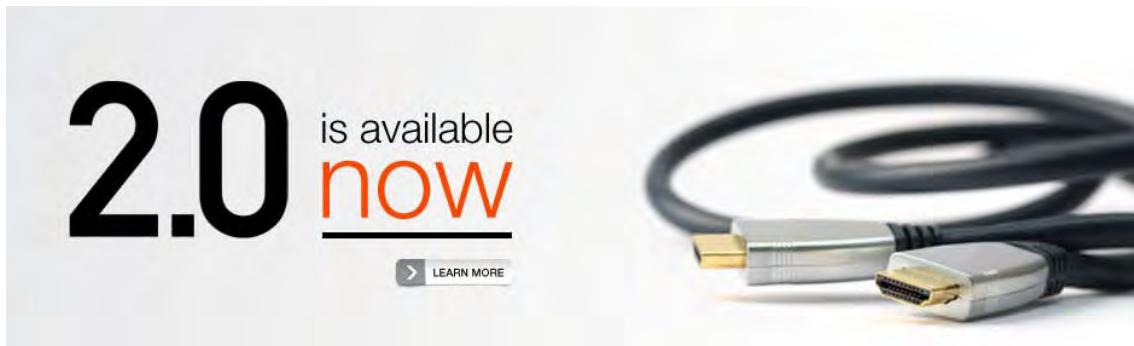


Como escolher o cabo HDMI

Fabio Montoro
6 de Julho de 2015



HDMI é a sigla de *High-Definition Multimedia Interface*.

A especificação HDMI é publicada pela instituição "HDMI LLC", controlada por sete grandes empresas: [Hitachi](#), [Panasonic](#), [Philips](#), [SiliconImage](#), [Sony](#), [Technicolor](#) e [Toshiba](#).

O documento, que foi publicado pela primeira vez em 2002, contém a especificação de uma interface de comunicação de dados específica para áudio e vídeo, incluindo as definições do conector (interface física), interface elétrica, cabo, método de codificação, protocolos, etc, e vem sofrendo revisões.

O documento mais atualizado é a versão 2.0, publicada em 4 de setembro de 2013¹.

A proposta é interessante, na medida em que se propõe a transmitir, em um único cabo, vídeo em alta definição, áudio de qualidade, dados Ethernet, um canal de áudio reverso, sinais de controle e alimentação.

A nova versão eleva a taxa máxima no cabo de **10,2 Gbps** para **18 Gbps**, mantendo compatibilidade com as versões 1.4b e anteriores, inclusive nos conectores, ganhando os seguintes recursos:

- Transmite vídeo no formato 4K a 60 quadros por segundo (fps) com 2160p, o qual possui quatro vezes mais definição que o padrão 1080p a 60 fps. A versão HDMI 1.4 já suportava vídeo 4k, porém, somente a 50 fps
- Até 32 canais de áudio, permitindo criar uma experiência imersiva em sistema multidimensional
- Frequência do sinal de áudio sobe para 1536kHz (áudio de maior fidelidade)
- Por exemplo, uma amostragem de 96 kHz, 16 bits por amostra (96 x 16 = 1536)
- Transmissão simultânea de dois canais de vídeo para usuários distintos
- Transmissão simultânea de até quatro canais de áudio para usuários distintos;

¹ http://www.hDMI.org/press/press_release.aspx?prid=133

- Suporta aspecto teatral de tela, grande angular, na proporção 21:9

Mas o que tudo isso significa isto no processo de escolha?

Deixemos essas especificações de lado por ora.

Podemos dividir a escolha em duas categorias: uma escolha eventual para atender uma determinada conexão ou uma aplicação permanente em uma edificação com recursos de áudio e vídeo.

