

# Pontos Quânticos e Nanofios

## *Nanobiossensores*



## Artigos Abordados

### Quantum Dot Bioconjugates for Ultrasensitive Nonisotopic Detection

Warren C. W. Chan and Shuming Nie\*

Highly luminescent semiconductor quantum dots (zinc sulfide–capped cadmium selenide) have been covalently coupled to biomolecules for ultrasensitive biological detection. In comparison with organic dyes such as fluorescein, this class of luminescent labels is 20 times as bright, 100 times as resistant to photobleaching, and one-third as wide in spectral linewidth. Nanometer-sized conjugates are water-soluble and biocompatible. Quantum dots that were labeled with the protein transferrin underwent receptor-mediated endocytosis in cultured HeLa cells, and those dots that were labeled with antibodies recognized specific antibodies or antigens.

1998



### Nanowire Nanosensors for Highly Sensitive and Selective Detection of Biological and Chemical Species

Yi Cui,<sup>1\*</sup> Qingqiao Wei,<sup>1\*</sup> Hongkun Park,<sup>1</sup> Charles M. Lieber<sup>1,2†</sup>

Boron-doped silicon nanowires (SiNWs) were used to create highly sensitive, real-time electrically based sensors for biological and chemical species. Amine- and oxide-functionalized SiNWs exhibit pH-dependent conductance that was linear over a large dynamic range and could be understood in terms of the change in surface charge during protonation and deprotonation. Biotin-modified SiNWs were used to detect streptavidin down to at least a picomolar concentration range. In addition, antigen-functionalized SiNWs show reversible antibody binding and concentration-dependent detection in real time. Lastly, detection of the reversible binding of the metabolic indicator  $Ca^{2+}$  was demonstrated. The small size and capability of these semiconductor nanowires for real-time detection of a wide range of chemical and biological species could be exploited in array-based screening and in vivo

2001

## Enfoque dos Artigos

# Pontos Quânticos e Nanofios

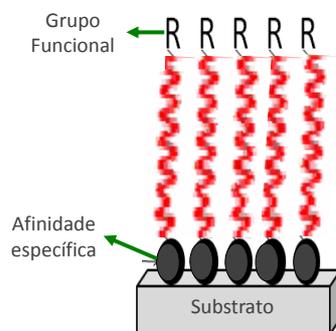
## *Nanossensores com bioconjugados*

- ❖ *Deteccção;*
- ❖ *Diagnóstico por Imagem;*
- ❖ *Terapia.*

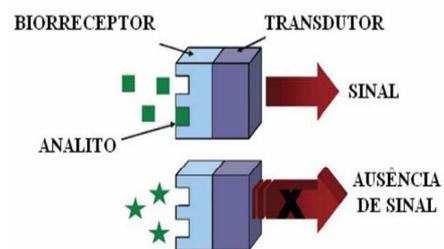
## Conceitos Fundamentais

### Gerais

#### Bioconjugação



#### Nanobiossensores



VILLANOVA, 2009.

# Conceitos Fundamentais

## Específicos

Tipo	Conceito	Como foram obtidos no artigo?
<b>Ponto Quântico</b> (do inglês <i>quantum dot</i> - QD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Semicondutores/Metais</li> <li>❖ Escala nanométrica compostos pelos grupos II-VI ou III-V da tabela periódica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Pirólise de reagentes organometálicos</li> <li>❖ Soluções: TOPSe; TOP(Me<sub>2</sub>Cd); TOPO</li> <li>❖ Recobrimento com camada orgânica                          TOPSe por [(TMS)<sub>2</sub>Se]                          TOPO por heptano + (Me<sub>2</sub>Zn)</li> </ul> <p>MURRAY, NORRIS, BAWENDI, 1993.</p>
<b>Nanofios</b> (do inglês <i>nanowire</i> - NW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Nanoestruturas 1 D</li> <li>❖ Representam as menores dimensões para transporte eficiente de elétrons e excitação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Deposição de filme sobre placas de Si oxidado.</li> <li>❖ Deposição de nanoclusters de ouro sobre o substrato</li> <li>❖ Crescimento dos nanofios</li> <li>❖ Dopagem com B (tipo-p) e P (tipo-n)</li> </ul> <p>HUANG <i>et al.</i>, 2001.</p>

