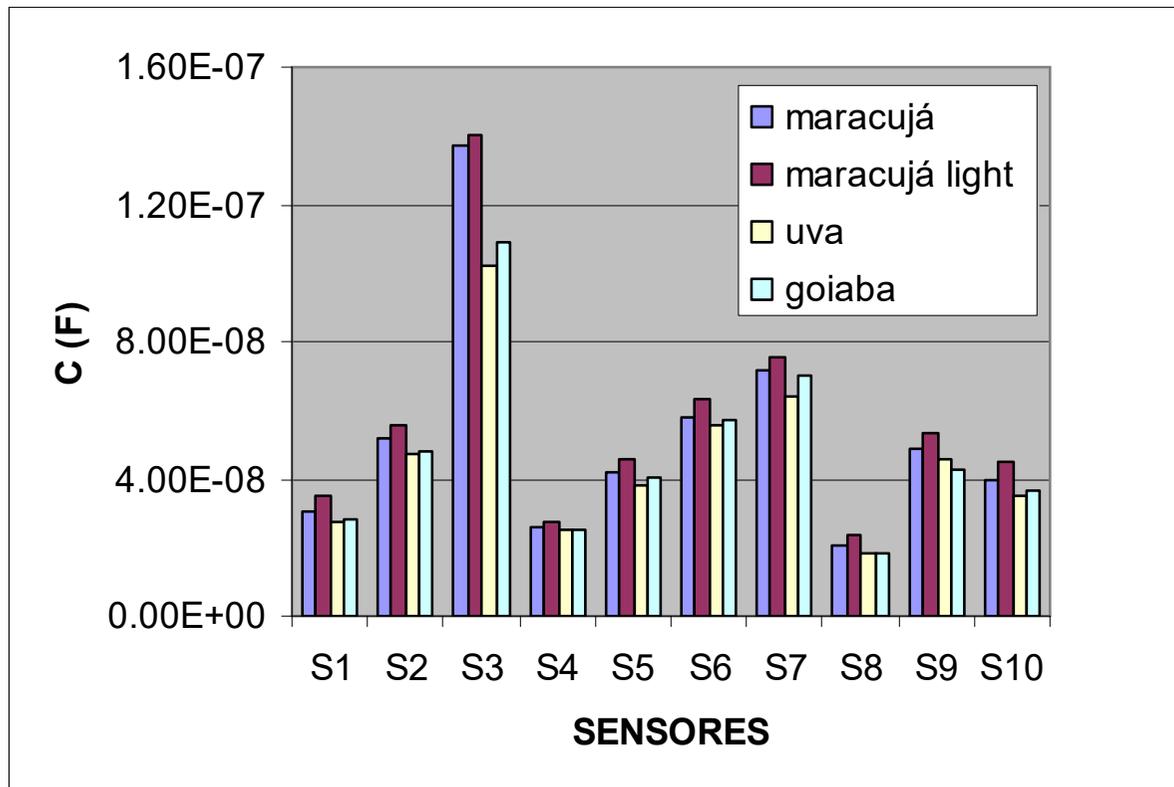
Língua Eletrônica e Seletividade Global



Arranjo de sensores não-específicos
+ análise multivariada

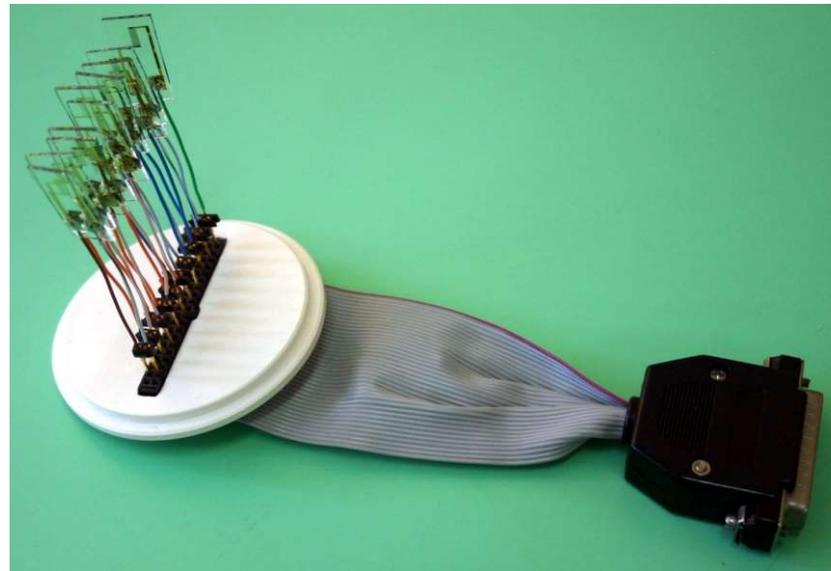
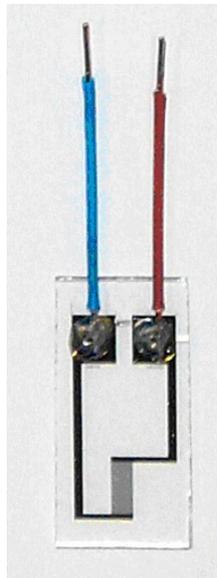
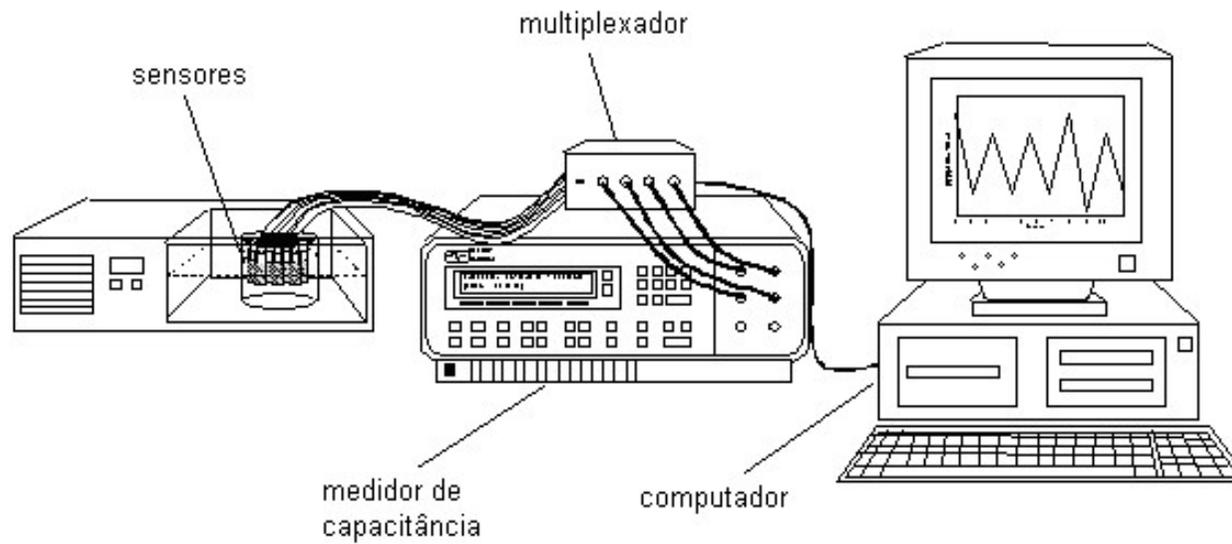


Impressão digital dos líquidos

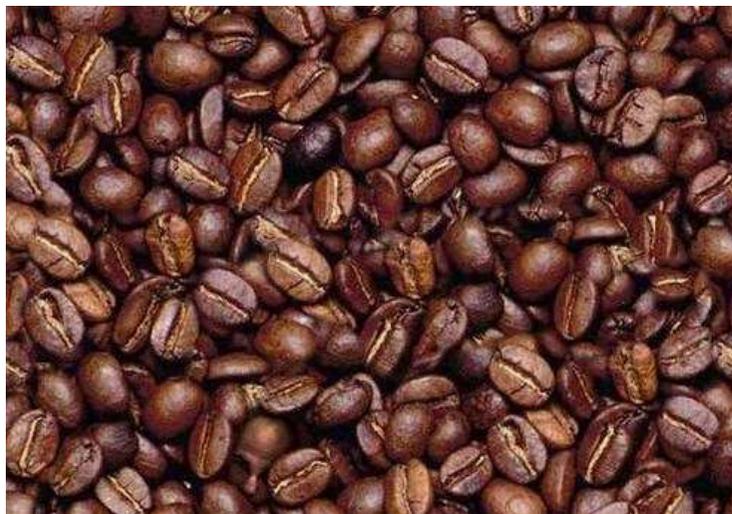


**Impressões
digitais de sucos
de diferentes
frutas, obtidas
com a LE**

Língua Eletrônica – “Hardware”

