

# Resultados Experimentais com Transceptor Óptico tipo Wireless

William dos Santos Fegadolli, Bráulio Fernando R. Sakamoto e José Edimar Barbosa Oliveira

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA – Divisão de Engenharia Eletrônica – Departamento de Microondas e Optoeletrônica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias – São José dos Campos – SP – Brasil. ZIP: 12228-900.

**Resumo** – Atualmente, sistemas de comunicação óptica que utiliza propagação no espaço livre (Optics Wireless Communication – OWC, or Free Space Optics - FSO) têm atraído grande interesse do setor das telecomunicações devido à simplicidade de manuseio, alta conectividade e a segurança dos dados, quando comparado aos sistemas wireless (sem fio) convencionais. Este trabalho, apresenta os resultados obtidos com um transceptor OWC utilizando a interface RS-232. Algumas características funcionais da referida interface são descritas de forma detalhada. Também são apresentados resultados experimentais do protótipo do transceptor desenvolvido, bem como as suas características funcionais.

**Palavras chaves** – Comunicação de dados, Free Space Optics, Transceptor, interface RS – 232.

## I. INTRODUÇÃO

Em termos gerais, a tecnologia OWC consiste na transmissão de informação ponto a ponto através de uma portadora óptica (Laser) que se propaga na atmosfera, ou seja sem o emprego de fibras ópticas. Esta tecnologia tem se mostrado eficiente com relação à implantação e à segurança da informação. A segurança da informação na transmissão advém da reduzida seção transversal do feixe óptico - portadora óptica. Esta característica geométrica dificulta a interceptação do sinal modulado por um invasor, mesmo quando não se leva em consideração os códigos criptografados. Por esta razão, as arquiteturas de tipo OWC podem possibilitar sistemas mais seguros quando comparados com outros sistemas sem fio. Sistemas OWC têm sido amplamente utilizados por bancos e operadoras de telefonia nas regiões metropolitanas, onde a implantação de redes convencionais, com cabeamento, pode não ser a solução mais adequada [1][2].

Por outro lado, é bem conhecido que em espaço livre, um feixe de laser se expande transversalmente ao se propagar entre dois nós de conexão de uma rede tipo OWC. Via de regra, a separação entre dois nós é estimados em torno cinco quilômetros. No que diz respeito às atenuações, os sistemas com fibras ópticas diferem significativamente daqueles com concepção de tipo OWC; Por exemplo, quando se utiliza fibras monomodo, a atenuação resultante encontra – se em torno de 0.2 a 0.5 dB/km, e com o emprego de fibras multimodos a atenuação varia entre 2 e 5 dB/km [2]. No caso de sistemas de tipo OWC, a estimação da atenuação torna – se mais complexa, visto que a portadora óptica fica exposto às condições atmosféricas, as quais dependem de vários fatores ambientais [1][2].

Resultados disponibilizados na literatura especializada, revelam que a tecnologia OWC pode ser utilizada em aplicações militares, tais como: comunicação entre tropas a curtas distâncias (entre 500m a 5 km), intercomunicação entre torres de comunicação e até mesmo no acionamento de dispositivos à distância.

William dos Santos Fegadolli, [fegadolli@ita.br](mailto:fegadolli@ita.br), Bráulio Fernando R. Sakamoto, [sakamoto@ita.br](mailto:sakamoto@ita.br), José Edimar Barbosa Oliveira, [Edimar@ita.br](mailto:Edimar@ita.br), Tel. +55 12 3947-6873.