## Ponto Quântico - Síntese

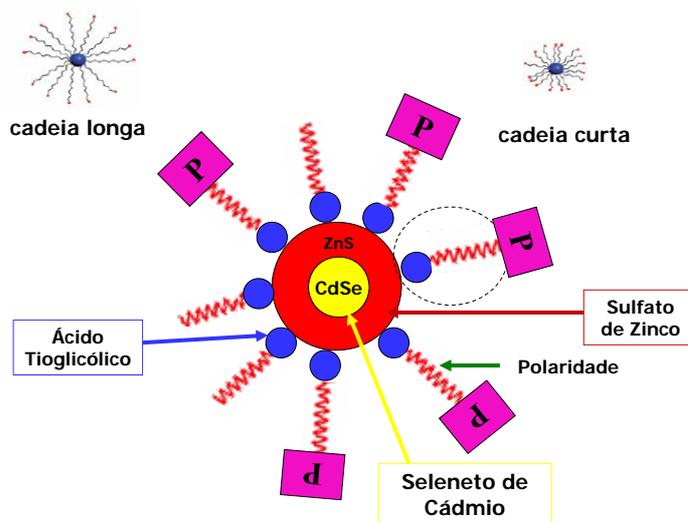


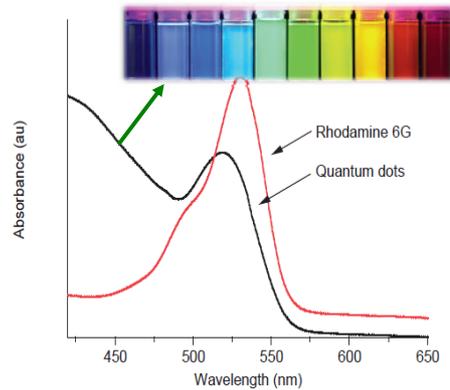
Figura fora da escala - autoria do grupo.

# Conceitos Fundamentais

## Específicos

### Pontos Quânticos – Efeitos ópticos

- ❖ Possuem um amplo espectro de absorção, permitindo excitação em ampla gama de comprimentos de onda;
- ❖ Propriedade muito explorada para excitar simultaneamente múltiplas colorações diferentes de pontos quânticos usando um único comprimento de onda.



JAMIESON, 2007.

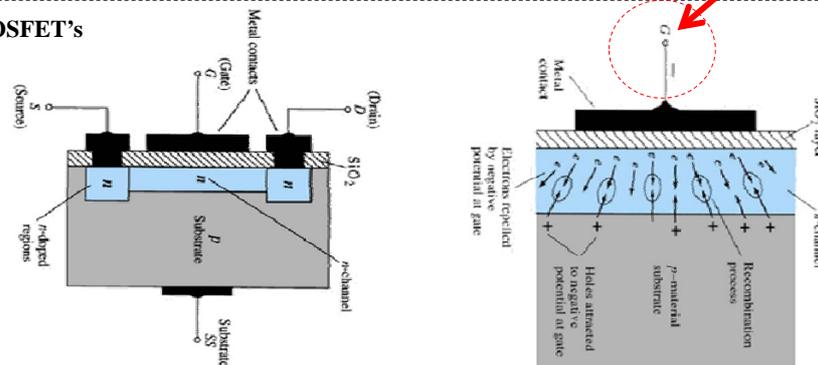
# Conceitos Fundamentais

## Específicos

### Nanofios – Transistor de Efeito de Campo

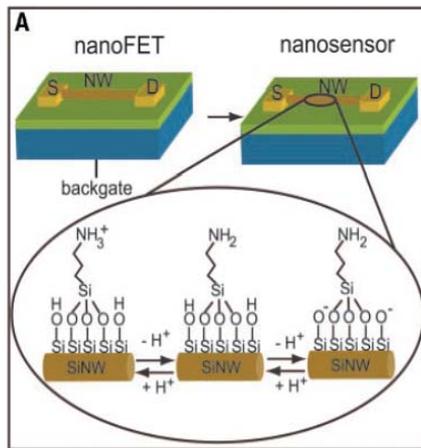
FET (*Field-Effect Transistor*)

MOSFET's



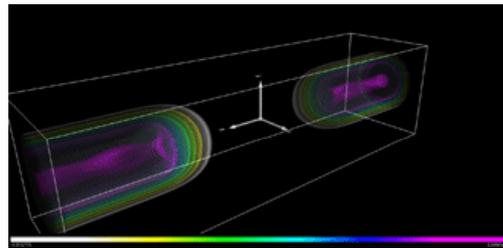
BOYLESTAD, NASHESKY, 2004.