Para uma aplicação permanente, deve-se notar que atualmente a maioria dos projetos de cabeamento sai com os enlaces de cabeamento especificados para 100 Mbps ou 1 Gbps, categoria 5e ou 6, de forma global, ou seja, todos os pontos da rede na mesma categoria. Uma análise mais detalhada, como a metodologia OSD, deve levar em consideração a ocupação da edificação, sua população e respectivas atividades em um futuro de até 15 anos, digamos. O subsistema de roteamento e distribuição de áudio e vídeo, com as taxas de transmissão chegando a 18 Gbps, é um indicador de que essa visão é importante no projeto.

Os cabos HDMI são classificados, independentemente de seu comprimento, em “**Standard**” que garantem a transmissão até 4,95 Gbps (mínimo do padrão HDMI) e “**High Speed**” que garantem até 10,2 Gbps. É preciso observar isto. Quando o cabo for barato o santo deve desconfiar.

Além dessa classificação, o cabo pode ou não ter capacidade de transmitir o canal Ethernet. Novamente o santo deve ficar atento. Em poucas linhas já vemos que há pelo menos quatro tipos possíveis de cabo HDMI.

Aliás, o padrão HDMI veio para revolucionar alguns conceitos. Hoje, simplificadamente, separamos a infraestrutura interna de rede de uma edificação em “**passivos**”, que são os cabos, e “**ativos**”, que são os equipamentos de transmissão.

Como a taxa de transmissão do padrão HDMI é elevada, os cabos não podem ser muito longos, ficando o limite por volta de dez metros, na velocidade máxima. Um cabo com mais de 10 metros tem grande chance de ser do tipo “standard”. Uma solução encontrada para utilizar cabos com comprimentos maiores foi instalar um equalizador de linha dentro do conector, o qual é alimentado pela interface HDMI. Assim surgiu o cabo ativo. Veja figura 1.

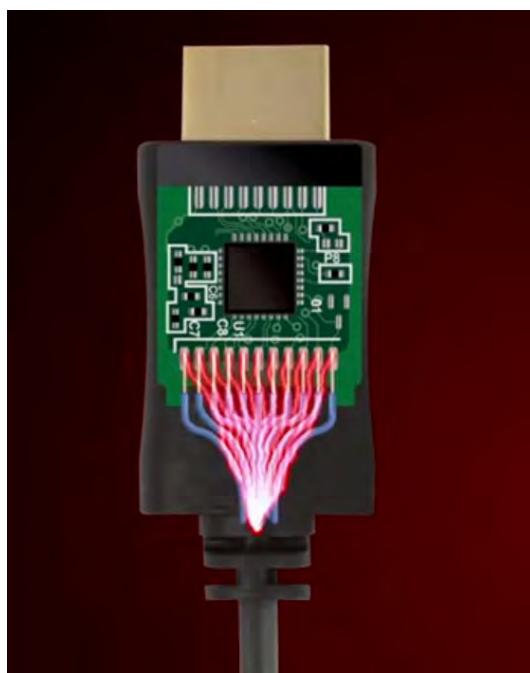


Fig. 1: Equalizador ativo embutido na capa do conector HDMI

Quando comecei a trabalhar como engenheiro de desenvolvimento de equipamento de transmissão de dados, ainda se falava na taxa de 300 bits por segundo. Isso foi nos idos de 1978 quando desenvolvi um equipamento que transmitia dados nessa taxa, considerado, naquela época, um projeto moderno, uma vez que foi concebido com circuitos digitais. Agora estamos falando de 18 Gbps, ou seja, 60 milhões de vezes mais rápido.

As principais diferenças entre as versões HDMI constam da tabela a seguir.

Voltando às especificações, a tabela 1 mostra um resumo das diversas versões publicadas.

