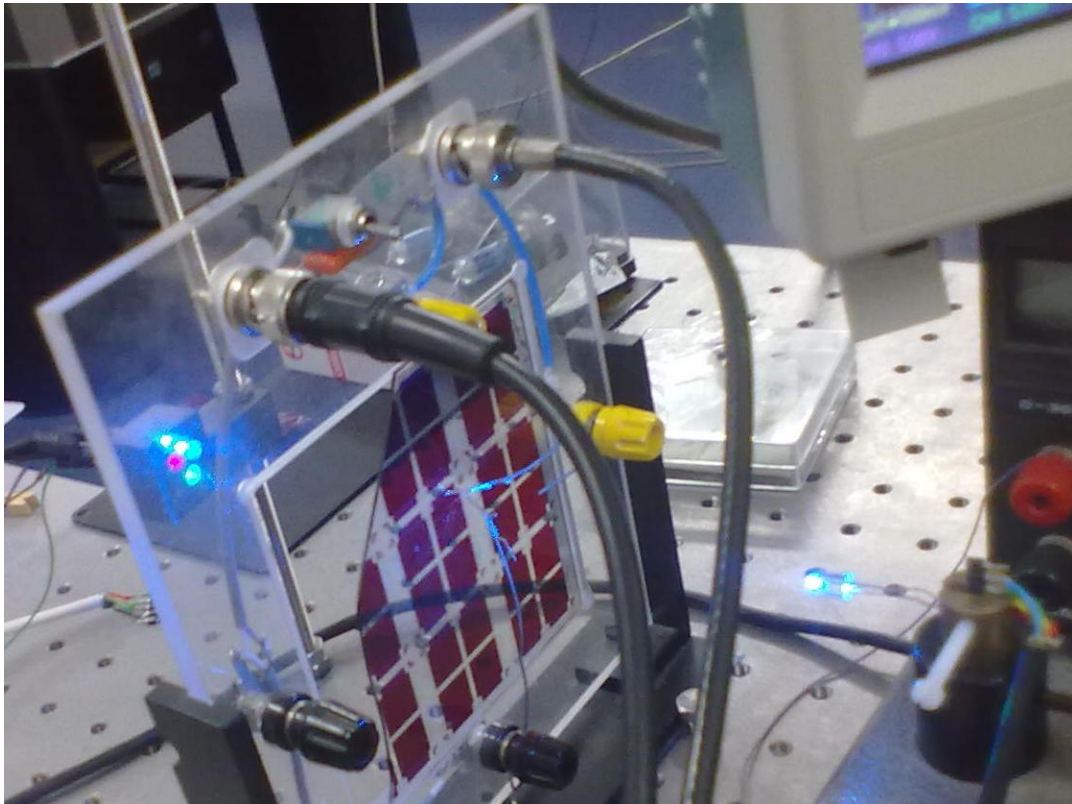




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E
TELECOMUNICAÇÕES E DE COMPUTADORES

Fotodetector e dispositivo WDM integrados



Manual de funcionamento

Setembro de 2012

Índice

Capítulo 1 - Medição de resposta espectral	1
1.1 - Interface gráfico OSPA.....	2
1.2 - Variação da frequência do sinal incidente	13
1.3 - Influência da luz de fundo	13
Capítulo 2 - Análise de sinais WDM	14
2.1 - Ligação série à placa microcontroladora	16
2.2 - Variação do bit-rate do sinal incidente	18
2.3 - Influência da luz de fundo	19

Lista de Figuras

Figura 1 – Diagrama da montagem para o estudo da resposta espectral.	1
Figura 2 – Atalho da aplicação OSPA instalada no computador.	2
Figura 3 – Execução da aplicação OSPA.	3
Figura 4 – Interface gráfico da aplicação OSPA.	3
Figura 5 – Escolha da fonte de luz para as medições.	4
Figura 6 – Escolha do interface de comunicações do equipamento <i>Triax</i>	4
Figura 7 – Indicação da inicialização do equipamento <i>Triax</i>	5
Figura 8 – Confirmação da inicialização do equipamento <i>Triax</i> no interface <i>GPIB1</i>	5
Figura 9 – Definição da abertura da lente do equipamento <i>Triax</i>	6
Figura 10 – Escolha do equipamento de medida para as medições.	6
Figura 11 – Escolha do interface de comunicações do equipamento <i>Lock-In</i>	7
Figura 12 – Confirmação da comunicação do equipamento <i>Lock-In</i> no interface <i>GPIB8</i>	7
Figura 13 – Definições do equipamento de medidas <i>Lock-In</i>	8
Figura 14 – Interface gráfico da aplicação OSPA.	8
Figura 15 – Escolha dos parâmetros de configuração da medição da resposta espectral.	9
Figura 16 – Tensão de polarização definida no equipamento <i>Lock-In</i>	10
Figura 17 – Início do processo de medição da resposta espectral.	10
Figura 18 – Processo de medição da resposta espectral em curso.	11
Figura 19 – Gravação da descrição da medição da resposta espectral.	11
Figura 20 – Confirmação do sucesso da gravação das medições efectuadas.	12
Figura 21 – Resultado gráfico da medição da resposta espectral.	12
Figura 22 – Controlador da frequência do <i>Chopper</i>	13
Figura 23 – LED DC como luz de fundo posterior.	13
Figura 24 – Diagrama da montagem para o estudo dos sinais WDM.	14
Figura 25 – Ajuste da tensão de polarização do <i>Lock-In</i>	15
Figura 26 – Suporte dos LEDs de sinal RGB e do led de fundo frontal.	15
Figura 27 – Distribuição dos LEDs de sinal RGB e do led de fundo frontal no suporte.	16
Figura 28 – Execução da aplicação <i>Hiperterminal</i>	16
Figura 29 – Configuração da ligação série através da aplicação <i>Hiperterminal</i>	17
Figura 30 – Lista de comandos da placa microcontroladora.	17
Figura 31 – Exemplo de uma configuração de sinais na placa microcontroladora.	18
Figura 32 – Medição de fotocorrente no osciloscópio de 4 canais.	18
Figura 33 – LED DC como luz de fundo frontal e posterior.	19

Lista de Acrónimos e Termos

Acrónimo/Termo	Descrição
GPIB	General Purpose Interface Bus
LED	Light-Emitting Diode
RGB	Red-Green-Blue
WDM	Wavelength Division Multiplexing

Capítulo 1 - Medição de resposta espectral

A resposta espectral estuda a fotocorrente gerada para cada comprimento de onda da luz incidente, sendo uma medida importante para a caracterização do dispositivo semicondutor pois corresponde a uma medida directa da célula. Esta é considerada a resposta do dispositivo para cada comprimento de onda da radiação incidente.

De forma a possibilitar a realização das medidas para o estudo da resposta espectral da estrutura semicondutora, foi efectuada a montagem da Figura 1.

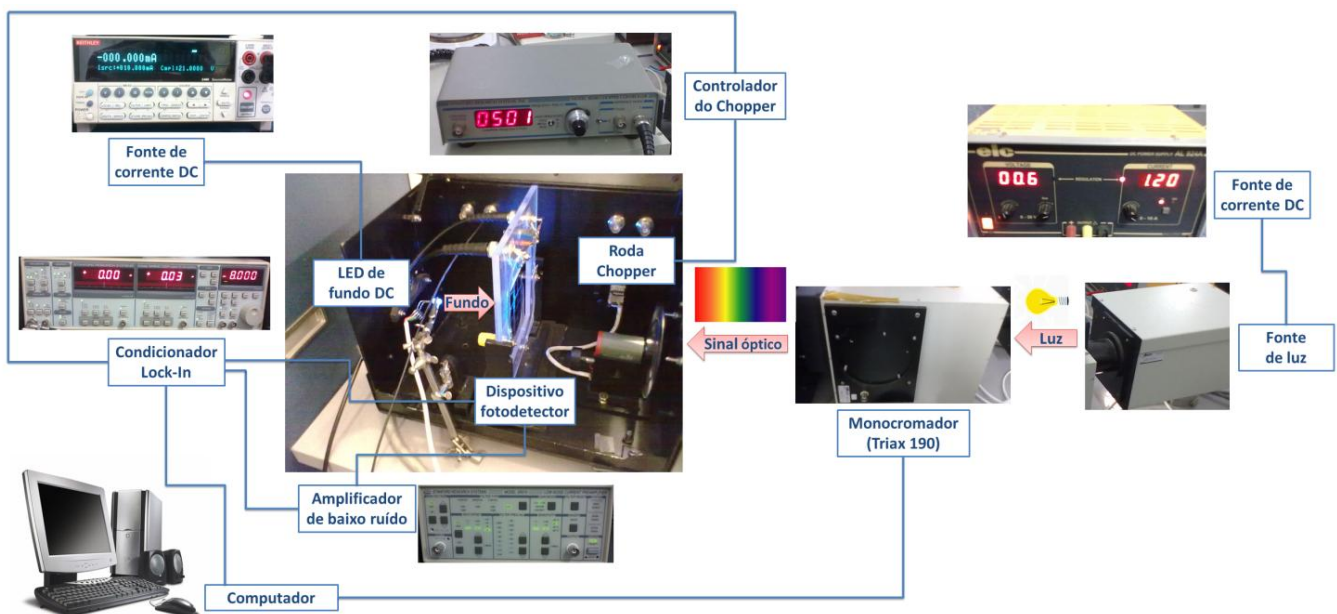


Figura 1 – Diagrama da montagem para o estudo da resposta espectral.

Para a medição da resposta espectral do dispositivo foi utilizada uma fonte de luz de halógeno que é separada em diferentes comprimentos de onda usando um monocromador, sendo que toda a experiência é controlada por um computador.

A luz emitida por essa fonte luminosa é focada na grelha de difracção do monocromador que é controlado por um motor de passos, permitindo efectuar o varrimento dos diferentes comprimentos de onda desde os 400nm até aos 800nm. Em cada comprimento de onda, a luz monocromática resultante incide no fotodetector, sendo então realizada a medida da fotocorrente gerada pelo dispositivo através do *Lock-in*.

É também utilizado um pré-amplificador de baixo ruído, entre a saída do sinal do dispositivo fotodetector e a entrada do sinal no *Lock-in*, de forma a permitir amplificar o sinal gerado pelo dispositivo fotodetector dado que este é bastante pequeno.

O *Chopper* permite modular a frequência do sinal da fonte de luz incidente e é através do *Lock-in* que o dispositivo fotodetector pode ser polarizado com valores de tensão positiva ou negativa.

Os dispositivos LED (*Light-Emitting Diode*) de fundo que incidem no lado frontal e posterior são alimentados por uma fonte de corrente em regime estacionário (DC) que permite controlar a sua respectiva intensidade luminosa.

1.1 - Interface gráfico OSPA

Efectuada a montagem da Figura 1, é necessária a execução de uma aplicação de nome OSPA que se encontra previamente instalada no computador (Figura 2).

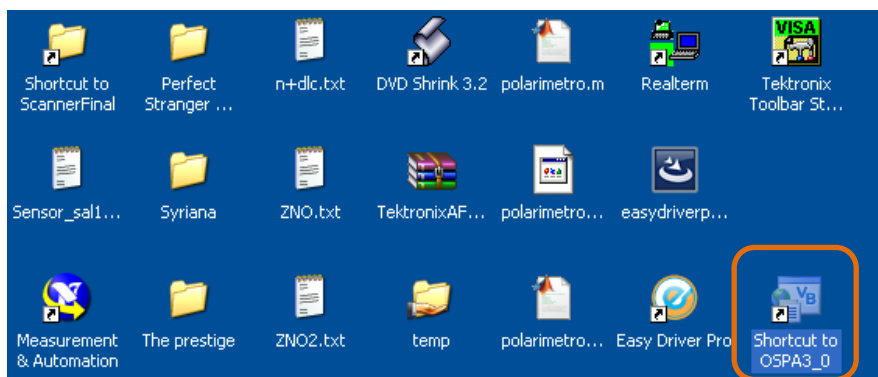


Figura 2 – Atalho da aplicação OSPA instalada no computador.

Ao ser iniciado o programa criado na linguagem de programação *Visual Basic* aparece a janela de execução do *Microsoft Visual Studio* da Figura 3. Deve ser iniciado o modo *Debugging* para ser possível aceder ao interface gráfico que permite manipular a aplicação criada.

Capítulo 1 – Medição da resposta espectral

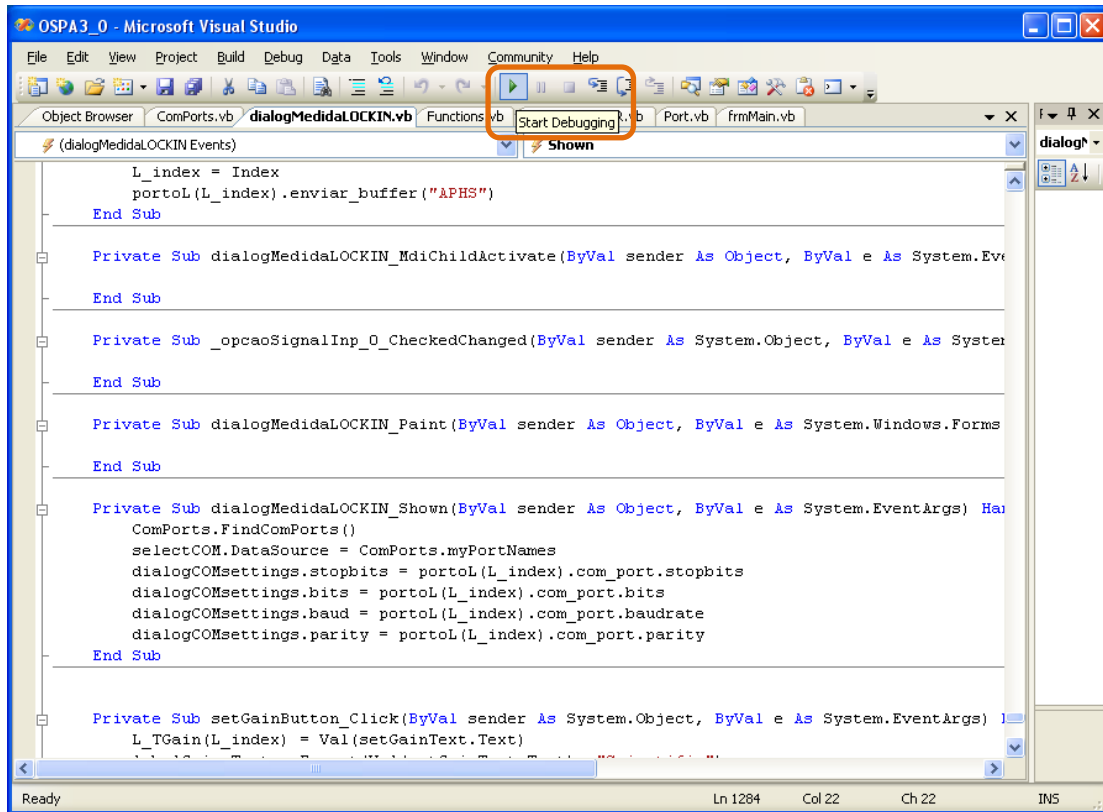


Figura 3 – Execução da aplicação OSPA.

Ao ser iniciado o modo *Debugging* da aplicação aparece o interface gráfico da aplicação que irá controlar todo o processo de medição da resposta espectral (Figura 4).

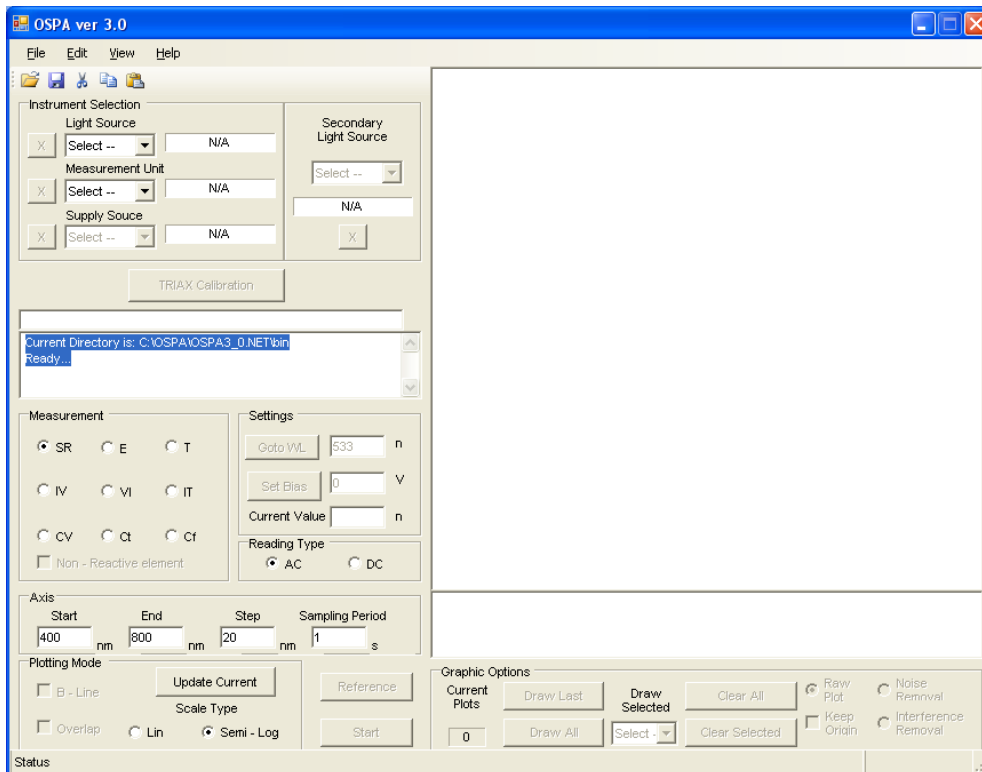


Figura 4 – Interface gráfico da aplicação OSPA.

Nesta aplicação teremos de definir a selecção dos instrumentos que a aplicação irá utilizar. O primeiro equipamento a ser escolhido será aquele que corresponde à fonte de luz, que neste caso será o equipamento *Triax 190* (Figura 5).

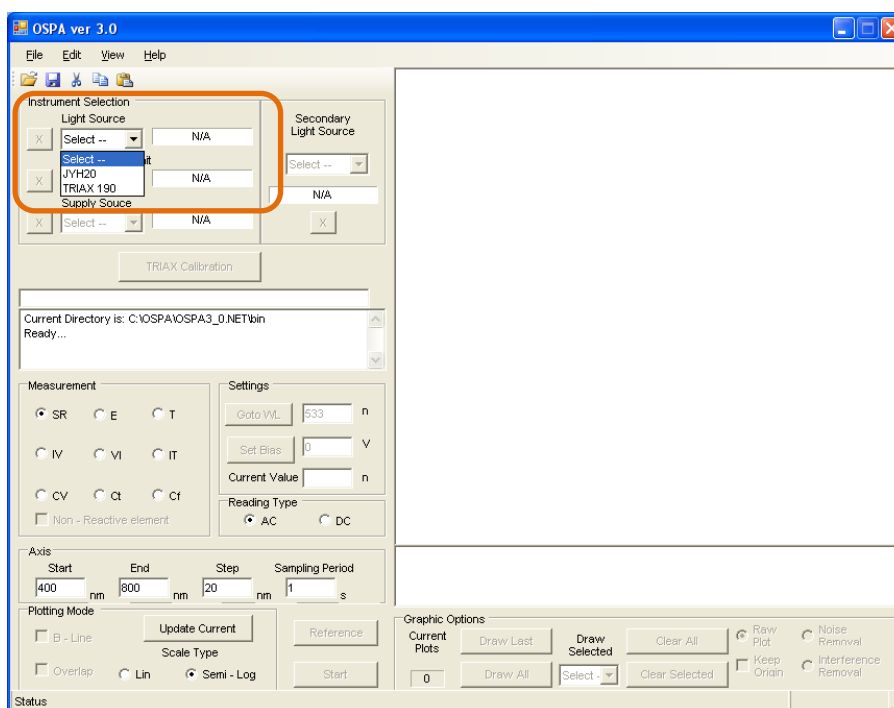


Figura 5 – Escolha da fonte de luz para as medições.

Ao ser escolhido o equipamento *Triax190* é apresentada uma janela no ecrã de forma a ser possível seleccionar determinados parâmetros do respectivo equipamento (Figura 6). Escolhe-se primeiramente o interface de comunicação do equipamento que será GPIB (*General Purpose Interface Bus*) e procede-se à inicialização do equipamento.

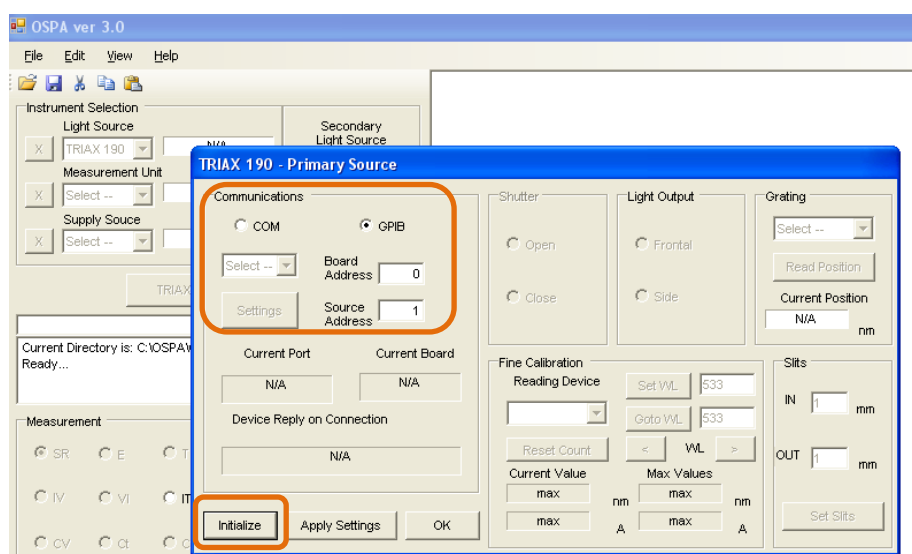


Figura 6 – Escolha do interface de comunicações do equipamento *Triax*.

Capítulo 1 – Medição da resposta espectral

Tendo sido escolhido o interface GPIB e solicitada a inicialização do equipamento será apresentada a mensagem de confirmação da Figura 7.

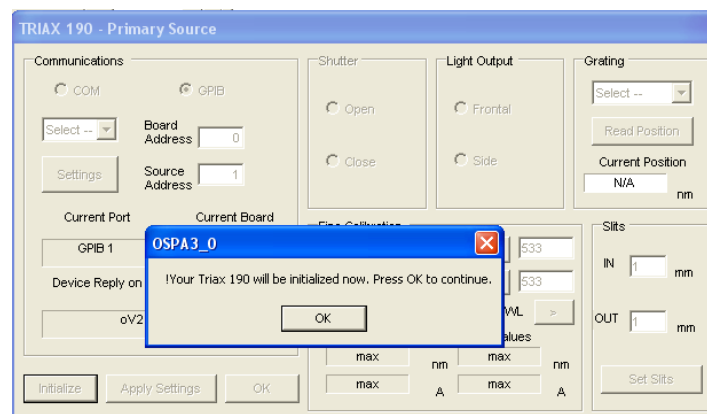


Figura 7 – Indicação da inicialização do equipamento *Triax*.

Após a solicitação da inicialização do equipamento será audível o início do equipamento ajustando a lente, a grelha de difracção e o respectivo motor de passos. Caso o processo de inicialização seja concluído com sucesso será apresentada a mensagem da Figura 8. Caso não seja efectuada a comunicação com sucesso será necessário verificar a alimentação do equipamento *Triax* e os cabos de ligação entre os interfaces GPIB respectivos.

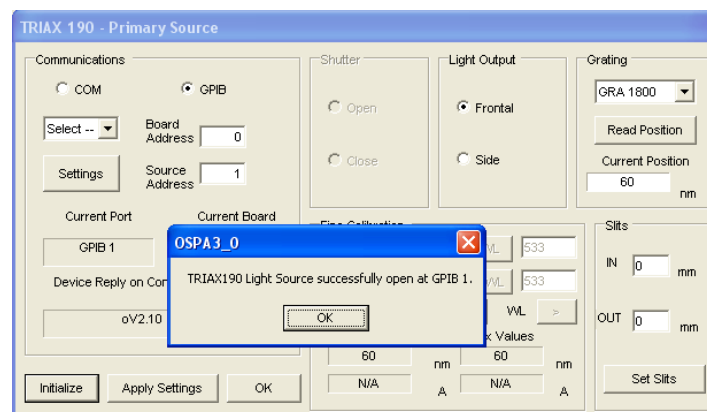


Figura 8 – Confirmação da inicialização do equipamento *Triax* no interface *GPIB1*.

Existindo uma correcta comunicação entre o equipamento *Triax* e o computador através do interface GPIB será necessário definir o tamanho da abertura da lente do *Triax*. Quanto maior o tamanho da abertura maior a intensidade luminosa que irá incidir sobre a estrutura semicondutora.

Neste caso, o tamanho da abertura da lente será definida para 1mm (Figura 9). Após a confirmação dos valores de abertura da lente (*Set Slits*) é necessário gravar as alterações ao equipamento (*Apply Settings*).

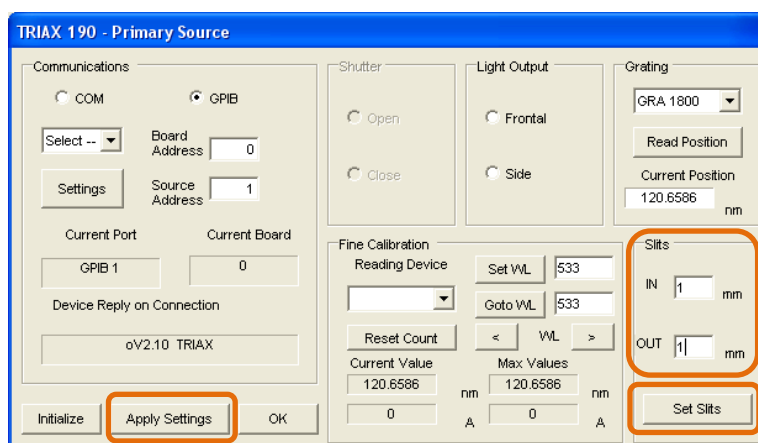


Figura 9 – Definição da abertura da lente do equipamento *Triax*.

O passo seguinte será definir o equipamento de medidas que a aplicação irá utilizar no processo de medição. Neste caso iremos utilizar o equipamento *Lock-In* para gerar a tensão de polarização a aplicar ao dispositivo semiconductor e também para a leitura dos valores da fotocorrente gerada (Figura 10).

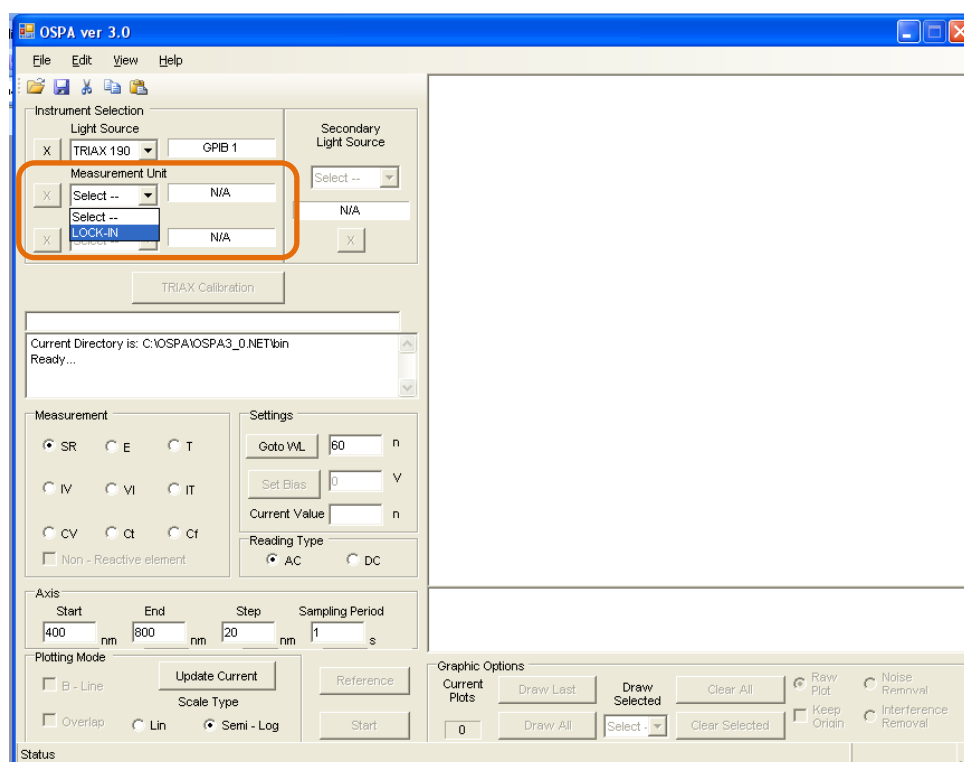


Figura 10 – Escolha do equipamento de medida para as medições.

Ao ser escolhido o equipamento *Lock-In* é apresentada uma janela no ecrã de forma a ser possível seleccionar determinados parâmetros do respectivo equipamento (Figura 11). Escolhe-se primeiramente o interface de comunicação do equipamento que será GPIB e procede-se à inicialização do equipamento.

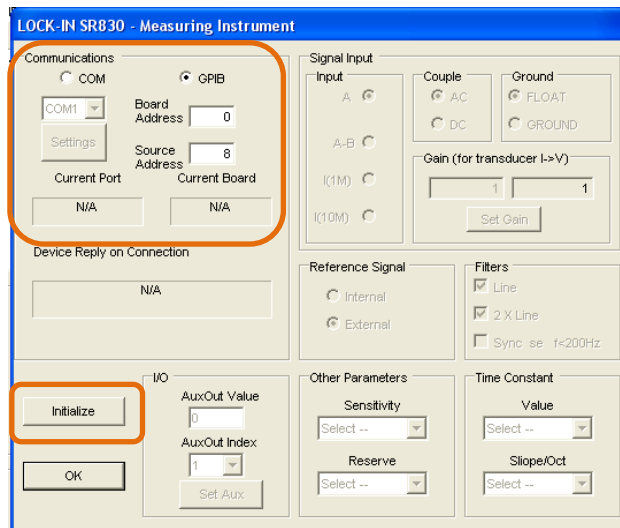


Figura 11 – Escolha do interface de comunicações do equipamento *Lock-In*.

Existindo uma correcta comunicação entre o equipamento *Lock-In* e o computador através do interface GPIB é apresentada uma mensagem indicando o sucesso da comunicação (Figura 12).

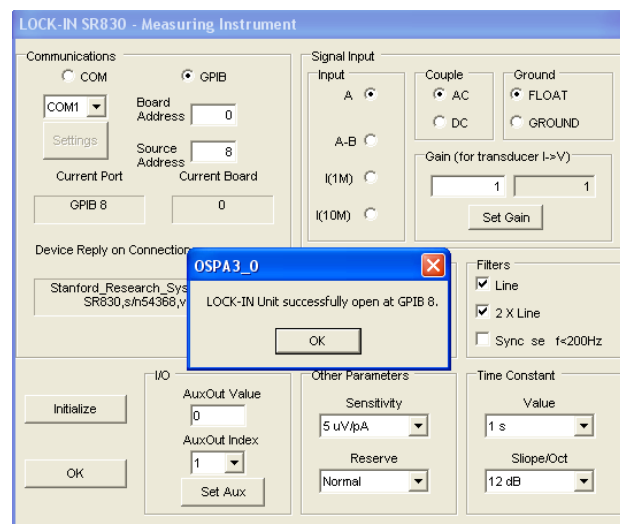


Figura 12 – Confirmação da comunicação do equipamento *Lock-In* no interface *GPIB8*.

Será agora necessário definir o tipo de sinal de entrada no dispositivo *Lock-In*. Neste caso o tipo de medição será corrente. Após a selecção do tipo de medição gravam-se as respectivas configurações do equipamento (Figura 13).

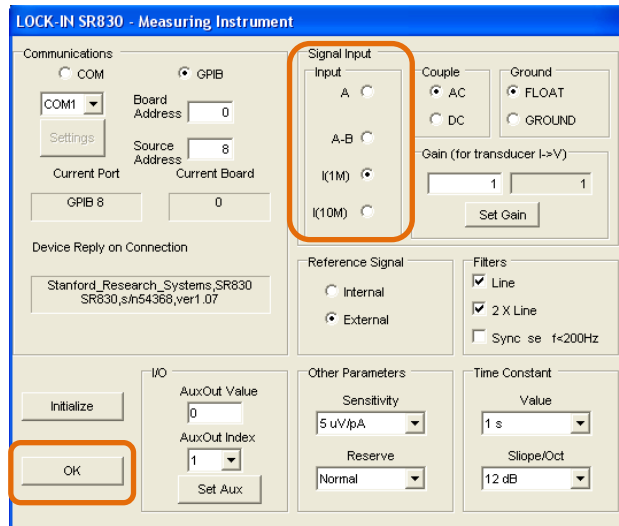


Figura 13 – Definições do equipamento de medidas *Lock-In*.

Após a selecção e configuração dos equipamentos necessários para o processo de medição na aplicação gráfica será possível passar ao processo de medição propriamente dito (Figura 14).

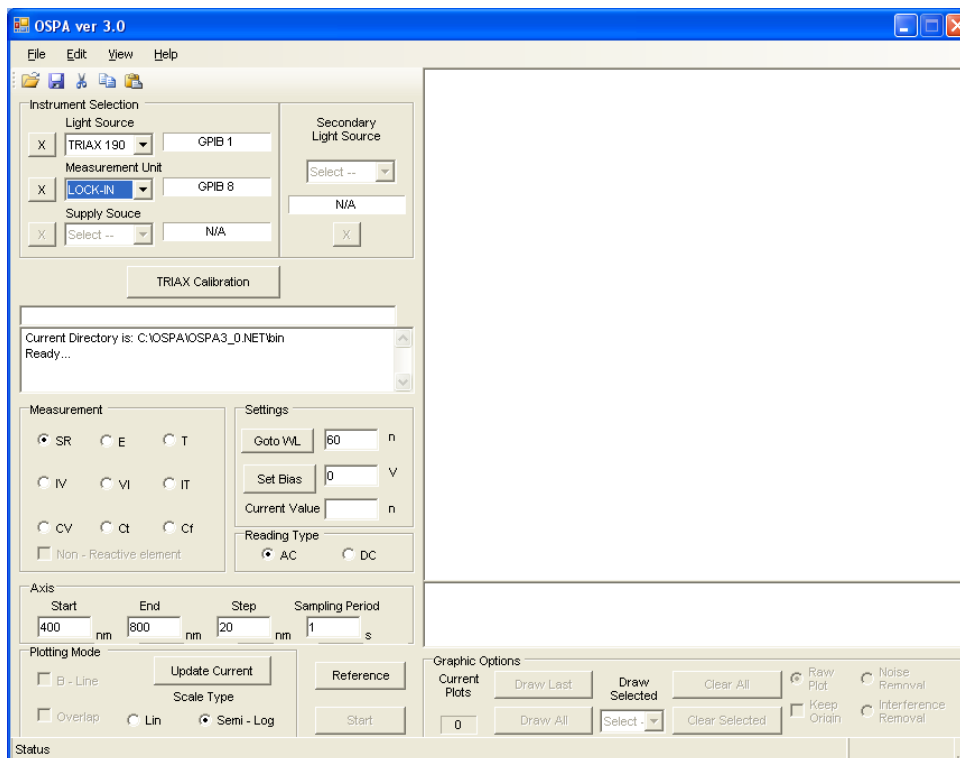


Figura 14 – Interface gráfico da aplicação OSPA.

Será agora necessário definir os parâmetros que são pretendidos para a obtenção dos resultados. Desta forma o tipo de medida será configurado para fotocorrente em função do comprimento de onda (*Measurement* definido em *E*).

Capítulo 1 – Medição da resposta espectral

A tensão de polarização será manipulada no campo *Set Bias* e a janela de comprimentos de onda a medir será definida no campo *Axis* com os respectivos valores de *Start* e *End*.

Teremos também de definir o valor de *Step* dos comprimentos de onda, bem como o período de amostragem do sinal (*Sampling Period*).

O tipo de leitura de valores (*Reading Type*) deverá ficar definido no tipo de leitura *AC*.

Será também necessário definir a escala de valores do gráfico a ser apresentada como *Semi-log* de forma a ser mais facilmente visível as diferenças de valores medidas.

Os valores ideais para a medição da resposta espectral encontram-se definidos na Figura 15.

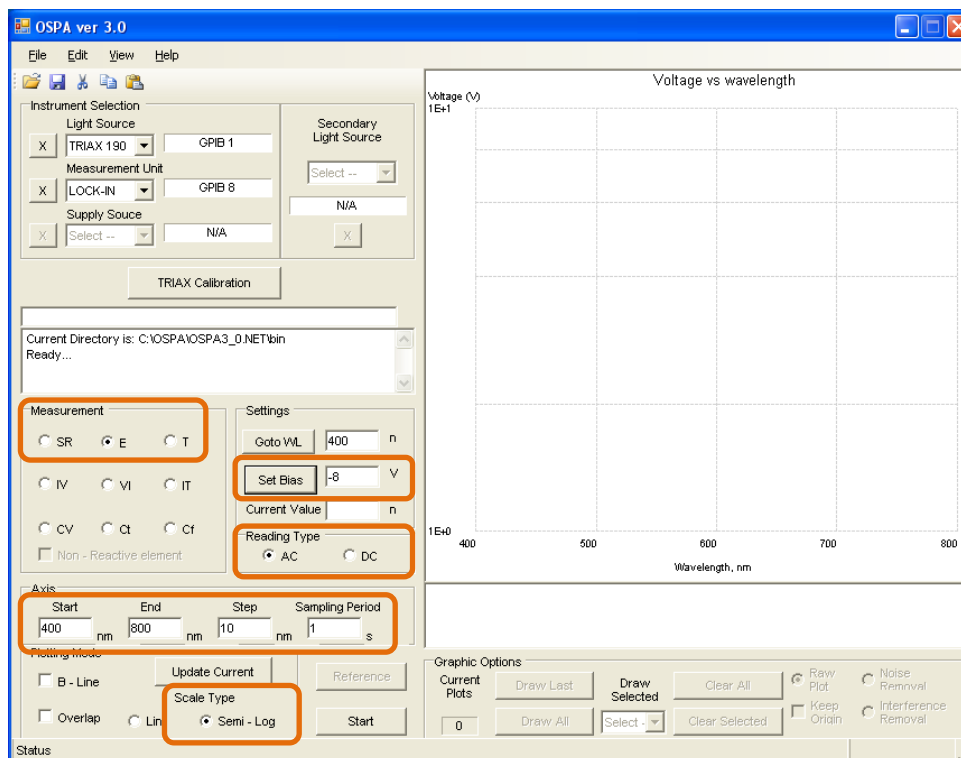


Figura 15 – Escolha dos parâmetros de configuração da medição da resposta espectral.

De forma a validar a comunicação e correcta configuração dos equipamentos será visível que ao escolher o valor no campo *Set Bias* na Figura 15 para o valor de -8V, o dispositivo *Lock-In* irá mostrar esse valor de polarização a aplicar ao dispositivo no seu ecrã conforme demonstra a Figura 16.



Figura 16 – Tensão de polarização definida no equipamento *Lock-In*.

Com a correcta configuração dos equipamentos na aplicação gráfica, e com a definição de todos os parâmetros de medida, podemos proceder ao início do processo de medição tendo em consideração que os resultados da medição serão por defeito guardados na pasta pré-definida apresentada na aplicação (Figura 17).

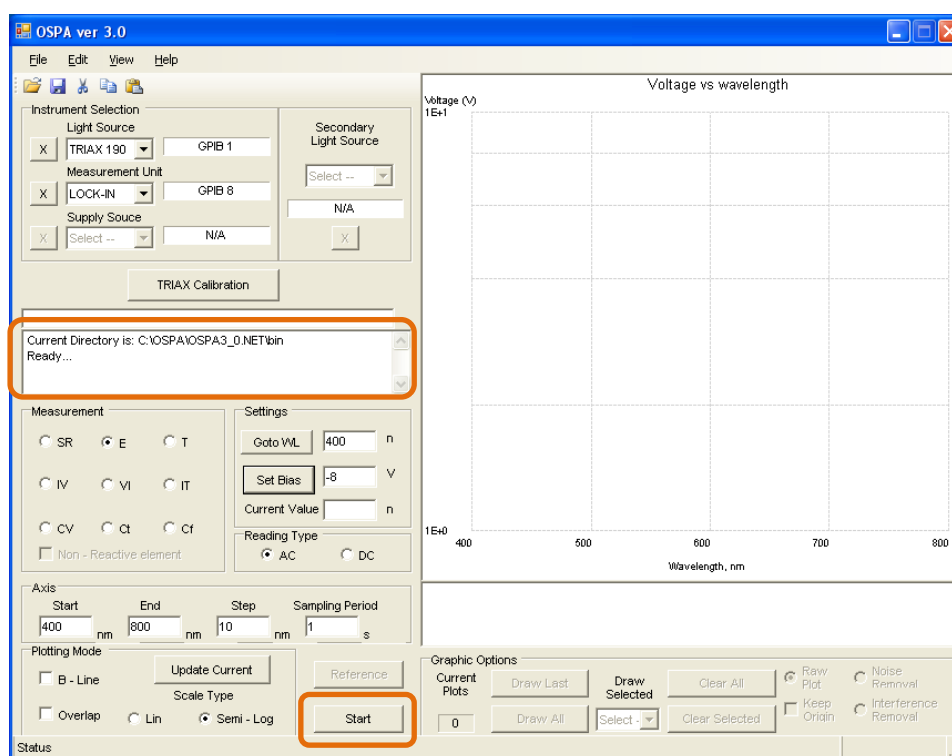


Figura 17 – Início do processo de medição da resposta espectral.

Iniciado o processo de medição será audível o funcionamento e ajuste do motor de passos e da grelha de difracção a efectuar a análise na janela de comprimentos de onda definida na aplicação. Na aplicação gráfica (Figura 18) serão apresentados os resultados medidos a nível de valores numéricos e a nível de gráfico. De salientar que é apresentado o valor do comprimento de onda actual sobre o qual está a ser efectuada a medição da fotocorrente.

Capítulo 1 – Medição da resposta espectral

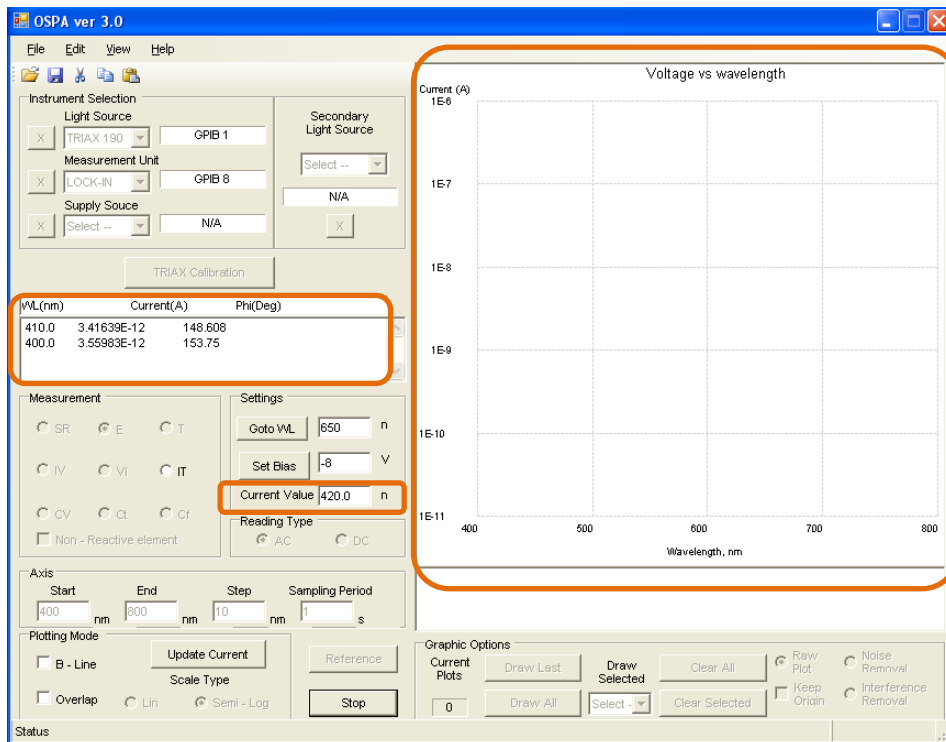


Figura 18 – Processo de medição da resposta espectral em curso.

Finalizado o processo de medição é solicitado ao utilizador que introduza uma breve descrição da medição efectuada, que poderá ser opcional (Figura 19).

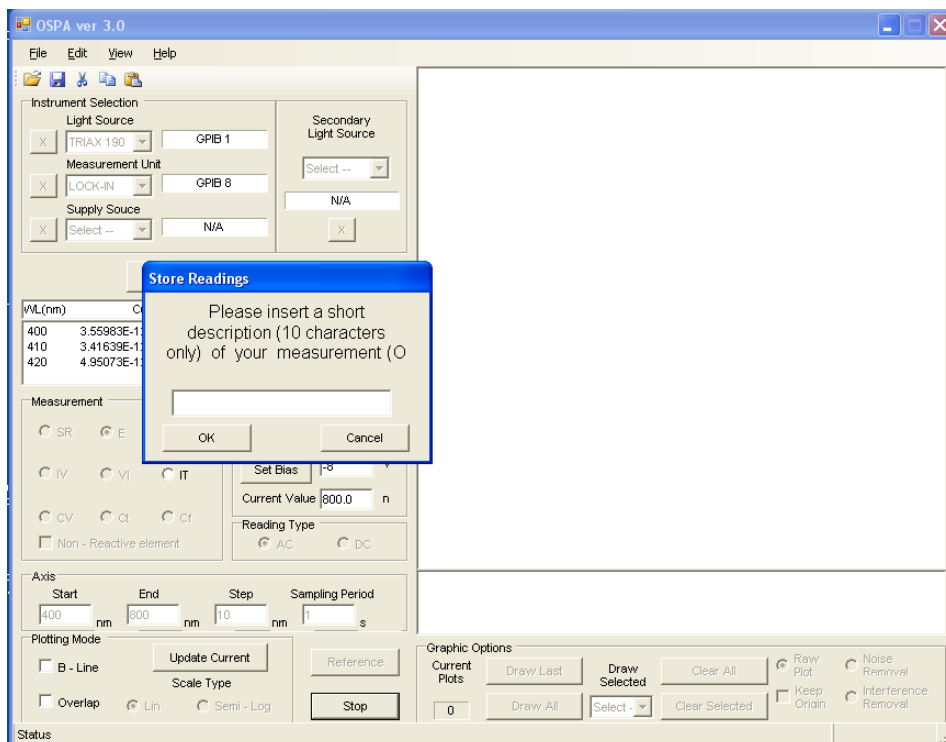


Figura 19 – Gravação da descrição da medição da resposta espectral.

Será indicado ao utilizador que as medições efectuadas se encontram gravadas (Figura 20).

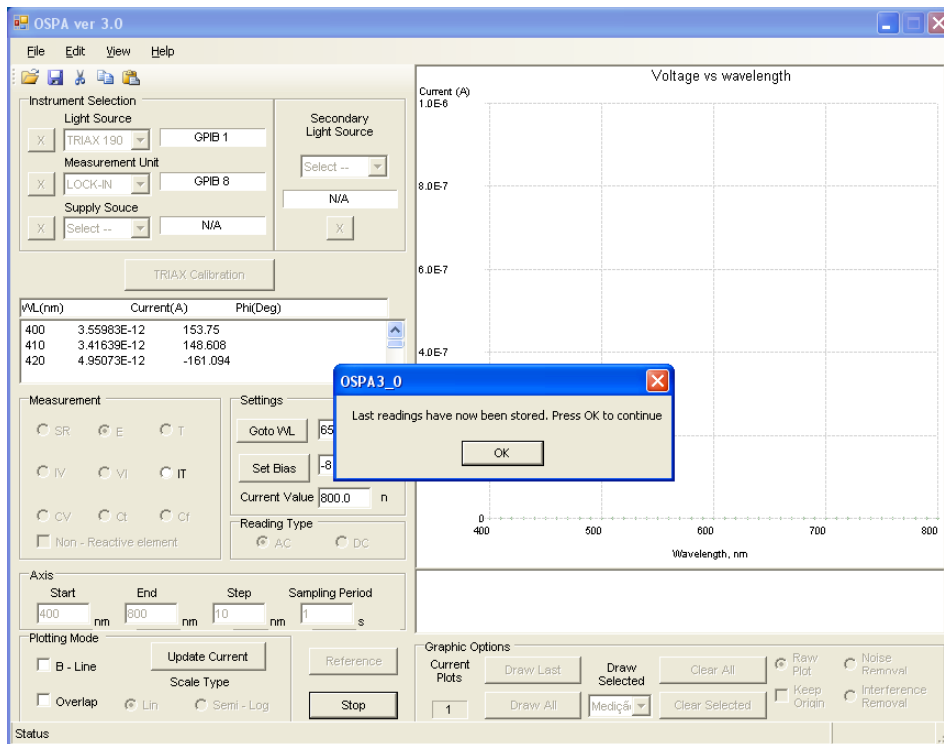


Figura 20 – Confirmação do sucesso da gravação das medições efectuadas.

A Figura 21 apresenta o resultado final da medição da resposta espectral com o gráfico resultante da fotocorrente em função do comprimento de onda. Caso se pretendam guardar os resultados medidos a nível de valores numéricos deverá ser seleccionada a caixa dos respectivos valores e copiar os mesmos para uma folha de dados *Excel*.

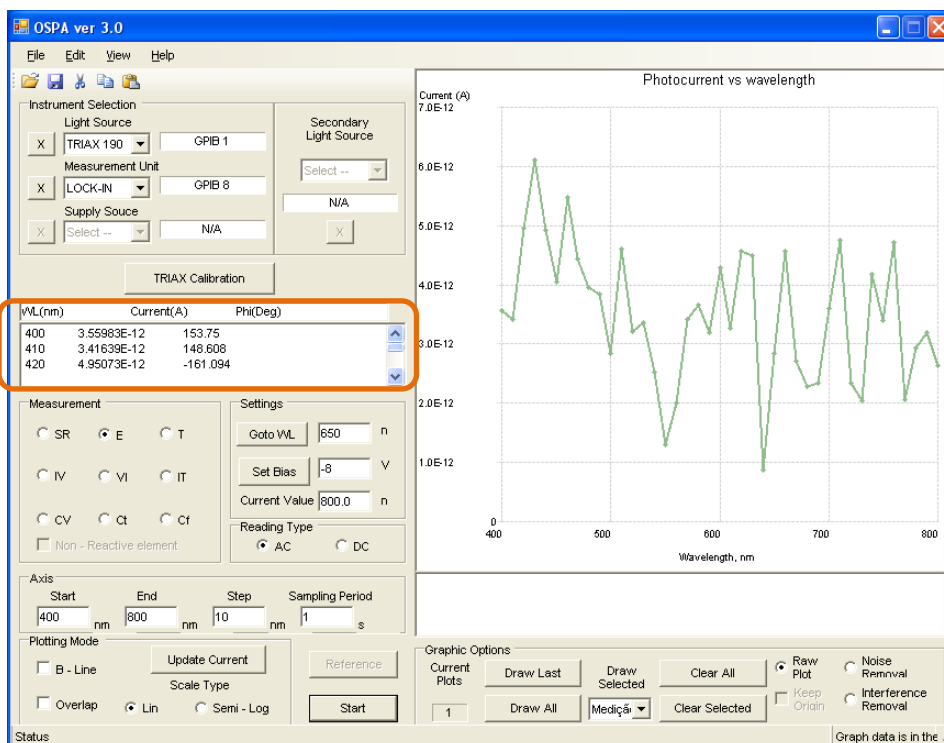


Figura 21 – Resultado gráfico da medição da resposta espectral.

Capítulo 2 - Análise de sinais WDM

Nesta fase do trabalho pretende-se analisar a transmissão de sinais WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) e a utilização do dispositivo fotodetector como demultiplexador sob diferentes condições de iluminação, variando o *bitrate* e a intensidade dos LEDs geradores do sinal, bem como a intensidade, posição e comprimento de onda da radiação do LED de fundo.

De forma a ser possível caracterizar esta estrutura semicondutora como dispositivo demultiplexador foi feita a medição da fotocorrente gerada com um osciloscópio sob diferentes condições de iluminação de fundo. A montagem experimental encontra-se esquematizada na Figura 24.

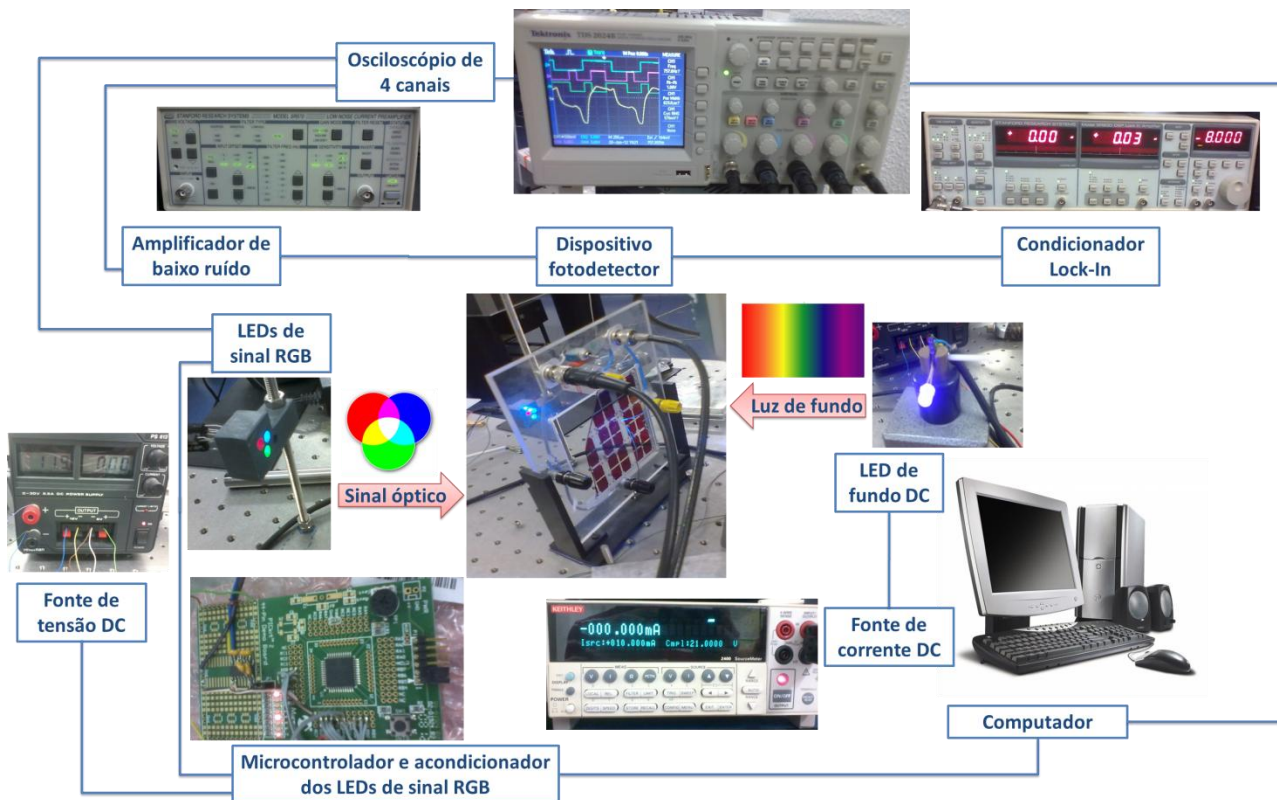


Figura 24 – Diagrama da montagem para o estudo dos sinais WDM.

Para a simulação dos três canais de transmissão de dados foram utilizados três LEDs de alto brilho com os respectivos comprimentos de onda que cobrem a região do espectro visível, luz vermelha (626nm), verde (525nm) e azul (470nm). Cada um destes LEDs irá representar um canal óptico diferente através de um sinal de onda quadrada que será controlado por uma placa microcontroladora ligada a um computador.

Esta placa é alimentada através de uma fonte DC de tensão e totalmente configurável através de uma ligação série de um computador. Através desta placa é possível definir e gerar as sequências

Capítulo 2 – Análise de sinais WDM

binárias individuais nos três canais e também regular a corrente de polarização desses mesmos LEDs emissores de sinal.

De forma a poder controlar a tensão de polarização do dispositivo fotodetector, é utilizado o dispositivo condicionador *Lock-In* configurado para uma determinada tensão DC fixa. Por defeito, a tensão de polarização utilizada nas medições é de -8V, sendo esse valor de tensão ajustado através do botão rotativo do equipamento *Lock-In* (Figura 25).



Figura 25 – Ajuste da tensão de polarização do *Lock-In*.

Dado que o sinal de fotocorrente gerado pelo dispositivo fotodetector é bastante pequeno, é necessário efectuar a amplificação desse mesmo sinal. Para tal, é utilizado um dispositivo pré-amplificador de baixo ruído. Para a leitura do sinal óptico emitido pelos três canais de transmissão de dados e também para a medição da fotocorrente gerada pelo dispositivo fotodetector, foi utilizado um osciloscópio digital de 4 canais, sendo possível com um *software* de captura de dados aceder a esta informação do osciloscópio através de um computador.

Os LEDs de fundo que incidem no lado frontal e posterior são alimentados por uma fonte de corrente DC que permite controlar a sua respectiva intensidade luminosa, sendo também posicionados num suporte específico (Figura 26).

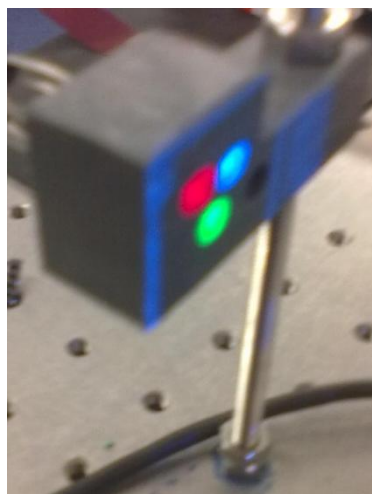


Figura 26 – Suporte dos LEDs de sinal RGB e do led de fundo frontal.

A distribuição dos respectivos LEDs de sinal RGB (*Red-Green-Blue*) e do LED de fundo frontal encontram-se distribuídos da forma apresentada na Figura 27.

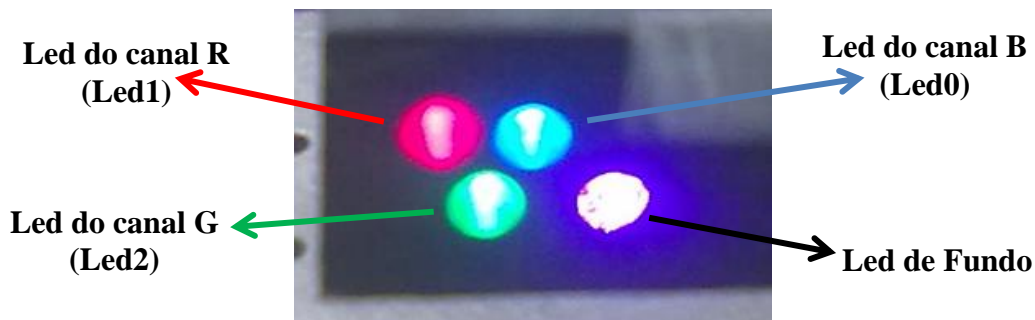


Figura 27 – Distribuição dos LEDs de sinal RGB e do led de fundo frontal no suporte.

2.1 - Ligação série à placa microcontroladora

De forma a controlar a placa microcontroladora e o funcionamento dos respectivos LED's será necessário definir uma ligação entre o computador e a placa através de uma ligação à porta série. Uma aplicação de fácil utilização e que se encontra instalada por defeito no computador é a aplicação *Hiperterminal* (Figura 28).

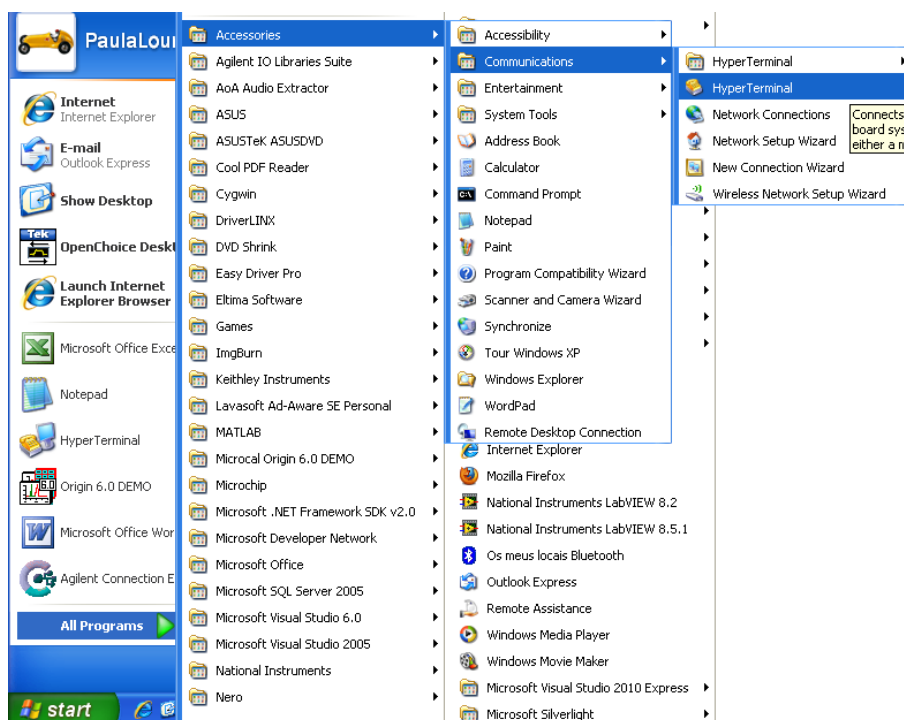


Figura 28 – Execução da aplicação *Hiperterminal*.

Na aplicação *Hiperterminal* é definido um nome para a ligação a ser executada, é escolhida a porta de comunicação a utilizar no computador e os respectivos parâmetros da ligação série (Figura 29).

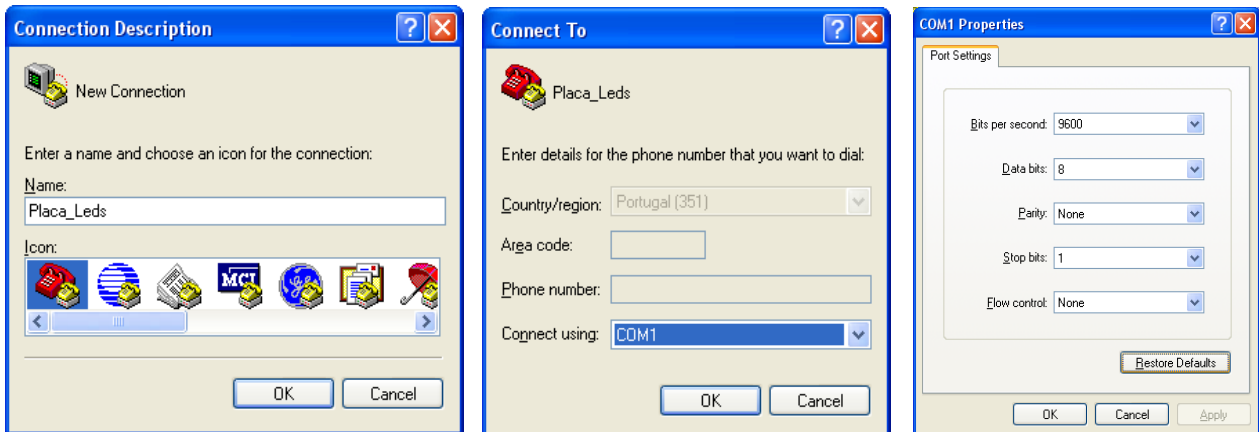


Figura 29 – Configuração da ligação série através da aplicação *Hiperterminal*.

Após a escolha dos parâmetros de ligação é visível a lista de comandos que poderão ser dados à placa microcontroladora (Figura 30).

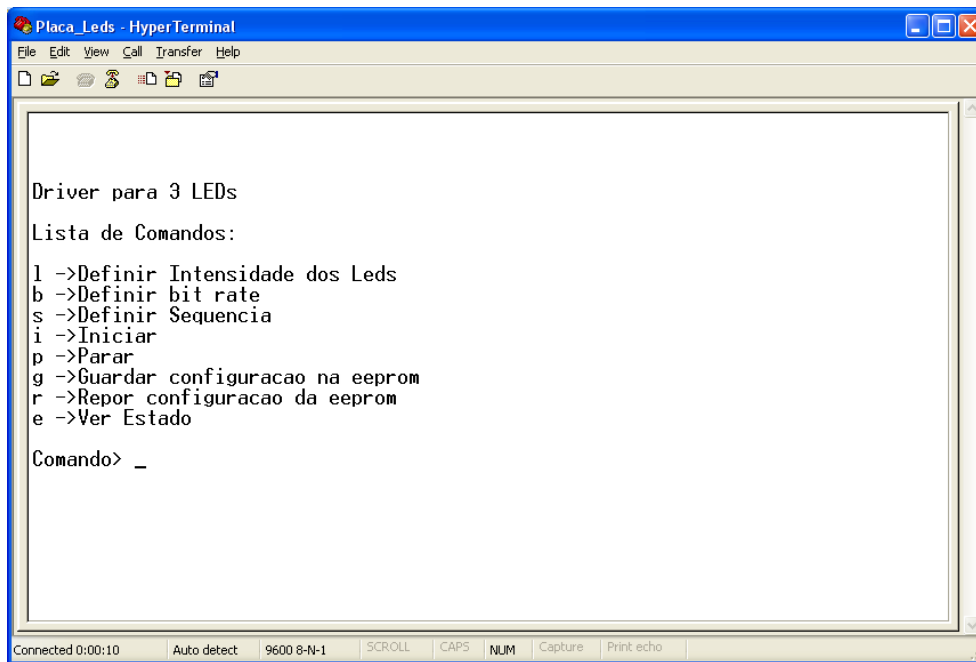


Figura 30 – Lista de comandos da placa microcontroladora.

Com a lista de comandos da placa microcontroladora podemos então definir o bit-rate do sinal incidente, definir a sequência de transmissão de cada um dos três canais do sinal incidente e iniciar a transmissão desse mesmo sinal (Figura 31).

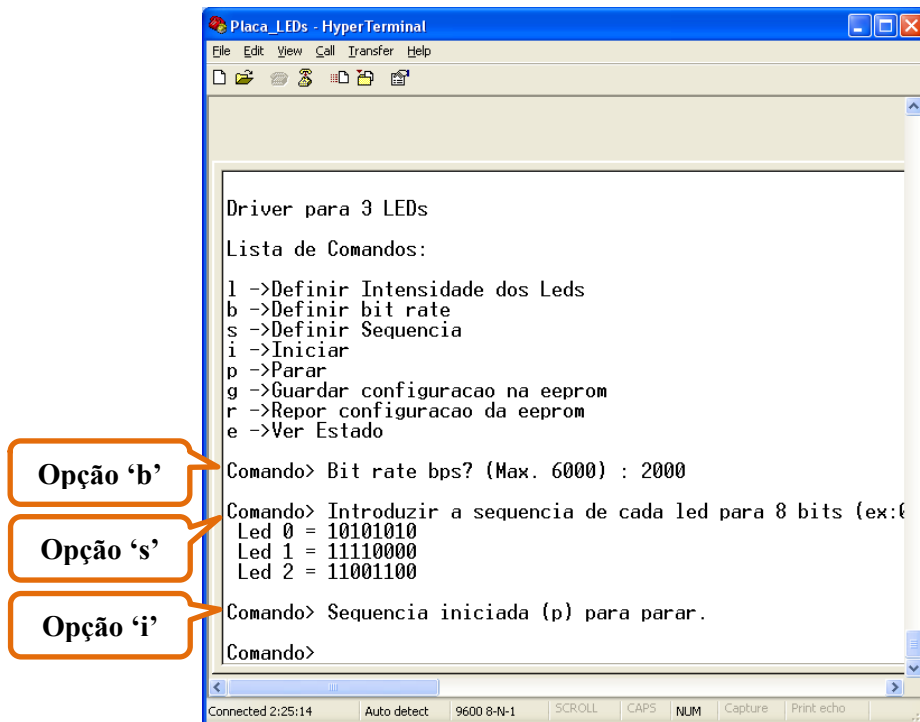


Figura 31 – Exemplo de uma configuração de sinais na placa microcontroladora.

O resultado da medição é apresentado no osciloscópio digital de 4 canais (Figura 32).

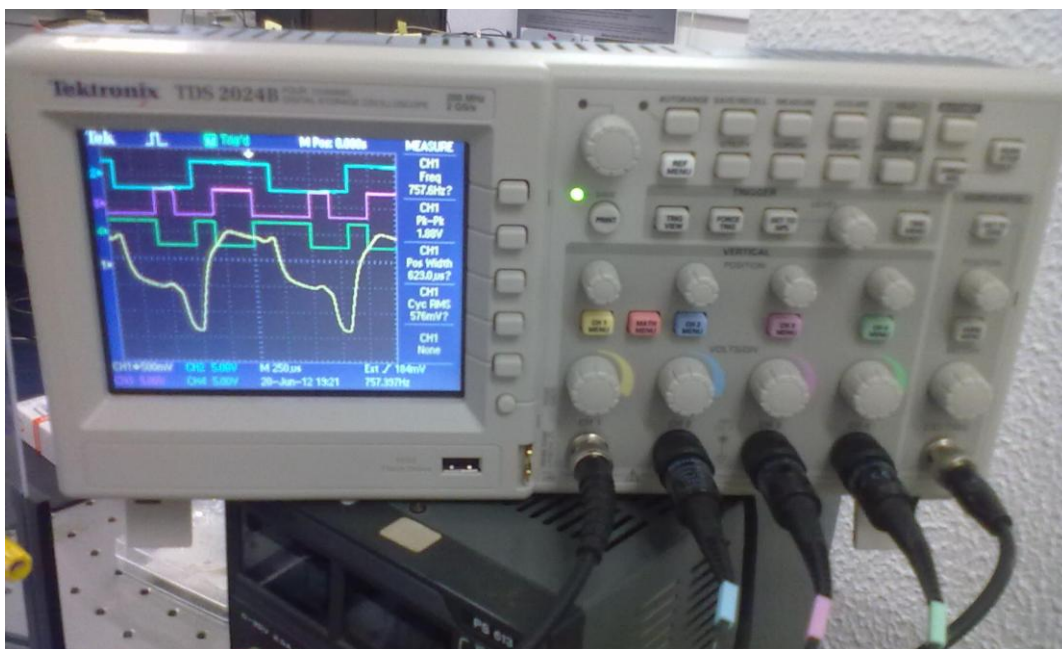


Figura 32 – Medição de fotocorrente no osciloscópio de 4 canais.

2.2 - Variação do bit-rate do sinal incidente

A variação do bit-rate do sinal de dados incidente é efectuada através da lista de comandos da placa microcontroladora (Figura 30 e Figura 31).

2.3 - Influência da luz de fundo

A luz de fundo poderá incidir pelo lado frontal e pelo lado posterior da estrutura semicondutora, utilizando um LED DC, onde poderá também ser alterada a corrente de polarização desse mesmo LED de forma a variar a sua intensidade luminosa (Figura 33).

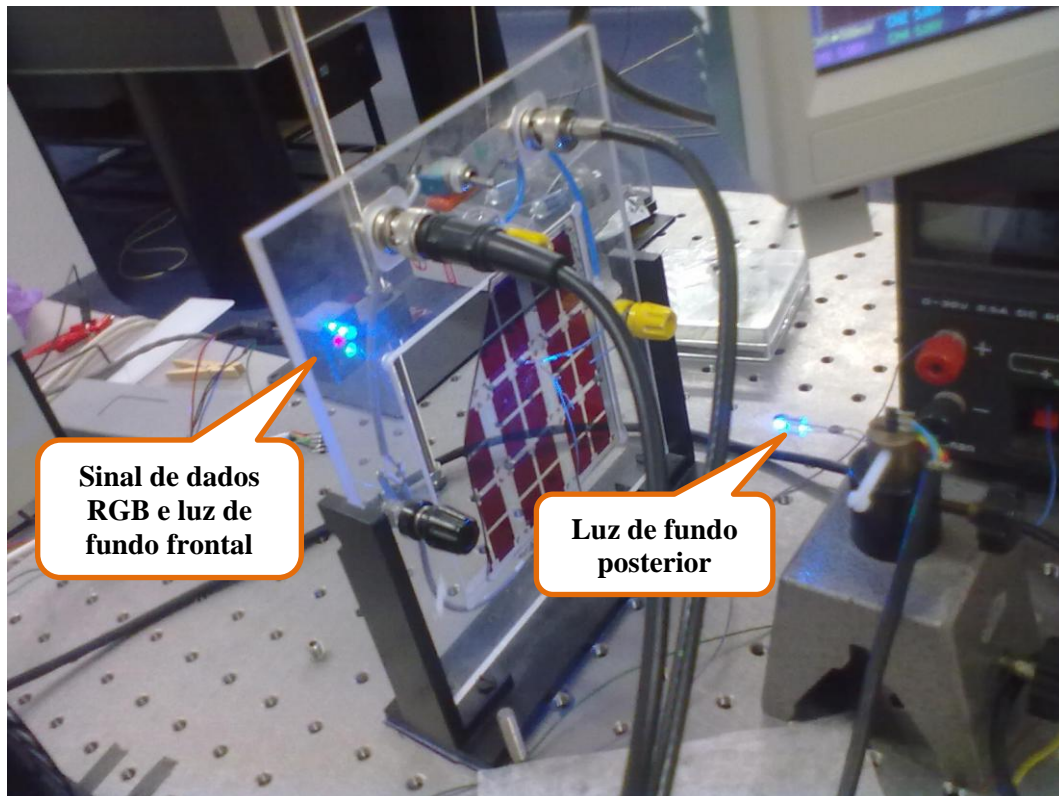


Figura 33 – LED DC como luz de fundo frontal e posterior.