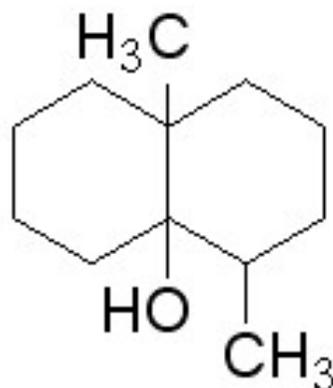


Motivação

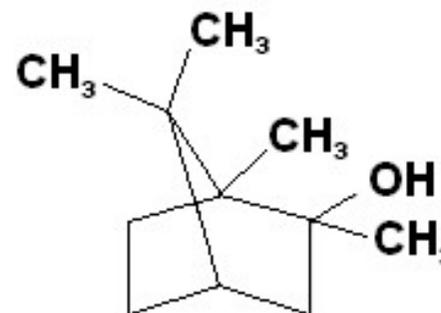




Problemas de gosto e odor ruim na água



Geosmina (GEO)
(mofo)



2-Metilisoborneol (MIB)
(terra)

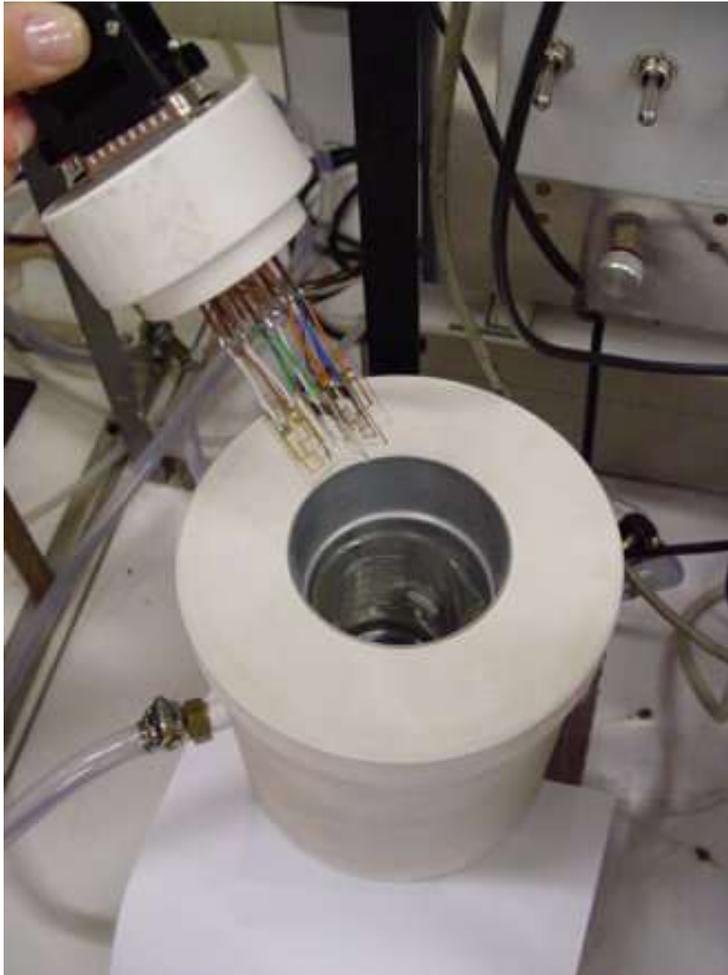
Desenvolver um arranjo do tipo LÍNGUA ELETRÔNICA capaz de detectar os compostos MIB e GEO (em diferentes concentrações) em água.

GEO - valor limite aceitável: 50 ng.L⁻¹

MIB - valor limite aceitável: 100 ng.L⁻¹

(~2006)

