ANEXO V

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE	
FICHA DE EXPECTATIVA DE RESPOSTA DA PROVA ESCRITA	
Edital nº:	**23/2018**
Carreira:	(**X**) MAGISTÉRIO SUPERIOR ( ) MAGISTÉRIO EBTT
Unidade Acadêmica:	**Centro de Tecnologia / DCO**
Área de Conhecimento:	**Sistemas de Telecomunicações**

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO PARA TODAS AS QUESTÕES DISCURSIVAS

- Clareza e propriedade no uso da linguagem;
- Coerência e coesão textual;
- Domínio dos conteúdos, evidenciando a compreensão dos temas objeto da prova;
- Domínio e precisão no uso de conceitos;
- Coerência no desenvolvimento das ideias e capacidade argumentativa.

QUESTÃO 1:

O MIMO Massivo é uma tecnologia de camada física que na faixa acima de 6 GHz utiliza enormes arranjos de antenas nas estações base para fornecer acesso sem fio simultâneo para muitos dispositivos habilitados na rede. Através desta tecnologia, é possível obter alguns benefícios importantes e, dentre eles, uma melhor eficiência energética pode ser destacada. De que forma o MIMO Massivo permite obter uma maior eficiência energética?

Valor (1,25 pt)

Expectativa de Resposta:

Uma eficiência energética superior pode ser obtida através do controle eletrônico da direção de formação do feixe direcional irradiado entre um transmissor e um receptor pelo arranjo de antenas (beamforming). O beamforming desempenhará um papel essencial no 5G, em particular no contexto de bandas acima de 6 GHz, onde uma perda de caminho maior tem que ser superada. Felizmente, nessa faixa, os comprimentos de onda mais curtos também permitem um número maior de elementos no arranjo de antena. Além disso, na transmissão, pode ser necessário uma pré-codificação dos dados, ajustando a fase e o ganho em cada antena, de maneira a obter uma interferência construtiva com as ondas de rádio do sinal, resultando em um maior alcance e na redução de interferência, permitindo, assim, operar com sinais de baixa potência e com consideráveis economias no consumo de energia. Contudo, esta técnica necessita do conhecimento do estado do canal e, só porque a estação base está transmitindo em beamforming, os usuários provavelmente não estão se beneficiando, a menos que eles estejam no lugar exato para conseguir a interferência construtiva desejada (quando as ondas de sinal diferentes se alinham exatamente).

QUESTÃO 2:

Em sistemas de comunicações ópticas, o fotodiodo é geralmente necessário para detectar sinais ópticos muito fracos. A detecção dos sinais ópticos mais fracos exige que o fotodiodo e seu circuito de amplificação sejam otimizados de forma a manter a relação sinal-ruído em níveis satisfatórios para o bom funcionamento do sistema. Desta forma, identifique e caracterize as principais fontes de ruído em fotodetectores que não têm nenhum ganho interno, descrevendo cada uma delas.

Valor (1,25 pt)

Expectativa de Resposta:

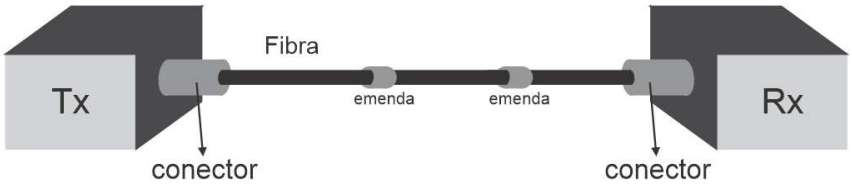
As principais fontes de ruído são o ruído quântico, o ruído de escuro gerado no material bulk do fotodiodo e o ruído da corrente de fuga na superfície. O ruído quântico ou shot resulta da natureza estatística da geração de fotoelétrons quando um sinal óptico é incidente em um fotodetector. Essa geração segue a distribuição de Poisson. **Valor (0,43 pt)**

O ruído de escuro é devido a corrente de escuro que continua a fluir através do dispositivo quando nenhuma luz é incidente sobre o fotodiodo. Consiste de uma combinação de correntes do bulk e da superfície. A corrente de escura do bulk surge de elétrons e/ou lacunas que são termicamente gerados na junção pn do fotodiodo. **Valor (0,41 pt)**

A corrente de escuro de superfície é dependente dos defeitos de superfície, limpeza, tensão de polarização e área da superfície. Este pode ser reduzida utilizando uma estrutura em anel de guarda que desvia as correntes de fuga da superfície para longe da resistência de carga. **Valor (0,41 pt)**

QUESTÃO 3:

Deseja-se realizar a implementação de um sistema de transmissão ponto a ponto, através de um enlace óptico, cuja taxa de transmissão seja de 10Mbps, conforme esquema ilustrado abaixo.