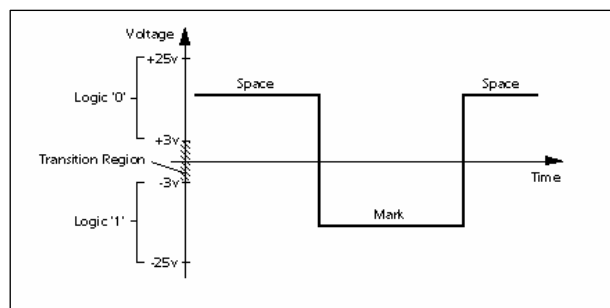
Este trabalho, que visa apresentar os resultados obtidos com um protótipo experimental de transceptor OWC com comunicação serial através da interface RS-232, é constituído de quatro seções, além desta introdução. Na segunda seção, são apresentadas as características de funcionamento da porta Serial RS-232 que são essenciais para o projeto do modulador empregado no transceptor. A terceira seção diz respeito aos processos e às técnicas utilizadas para construir o transceptor, bem como à descrição de seus blocos fundamentais. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados experimentais mais relevantes, enquanto as conclusões e algumas sugestões de trabalhos futuros são apresentadas na quinta seção.

## II. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DA PORTA SERIAL RS-232

Em um sistema de comunicações ópticas, para se efetuar a modulação podem ser utilizados dois tipos de técnicas de modulação, a saber: modulação direta e modulação externa. A modulação utilizada nesta publicação é a direta. Neste tipo de modulação duas características são importantes: a transmitância da fonte óptica que gera o sinal de portadora (Diodo-Laser) e a forma de onda do sinal de informação. Nessa seção do trabalho, enfatizam-se as características do sinal de informação obtido com a interface RS-232, de forma a auxiliar no projeto modulador selecionado.

O sinal de informação disponibilizado pela porta serial RS-232 é de tipo digital, conforme mostrado na Fig. 1; os níveis lógicos do sinal são especificados por um intervalo de tensão que compreende o intervalos de +3V a +25V para o nível lógico “0” e -3V a -25V para um nível lógico “1”[3]. Enfatiza-se que existe uma faixa larga de valores de tensão que representam os níveis lógicos da interface. Esta característica, faixa larga do sinal elétrico, é um mecanismo de segurança que garante a interpretação lógica da interface

Figura 1 – Sinal digital na saída da interface RS – 232[3]



pelos diversos dispositivos que utilizam à interface RS-232. Tal medida de segurança é adotada devido a não padronização dos fabricantes.

Portanto, a função do circuito modulador é de converter o sinal elétrico da interface em um sinal elétrico capaz de “modular” o diodo-Laser. O sinal elétrico de modulação deve corresponder aos níveis elétricos de 2V-2.5mA e 4.5V-

31.8mA, que compreende a região de emissão estimulada do Diodo-Laser utilizado.

A Fig. 2 ilustra as características experimentais de um sinal de informação utilizado para conectar dois computadores por meio da porta Serial RS-232. Trata-se de um display de um osciloscópio que está ajustado na escala de 5V por divisão (quadrado maior). Visualize-se que o nível lógico alto “0” está entorno de 8V e o nível lógico baixo “1” está entorno de -8V, em conformidade à referência [3].

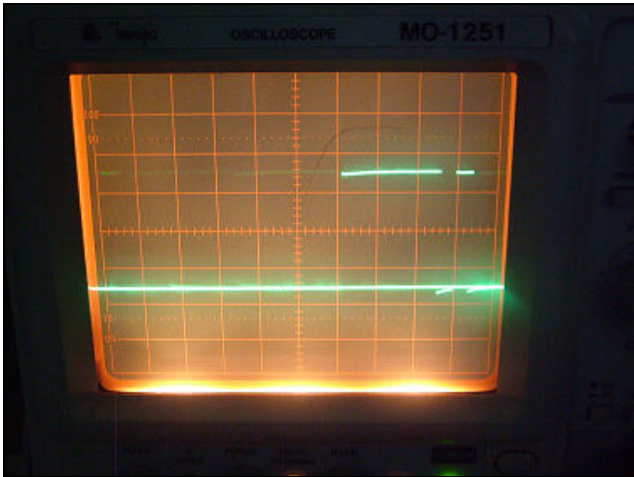


Fig.2: Sinal elétrico do caractere “espaço” sendo transmitido pela porta Serial RS-232