Nariz e Língua Eletrônicas



Project:
Auxílio à Pesquisa - FAPESP

Applications

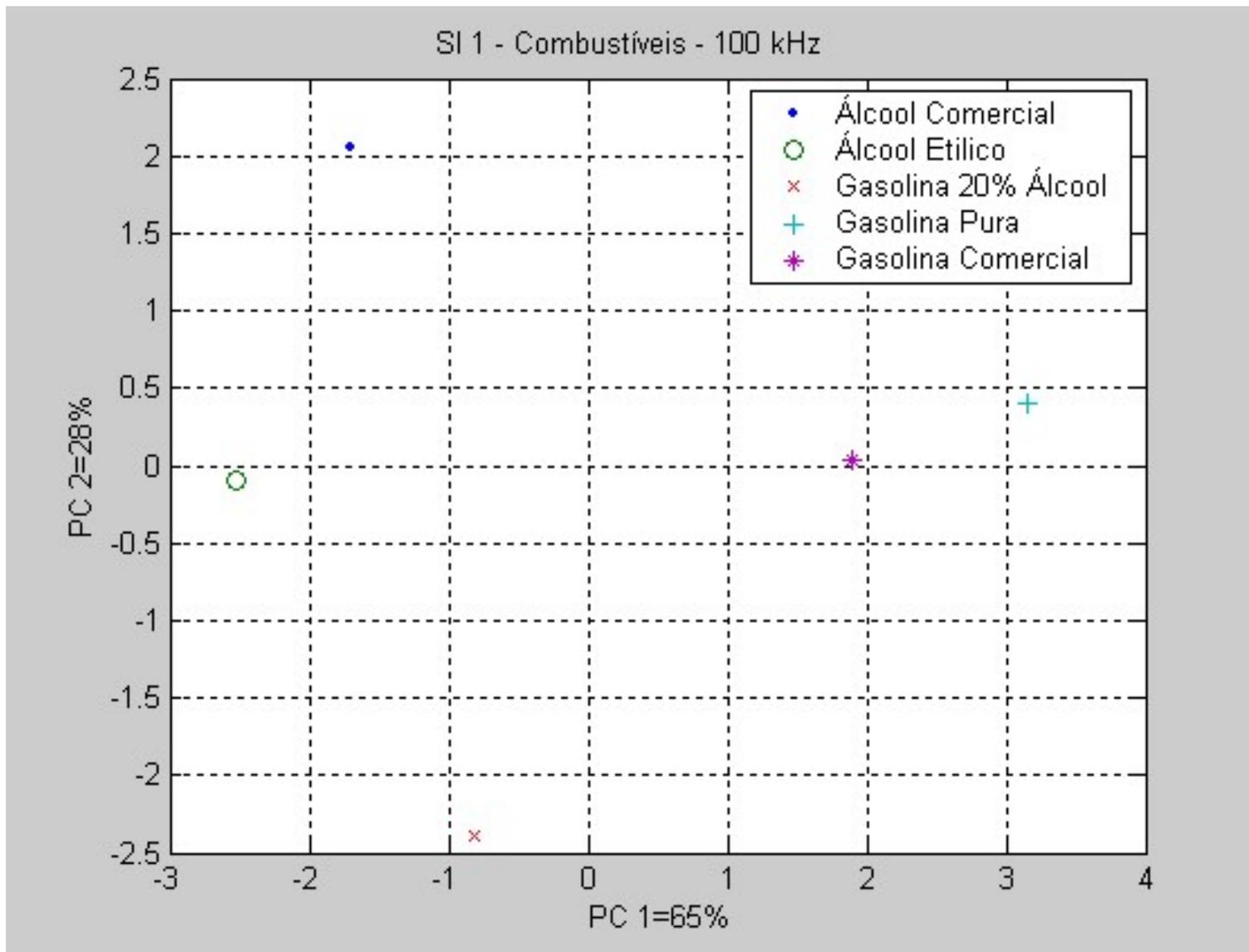
✓ **Quality Control (Fuel)**

Quality evaluation of alcohol and gasoline in the distribution location

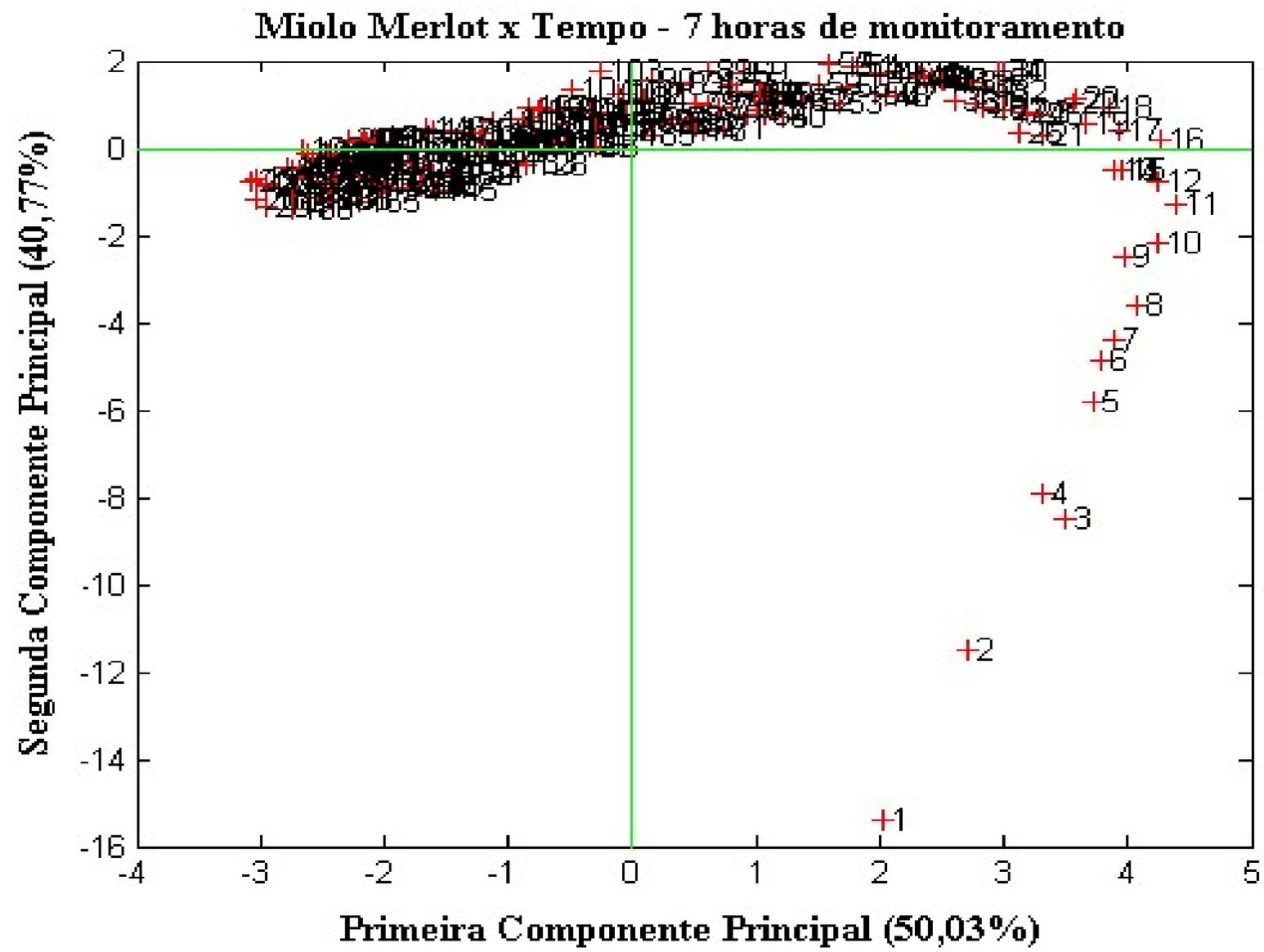
- **Quick test *in locu***
- **Data transmission in long distances**
 - **Low cost**
- **Integrated system EN+ET**

Drawbacks:
Sensors life-time
Friendly system

SI-1 – Discriminação de combustíveis



Monitoramento de qualidade de alimentos



Célula solar orgânica de heterojunção em volume ("bulk heterojunction")

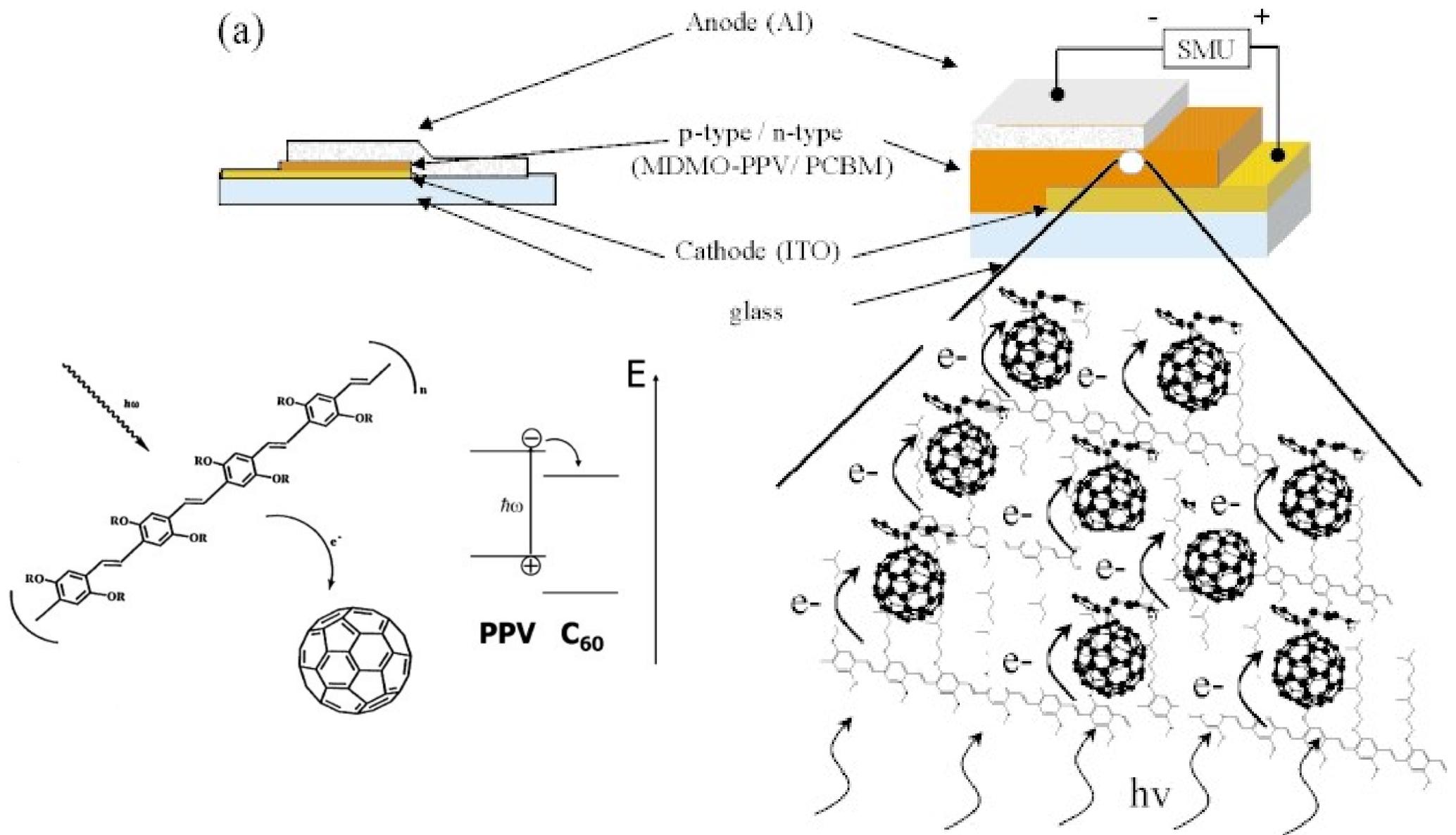
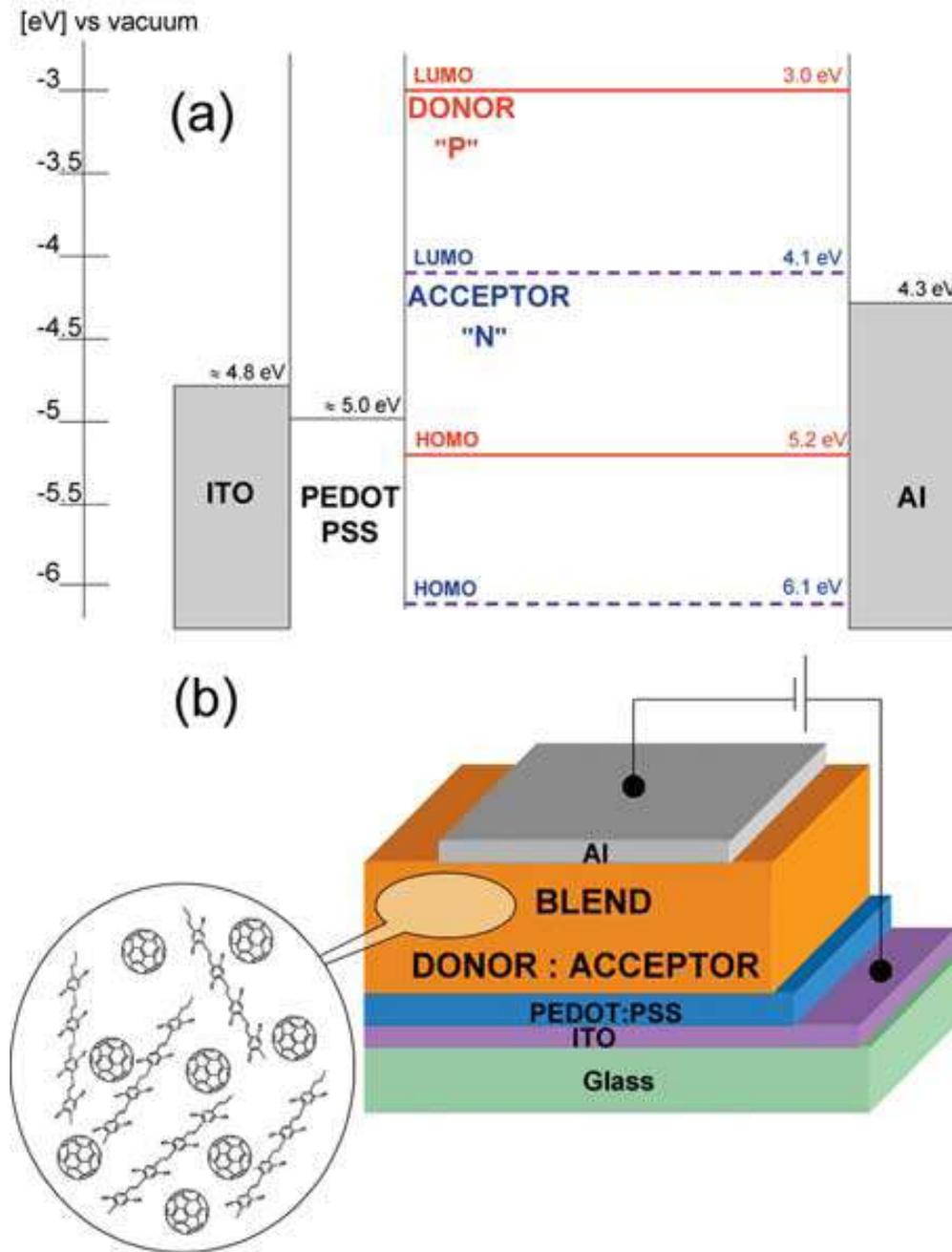
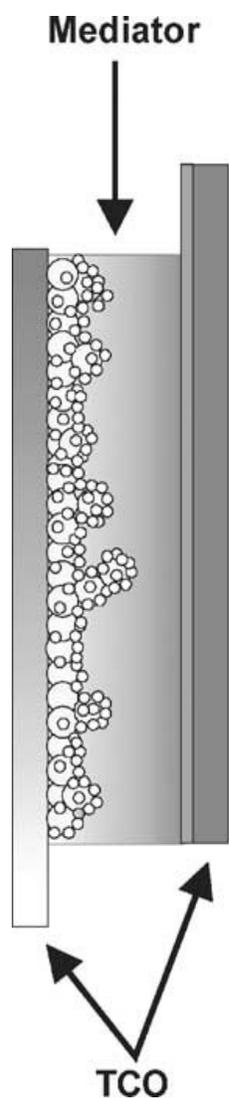