# Conceitos Fundamentais



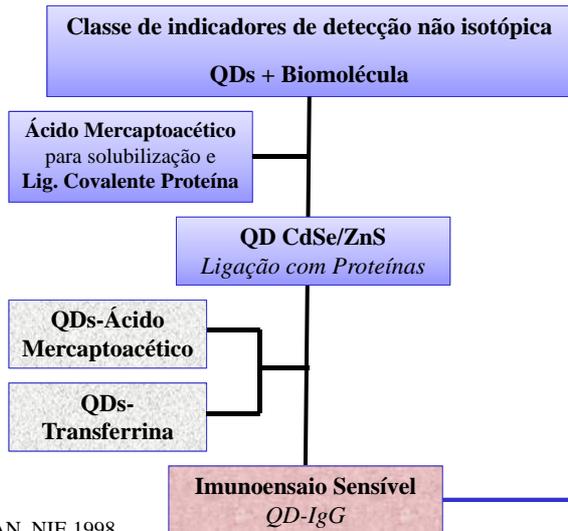
CUI *et al*, 2001.

## Densidade Eletrônica em um Nanofio



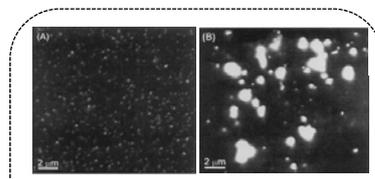
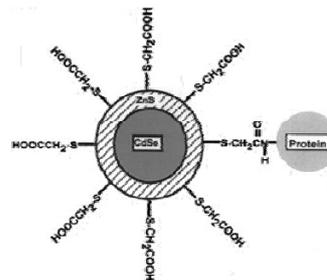
<http://nanohub.org/resources/10666>

## Pontos Quânticos



CHAN, NIE, 1998.

## Experimental



(A) QD-BSA

(B) Agregados de QDs induzidos por um anticorpo policlonal específico.

# Abordagens da literatura

## Pontos Quânticos

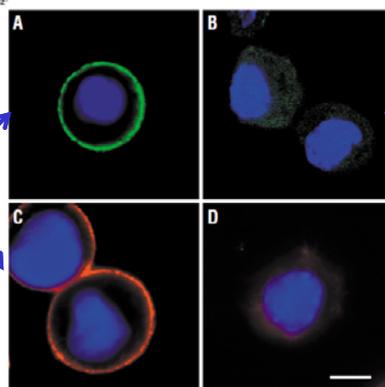
Immunofluorescent labeling of cancer marker  
Her2 and other cellular targets with  
semiconductor quantum dots



Xingyong Wu<sup>1</sup>, Honglan Liu<sup>1</sup>, Jianqun Liu<sup>1</sup>, Kari N. Haley<sup>1</sup>, Joseph A. Treadway<sup>1</sup>, J. Peter Larson<sup>1</sup>, Nanfeng Ge<sup>2</sup>,  
Frank Peake<sup>2</sup>, and Marcel P. Bruchez<sup>2</sup>

