



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/13  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

## **GRUPO – XV**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

#### **DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EM MATLAB PARA PROJETO DE FIBRAS ÓPTICAS DE ALTAS TAXAS DE TRANSMISSÃO E LONGA DISTÂNCIA**

**Rodrigo B. Santos      José F. Adami  
UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA**

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta um software desenvolvido em MATLAB destinado ao cálculo de enlaces ópticos de altas taxas de transmissão e longas distâncias.

O software criado proporciona ao usuário agilidade e confiabilidade nos cálculos de enlaces ópticos. A partir dos dados da fibra, dos parâmetros dos equipamentos a serem utilizados no enlace e da distância do mesmo é possível obter a avaliação necessária para implantação do projeto, isto é, o sistema criado informa prontamente a situação em termos de dispersão e potência.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Enlace , Fibra Óptica, Monomodo, MATLAB, Análise

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A comunicação por Fibras Ópticas torna-se cada vez mais atrativa nos mais variados sistemas de telecomunicações. Nos últimos 20 anos observa-se uma grande expansão da rede óptica, e um crescimento ainda maior previsto para as próximas décadas principalmente no setor elétrico com a implantação das redes inteligentes (Smart Grid).

A clara ascensão dos meios de comunicações ópticos se dá pelo fato de que estes sistemas apresentam menor atenuação, o que permite transmissões a distâncias maiores sem a necessidade de repetidores, e maior largura de banda, que corresponde a taxa máxima de modulação permitida dentro do comprimento do enlace. Além disso, características como pequeno tamanho e peso, imunidade à interferência elétrica, aumento de segurança, aumento da privacidade do sinal, entre outros, apresentados pelas fibras ópticas, colaboraram para sedimentar ainda mais esse sistema.

Tendo em vista a grande popularização dos sistemas ópticos e as tendências ainda mais promissoras, foi desenvolvido no presente trabalho um software capaz de avaliar sistemas de enlaces ópticos de longas distâncias, quanto a dispersão e atenuação do sinal óptico.

O artigo inicialmente procura descrever os principais componentes de um enlace óptico, suas características. Apresenta quais características devem ser consideradas ao dimensioná-lo. Com estes dados e considerações é elaborado um exemplo utilizando metodologia tradicional de cálculos, e finalmente é apresentado o software com mesmos dados utilizados nos cálculos, mostrando assim sua facilidade e agilidade na análise de um enlace óptico.

### **2.0 - TIPOS DE FIBRAS**

Uma fibra óptica é basicamente um guia de ondas dielétrico que apresenta em geral um formato cilíndrico, no qual a energia eletromagnética na forma de luz é transmitida na direção paralela a seu eixo.

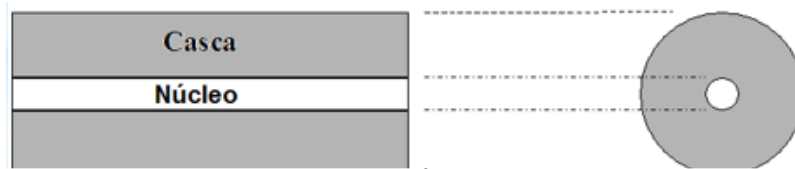


Figura 1 – Fibra Óptica

As propriedades da transmissão é determinada pelas características estruturais da fibra, que determina como o sinal é afetado ao ser transmitido em seu interior.

A propagação da luz ao longo da fibra pode ser descrita em termos de *modos*, que trata-se de um conjunto de ondas eletromagnéticas compostas de campos elétricos e magnéticos, que se repetem ao longo da fibra em tempos iguais. Os tipos de fibras podem ser divididos em dois grupos, de acordo com a quantidade de modos de propagação da fibra: *monomodo* e *multimodo*, ver Figura 2.