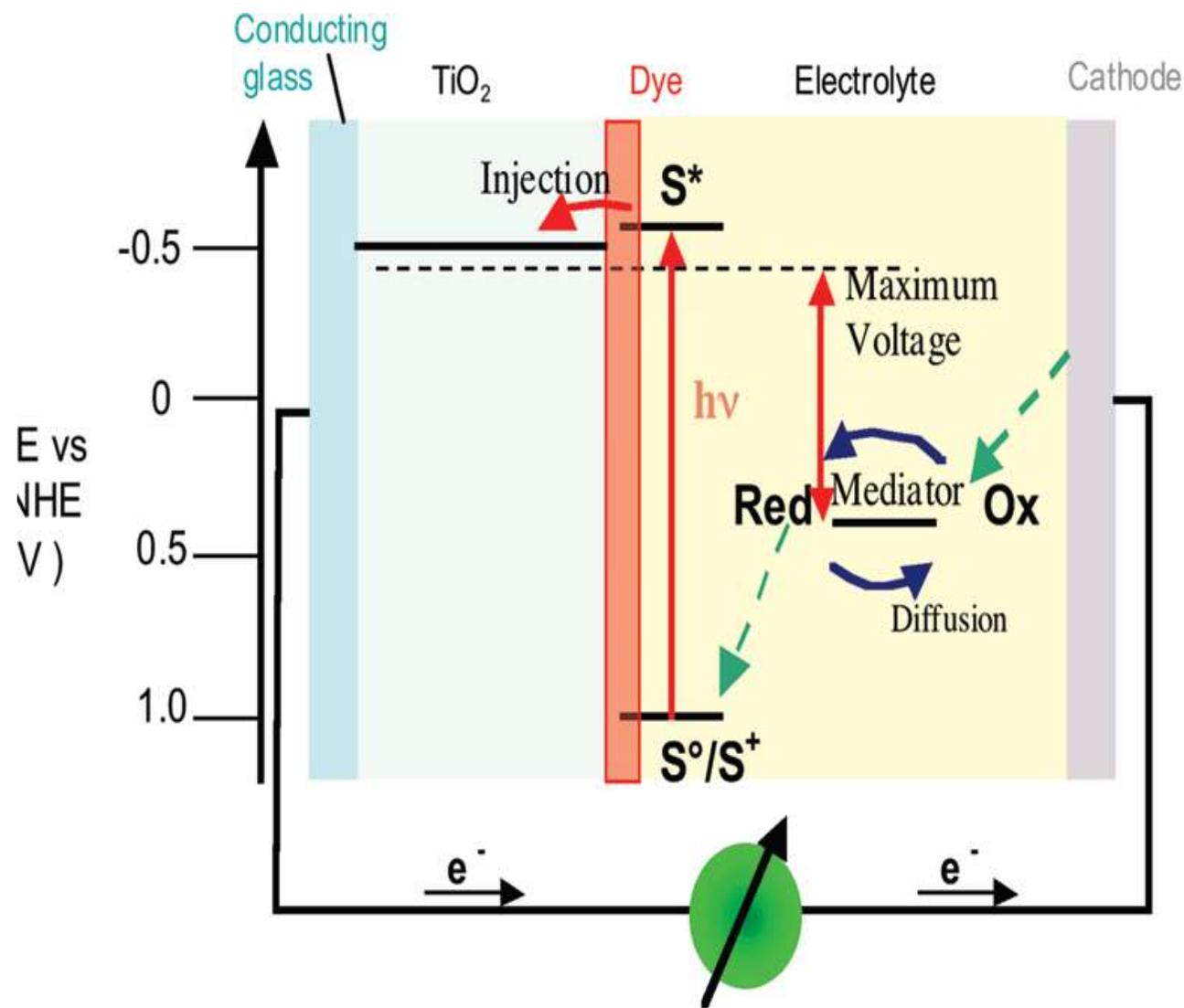
Diagrama dos níveis de energia na célula orgânica de heterojunção em volume (MDMO-PPV)/PCBM



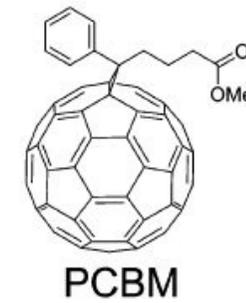
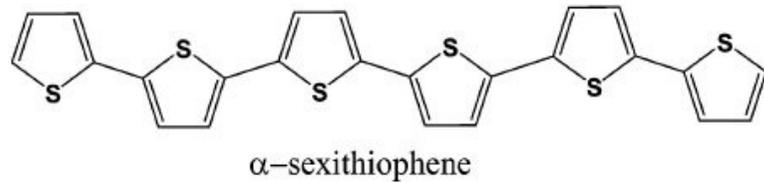
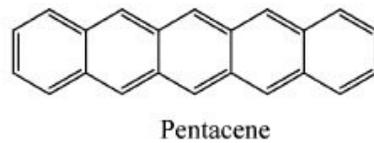
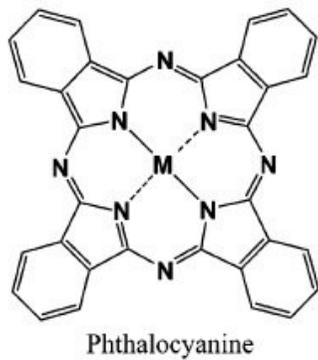
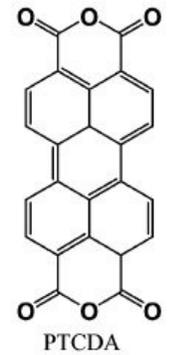
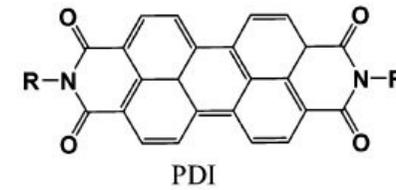
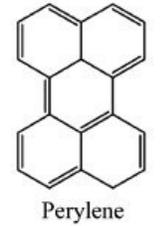
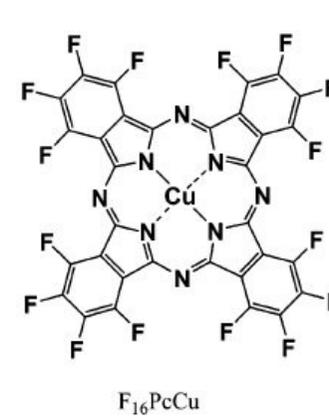
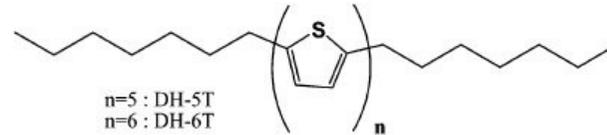
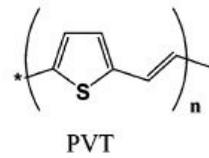
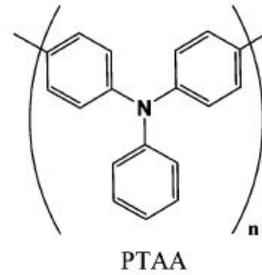
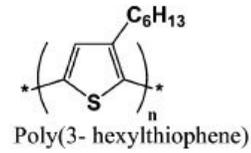
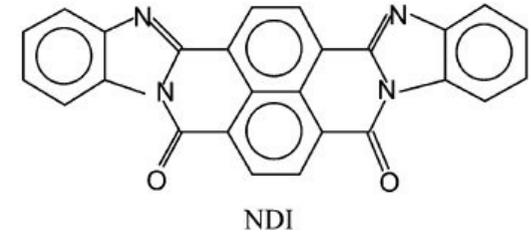
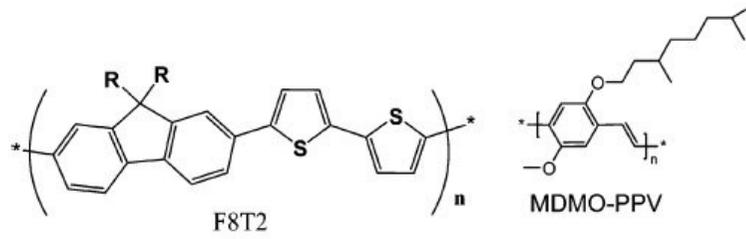
Célula solar sensibilizada por corante ("dye-sensitized solar cell")