Para a realização deste sistema, encontram-se disponíveis os seguintes componentes:

Componente	Especificações
Meio de Transmissão: Fibra Óptica Multimodo	**Atenuação:** 5dB/km **Fator de Dispersão Intermodal**: 1ns/km **Fator de Dispersão Material:** – 96 ps/(ns . km), para um comprimento de onda λ_0 = 850nm.

TX **Fonte de Luz: LED**	**Potência injetada na Fibra Óptica:** 100μW **Espectro**: Centrado em λ_0 = 850nm, com $\Delta\lambda$ = 60nm.
RX **Receptor Óptico:** **Diodo PIN**	**Sensibilidade do Receptor**: 1,5nW/Mbits.s^{-1}

Considere que os pulsos que se propagam na fibra óptica são gaussianos; o sistema requer uma margem de segurança de 5dB e que são usados dois conectores com 1,5dB de perda, cada um e as perdas nas emendas são desprezíveis. O sistema utiliza a codificação NRZ. Pede-se a distância máxima que esse enlace pode alcançar sem a necessidade de utilizar repetidores e identifique o fator limitante deste enlace, se atenuação ou dispersão. Esta questão só será considerada mediante apresentação da memória de cálculos.

Valor (1,25 pt)

Expectativa de Resposta:

**** Balanço de Potência:*** **Valor (0,50 pt)**

$$P_{LED} = 10\log\left(\frac{0{,}1mW}{1mW}\right) = -10\,dBm$$

$$P_{PIN} = 10\log\left(\frac{1{,}5nW \times 10}{1mW}\right) = 10\log\left(\frac{15nW}{1mW}\right) = -48{,}24\,dBm$$

$$P_{total} = P_{LED} - P_{PIN} = -10 - (-48{,}24) = 38{,}24\,dB$$

$$P_{total} = PerdaConector + \alpha.L + MS = 2 \times 1{,}5 + 5.L + 5 = 38{,}24dB$$

$$3 + 5.L + 5 = 38{,}24dB$$

$$5L = 38{,}24 - 3 - 5$$

$$5L = 30{,}24$$

$$L = \frac{30{,}24}{5} = 6{,}048m$$

**** Balanço de Dispersão*** **Valor (0,50 pt)**

$$\frac{\sigma_{\text{mod}\,al}}{L} = 1ns/km$$

$$\frac{\sigma_{cromatica}}{L} = |M| \times \Delta\lambda = |-96|\frac{ps}{ns.km} \times 60nm = 5{,}76ns/km$$

$$\frac{\sigma_{total}}{L} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\mathrm{mod}\,al}}{L}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{cromatica}}{L}\right)^2} = \sqrt{1^2 + 5{,}76^2} = \sqrt{1 + 33{,}1776} = \sqrt{34{,}1776} = 5{,}85\frac{ns}{km}$$

$$B_{opt} = \frac{B}{2} = \frac{10}{2} = 5MHz$$

Para o caso de pulsos Gaussianos na fibra óptica, tem-se que:

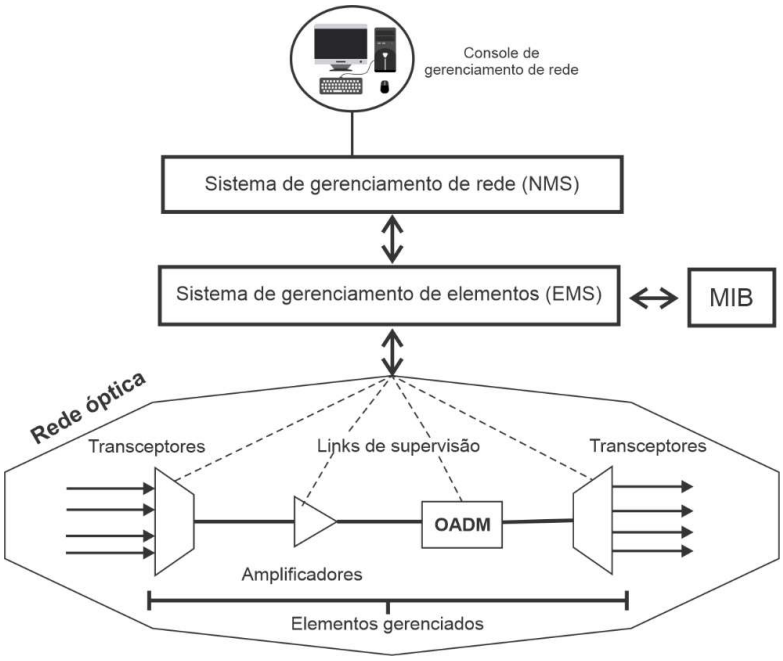
$$B_{opt} = \frac{0{,}188}{\sigma_{total}} = \frac{0{,}188}{5{,}85n \times L} = 5MHz$$

$$L = \frac{0{,}188}{\left(5{,}85 \times 10^{-9}\right) \times \left(5 \times 10^{6}\right)} = \frac{0{,}188}{29{,}25} \times 10^{3} = 6{,}43km$$

A máxima distância que o enlace pode ser estabelecido sem a necessidade de repetidores é de 6,048 km, sendo o sistema limitado por atenuação. **Valor (0,25 pt)**

QUESTÃO 4:

A figura a seguir ilustra os componentes de um sistema típico de gerenciamento e monitoramento de uma rede óptica. Este sistema é de extrema vitalidade para que seja assegurado o nível de desempenho da rede.



Considerando a arquitetura ilustrada, apresente as principais funcionalidades do console de gerenciamento de rede, do NMS, do EMS e da MIB. **Valor (1,00 pt)**

Expectativa de Resposta:

O console de gerenciamento de rede é uma estação de trabalho especializada que serve como interface entre o gerente e a rede. Deste console é possível que o gerente visualize a saúde e o status da rede para verificar se todos os dispositivos estão funcionando corretamente, se estão configurados de forma adequada e se o software de aplicação está configurado. **Valor (0,25 pt)**

O NMS consiste no sistema de gerenciamento de fato, no qual todas as entidades de gestão e monitoramento da rede óptica estão conectadas. Estes recebem informações da MIB que consiste em uma base de informações de gerenciamento. **Valor (0,25 pt)**

A MIB é uma base lógica de informações que define os elementos de dados, sua sintaxe e identificador apropriados; ela especifica o que o agente de gerenciamento e monitoramento deve coletar e como organizar esses elementos de dados de modo que os outros sistemas possam usá-los; transferindo essas informações para o NMS utilizando um protocolo SNMP. **Valor (0,25 pt)**

O EMS é responsável por controlar os componentes da rede como receptores ópticos, amplificadores ópticos, multiplexadores ópticos (OADM) e crossconect ópticos (OXCs). Os módulos do sistema SEM consistem em microprocessadores dentro de cada elemento que recolhem e compilam informações continuadamente sobre o status e desempenho de cada dispositivo e armazenam essas informações na MIB. **Valor (0,25 pt)**

QUESTÃO 5:

Defina o que você entende por PON (Passive Optical Network) e FTTx. Faça um esboço genérico da arquitetura PON, mostrando a relação entre estes dois conceitos e explicando seus principais componentes. Considerando a variante de PON conhecida como GPON, explique onde foi normatizada e explique o mecanismo de operação downstream e upstream.

Valor (1,25 pt)

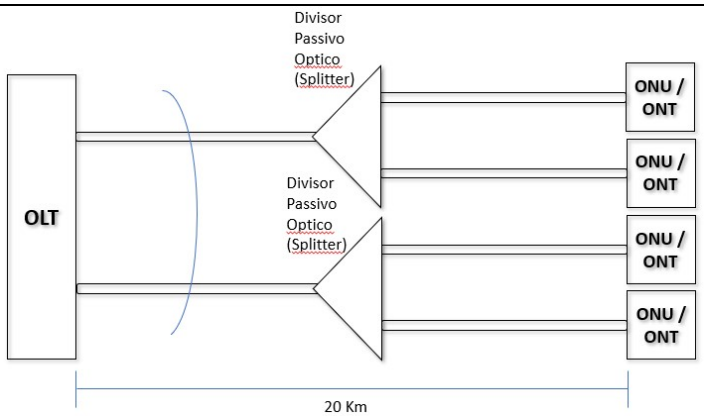
Expectativa de Resposta:

Uma PON (Passive Optical Network) é uma tecnologia que permite a dados através de linhas de fibra ótica. É uma rede "passiva", pois usa divisores não energizados para encaminhar dados enviados de um local central para vários destinos.