Tabela 1:

Descrição do recurso	Versão HDMI					
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0
Codificação de vídeo YCbCr 4:4:4	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Compressão de vídeo YCbCr 4:2:2	sim	sim	sim	sim	sim	sim
True Color (24 bits por pixel)	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Áudio Linear-PCM, 192 kHz, 24 bits (8 canais)	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Blue-ray e HD DVD em resolução máxima	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Suporta áudio padrão DVD	x	sim	sim	sim	sim	sim
Suporta áudio super CD (DSD)	x	x	sim	sim	sim	sim
Deep Color (30, 36 e 48 bits por pixel)	x	x	x	sim	sim	sim
Sincronismo labial (Auto lip-sync)	x	x	x	sim	sim	sim
Áudio Dolby True HD	x	x	x	sim	sim	sim
Áudio DTS HD Master	x	x	x	sim	sim	sim
Suporta a transmissão de vídeo estereoscópico 3D	x	x	x	x	sim	sim
Possui um canal de dados Ethernet 100 Mbps	x	x	x	x	sim	sim
Canal de áudio reverso (Audiorreturnchannel)	x	x	x	x	sim	sim
Suporta vídeo com resolução 4k a 30 fps	x	x	x	x	sim	sim
Suporta vídeo com resolução 4k a 60 fps	x	x	x	x	x	sim
Codificação de vídeo YCbCr 4:2:0	x	x	x	x	x	sim
Suporta 32 canais de áudio	x	x	x	x	x	sim
Áudio de ultra alta fidelidade (1536 kHz)	x	x	x	x	x	sim
Transmite dois canais de vídeo a 2 destinos	x	x	x	x	x	sim
Transmite 4 canais de áudio a destinos distintos	x	x	x	x	x	sim
Suporta aspecto 21:9	x	x	x	x	x	sim
Data do Lançamento ==>	2002	2004	2005	2006	2009	2013
Clock máximo [MHz] ==>	165			340		600
Taxa máxima [Gbps] ==>	4,95			10,2		18

A evolução da especificação nem sempre é acompanhada pelos cabos disponíveis no mercado, mesmo porquê os estoques podem durar muito além da data da publicação da especificação.

Algumas perguntas podem surgir em função dessa dinâmica:

- Como saber qual versão da especificação que um determinado cabo atende?
- Um cabo HDMI 1.3 é capaz de transmitir em uma resolução de 1080p a 60 fps?

A primeira recomendação, no caso de uma instalação permanente, ou de uma aplicação que pode exigir taxa mais alta, é escolher sempre o cabo categoria 2.

A especificação dos equipamentos ativos que se ligarão pelo cabo HDMI também deve ser objeto de verificação. Por exemplo, um switcher de vídeo, utilizado para selecionar uma fonte de vídeo para o monitor, deve possuir recursos compatíveis com a categoria 2 e suportar os protocolos EDID e HDCP, importantes para o perfeito funcionamento da conexão.

A norma HDMI especifica duas categorias de cabo, conforme a banda passante em frequência (clock máximo)² e, por consequência, sua capacidade de transmitir dados (nos três canais):

Categoria 1: até 4,95 Gbps (clock ≤ 165 MHz)

Categoria 2: até 10,2 Gbps (clock ≤ 340 MHz)

No mercado esses cabos são chamados de "Standard" e "High Speed".

A conexão HDMI possui três enlaces de dados no cabo (um para cada componente de cor), cada um utilizando uma codificação digital chamada "TDMS" com um sincronismo (clock) proporcional à taxa de transferência de dados. Na verdade, o TDMS transmite blocos de 10 bits (video, áudio e controle) a cada ciclo de clock.

A limitação no comprimento do cabo HDMI é uma função de sua resposta em frequência e os fabricantes de cabo devem informar qual a categoria do cabo. Independentemente de seu comprimento, o cabo deve suportar o sinal de sincronismo (clock) especificado para sua categoria.

A capacidade total do enlace HDMI, e portanto do cabo, pode ser calculada pela fórmula abaixo:

$$Tx = \frac{\text{Total_de_Pixels}}{\text{quadro}} \cdot \left(\frac{\text{bits}}{\text{cor}} \cdot 3 + 6 \right) \cdot \frac{\text{Quadros}}{s} \quad [\text{bps}]$$

onde:

Total_de_Pixels / quadro = total de pixels (Vert Total x Hor Total)

Bits/cor = resolução (quantidade de bits por cor)

3 = são três cores

6 = bits de redundância da codificação

Quadro/s = quadros por segundo (*fps* = frames per second)

² A taxa máxima de transmissão aceita pelo cabo é 30 vezes o valor máximo do clock, em bits por segundo, pois são três canais de dados, cada um transmitindo um clock, geralmente na mesma taxa de pixels do vídeo, com até 10 bits por ciclo de pixel.

A tabela 2 mostra alguns exemplos, onde:

Vert = pixels úteis na vertical

Hor = pixels úteis na horizontal

Resol = resolução (quantidade de bits por cor)

Vert Tot= Total de pixels na vertical

Hor Tot = Total de pixels na horizontal

fps = frames per second = quadros por segundo

Tx = taxa total em Gigabits por segundo do enlace HDMI nos três canais

Categoria do cabo = categoria mínima para suportar a aplicação

A tabela 2 mostra que os primeiros tipos de vídeo são suportados por cabo categoria 1, mas a partir do vídeo 1080p60 é recomendável utilizar o cabo categoria 2.

A última coluna indica a categoria mínima do cabo para suportar a aplicação. Tendo em vista a velocidade da evolução tecnológica, minha recomendação é sempre optar pelo cabo categoria 2.

A tabela mostra também o percentual de bits auxiliares por quadro (% bits aux) em relação ao total de bits do quadro, os quais são utilizados para áudio e controle.

Pelos cálculos nota-se que alguns tipos de vídeo não são suportados nem pelo cabo categoria 2.

Tabela 2:

Tipo de vídeo	Vert	Hor	resol	Vert Total	Hor Total	% bits aux	fps	Taxa Global Gbps	Categoria do cabo
480p60	640	480	8	800	525	36,7%	60	0,76	1
720p24	1280	720	8	3300	750	168,6%	24	1,78	1
1080p24	1920	1080	8	2750	1125	49,2%	24	2,23	1
720p30	1280	720	8	3300	750	168,6%	30	2,23	1
1080p30	1920	1080	8	2200	1125	19,4%	30	2,23	1
720p60	1280	720	8	1650	750	34,3%	60	2,23	1
1080p60	1920	1080	8	2200	1125	19,4%	60	4,46	1*
WQHD	2560	1440	8	2720	1481	9,3%	60	7,25	2
WQXGA	2560	1600	8	2720	1646	9,3%	60	8,06	2
WQUXGA	3840	2160	8	4000	2222	7,2%	60	16,00	excede
720p100	1280	720	8	1980	750	61,1%	100	4,46	1*
1080p100	1920	1080	8	2640	1125	43,2%	100	8,91	2
WUXGA	1920	1200	8	2080	1258	13,6%	100	7,85	2
WQXGA	2560	1600	8	2720	1678	11,4%	100	13,69	excede
720p120	1280	720	8	1650	750	34,3%	120	4,46	1*
1080p120	1920	1080	8	2200	1125	19,4%	120	8,91	2
WUXGA	1920	1200	8	2080	1271	14,7%	120	9,52	2
WQXGA	2560	1600	8	2720	1694	12,5%	120	16,59	excede

* no limite

A figura 2 mostra uma possível sequência para escolha do cabo em função das características mais importantes.

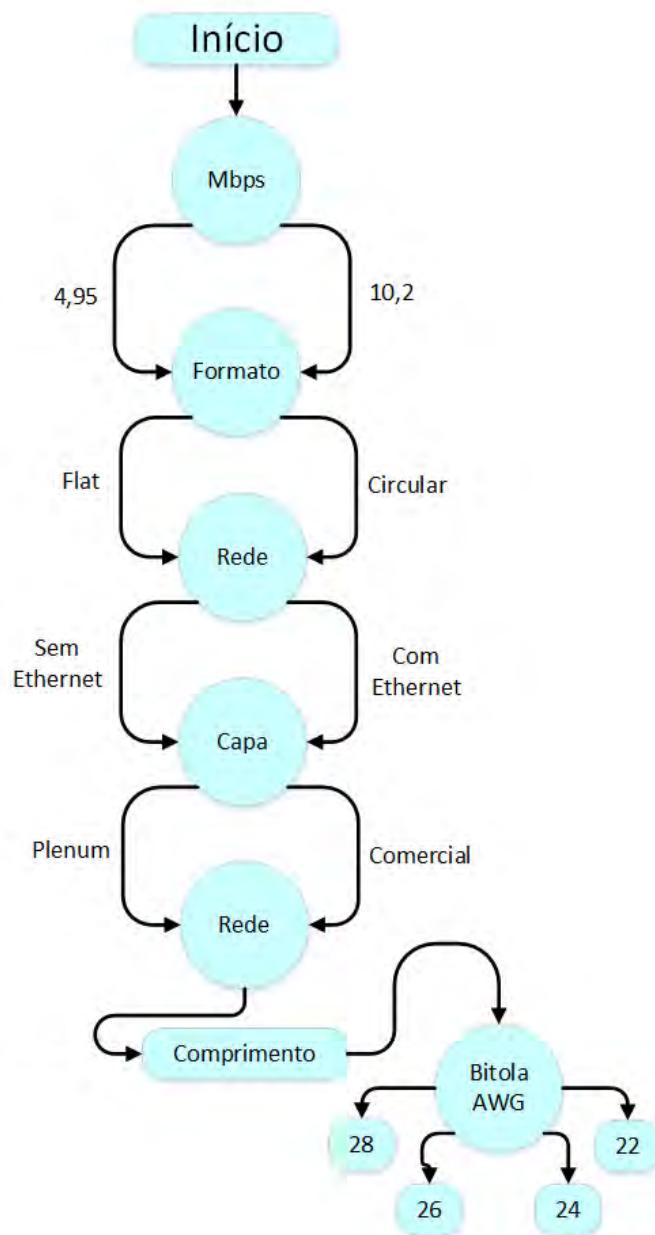


Fig.2: Escolha do cabo HDMI

A taxa máxima de transmissão do cabo (em bps), que está associada à máxima frequência de clock, é a característica mais relevante.

A norma HDMI versão 3.1 especifica um equalizador que reforça a resposta em frequência, de forma crescente até 2,25 GHz, ponto em que atinge cerca de 3 dB de ganho.

Alguns fabricantes instalam um equalizador encapsulado no molde do conector para conseguir maiores comprimentos com bitolas menores.

O formato circular é o mais comum. O flat pode ser útil para algumas aplicações.

O canal Ethernet é opcional no cabo HDMI.

A característica da capa na presença de fogo é a próxima decisão. Hoje praticamente todos os cabos são padrão comercial (CM ou CMG).

Em seguida vem as escolhas do comprimento e da bitola.

Quanto maior a bitola (menor número AWG), melhor a característica de transmissão. A tabela 3 mostra a composição dos condutores flexíveis ("stranded") e as dimensões, para AWG de 36 até 22.

Tabela 3:

Bitola AWG	Veias	Área total de seção reta de condutor [mm ²]	Diâmetro do feixe condutor [mm]	Resistência [mΩ/m]	Peso [g/m]
36	7 x 44	0,018	0,152	1271	0,126
34	7 x 42	0,020	0,160	777	0,196
32	7 x 40	0,032	0,203	538	0,302
32	19 x 44	0,041	0,229	448	0,342
30	7 x 38	0,073	0,305	339	0,504
30	19 x 42	0,073	0,305	287	0,534
28	7 x 36	0,114	0,381	213	0,787
28	19 x 40	0,129	0,406	186	0,823
26	7 x 34	0,183	0,483	122	1,250
26	10 x 36	0,223	0,533	137	1,130
26	19 x 38	0,219	0,508	113	1,370
24	7 x 32	0,292	0,610	76,4	2,020
24	10 x 34	0,266	0,582	85,6	1,790
24	19 x 36	0,292	0,610	69,2	2,130
24	41 x 40	0,266	0,582	84,0	1,730
22	7 x 28	0,456	0,762	48,4	3,160
22	19 x 34	0,486	0,787	45,1	3,390
22	26 x 36	0,456	0,762	52,3	2,930

A figura 3 mostra os preços estimados, em dólar, no Brasil, de algumas séries de cabos HDMI, por bitola, e utiliza a seguinte simbologia:

- ✓ círculos: cabos passivos
- ✓ triângulos: cabos com equalizador
- ✓ símbolo azul: 74,25 MHz
- ✓ símbolo vermelho: 340 MHz

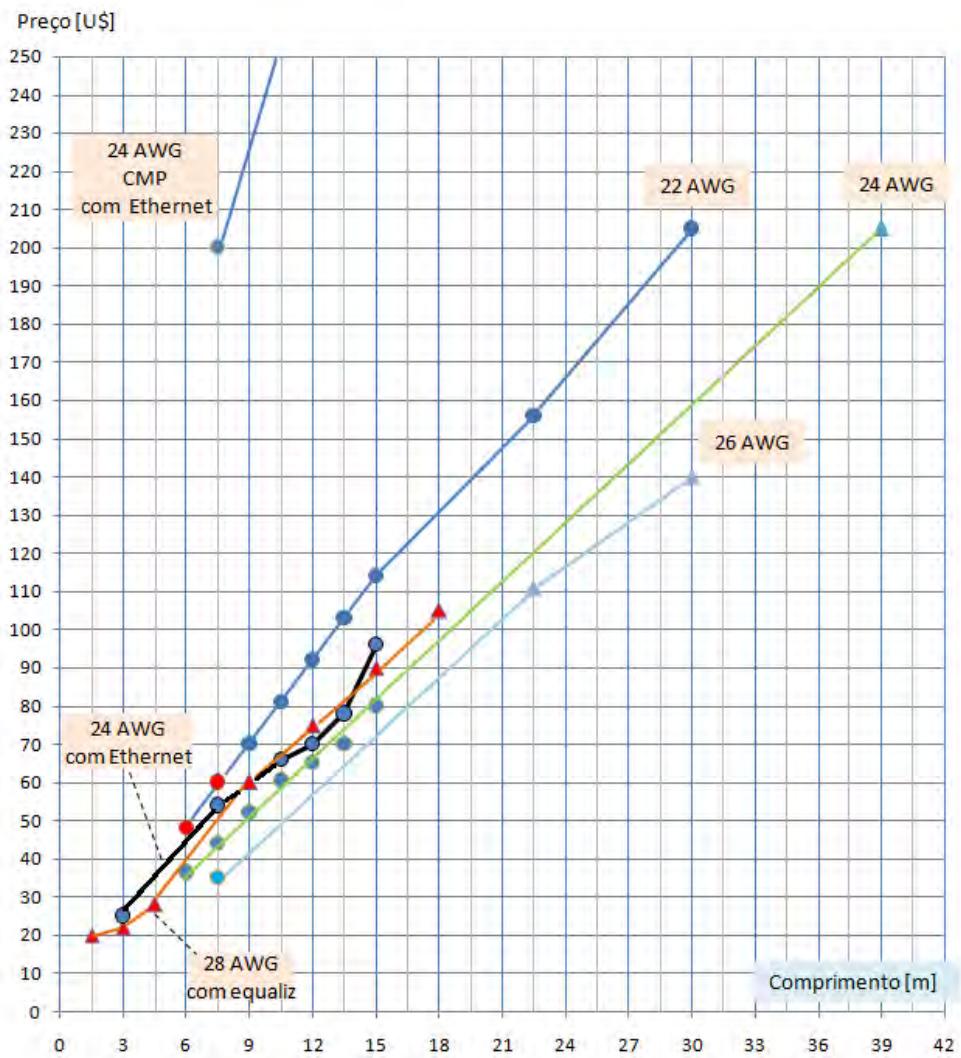


Fig.3: Cabos HDMI - tipos e preços

Evolução da taxa de transmissão

A taxa de transmissão de dados dos diversos tipos de cabos e interfaces físicas vem crescendo com o tempo. A situação atual, segundo as respectivas especificações das entidades responsáveis, pode ser vista na figura 4, que também mostra a evolução de alguns padrões.

O comprimento de cabo suportado por cada uma dessas especificações é diferente e às vezes não é objetivamente especificado no respectivo documento.

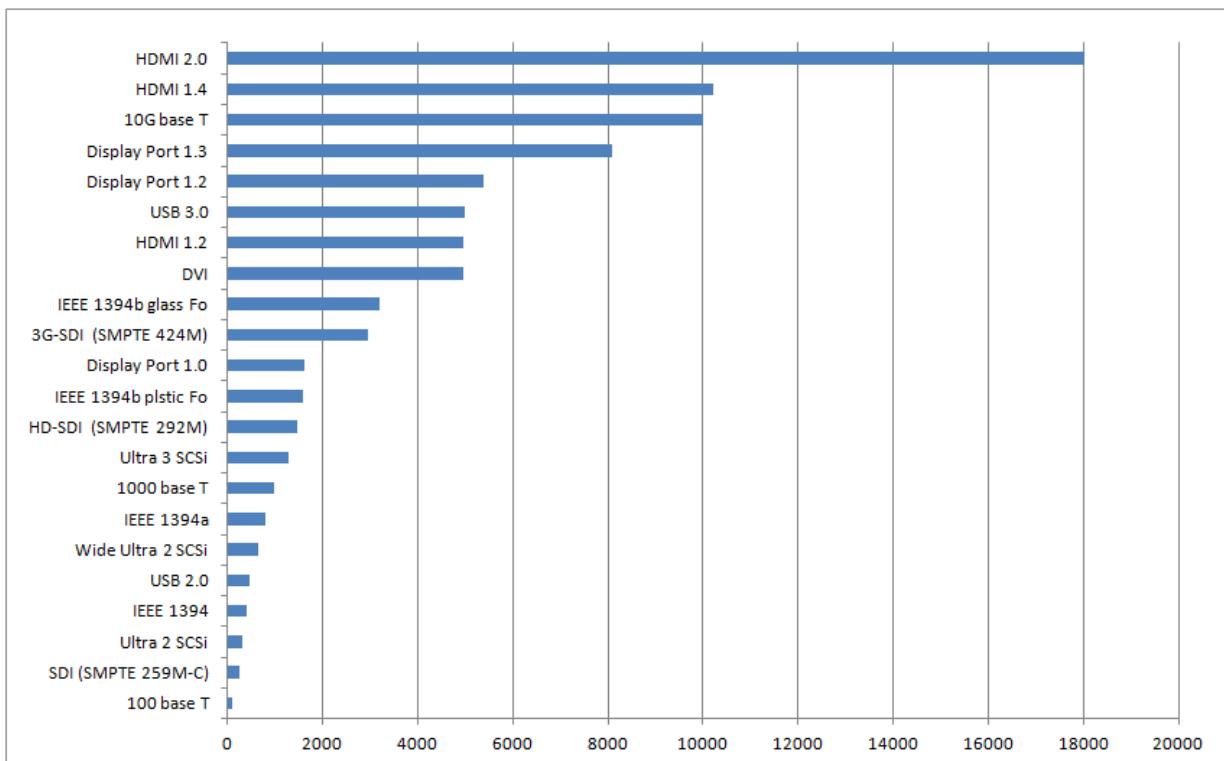


Fig.4: Taxa de transmissão das interfaces

- O - O - O -