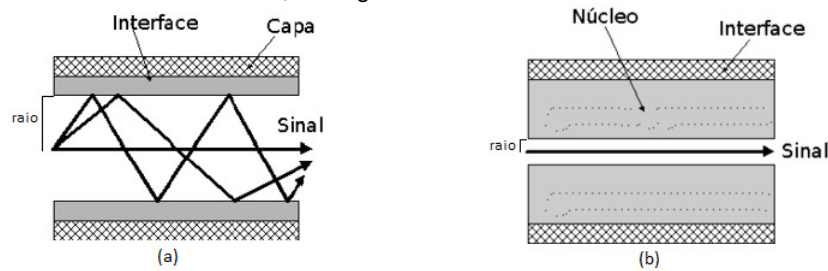


FIGURA 2 – Tipos de Fibras: (a) Multimodo, (b) Monomodo

As fibras *multimodo* apresentam algumas vantagens em relação às fibras *monomodo*. Devido aos raios maiores, ver Figura 2, das fibras *multimodo*, a transmissão de potência se torna mais fácil, outra vantagem é que luz incidente neste tipo de fibra pode ser provida por um LED, em oposição às fibras *monomodo*, as monomodos devem ser excitadas por diodos *laser*, que possuem preços mais elevados e exigem circuitos mais sofisticados para operação. Devido a estas características, as fibras multimodo, são desejáveis em algumas aplicações, principalmente em sistema de curta distância, pois apresenta uma maior atenuação e dispersão. Entretanto para aplicações de longas distâncias as fibras *monomodo* se tornam mais vantajosas devido a sua menor atenuação e maior largura de banda, possibilitando assim atingir maiores distâncias sem repetidores e maiores taxas de transmissão.

### 3.0 COMPONENTES DE UM ENLACE ÓPTICO

A Figura 3 apresenta um esquema básico de um enlace de fibras ópticas.

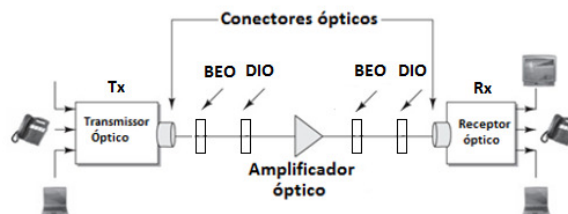


Figura 3 – Enlace óptico

Da Figura 3, obtém-se os seguintes componentes básicos de um enlace de fibras ópticas:

**Transmissor Óptico:** É o equipamento responsável pela transformação do sinal elétrico em raios luminosos, afim de que seja possível a transmissão ao longo da fibra.

**Cabo de Fibra Óptica –** Meio de transmissão por onde sinal luminoso se propaga.

**Receptor Óptico:** Trata-se do equipamentos responsável por receber o sinal luminoso e converter em sinal elétrico afim de ser utilizado pelos demais equipamentos.

**Conectores Ópticos:** São dispositivos utilizados para realizar junções ponto-a-ponto entre duas fibras, ou ainda acoplar a fibra ao transmissor ou receptor óptico.

*Amplificador Óptico:* São dispositivos capazes de amplificar o sinal óptico sem a necessidade de conversão eletro-óptica.

*BEO:* Bastidor de Emendas Ópticas, trata-se de uma estrutura mecânica destinada a acomodar a interligação da fibra do cabo óptico para o equipamento de linha óptica.

*DIO:* Distribuidor Interno Óptico, é um dispositivo mecânico com a finalidade de acomodar a interligação, por conectores da fibra vindos do BEO ao equipamento de linha óptica.

### 3.1 Dimensionamentos de Enlaces Ópticos

A potência e a dispersão são os principais delimitares no projeto de um enlace óptico. As limitações por dispersão surgem geralmente em enlace muito longos cujo a taxa de transmissão se encontram acima de 500 Mbits/s.

Na Figura 3 é apresentado o esquemático do sistema de enlace óptico, no qual a potência de recepção é especificada em função da Taxa de Erro de Bits aceitável (normalmente de  $1 \cdot 10^{-10}$ ). Desta forma um enlace de fibra óptica bem dimensionado deve atender estes dois requisitos.

### 3.2 Fatores a serem levados em consideração devido ao equipamento.

No projeto de sistemas de enlaces ópticos, alguns fatores relacionados aos equipamentos constituinte do enlace devem ser levados em consideração. Os mais importantes podem ser destacados:

*Margem do equipamento:* destinado a suprir os efeitos do tempo e fatores ambientais que podem alterar características como, potência transmitida, sensibilidade de recepção e degradação dos conectores, dos equipamentos que compõem o enlace óptico.

O ITU-T define a 3 dB para sistemas que utilizam *lasers* com estabilidade de temperatura e detectores PIN. Margens maiores utilizadas para sistemas com LED ou lasers não estabilizados em temperatura ou em sistemas que trabalham ao ar livre.

Os dados técnicos normalmente encontrados nos manuais dos equipamentos necessários em projetos de enlaces ópticos são:

*Níveis de Transmissão e Recepção máximos e mínimos*, medidos em dBm, e a *mínima e máxima dispersão suportado pelo Receptor*, medidos em ps/nm.

### 3.3 Características dos Cabos Ópticos

Os seguintes dados relacionados ao cabo óptico são normalmente fornecidos nas especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes:

*Atenuação:* trata-se da atenuação específica da fibra, no qual é apresentada em dB/km.

A Atenuação ou Perda de Transmissão pode ser definida como a diminuição da intensidade de energia de um sinal ao propagar-se através de um meio de transmissão.

*Dispersão:* tratando-se de fibras monomodos é especificada a dispersão cromática, medida em valores de ps/(nm.Km).

Em uma fibra óptica a dispersão é uma característica de transmissão que exprime o alargamento dos pulsos transmitidos. O fenômeno de dispersão é resultado dos diferentes atrasos de propagação causados pelos modos que transportam a energia luminosa. Tem como efeito a distorção dos sinais transmitidos, o que impõe uma limitação da largura de banda do sinal transmitido, e como consequência a limitação da capacidade de transmissão de informação das fibras.

### 3.4 Metodologia de Cálculo

Para cálculo do enlace Óptico deve-se obter os seguintes dados relativos ao equipamento e a fibra óptica:

Transmissor:

Mínima potência de saída (Ptxmin); Máxima potência de saída (Ptxmax)

Receptor:

Máxima potência de recepção (Prxmax); Mínima potência de recepção (Prxmin);

Dispersão cromática mínima e máxima tolerada (De)

Obter os seguintes dados do cabo óptico:

Atenuação (A); Dispersão (Df)

Comprimento da bobina de cabo (para se estimar o número de emendas) ( $L_c$ ),  
O comprimento de cabo em uma bobina esta entre 2 a 7 km.

Obter os seguintes dados do enlace:

Distancia entre Tx e Rx ( $L$ );

Número de conectores entre Tx e Rx ( $N_c$ );

Atenuação considerada para os DIOs ( $U_d$ )

Atenuação considerada para as emendas ( $e$ ), atualmente este valor é menor que 0,1 dB.

Atenuação entre Tx e Rx (para redes de cabos ópticos já instalados)

Ganho dos Amplificadores Óptico

### 3.4 Cálculo da atenuação total entre Transmissor e Receptor

Os cálculos apresentados a seguir devem ser realizados para o projeto do Sistema de Enlace Óptico com objetivo de verificar nível de recepção envolvendo total atenuação do sistema:

Estimar a atenuação total devido à fibra ( $A_f$ ):

$$AT_f = A_f \cdot L$$

$A_f$  atenuação da fibra por km;

$L$  distância do enlace óptico

Atenuação devido a emendas ( $A_e$ )

$$A_e = [(L/L_c) - 1] + 2e = [(L/L_c) + 1] \cdot e$$

Ou

$$A_e = [(L/L_c) - 1] 2e$$

$L_c$  comprimento da bobina de fibra óptica

Perdas por emendas de reparo  $|A_r|$  :

$$A_r = e \cdot 2 \cdot L \text{ (enlace } < 20 \text{ km)}$$

$$A_r = 3 \text{ dB (enlace } > 20 \text{ km)}$$

Margem para re-roteamento ou reparo:

É necessário verificar se o cliente quer que este parâmetro seja levado em consideração.

Margem para envelhecimento (hidrogênio) ( $A_{env}$ )

É necessário verificar se o cliente quer que este parâmetro seja levado em consideração

$$A_{env} = A_{env/km} \times L$$

$A_{env/km}$  atenuação de envelhecimento /km

Normalmente este valor é limitado em 2 dB

Perdas de inserção por painel de distribuição ( $A_{dio}$ ):

São considerados os DIOs presentes entre Tx e Rx.

:

$$A_{dio} = N_d \cdot U_d$$

$U_d$  atenuação por DIO

$N_d$  números de DIOS

Atenuação devido a conectores ( $A_c$ ):

$$A_c = N_c \cdot U_c$$

$U_c$  atenuação por conectores

Penalidade

$PD$  = penalidade por desvio de dispersão.

Dados sobre os amplificadores em um enlace

$GAFO_{Pot}$ : ganho do amplificador de potência;  $GAFO_{Lin}$ : ganho do amplificador de linha

$GAFO_{Pre}$ : ganho do pré-amplificador;  $AcAFO$ : atenuação dos conectores de cada amplificador presente no enlace

Com os dados obtidos é possível calcular a atenuação e a dispersão total do enlace

Total das perdas:

$$A_t = A_f + A_{dio} + A_r + A_e + A_c + A_{env} + PD - GAFO_{Pot} - GAFO_{Lin} - GAFO_{Pre} + AcAFO$$

Total de Dispersão na fibra:

$$D_t = L \cdot D_f$$

Os passos definidos acima devem ser realizados a fim de obter os valores da potência de recepção máxima e mínima e o valor da dispersão total disponível no receptor (Rx).

### 3.5 Análise do Sistema

Após a realização dos cálculos apresentados na seção anterior é necessário realizar a análise do sistema instalado, afim de verificar se o nível de sinal que chega ao receptor está dentro das limitações admitidas pelo receptor (Rx) tanto no que se refere a nível mínimo quanto a saturação, isto é, se os níveis de potência e dispersão estão dentro da faixa de operação do receptor óptico.

A análise a ser realizada pode ser descritas nos passos seguintes:

Estimar a perda teórica máxima do sistema:

$$P_{ts} = P_{txmin} - P_{rxmin}$$

Considerar a margem do sistema:

$$M_s = 3$$

Estimar a perda máxima do sistema:

$$P_{smax} = P_{ts} - M_s$$

Estimar a perda mínima do sistema:

$$P_{smin} = P_{txmax} - P_{rxmax}$$

Comparar a perda do sistema  $P_{smax}$  com a atenuação total do sistema ( $A_t$ ), se:

$P_{smax} > A_t$  , então o sistema esta dimensionado adequadamente em termos de atenuação máxima.

$P_{smax} < A_t$  , então é necessário redimensionar o sistema, que pode ser feito da seguinte forma:

Mudando o transmissor; Mudando o receptor; Mudando a fibra.

Comparar a perda do sistema  $P_{smin}$  com a atenuação total do sistema  $A_t$ , se:

$P_{smin} < A_t$  , então o sistema esta dimensionado adequadamente em termos de atenuação mínima.

$P_{smin} > A_t$  , então é necessário redimensionar o sistema,

Comparar a máxima dispersão do equipamento com a máxima dispersão da fibra, se:

$D_e > D_t$  , então o sistema esta bem dimensionado do ponto de vista de dispersão.

$D_e < D_t$  , então é necessário redimensionar o sistema.

Em alguns equipamento é definido uma dispersão mínima necessária, desta forma também deve-se avaliar esta condição no projeto.

Os passos descritos determinam se o sinal proveniente do transmissor (Tx), ver FIGURA 3, atende as especificações em termos de potência e dispersão do receptor (Rx). Dado que a potência e dispersão devem estar na faixa especificada pelo receptor, uma vez que deve-se garantir um nível adequado de sinal sem saturar o dispositivo de recepção.

### 4.0 Projeto de Enlace Óptico

A seguir é apresentado um projeto de enlace óptico, considerando a distância fictícia, para demonstrar as dificuldades envolvidas no projeto de enlaces ópticos. É apresentada primeiramente a metodologia tradicional de cálculo, isto é, sem o uso de qualquer ferramenta computacional, conforme apresentado nas seções anteriores. Posteriormente mostrada a ferramenta de cálculo desenvolvida no *software* MATLAB para realização dos cálculos do mesmo enlace, a fim de demonstrar as vantagens trazidas pela ferramenta desenvolvida. Possibilitando alterar os parâmetros e avaliar rapidamente o resultado.

#### 4.1 Características do Enlace Proposto

Rota: Cachoeira Paulista – Cruzeiro, 23 km, 2 DIOs,

Sistema: de 2,5 Gbits/s, 1550 nm, baixa potência, fibras monomodo.

O comprimento do enlace a ser projetado possui 23 km e dois DIOs. Nos enlaces descritos foi adotados 4 conectores, um imediatamente após o Tx, outro antes do Rx e dois interligando os equipamentos à linha óptica.

As características do enlace são apresentadas na Tabela 1

Tabela 1– Características do Enlace

<b>Características do Enlace</b>			
Distancia entre Tx e Rx	km	L	23
Conectores		Nc	4
DIOs		Nd	2
Atenuação nos DIOs	dB	Ud	0,75
Atenuação por conector	dB	Uc	1
Atenuação para emendas	dB	e	0,1

Na tabela 2 é apresentado as características dos equipamento que constituem o enlace.

Tabela 2- Transmissor Óptico

<b>Transmissor Óptico</b>			
Sistema 2,5 Gbits/s			
Tipo de Fonte	DFB		
Comprimento de Onda	nm		1510-1560
Largura Espectral (-20dB)	nm		0,6
Mínima Potência de Saída (após conector)	dBm	Ptmin	-1
Máxima Potência de Saída (após conector)	dBm	Ptmax	2

Tabela 3- Transmissor Óptico

<b>Receptor Óptico</b>			
InGaAS-APD			
Mínimo nível recebido para BER≤10e-10	dBm	Prxmin	-28
Maximo nível recebido	dBm	Prxmax	-6
Penalidade por Dispersão	dB		
Dispersão tolerada	ps/nm		1800

Tabela 2 – Cabo Óptico

<b>Características do cabo Óptico</b>			
Tipo de fibra			SM-9/125
Comprimento de Onda Nominal	nm		1550
Atenuação Total da fibra	dB/km	A	0,25
Dispersão Cromática	ps/nm.km	Df	18
Comprimento da Bobina do Cabo	km	Lc	5

#### 4.2 Forma Tradicional de Cálculo de Enlace

A Tabela 5 apresenta o cálculo do enlace realizado de acordo com a seção 3.4

Tabela 5- Cálculo do Enlace

<b>Enlace</b>				
Atenuação Total da Fibra	dB	Af	5,75	A.L
Numero de Emendas		Ne	6	(L/Lc)-1
Total de Perdas por Emendas	dB	Ae	0,6	Ne.e
Reparos em Fibras / Número de Eventos			-	
Perdas em Emendas de Reparo	dB	Ar	3	
Margem para re-roteamento ou Reparo	dB		-	
Margem para envelhecimento	dB		-	
Total de Perdas nos DIOs	dB	Adio	1,5	Nd.Ad

Penalidade por Dispersão	dB	PD	2	
Perdas dos Conectores	dB	Ac	4	Nc.Uc
Total de perdas na seção de Fibra Óptica	dB	At	16,65	Af+Adio+Ar+Ae+Ac+PD
Total de Dispersão Cromática na Seção	ps/nm	Dt	414	L.Df

A análise do sistema óptico apresentado é realizada de acordo com a seção 3.5. Desta forma a partir da Tabela 7, obtém-se:

Tabela 8-Análise do Sistema

Sistema				
Perda Teórica do Sistema	dB	Pts	27	Ptmin-Prxmin
Margem do Sistema	dB	M	3	
Perda Máxima na Seção de regeneração	dB	Psmax	24	Pts-M
Perda Mínima na Seção de regeneração	dB	Ptmin	8	Ptmax-Prxmax
Dispersão Tolerada	ps/nm		1800	

Finalmente pode-se definir a viabilidade técnica do projeto da forma que se segue:

Comparando a perda do sistema Psmax com a At:

Como  $P_{\text{smax}} > A_t$  ( $24,0 > 16,65$ ), o sistema esta bem dimensionado do ponto de vista de atenuação máxima.

Comparando a perda do sistema Psmín com a At:

Como  $P_{\text{smín}} < A_t$  ( $8 < 16,65$ ), o sistema esta bem dimensionado do ponto de vista de atenuação mínima.

Comparando a máxima dispersão do equipamento (De) com a máxima dispersão da fibra (Dt):

Como  $D_e > D_t$  ( $1800 > 414$ ), o sistema esta bem dimensionado do ponto de vista de dispersão.

Conclui-se portanto que o sistema de enlace proposto opera satisfatoriamente, visto que o sistema atende em termos de potência e dispersão sem que ocorra saturação.

#### 4.3 Cálculo do Enlace Usando Software Desenvolvido

O cálculo de enlace óptico pode ser facilitado pelo uso da aplicação desenvolvida no *software* MATLAB. Para demonstrar, será realizado o dimensionamento do mesmo sistema óptico apresentado na seção 4.0.

Para realizar os cálculos utilizando-se da aplicação desenvolvida deve-se somente extrair os dados das Tabelas 2, 3 e 4 e 5. Os dados extraídos devem ser inseridos nos respectivos campos, após deve-se somente selecionar o botão *calcular* para obter prontamente a viabilidade técnica do projeto de enlace. Os valores inseridos podem ser modificados e calcular novamente o enlace óptico.

A Figura 4 apresenta a interface gráfica da aplicação desenvolvida.

Observa-se que a interface desenvolvida é composta por três painéis: ENLACE ÓPTICO, RESULTADOS e AVALIAÇÃO DO SISTEMA.

No painel de enlace óptico são inseridos os dados do enlace, como atenuação da fibra optica, distancia entre transmissão e receptor, atenuação conectores e outros valores, assim como os dados dos equipamentos (potências de transmissão e níveis de recepção) que constituem o enlace. Para o caso do enlace apresentado não houve a necessidade de amplificadores, devido ao comprimento do mesmo por esta razão os campos do lado direito do painel foram iniciados com zero. Dependendo da atenuação do enlace nem todos amplificadores serão necessários, quando não houver necessidade de um deles deve-se incluir valor zero.

Os valores dos resultados de atenuações e dispersões são apresentado no painel RESULTADOS. E finalmente a aplicação verifica todos os dados do sistema de enlace e fornece as informações no painel AVALIAÇÃO DO SISTEMA.. Nota-se que os resultados obtidos da aplicação desenvolvida fornece os mesmos valores obtidos do cálculo manual.

A análise feita pelo software verifica se com as características da fibra e dos equipamentos utilizados atende no requisito de atenuação e dispersão. Caso umas das condições não for satisfeita deve ser alterado a tipo fibra utilizada, equipamento ou outro componente do sistema para que com novos dados o sistema funcione adequadamente ao longo do tempo sem comprometer a transmissão de dados.

The screenshot shows a software interface titled "FIBRA" with a yellow border. It is divided into several sections:

- ENLACE ÓTICO:** A grid of input fields for various optical link parameters.
 

0.25	ATENUAÇÃO DA FIBRA POR Km[dB]	-6	POTÊNCIA DE RECPÇÃO MÁXIMA [dBm]	0	GANHO DO AMPL. DE POTÊNCIA[dB]
18	DISPERSÃO CROMÁTICA POR Km [ps/nm.Km]	1800	DISPERSÃO MÁXIMA TOLERADA PELO EQUIPAMENTO [ps.nm]	0	NÚMERO DE AMPLIFICADOR DE POTÊNCIA
2	PENALIDADE PO DISPERSÃO [dB]	0	DISPERSÃO MÍNIMA TOLERADA PELO EQUIPAMENTO [ps.nm]	0	GANHO DO AMPLIFICADOR DE LINHA[dB]
23	DISTÂNCIA DO ENLACE[Km]	3	MARGEM DO SISTEMA [dB]	0	NÚMERO DE AMPLIFICADORES DE LINHA
0.1	ATENUAÇÃO POR EMENDA [dB]	4	NÚMERO DE CONECTORES	0	GANHO DO PRÉ AMPLIFICADOR[dB]
5	COMPRIMENTO DA BOBINA [Km]	1	ATENUAÇÃO DO CONECTOR [dB]	0	NÚMERO DE PRÉ AMPLIFICADORES
-1	POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO MÍNIMA [dBm]	2	NÚMEROS DE DIOS		
2	POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO MÁXIMA [dBm]	0.75	ATENUAÇÃO DO DIO [dB]		
-28	POTÊNCIA DE RECPÇÃO MÍNIMA [dBm]	0	PERDA POR ENVELHECIMENTO [dB]		
- RESULTADOS:** A section displaying calculated values.
 

16.65	ATENUAÇÃO TOTAL [dB]	414	DISPERSÃO TOTAL[ps/nm.Km]	5	ATENUAÇÃO FUTURA[dB]
11.65	ATENUAÇÃO MÍNIMA[dB]	8	PERDA TEÓRICA MÍNIMA[dB]		
27	PERDA TEÓRICA DO SISTEMA[dB]	24	PERDA TEÓRICA MÁXIMA [dB]		
- AValiação DO SISTEMA:** A section with a "Calcular" button and four status indicators:
  - Sistema atende em termos de Potência
  - Sistema atende em termos de Dispersão máxima
  - Sistema não vai saturar
  - Sistema atende em termos de dispersão mínima

FIGURA 4- Interface Gráfica da Aplicação

## 5.0 Conclusão

Nota-se que os cálculos de enlaces ópticos demandam grande quantidade de cálculos. O desenvolvimento da interface apresentada neste artigo permite ao projetista apenas se ater em obter os dados da fibra óptica dos equipamentos e do enlace para apenas inseri-los nos devidos campos.

A aplicação desenvolvida permite ao usuário não só a obter a avaliação final do sistema, assim como, permite também visualizar valores intermediários, que se tratam dos valores de dispersão, potência, atenuações e percas. O que permite melhor a caracterização do projeto dimensionado.

Além do exemplo apresentado neste trabalho, é possível trabalhar com qualquer quantidade de amplificadores que sejam necessários. Se por acaso os sistema não atenda por valores de atenuação ou dispersão pode-se mudar livremente os valores inseridos em cada campo, e pressionar novamente o botão calcular, que o programa vai refazer o cálculo considerando o novo valor inserido. Isso permite liberdade ao projetista, de forma que fica a seu critério o que deve ser alterado no sistema afim de se obter a condição desejada.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) KEISER, G. Comunicações por fibras ópticas. 2014. AMGH Editora Ltda.
- (2) RIBEIRO, J.A.J. Comunicações ópticas. 2003. Editora Érica Ltda.
- (3) ULABY, F.T. Eletromagnetismo para Engenheiro. 2007. Editora Bookmam.
- (4) WENTWORTH, S. M. Eletromagnetismo Aplicado, 2009. Editora Bookman.

## 7.0 DADOS BIBLIOGRÁFICOS

Rodrigo Bispo dos Santos, Tobias Barreto, SE em 29 novembro de 1990. Engenheiro Eletricista pela UNESP Campus de Guaratinguetá em 2014.

José Feliciano Adami, nascido em Itajubá, MG em 15 de agosto de 1956. Engenheiro Eletricista pelo Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL (1978). Mestre em Ciências – Sistema de Potência pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI (2001). Doutor em Engenharia pela UNIFEI (2008). Pós-doutorado pela UNIFEI (2012). Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista - UNESP – Guaratinguetá desde 2004. Membro do Grupo de Pesquisa do LAT-EFEI. Trabalhou na Siemens S/A na área telecomunicações de 1979 a 1999. Áreas de interesse: proteção de sistemas elétricos, qualidade da energia, energias renováveis e Telecomunicações.