Uma PON é um sistema ponto-a-multiponto (P2MP) e fornece uma maneira mais eficiente de transmitir dados do que uma rede ponto-a-ponto . A linha de transmissão principal pode ser dividida em 32 linhas separadas, o que requer muito menos infraestrutura do que a construção de linhas diretas para cada destino. A localização central de uma PON é também chamada de terminal de linha ótica (OLT), enquanto os destinos individuais são chamados de unidades de rede ótica (ONUs / ONTs). ***Valor (0,27 pt)***

FTTX é uma sigla genérica para fazer referência às siglas FTTN, FTTC, FTTB e FTTH. As linhas que terminam em edifícios externos são chamadas de fibra para vizinhança (FTTN - fiber-to-the-neighborhood) ou fibra-para-meio-fio (FTTC). As linhas que se estendem até os edifícios são chamadas de FTTB (fiber-to-the-building) ou FTTH (fiber-to-the-home). ***Valor (0,32 pt)***

Um esboço de arquitetura típica para as redes passivas óptica seria o mostrado na figura abaixo:



Na figura acima, teríamos os seguintes componentes:

OLT (Optical Line Terminal): Terminal de Linha Óptica. Ele está localizado na central, constituindo-se em porta de enlace entre a rede de acesso e a rede metropolitana.

ONU / ONT (unidade de rede óptica / terminal de rede óptica): ONU é um termo genérico que denota um dispositivo que encerra qualquer um dos terminais de uma fibra à rede local, implementa um protocolo de rede óptica passiva (PON) e adapta PDUs da PON a interfaces de serviço do assinante. Em alguns contextos, ONU implica um dispositivo de múltiplos assinantes. O Terminal de Rede Óptica (ONT) é um caso especial da ONU que serve um único assinante.

Divisor Passivo Óptico (Splitter): Divisor Passivo (Splitter): É um dispositivo passivo capaz de combinar e dividir o sinal óptico: Em sentido downstream este dispositivo irá dividir o sinal de entrada e o direciona para todas as portas de saída que estão ligadas com as ONUs. No sentido upstream este dispositivo combina todos os sinais enviados desde as ONUs em direção ao OLT. Cada ONU estabelece comunicação direta com o OLT, mas não com as outras ONUs. ***Valor (0,33 pt)***

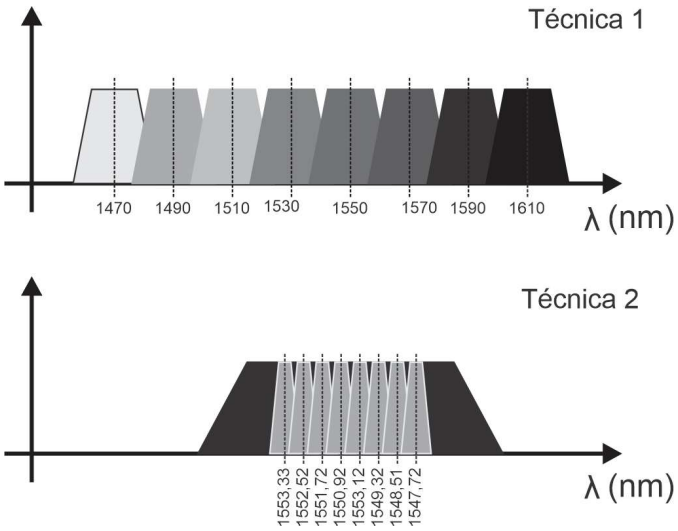
A variante de PON conhecida como GPON (Gigabit Passive Optical Network) é normatizada pelo ITU-T G.984. Esta norma descreve todo o seu funcionamento e contempla suas características. Um dos principais fatores que diferem a tecnologia GPON de outras redes passivas é a sua capacidade tráfego assimétrico, com 2,5 Gbps para downstream e 1,25 Gbps para upstream.