Imunoensaio Sensível  
*QD-IgG*

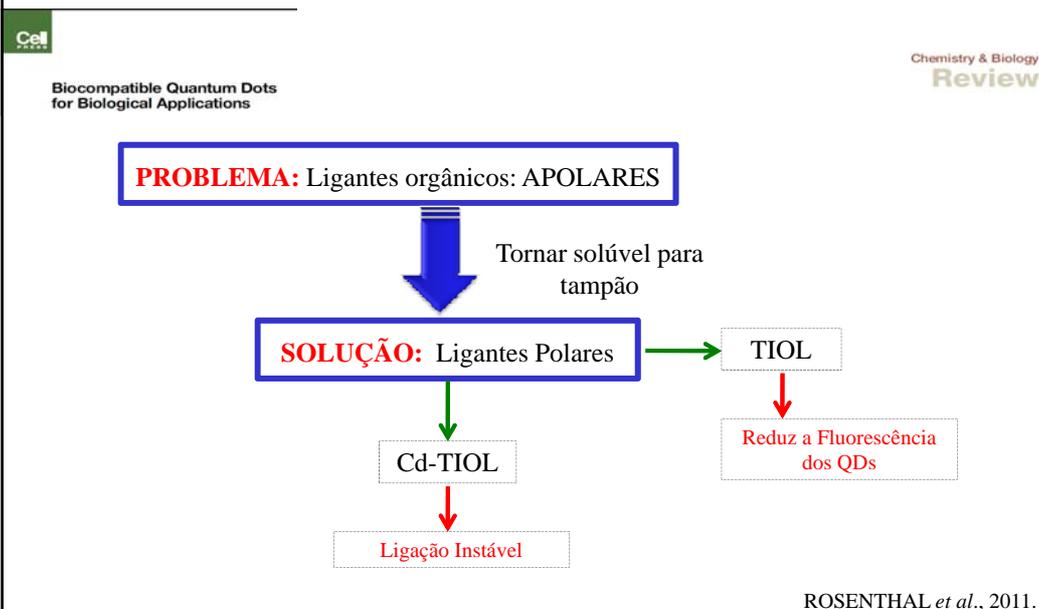
Células incubadas com  
anticorpo Anti-Her2 e  
anti-IgG conjugados aos  
QDs



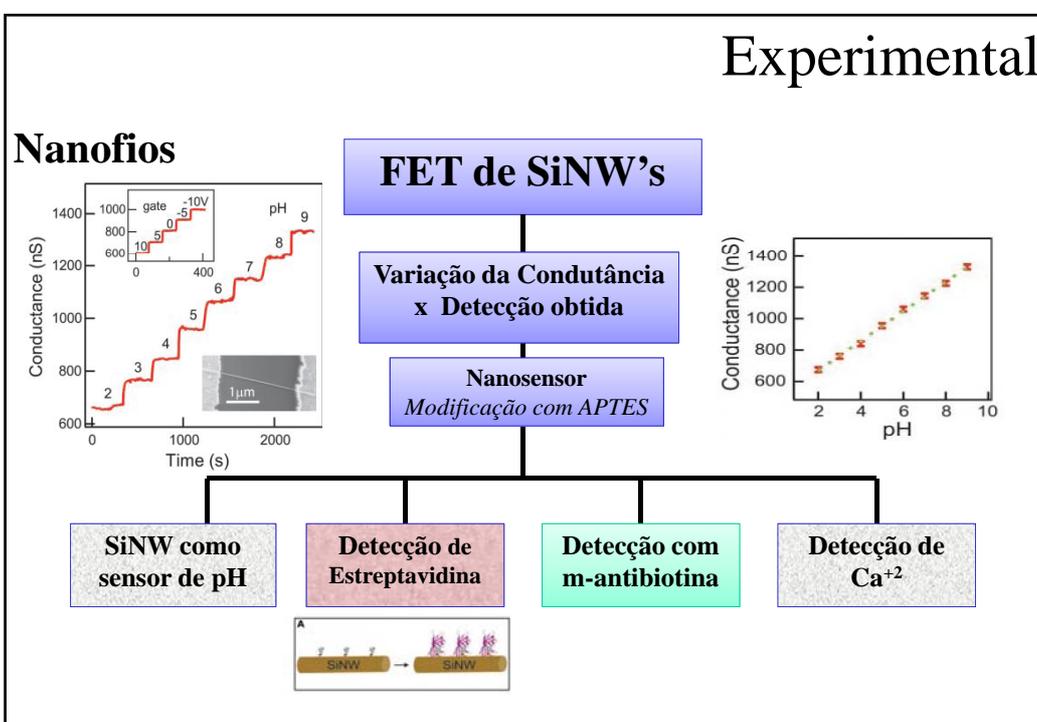
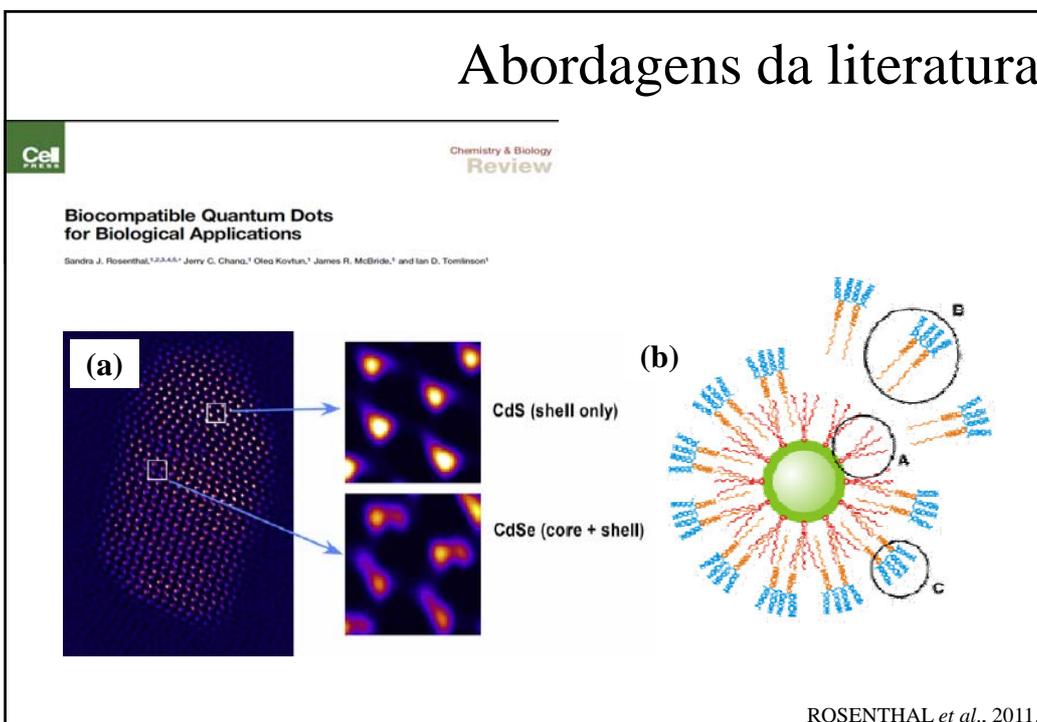
Células incubadas com  
IgG (B) e QDs-IgG (D)