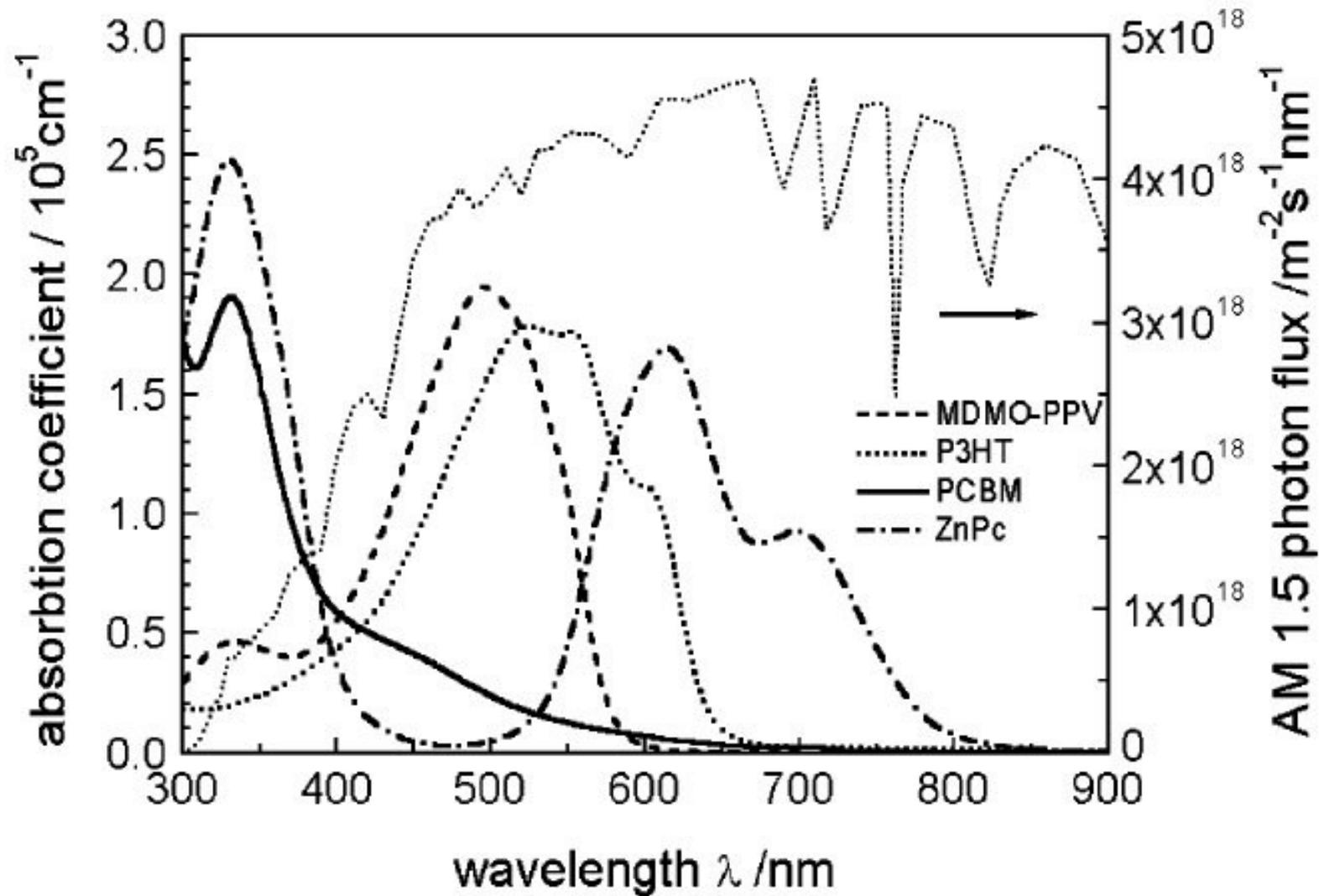


- TiO₂ film
- Adsorbed dye
- ▭ Catalyst



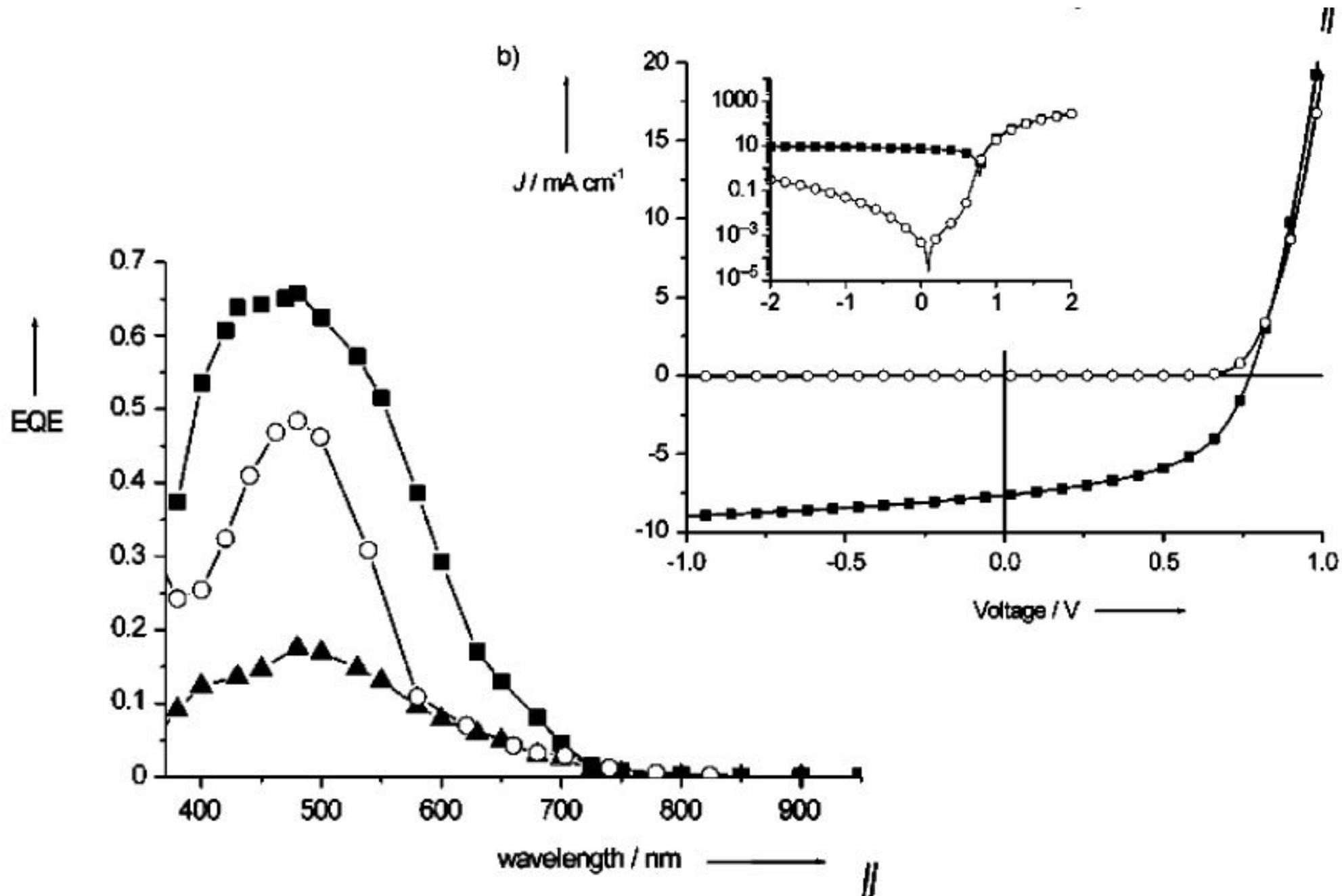
Materials





Coeficiente absorção de filmes de materiais comumente usados em CSO são apresentados comparativamente com o padrão AM 1.5 do espectro solar terrestre.

Características eléctricas de CSO



Indústrias de CSO



SOLARMER
Energy, Inc.

HOME COMPANY PRODUCTS TECHNOLOGY PARTNERSHIPS & COLLABORATIONS NEWS & EVENTS CONTACT

Announcements

Solarmer has increased the OPV cell Efficiency

Another World Record
8.13%

Solarmer Energy, Inc.
Organic Solar Cell Efficiency
World Record Holder

The header features a navigation bar with a green background and white text. Below it, a main content area is divided into a left sidebar with a yellow background for announcements and a larger right section with a grey background. The right section contains a photograph of a woman in a white lab coat and safety glasses holding a dark, rectangular solar cell. A text box on the right of the photo states the company's world record achievement.



heliatek

Organic based Photovoltaics

Home About Us Technology News/Press Careers Contact Us

Part of the solution to both the worlds energy and environmental issues

Affordable energy for emerging nations

Light-weight, flexible energy on the move

Welcome

New world record efficiency for organic photovoltaics has been independently certified at 8.13% for an active area of 1.1 cm². Thus, Heliatek has very clearly exceeded its own previous record.

The Heliatek website header features a dark blue navigation bar with white text. Below it, a large image shows a person's profile looking at a hand holding a green, flexible solar cell. To the right of the image are three stacked colored boxes (green, orange, green) containing text. Further right is a 'Welcome' section with a paragraph of text and a small Twitter icon at the bottom.



COMPANY

TECHNOLOGY

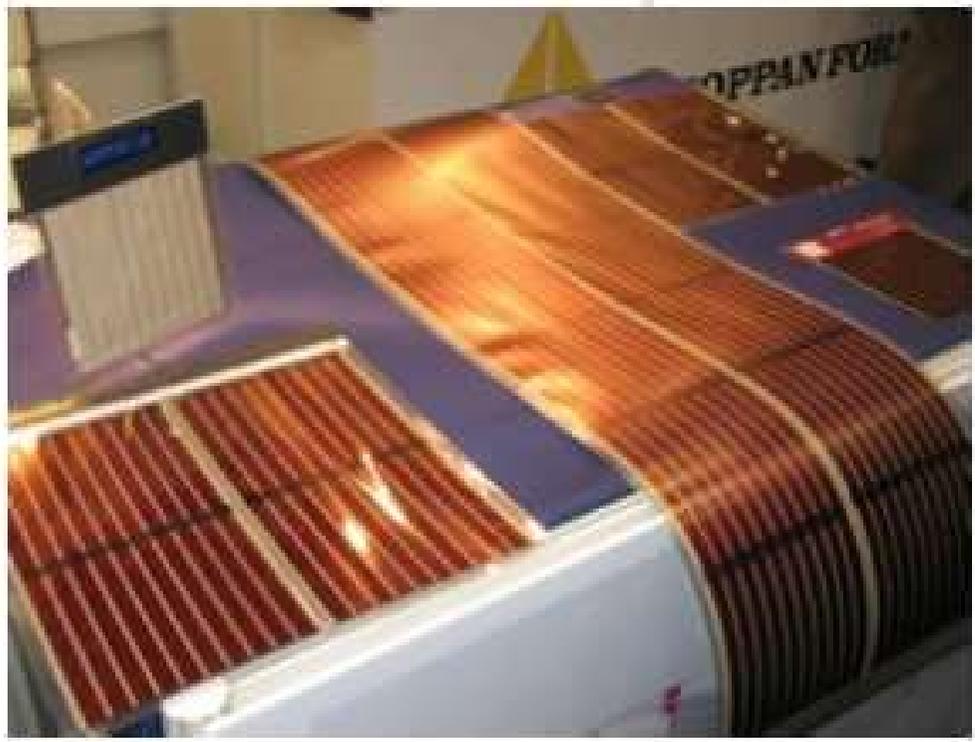
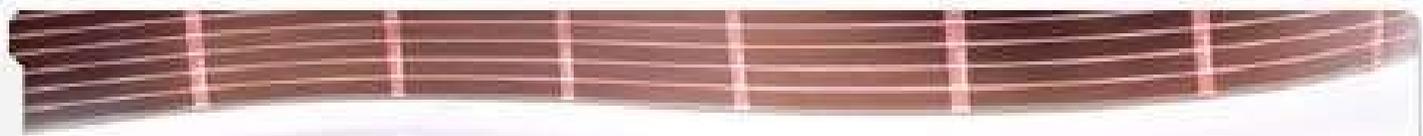
POWER PLASTIC®

NEWSROOM

CONTACT

Konarka Press Release

KONARKA NEWSROOM
IN THE NEWS



**ONINN (ex-CSEM) – Brasil
Belo Horizonte**

csem brasil

agora

é

 ONINN

<https://www.oninn.com.br/>

Edifícios Solares



Dezhou, Província de Shangdong no nordeste da China.



Inaugurada em **2015**, a SUNEW surgiu na liderança mundial na produção de filmes fotovoltaicos orgânicos



A SUNEW possui maior infraestrutura instalada no mundo, produzindo mais de 400 mil m² de filmes fotovoltaicos orgânicos por ano



Sede da TOTVS em São Paulo





BeGreen monta 1ª fazenda vertical dentro da fábrica da Mercedes-Benz no ABC



<https://youtu.be/wL9s5cPVZbE>



Instalação de 2 mil m² de painéis de Filmes Fotovoltaicos Orgânicos (OPV), terceira geração de células solares capazes de transformar a luz do sol em energia elétrica, na sede da Natura em Cajamar (SP).



 Mobilidade

Transportadora Americana



Dessa forma, o semi-reboque é adesivado com Filmes Fotovoltaicos Orgânicos (OPV), capazes de absorver luz solar de forma difusa. A energia é convertida por meio de um sistema eletrônico, que a distribui para os compartimentos necessários.

A tecnologia do OPV é a única adequada para esse tipo de aplicação, isso porque, por ser flexível não sofre impacto com a movimentação do veículo nas estradas.]



A **Iveco**, fabricante italiana de veículos pesados a startup brasileira de energia solar **Sunew**. Agora, as empresas estão testando o uso de películas fotovoltaicas (OPV) integradas a vans. O objetivo é reduzir o uso de combustível e permitir que sistemas elétricos dos veículos funcionem independentemente da bateria, inclusive com

OPTREE by SunNew



Polímeros luminescentes como sensores de radiação não ionizante: aplicação em fototerapia neonatal para tratamento da icterícia (excesso de bilirrubina no recém-nascido)

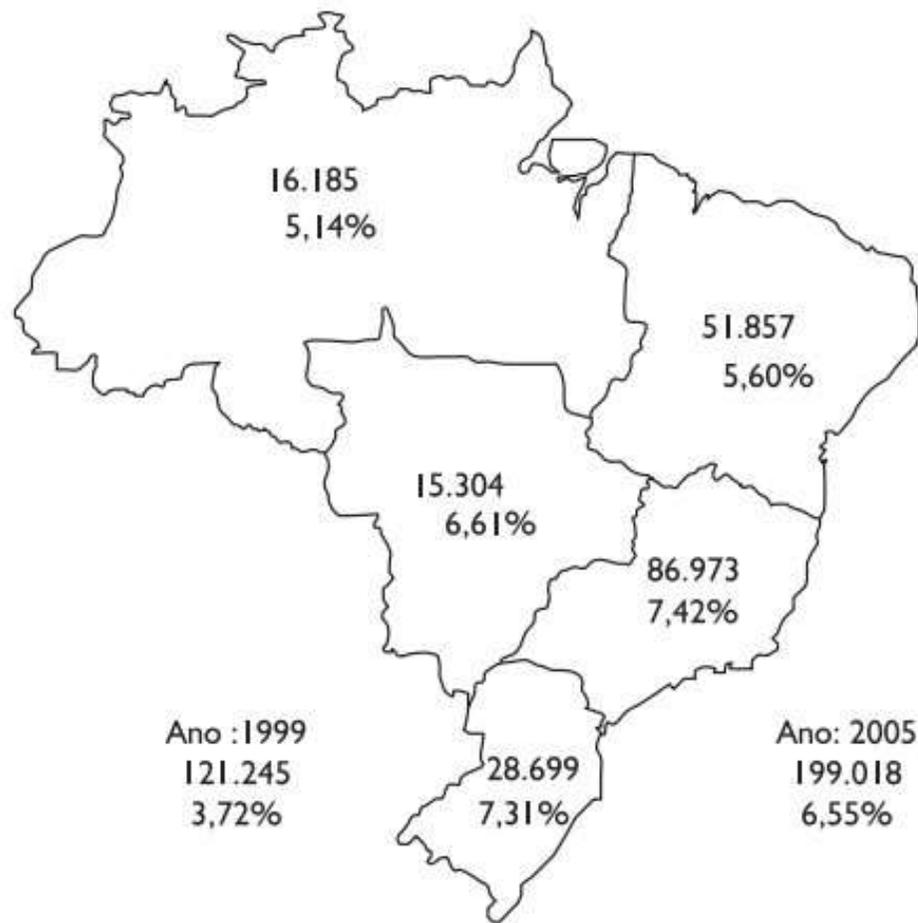


Figura 1. Número e porcentagem relativa de recém-nascidos prematuros acometidos pela doença nas cinco regiões geográficas brasileiras nos anos de 1999 e 2005.⁽⁵⁾

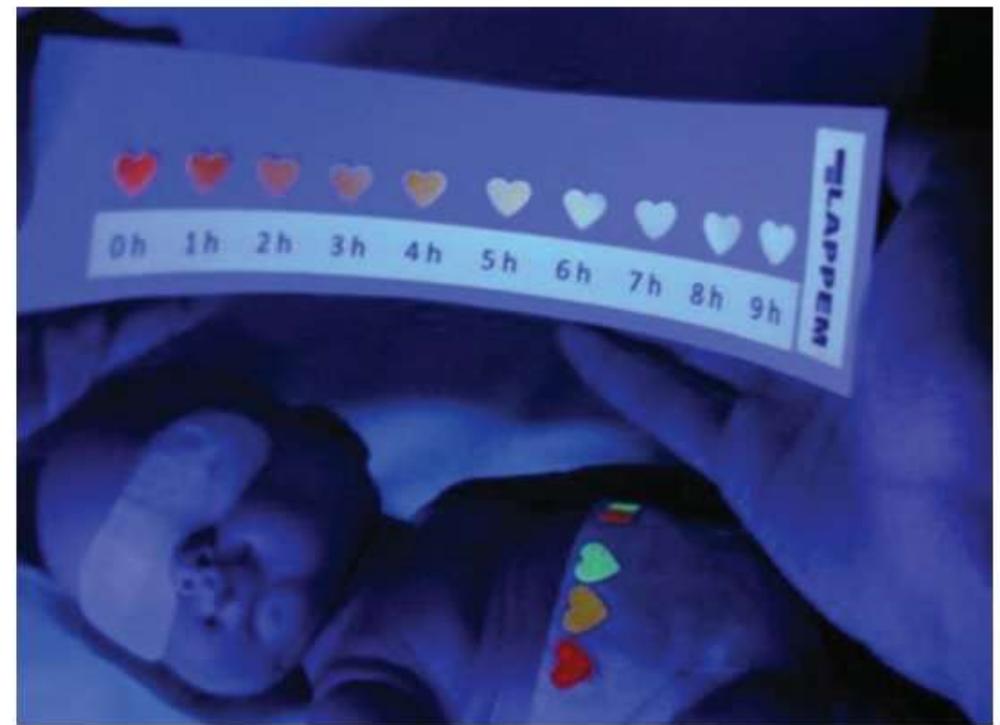


Figura 4. Filmes autocolantes de PS/MEH-PPV/Al₃ submetidos a diferentes tempos de exposição à radiação (de 0 a 9 horas).

$$\lambda = 460 \text{ a } 490 \text{ nm}$$

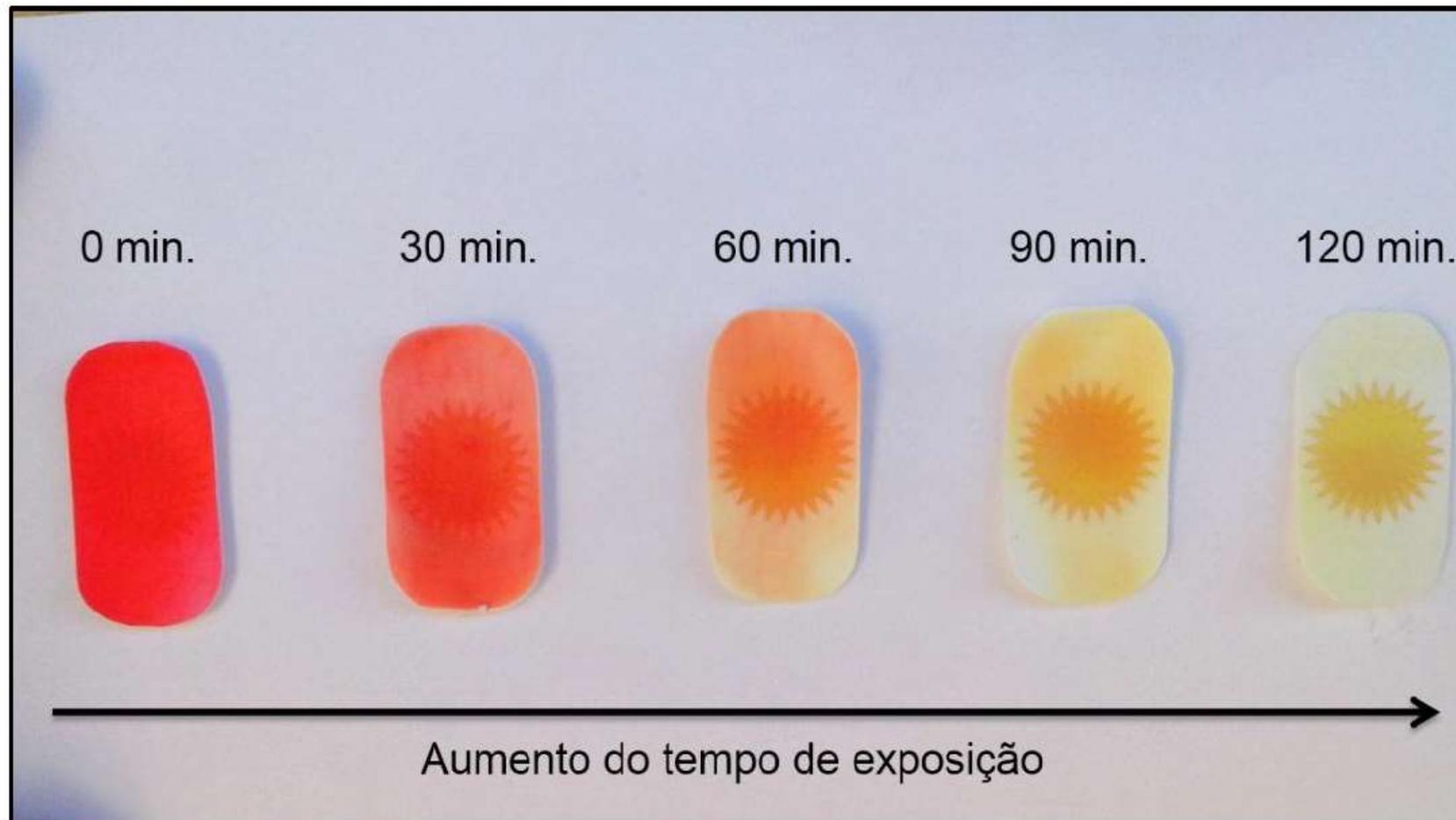
Polímeros luminescentes como sensores de radiação não ionizante: dose de insolação na praia e na rua



Sensor no guarda-sol muda de cor conforme recebe a radiação solar e indica quando a radiação recebida passa a prejudicar a pele!



Sensor informativo de radiação solar*



Sensor informativo de radiação solar. Ao longo do tempo o sensor passa a apresentar uma imagem (sol) para indicar ao usuário o momento de reaplicar o filtro solar ou de sair da exposição solar (Índice UV = 7).

*Carlos Silva Correa Kennedy - Mestrado UFOP 2016 Sensor colarimétrico, informativo e indicativo de altas intensidades de radiação solar à base de polímeros luminescentes

<https://youtu.be/I1MkLNTFXyk>

Uma dessas startups é a
AUTOCOAT
incubada na UNICAMP, na
cidade de Campinas, São Paulo





Equipamento de blade coating para deposição de filmes finos modelo BCC-01

Hidroponia



Como produzimos?

Visite a Fazenda

Pink Blog

Para Empresas

Produção local

Entrega em até 24h depois da colheita.
Mais frescor, sabor e durabilidade.



<https://pinkfarms.com.br/>

PSI 5100

Dispositivos Eletrônicos Poliméricos

Será oferecida no 2^o quadrimestre de **2023**,
de forma remota

Observação: a disciplina **PSI 3552**
é validada na Pós-Graduação!

GEM – Grupo de Eletrônica Molecular



GEM – Grupo de Eletrônica Molecular



Sistema automático para análise de líquidos



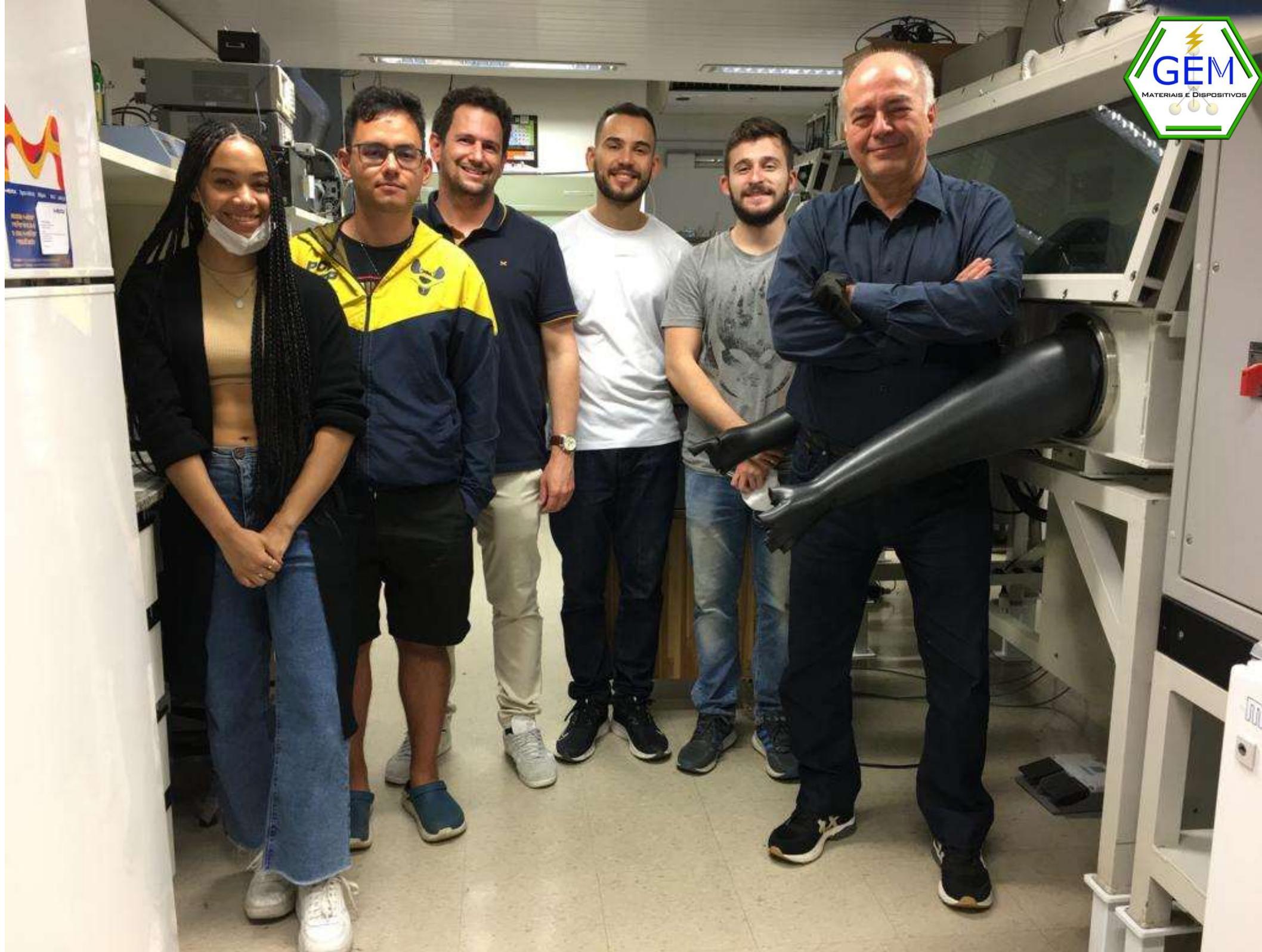
Sistema automático para análise de gases



GEM – Grupo de Eletrônica Molecular

Sistema
automático
para análise
de gases





Alguns exemplos de temas de trabalho do GEM:

- 1) Estudo sobre dielétricos para Transistores de filme Fino orgânico (OTFT);
- 2) Semicondutores orgânicos para OTFT: comparação quanto à facilidade de deposição e qualidade eletrônica dos filmes;
- 3) Desenvolvimento de Células Solares Orgânicas (OPV) fabricadas por *Spray coating*;
- 4) Desenvolvimento de Células Solares Orgânicas (OPV) fabricadas por *Blade Coating*;
- 5) Levantamento de uma metodologia para classificação de Amargor (para remédios ou alimentos) com uma Língua Eletrônica;
- 6) Fabricação de um bafômetro para detecção de diabetes em animais domésticos;
- 7) Estudo da estabilidade de filmes poliméricos para uso em dispositivos;
- 8) Modelamento elétrico de OTFTs;
- 9) Nariz Eletrônico com sensores capacitivos ou OTFTs;
- 10) Aperfeiçoamento de um equipamento de deposição de filmes orgânicos nanoscópicos por *spray*.

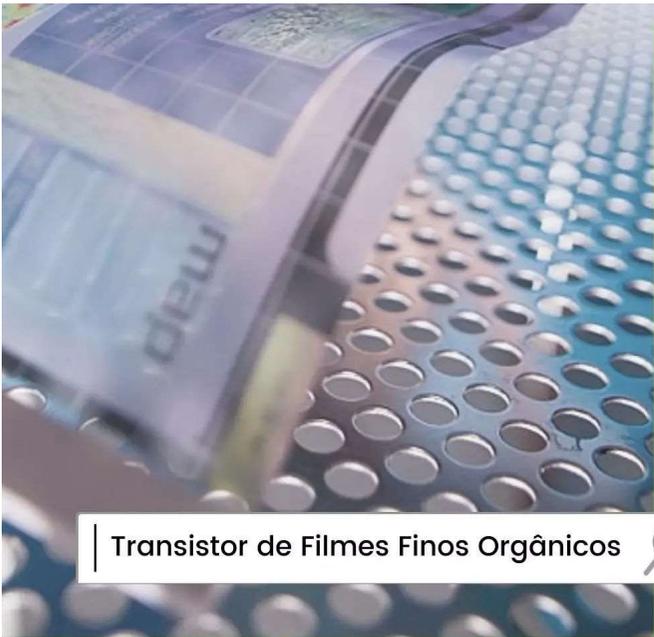
POLI USP



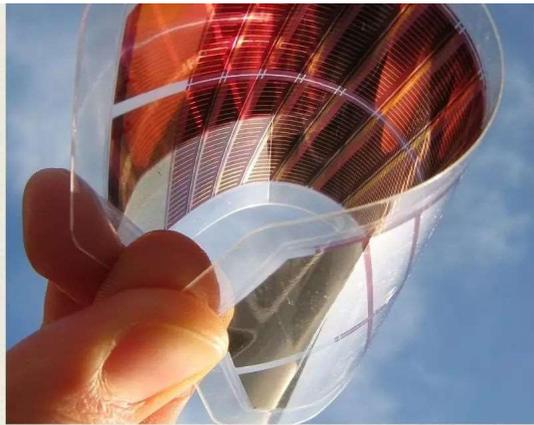
Fique por dentro do GEM!

@gem.eletronicaorganica





Transistor de Filmes Finos Orgânicos



Estudos realizados com os Filmes Finos

POLI USP 

O que são os OLEDS Brancos?



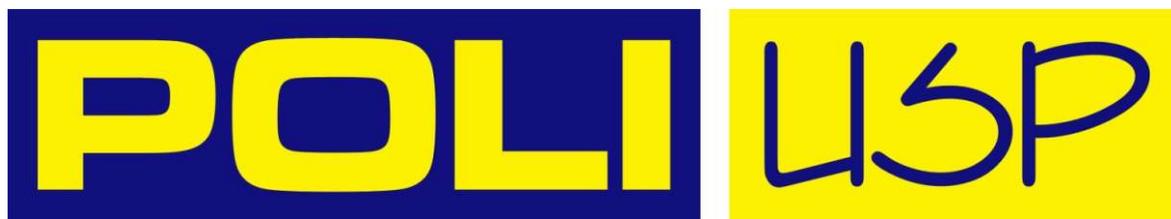
POLI USP 

CONHEÇA OS
**CAPACITORES
ORGÂNICOS**



Uma dessas startups é a
AUTOCOAT
incubada na UNICAMP, na
cidade de Campinas, São Paulo





Grupo de Eletrônica Orgânica

Interessados em trabalhar conosco
podem escrever para:

Prof. Fernando J. Fonseca

fjfonseca@usp.br

Fone 3091-0730

Depto. de Eng. de Sistemas Eletrônicos (PSI)
Escola Politécnica da USP

Oportunidades para TCC, IC, Mestrado, Doutorado e Pós-Doc