Toda a informação é transmitida bidirecionalmente sob uma única fibra. Utilizam-se dois comprimentos de onda diferentes, uma para a informação de download (downstream), 1490nm, e uma para a informação de upload (upstream) (1310 nm). A informação no canal de distribuição (downstream) é transmitida em modo broadcast, isto é que a informação é transmitida para todos os elementos da rede. Como a informação chega a todos os usuários é necessário utilizar um sistema de criptografia para manter a privacidade das comunicações. No canal de retorno (upstream) a transmissão é realizada utilizando o protocolo de acesso múltiplo TDMA, onde cada elemento da rede tem um período de tempo específico para transmitir, permitindo que um mesmo canal de transmissão, neste caso o mesmo comprimento de onda, seja compartilhado por vários usuários. ***Valor (0,33 pt)***

QUESTÃO 6:

Em sistemas ópticos, a tecnologia WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) é empregada para ampliar a capacidade desses sistemas por meio da transmissão de múltiplos canais pela mesma fibra. Pode-se afirmar que o papel do WDM para enlaces de longa distância nas redes ópticas é

simplesmente aumentar a taxa de bit total. A figura seguinte ilustra 02 estratégias distintas de implementação da tecnologia WDM.



a) Identifique as técnicas 1 e 2 e em seguida, caracterize cada uma comparando-as qualitativamente ressaltando aspectos relevantes como quantidade de canais; espaçamento mínimo entre os canais; bandas ópticas e normativa de padronização.
Valor (1,00 pt)

b) Explique como o uso de EDFA impulsionou a tecnologia WDM. **Valor (0,50 pt)**

Expectativa de Resposta

a) A Técnica 1 consiste na CWDM Coarse Wavelenght Division Multiplexing. padronizada pela normativa ITU-T G.694.2. É composta por uma quantidade de canais que varia entre 2 e18 canais definidos entre 1270 nm e 1610m nas bandas O, S, E, C, L; espaçados por 20nm com tolerâncias de desvio de comprimento de onda de ± 2nm. **Valor (0,50 pt)**

A Técnica 2 representa a DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing, padronizada pela normativa ITU-T G.694.1. Esta técnica suporta um número máximo de canais de até 128 canais, podendo operar nas bandas S, C e L; exige espaçamentos de frequências estreitos da ordem de 0,8 – 0,1nm (para a banda de 1550nm) com desvio de tolerância para comprimentos de onda de ±0,02 nm. **Valor (0,50 pt)**

b) *O uso de EDFA impulsionou a tecnologia WDM pois reduziu drasticamente o custo de sistemas de longa distância ao substituir os regeneradores de sinal ao longo do enlace.* **Valor (0,50 pt)**

QUESTÃO 7:

As expectativas sobre a quinta geração (5G) crescem por meio de visões que buscam tornar realidade alguns conceitos modernos como, por exemplo, a Internet Tátil, o Gigabit com Conectividade Sem fio e a Internet das Coisas, o que deverá contribuir para o aumento do volume de dados, do número de dispositivos e das taxas de transmissão. Através dos últimos relatórios VNI (VNI, sigla inglesa para Visual Network Index) da CISCO, é possível obter evidências quantitativas de que o crescimento exponencial do tráfego de dados sem fio já é uma realidade cujos efeitos produzidos apenas se agravarão ainda mais com o tempo. De fato, devido às previsões

de crescimento da quantidade de dispositivos portáteis com comunicação sem fio (estimativas atualizadas preveem cerca de 25 bilhões de dispositivos portáteis conectados às redes sem fio em 2020), estima-se que o tráfego sem fio de dados aumentará por um fator aproximadamente maior que 160 vezes em apenas uma década. Assim, em 2020, são esperados cerca de 500 exabytes, enquanto que em 2010 foram estimados cerca de 3 exabytes. **Desta forma, para atender à ampla gama de requisitos exigidos, bem como as necessidades impostas pelas redes de comunicação da próxima geração, quais são os três principais tipos de serviço que o 5G tipicamente considera? Discuta as principais características destes.**

Valor (1,25 pt)

Expectativa de Resposta:

Os serviços são: Banda Larga Móvel Extrema (cuja sigla inglesa é xMBB, de Extreme Mobile BroadBand), Comunicações Massivas do tipo Máquina (cuja sigla inglesa é mMTC, de Massive Machine-Type Communication) e Comunicações Massivas do tipo Máquina Ultra-confiáveis e de Baixa Latência (cuja sigla inglesa é uMTC, de Ultra-reliable Machine-Type Communication). **Valor (0,65 pt)**