BRUCHEZ, 2003.

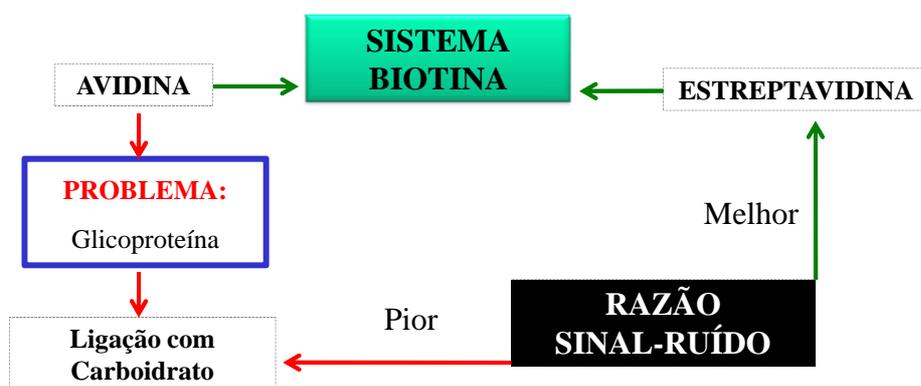
## Comentários – Síntese de QDs



# Abordagens da literatura



## Comentários – Nanofios



HERMANSON, 1995.

## Experimental

### Nanofios

#### JUSTIFICATIVAS DO ARTIGO POR USAR NW's AO INVÉS DE NANOTUBOS (NT)

- ❖ NT's produz misturas metálicas e semicondutoras, sendo que apenas os semicondutores seriam alvo de estudo;
- ❖ Métodos não estabelecidos ainda para a modificação da superfície.

#### TAIS LIMITAÇÕES, HOJE EM DIA, NÃO SÃO MAIS JUSTIFICATIVAS

- ❖ Métodos de separação de NT's metálicos e semicondutores (Voggu *et al.*, 2010; Tanaka *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2011);
- ❖ Aplicações biológicas de NT's com a superfície modificada (Vasilev *et al.*, 2010; Vashist *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2011; Cha *et al.*, 2011).

## Conclusões - Nanofios

- ❖ O uso de nanofios de Si para detecção de biomoléculas mostrou ser um processo viável, devido à alta sensibilidade que os sistemas: Sensor de pH, estreptavidina, m-antibiotina e íons de cálcio;
- ❖ Para cada um desses casos, observou-se um comportamento diferente nas condutâncias;
- ❖ A modificação dos parâmetros de cada uma das reações pode alterar de modo satisfatório as respostas de condução, aumentando assim a capacidade de aplicação deste sistema.

## Conclusões - Pontos Quânticos

- ❖ A síntese de QDs semicondutores seguida pela sua passivação e consequente funcionalização permite o uso em múltiplas aplicações biológicas;
- ❖ QDs possuem várias vantagens em relação aos marcadores convencionais;
- ❖ Utilizando partículas de semicondutores QDs como marcadores biológicos é possível obter imagens luminescentes de células vivas e estudar suas interações com receptores de membranas e possíveis afinidades.

## Referências

- BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. 672 p.
- Bruchez, M. P. "Immunofluorescent labeling of cancer marker Her2 and other cellular targets with semiconductor quantum dots", *Nature Biotechnology*, 21, 2003.
- CHA, T. et al. Optical Nanosensor Architecture for Cell-Signaling Molecules Using DNA Aptamer-Coated Carbon Nanotubes. *ACS Nano*, v. 5, p. 4236, 2011.
- CHAN, W. C. W, NIE, S. "Quantum Dot Bioconjugates for Ultrasensitive Nonisotopic Detection". *Science*, 281: 2016 – 2018, 1998.
- CUI, Y. et al. "Nanowire Nanosensors for Highly Sensitive and Selective Detection of Biological and Chemical Species" *Science*, 293: 1289 – 1292, 2001.
- HUANG et al. "Directed Assembly of One-Dimensional Nanostructures into Functional Networks" *Science*, 291: 630, 2001.
- JAMIESON, T. et al. Biological applications of quantum dots. *Biomaterials*, v. 28, p. 4717–4732, 2007.
- KIM, J. H. et al. Carbon Nanotube Array for Addressable Nano-Bioelectronic Transducers. *IEEE Sensors Journal*, v. 11, p. 1274, 2011.
- MURRAY, C.B, NORRIS, D.J., BAWENDI, M.G. "Synthesis and Characterization of Nearly Monodisperse CdE (E = S, Se, Te) Semiconductor Nanocrystallites" *Journal of American Chemistry Society*, v. 115, p. 8706 – 8715, 1993.
- NIE, S. Quantum leaps. *Nature Biotechnology*, 24 (3): 305, 2006.
- ROSENTHAL, S. J. "Biocompatible Quantum Dots for Biological Applications" *Chem. Biol.*, 18, 2011.
- TANAKA, T. et al. Metal/semiconductor separation of single-wall carbon nanotubes by selective adsorption and desorption for agarose gel. *Phys. Status Solidi B*, v. 247, p. 2867, 2010.
- VASHIST, S. K. et al. Advances in carbon nanotube based electrochemical sensors for bioanalytical applications. *Biotechnology Advances*, v. 29, p. 169, 2011.
- VASILEV, K. et al. Tailoring the surface functionalities of titania nanotube arrays. *Biomaterials*, v. 31, p. 532, 2010.
- VILLANOVA, J.C.O., *Disciplina: Bioconjugados, Biossensores e Bioeletrônica*, UFMG, 2009.
- VOGGU, R. et al. A Simple Method of Separating Metallic and Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes Based on Molecular Charge Transfer. *J. Am. Chem. Soc.*, v. 132, p. 5560, 2010.
- ZHANG, H. et al. Separation and/or selective enrichment of single-walled carbon nanotubes based on their electronic properties. *Chem. Soc. Rev.*, v. 40, p. 1324, 2011.