### III. CONSTRUÇÃO DO TRANSCÉPTOR

Neste trabalho foi utilizada modulação direta, como mencionado na seção anterior, que consiste na modificação da intensidade do sinal da portadora por meio de um sinal modulante aplicado nos terminais do dispositivo semicondutor emissor de luz. Dessa forma, a intensidade da portadora é controlada através de um sinal modulante (sinal de informação). A Fig. 3 ilustra a transmitância padrão de um diodo Laser, curva que relaciona a potência do sinal óptico com a corrente elétrica aplicada nos terminais do dispositivo, bem como os pontos de máxima e mínima potência óptica. O sinal de modulação deve polarizar o dispositivo emissor de luz, diodo-Laser, nas condições de máxima e mínima potência óptica.

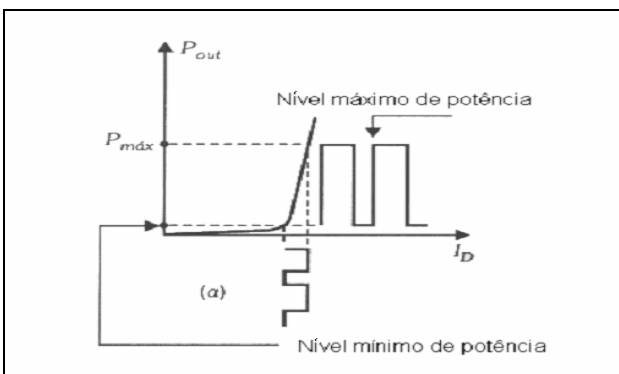


Fig. 3: Relação da potência óptica pela corrente aplicada nos terminais do dispositivo emissor de luz, Diodo Laser [4].

A partir das características elétricas do sinal modulante, projetou-se o protótipo do transceptor óptico. O dispositivo foi construído de forma que o sinal de informação da RS-232 module a portadora emitida pelo diodo-Laser nos níveis de

tensão e corrente elétrica necessária para a máxima e mínima intensidade de potência como mostrado na Fig.1 e citado na seção anterior.

Para compreender as características funcionais do transceptor são consideradas quatro etapas fundamentais: a liberação do sinal de informação pela porta RS-232; conversão lógica do sinal da interface RS-232 para a lógica TTL; inversão lógica de sinais TTL e, finalmente, a polarização do diodo-Laser nas condições de modulação na região estimulada que, como citado anteriormente, compreende os níveis elétricos de 2V-2.5mA e 4.5V- 31.8mA

A primeira etapa consiste em liberar os canais de comunicação da porta RS-232. A referência [3] descreve uma configuração com “saltos” que permitem realizar a liberação dos canais de informação da respectiva porta para transmitir informação de uma porta RS-232 para outra. A Fig. 4 descreve a configuração necessária para realizar tal liberação.

A segunda etapa consiste na conversão lógica dos sinais elétricos da interface RS-232 através de um circuito integrado conversor de nível (HIN232). Este Circuito Integrado tem a função de conversor de nível, ele realiza a principal etapa do circuito, ele converte os níveis de tensão que estão no intervalo de +3V a +25V e -3V a -25V para 0V e 5V, respectivamente.

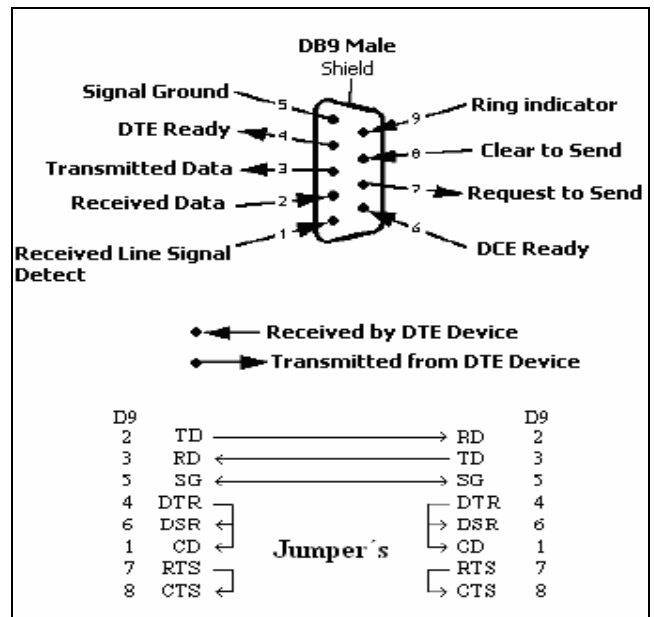


Fig. 4: Configuração da porta RS-232 para liberação dos canais de comunicação [3].

Após a conversão de nível realiza-se uma inversão lógica do sinal com uma porta inversora (CI 7414). A inversão é necessária devido o nível lógico “0” ter valor de tensão de 5V, estabelecendo um nível alto quando nenhum dado é transmitido.

A figura 5 descreve todas as etapas que o sinal de informação sofre antes de chegar à última etapa, que consiste na polarização do diodo-Laser na região estimulada.

A partir da terceira etapa, representada na figura 5, polariza-se um transistor para controlar a corrente nos terminais do diodo Laser.

No processo de demodulação, utilizou-se um fotodetector para detectar a intensidade óptica do sinal modulado e então se realizou o processo contrário ao de modulação com o sinal detectado.

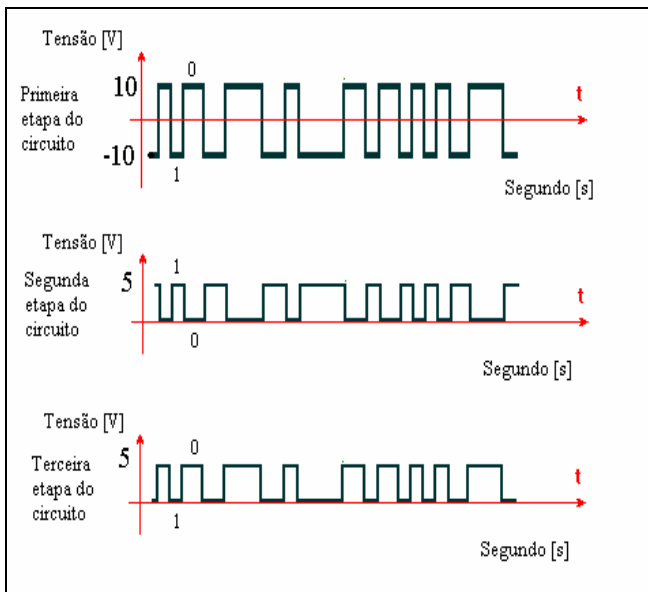


Fig. 5: Etapas do tratamento do sinal para modulação.

A Fig.6 ilustra o layout do circuito transceptor, que realiza todas as etapas discutidas nesta seção.

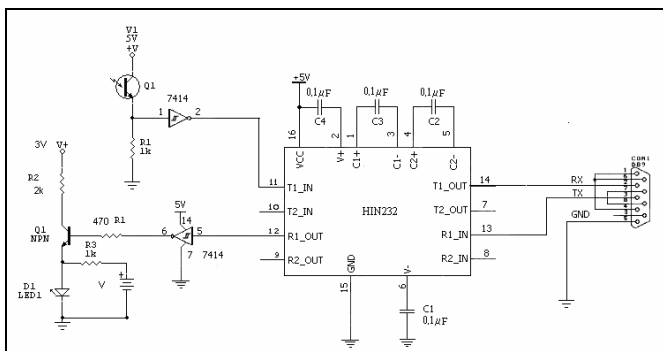


Fig. 6: Representação esquemática do circuito Transceptor.

#### IV. RESULTADOS

Embora o protótipo desenvolvido tenha suas limitações devido à baixa qualidade dos componentes eletrônicos e pela baixa taxa de transmissão da porta Serial RS-232, pôde-se transmitir arquivos de imagens, áudio, vídeo e texto com o auxílio do Software Hiper Terminal da Microsoft.

O protocolo de comunicação utilizado foi o Z-MODEM, que permite correção de bits em uma eventual interceptação involuntária do feixe de luz de um possível móvel que cruze o link estabelecido entre os pontos de conexão. O protocolo referido também tem flexibilidade de alterar o tamanho do payload, em caso de alta quantidade de erros e baixa qualidade do canal de comunicação (atmosfera).

A distância que os transceptores foram afastados para a transmissão foi de aproximadamente cinquenta metros em ambiente controlado em condições normais de temperatura e pressão.

O dispositivo foi preparado para transmitir dados a uma taxa de transmissão na ordem de 120 Kbps. No entanto, devido às limitações do diodo-Laser utilizado, foi alcançada uma taxa de transmissão de 4,2 Kbps. Esta taxa poderia ser aumentada com a substituição do Diodo -Laser.

Na detecção do sinal modulado utilizou-se uma lente convergente para focar a abertura do feixe sobre o

fotodetector. Esta técnica permitiu a utilização de menos potencia óptica para alcançar distâncias superiores.

Mesmo com obstáculos cruzando o feixe que estabelece a comunicação, o sistema se comportou de forma satisfatória, perdendo pouco desempenho.

Foram simuladas condições de fraca nebulosidade no meio de transmissão, e o sistema como um todo não apresentou problemas que comprometessem definitivamente a transmissão, mostrando ser robusto para regiões que apresentem condições semelhantes.

A figura 7.a mostra o sinal elétrico da porta RS-232 através de um osciloscópio sendo transmitido para o bloco modulador, a 7.b mostra o sinal elétrico que será entregue à porta RS-232 sendo transmitida do bloco demodulador para a mesma.

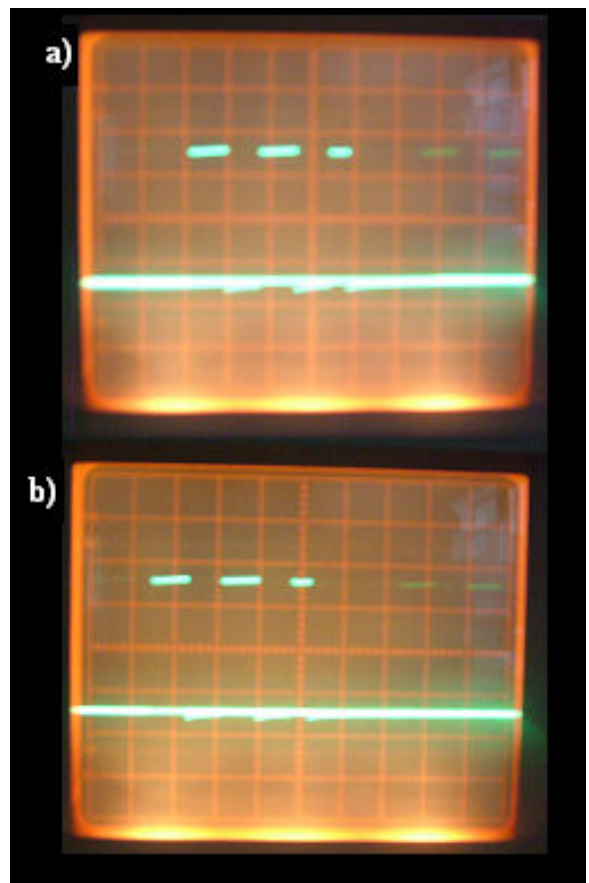


Fig.7: Comparação entre sinal de informação a ser transmitido, parte a) e sinal demodulado, parte b), que será transferida para a Porta RS-232, que realizará a interpretação da informação.

#### V. CONCLUSÕES

A partir do transceptor em síntese pode-se projetar dispositivos que operem em taxas de transmissão muito superiores a 2 Mbps. O alcance do enlace de comunicação limita-se a intensidade óptica, intrínseca do dispositivo emissor de luz, utilizada na modulação e pela absorção da atmosfera nas mais adversas situações.

Vale a pena ressaltar que o diodo-Laser utilizado emitia radiação eletromagnética na região visível (630 nm). Com utilização de um diodo-Laser que operasse na região do infravermelho, poderia ser menos vulnerável a absorção e mais seguro do ponto de vista de interceptação.

Por fim, é importante ressaltar que essa tecnologia pode apresentar um grande atrativo para as forças armadas devido

a fácil instalação e segurança que o sistema pode oferecer para comunicação de dados.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Força Aérea Brasileira, ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica e ao Centro Universitário Salesiano, que prestam indispensável apoio a presente linha de pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- [1] W. S. Fegadolli, “Implementação de um sistema de comunicação de Dados Através da Tecnologia OWC”. 2006. 87p. Trabalho de graduação – Unisalesiano.
- [2] J. A. H. Osório, “Simulação e desenvolvimento de um enlace de ‘Free-Space Optics’ no Rio de Janeiro e a relação com a ITU-T G826”. 2005. Tese de Mestrado - PUC.
- [3] E. Canzian, “Minicurso de Comunicação Serial RS-232”, Disponível em <<http://www.eletricazine.hpg.com.br>>. Acesso em: 26 de set. 2004.
- [4] J. A. J. Ribeiro. Comunicações Ópticas. São Paulo: Érica, 2003. pág. 17-84; 202-333.
- [5] G. Torres, “Hardware: Curso Completo”. 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001. pág. 905-928.
- [6] G. Torres, “Redes de Computadores: Curso Completo”. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001. pág. 1-27.
- [7] G. Agrawal, “Fiber-Optic Communication Systems”. 3. Ed. New York: Wiley-Interscience, 2002.
- [8] F. Gouveia, J. A. A. Pereira, J. K. C. Pinto. “Projeto de um Transceptor Óptico para Comunicação Digital no Espaço Livre ” MOMAG - 2006, Belo Horizonte - MG
- [9] B. F. R. Sakamoto, W. S. Fegadolli, J. E. B. Oliveira, “Emprego Militar de Comunicações Ópticas em Espaço Livre - FSO”, Trabalho a ser apresentado no IX SIGE, 2007

#### AUTORES

William dos Santos Fegadolli é Engenheiro de Telecomunicações formado pelo Centro Universitário Salesiano em 2006, Campus de Araçatuba – SP. Em 2006, seu trabalho de conclusão de curso foi laureado como um dos melhores trabalhos de conclusão de curso da referida instituição. Atualmente realiza mestrado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, área de Microondas e Optoeletrônica.

Braulio Fernando R. Sakamoto é oficial da arma de Comunicações, formado pela Academia Militar das Agulhas Negras, em 2001. Possui os cursos básicos de Guerra Eletrônica do Exército e da Força Aérea Brasileira, é Mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, área de Microondas e Optoeletrônica, e atualmente desempenha a função de instrutor no Centro Integrado de Guerra Eletrônica do Exército, em Brasília – DF.

José Edimar Barbosa Oliveira é engenheiro elétrico, opção Eletrônica, formado pela Universidade de Brasília – DF. Possui os títulos de Mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em 1980, e Ph.D pela McGill University, em 1988 no Canadá. Atualmente, é professor titular e Coordenador do Departamento de Microondas e Optoeletrônica da Divisão de Engenharia Eletrônica e Computação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em São José dos Campos – SP.