- *Banda Larga Móvel Extrema (xMBB): provê comunicações com taxas de dados, de até vários gigabits por segundo (Gbps), em algumas áreas e acesso de banda larga confiável sobre vastas áreas de cobertura. O xMBB fornece uma experiência mais uniforme na área de cobertura e uma degradação de desempenho atrativa a medida que o número de usuários aumenta. O xMBB também suportará comunicação confiável. O xMBB fornecerá taxas de dados extremas, da ordem de Gbps por usuário, para atender aos requisitos de alta demanda, como realidade aumentada ou virtual, ou streaming de vídeo de altíssima definição. Além das altas taxas de dados do usuário, menor latência também é necessária, por exemplo, para Internet Tátil combinada com computação em nuvem. Devido às taxas mais altas de dados do usuário, a taxa de pico do sistema deve aumentar, geralmente combinada com uma adequada densificação da rede. Igualmente importante para o usuário final é o provisionamento confiável de taxas moderadas em todos os lugares. Essa cobertura extrema se manifesta por meio de um suporte muito confiável de 50 Mbps a 100 Mbps em toda a área de cobertura pretendida. Em áreas densamente povoadas, o xMBB fornece uma diminuição de taxa e um aumento da latência atrativos à medida que o número de usuários aumenta, em vez de recusar o serviço a alguns usuários.* **Valor (0,20 pt)**

- *Comunicações Massivas do tipo Máquina (mMTC): proveem conectividade sem fio eficiente para dezenas de bilhões de dispositivos habilitados na rede, exigindo baixa largura de banda, alta densidade de conexão, cobertura aprimorada e baixo consumo de energia no usuário final. Para o mMTC, a conectividade escalonável para aumentar o número de dispositivos, a transmissão eficiente, a ampla cobertura de área e a penetração profunda são priorizadas em relação às taxas de dados. Os principais desafios para o mMTC são o grande número de dispositivos, a cobertura estendida, a eficiência de protocolo e outros mecanismos necessários para forncer uma longa vida útil para a bateria e alcançar as capacidades limitadas de dispositivos de baixo custo. O mMTC requer soluções otimizadas para o modo de suspensão (sleep mode) nos dispositivos alimentados por bateria e procedimentos de mobilidade com um mínimo de sinalização e medições.*

Para o mMTC, embora as taxas de dados sejam geralmente baixas, não ultrapassando 100 kb/s, espera-se uma densidade de até 106 dispositivos por Km^2. **Valor (0,20 pt)**

- *Comunicações Massivas do tipo Máquina Ultra-confiáveis e de Baixa Latência (uMTC) proveem links de comunicação de baixa latência ultraconfiáveis para serviços de rede com requisitos extremos de disponibilidade, latência e confiabilidade. Confiabilidade e baixa latência são priorizadas sobre taxa de dados. Tipicamente as latências fim – a – fim são inferiores a 5ms com 99,999% de confiabilidade. Os principais desafios para o uMTC são configuração rápida de comunicação, baixa latência, comunicação confiável, alta disponibilidade do sistema e alta mobilidade.* **Valor (0,20 pt)**

QUESTÃO 8:

Explique o que é IoT e qual o seu papel na "digitalização do mundo real", considerando um contexto de aplicação de IoT, tipicamente, empresarial.
Valor (1,25 pt)

Expectativa de Resposta:

A Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) é uma tecnologia que estende a conectividade à Internet para além dos dispositivos tradicionais a uma ampla variedade de dispositivos e coisas cotidianas que utilizam a tecnologia embarcada para se comunicar e interagir com o ambiente externo pela Internet. **Valor (0,60 pt)**
Seu papel na "digitalização do mundo real" esta na incorporação de eletrônica embarcada (dispositivos computacionais comunicantes) nas coisas do dia-a-dia (sapatos, roupas, portas e outros) para permitir que se obtenham informações relativas ao uso destas para os mais diversos objetivos. **Valor (0,65 pt)**

Assinatura dos Membros da Comissão	**Cláudio Rodrigues Muniz da Silva** 1º membro (Presidente): **Valdemir Praxedes da Silva Neto** 2º membro: **Murilo Araújo Romero** 3º membro: