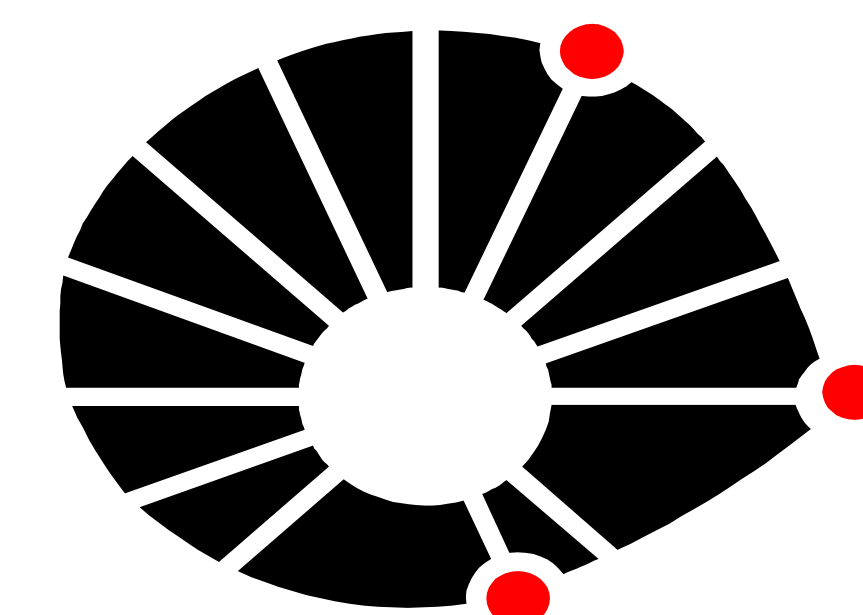


# ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO E CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS RELACIONADOS A CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS POLIMÉRICAS

Lucas de Matos Vilas Boas<sup>1</sup> (Bolsista), Prof. Dr. Júlio R. Bartoli<sup>2</sup> (Orientador)

<sup>1</sup>e-mail: lucasmvb@yahoo.com.br

<sup>2</sup>e-mail: bartoli@feq.unicamp.br



UNICAMP

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA - FEQ - UNICAMP

Polímeros – Células fotovoltaicas – Estudo técnico-econômico



## INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes apontando tendências preocupantes com relação ao clima do planeta mostram a urgência de obterem-se novos métodos de geração de energia que difiram da principal matriz mundial atual, centrada principalmente sobre combustíveis fósseis não renováveis. Neste ponto surge uma vertente no setor energético na qual se estuda a utilização da energia fornecida pelo sol, extremamente abundante e cujo uso não causa danos ao ambiente. Para transformar, porém, esta energia em eletricidade, deve-se fazer com que os fótons provenientes da luz solar sejam capazes de gerar uma corrente de elétrons, caracterizando assim, a energia elétrica, fato que é estudado e descrito como efeito fotovoltaico e ilustrado na Figura 1.

Este trabalho tem objetivo de conhecer o estado da arte e realizar um estudo técnico-econômico na produção de células fotovoltaicas baseadas em polímeros orgânicos, e o desenvolvimento de novas composições para estes dispositivos.

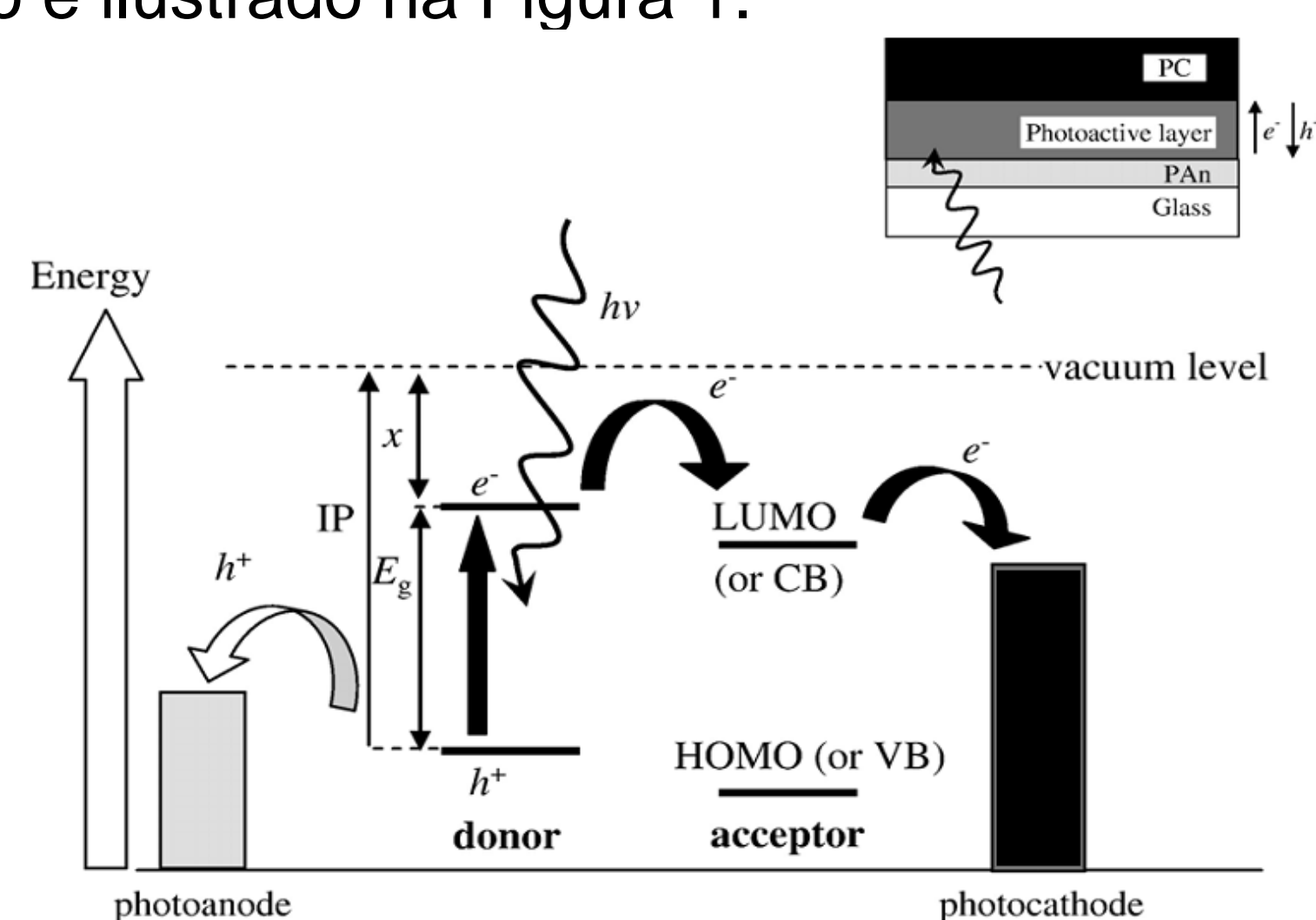


Fig. 1. Esquema energético de uma célula genérica.

## METODOLOGIA

Foram estabelecidas três células que apresentaram as melhores eficiências em conversão de potência solar em elétrica (PCE, *power conversion efficiency*) apresentadas na literatura.

A célula de numero 4, apesar de apresentar um baixo PCE, foi considerada por se tratar de um estudo pioneiro na aplicação em larga escala desta nova tecnologia.

Tabela I. Tipos de células fotovoltaicas a serem analisadas e seus rendimentos.

Célula	PCE	Material Ativo	Autor
1 (2005)	5,0%	P3HT:PCBM <sup>[1]</sup>	Heeger, A.J., et al
2 (2009)	6,0%	PCDTBT:PC <sub>70</sub> BM <sup>[2]</sup>	Heeger, A.J., et al
3 (2007)	6,5%	PCPDTBT:PCBM/ /P3HT:PCBM <sup>[3]</sup>	Kim, J. Y., et al
4 (2008)	0,013%	(P3CT:PCBM:ZnO ou P3CT:ZnO) <sup>[4]</sup>	Krebs, F. C., et al

Realizou-se então uma pesquisa de custo, baseada nas quantidades dos materiais envolvidos em cada célula (por m<sup>2</sup>) e seus custos no mercado, e um estudo técnico que leva em consideração os PCE, uma incidência solar média de 185,2 Watts/m<sup>2</sup> (São Paulo), um consumo mensal de uma residência hipotética de 200 kWh/mês e por fim um custo de US\$ 0,18/kWh através da concessionária de energia elétrica. Com os resultados obtidos foi possível estabelecer uma relação para custo/watt gerado, tempo de retorno (com relação à alternativa de uso da rede elétrica convencional e identificar os materiais componentes mais com maior participação em termos de custo.

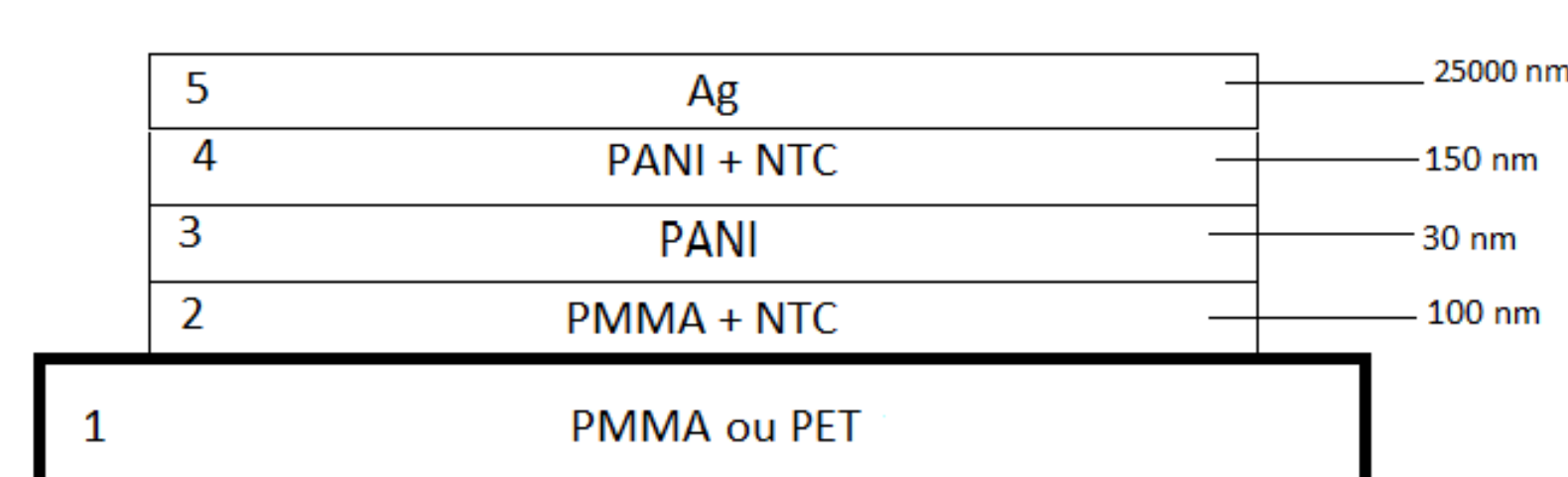


Figura 2. Esquema simplificado da célula PANI:NTC.

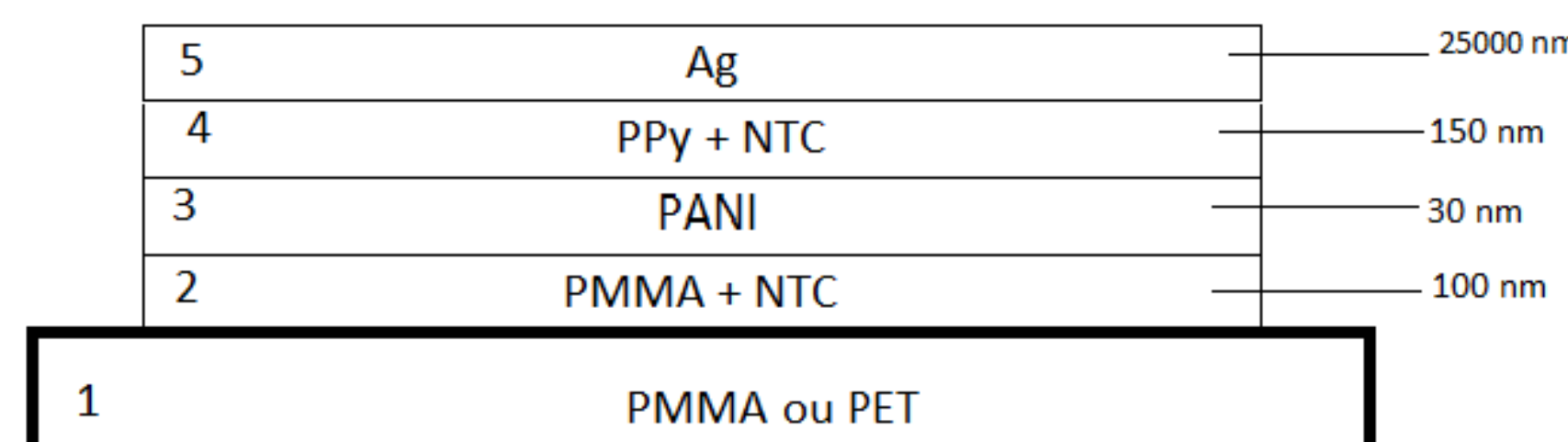


Figura 3. Esquema simplificado da célula PPy:NTC.

Em um segundo momento do trabalho, foi proposto, em parceria com o Doutorando do DTP/FEQ Marcel Marchesin o estudo técnico de duas células compostas por um substrato base transparente de PMMA, seguido por um foto ânodo transparente constituído de PMMA:NTC, uma camada transportador de buracos PANI, em uma das células uma camada fotoativa de PANI:NTC e na outra PPy:NTC e por fim, em ambas, um foto cátodo de prata (Ag). Conforme Figura 2 e 3.

## RESULTADOS

Observa-se na Tabela II os custo de produção em US\$/watt e o tempo de retorno das célula 1 a 3. Para a célula 4 não foram levantados estes valores pois, conforme evidenciado pelo autor, esta é uma aplicação pioneira com foco em produção e não rentabilidade, que possui uma eficiência real muito baixa, o que torna estes números muito altos.

Tabela II: Resumo de custos.

Célula	PCE	Material Ativo	Custo [US\$ watt <sup>-1</sup> ]	Tempo de Retorno
1	5,0%	P3HT:PCBM	730	450
2	6,0%	PCDTBT:PC <sub>70</sub> BM	680	440
3	6,5%	PCPDTBT:PCBM/ /P3HT:PCBM	665	430
4	0,013%	(P3CT:PCBM:ZnO ou P3CT:ZnO)	-	-

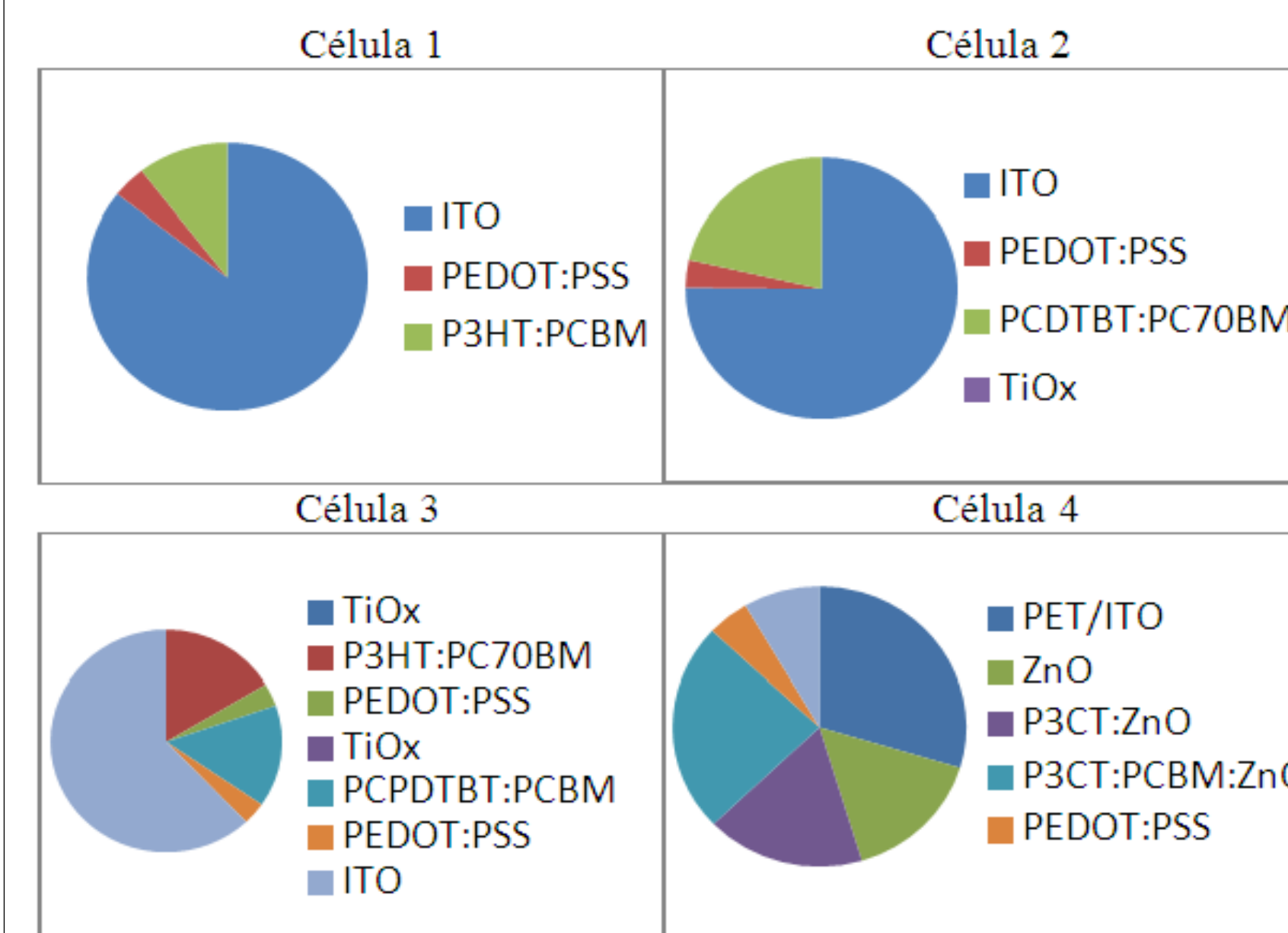


Figura 4. Custos relativos das camadas nas células 1 a 4.

As células propostas mostraram-se relativamente muito baratas, fato se que explica-se por serem compostas por materiais já bem estabelecidos na indústria química, e não altamente específicos como nas células 1 a 4. Observa-se também que cerca de 99% do custo daquelas células se deve à camada de prata, resulta então que os custos das duas células propostas é muito próximo.

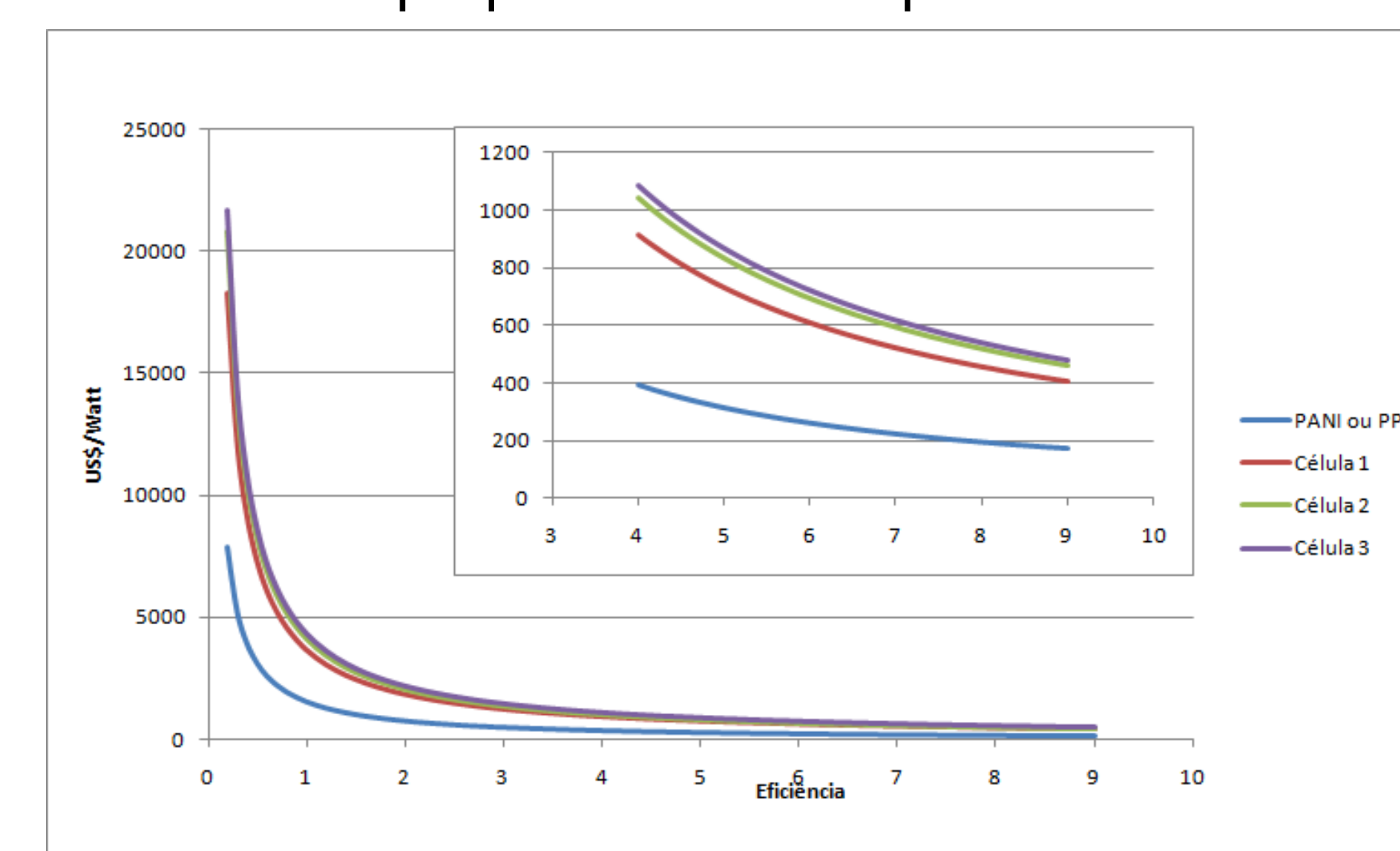


Fig. 6. Custo padronizado para as células estudadas. No destaque observa-se a diferença entre as curvas na região de alta eficiência.

Destaca-se na Figura 4, os custos relativos dos diversos componentes das células, aonde fica evidente o alto custo da camada ITO (*indium thin oxide*), e a importância do estudo

proposto pelo doutorando Marcel, pois as células propostas fogem ao uso deste componente através da camada PMMA:NTC

Já a camada PANI:NTC traz uma ideia inovadora, onde será utilizada PANI em diferentes níveis de oxidação absorvendo luz em diferentes comprimentos de onda (Figura 5). O que proporcionaria um melhor aproveitamento da luz incidente.

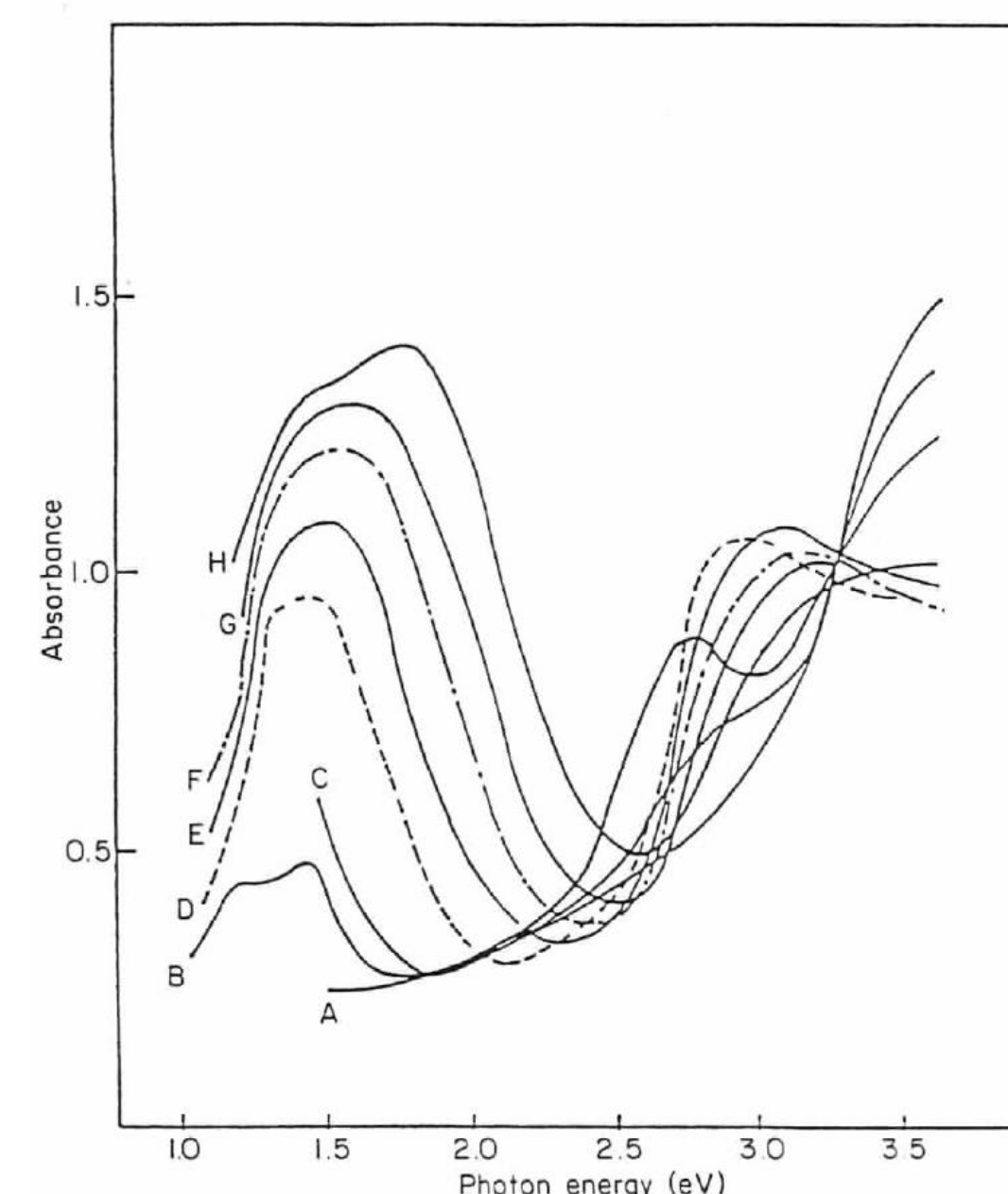


Figura 5. Espectro de absorção PANI<sup>[5]</sup>

Por serem células hipotéticas, não existem um valor real de PCE para estas duas células propostas, logo não é possível obter um valor absoluto para custos/watt, porém é possível padronizar um gráfico de US\$/watt versus eficiência, conforme Figura 6, aonde evidencia-se o fato de as células propostas serem muito promissoras, economicamente falando. Com baixo rendimento, já se mostram mais baratas que as células encontradas hoje na literatura.

## CONCLUSÕES

Existe um grande potencial na pesquisa de células poliméricas fotovoltaicas. Por apresentarem a possibilidade de serem processadas em soluções, podem ser facilmente adaptadas para produção a baixo custo por diversos métodos de impressão em escala industrial. Estas células, porém, ainda não se apresentam economicamente viáveis uma vez que com baixos rendimentos seu custo ainda é muito elevado. Observa-se então uma tendência ao desenvolvimento de novos métodos e materiais em busca de um barateamento e melhoramento em termos de rendimento de potencia convertida.

Neste ponto as células propostas (PANI:NTC e PPy:NTC) por este grupo de trabalho se mostram muito promissoras. Partindo de materiais já bem estudados e definidos de maneira geral, e evitando a utilização do composto ITO, apresenta um potencial redução de custos muito grande em relação à tecnologia correspondente ao estado da arte atual.

## AGRADECIMENTOS:

Ao doutorando do DTP/FEQ Marcel Marchesin e ao CNPq pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ma, W., Yang, C., Gong, X., Lee, K., Heeger, A.J., *Thermally Stable, Efficient Polymer Solar Cells with Nanoscale Control of the Interpenetrating Network Morphology*, Adv. Funct. Mater., 15, p. 1617-1622 (2005).
- [2] Heeger, A. J., et al, *Bulk Heterojunction solar cells with internal quantum efficiency approaching 100%*, Nature Photonics, 3, p. 297-303 (2009).
- [3] Kim, J. Y., et al, *Efficient Tandem Polymer Solar Cells Fabricated by All-Solution Processing*, Science, 317, p. 222-225 (2007).
- [4] Krebs, F. C., et al, *A complete process for production of flexible large area polymer solar cells entirely using screen printing - First public demonstration*, Solar Energy Materials & Solar Cells, 93, p. 422-441 (2009).
- [5] Huang, W. S., McDiarmid, A. G., *Optical properties of polyaniline*, Polymer, Vol. 34, 9, p. 1836, (1993).