

# Tecnologias de Monitores de Vídeo

## Estudo Comparativo

Arthur B. Pini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática  
Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá, PR – Brazil

ra118999@uem.br

**Resumo.** *Este artigo se baseia no estudo das características e diferenças das tecnologias de monitores de vídeo CRT, LED, plasma e LCD. Foi encontrado, durante as pesquisas realizadas, que algumas dessas tecnologias foram definitivamente ultrapassadas por outras, apesar da importância histórica. Outras, porém, com vantagens e desvantagens, competem até os dias de hoje comercialmente, surgindo novas tecnologias ou variações destas. A importância da análise feita é uma visão comparativa entre cada uma, o que não é possível de ser feito com o estudo isolado de uma tecnologia específica.*

### 1. Introdução

Este artigo tem como objetivo estudar diferentes tecnologias utilizadas para construção de monitores de vídeo: CRT, LED, plasma e LCD. Explorando as diferenças, vantagens e desvantagens de cada uma delas.

### 2. Metodologia

Foram utilizadas primariamente referências de matérias online.

### 3. Resultados

#### 3.1. CRT

Esta seção é baseado na matéria online *Television History and the Cathode Ray Tube*, de Mary Bellis [1].

A tecnologia para construção de monitores de vídeo CRT, sigla para *cathode-ray tube*, consiste em um tubo à vácuo com um ou mais canhão de elétrons que dispara feixes de elétrons em uma tela fosforescente. Isso pode ser usado para gerar imagens representativas, como no caso de um monitor de vídeo. Na realidade, essa tecnologia marcou o início das tecnologias de vídeo, sendo a primeira, sendo substituída depois pelo, mais conveniente, LCD.

Podemos traduzir *cathode-ray tube* para tubo de raios catódicos. Recebe este nome pois se baseia nos conceitos de **cátodo**: terminal por onde os elétrons adentram em um sistema; **raios catódicos**: feixes de elétrons lançados a partir de um cátodo; e **tubo à vácuo**: invólucro de vidro ou metal do qual o ar foi retirado.

Essa tecnologia pode ser usada em aparelhos de televisão, monitores de computador, caixas eletrônicas, videogames, câmeras de vídeo, osciloscópios e telas de radar.

CRTs modernos, com múltiplos canhões de elétrons e incidência em uma tela fosforescente, são capazes de produzir milhões de cores.

É possível traçar uma linha histórica de desenvolvimento do CRT. Em 1855, o alemão Heinrich Geissler inventou o tubo de Geissler, o primeiro tubo à vácuo de boa qualidade que surgiu. Em 1859, o matemático e físico alemão Julius Plucker faz experimentos e identifica os raios catódicos pela primeira vez. Em 1878, o inglês Sir William Crookes é o primeiro a provar visualmente a existência de raios catódicos através do seu tubo de Crookes, modificado do tubo de Geissler, que seria o protótipo para todos os CRTs que viriam a surgir futuramente.

Continuando o desenvolvimento do CRT até chegar nos monitores de vídeo atuais, em 1897, o alemão Karl Ferdinand Braun inventou o osciloscópio de CRT. Além disso, o seu tubo de Braun foi o precursor das televisões e radares de tubo modernos. Em 1907, o cientista russo Boris Rosing foi o primeiro a transmitir padrões geométricas na tela de uma televisão utilizando CRT. Em 1929, Vladimir Kosma Zworykin, que trabalhou com Rosing, inventou um CRT chamado de cinescópio, utilizado para o funcionamento de um sistema de televisão primitivo. Por fim, em 1931, Allen B. Du Mont inventou um CRT comercial e durável para televisões. Atualmente, a tecnologia de CRT para monitores de vídeo foi substituída por outras como LCD, LED e PLASMA.

### 3.2. LED

Esta seção é baseada no texto *LED - O que é, e como funciona*, do site *Laboratório de Iluminação* [2].

O LED, *light emitter diode*, é um componente eletrônico semiconductor capaz de transformar energia elétrica em luz. Possui dois polos, um cátodo e um ânodo, que, dependendo de como é polarizado, permite, ou não, a passagem de corrente elétrica, responsável por gerar a luz. Além disso, um LED possui tamanho bem reduzido, cerca de 0.5 mm.

No contexto histórico, foi inventado em 1963 por Nick Holonyac, com uma baixa luminosidade (1 mcd) e na cor vermelha. Por muito tempo, foi utilizado para mostrar o estado de dispositivos como rádios, televisores e outros aparelhos para indicar, por exemplo, que o aparelho está ligado. O LED na cor amarela foi introduzido no final da década de 1960. A cor verde surgiu somente por volta de 1975, porém com um comprimento de onda ainda muito próximo ao amarelo (550 nm, figura 1), mas com uma intensidade maior (dezenas de mcd).

Durante os anos 1980 com a introdução da tecnologia *Al In GaP*, foi possível aumentar a intensidade dos LEDs vermelhos e da cor âmbar, o que aumentou a substituição de lâmpadas comuns por estes, principalmente na indústria automotiva. Porém somente no início da década de 1990 com o surgimento da tecnologia *InGaN*, surgiram LEDs de cores de frequências maiores, como azul, verde e ciano, o que cobriu todo o espectro de cores e deu origem ao LED branco.

Até esse período, os LEDs chegavam no máximo à intensidade de 4000 a 8000 mcd e ângulo de emissão (o quanto a luz se “espalha”) de 8° a 30°. Porém no final dos anos 1990, surgiu o primeiro LED de potência *Luxeon*, apresentando fluxo luminoso — não confundir com intensidade luminosa, dado em candela — ou seja, a quantidade de



**Figura 1. Espectro luminoso o qual o LED cobriu ao longo do tempo [2].**

luz emitida sobre uma superfície em um determinado tempo, de 30 a 40 lm e ângulo de emissão de 110°.

Na data em que o o texto do site foi escrito [2], os LEDs chegavam à 120 lm e uma potência de cerca de 5 W. Hoje em dia, os LEDs estão disponíveis em várias cores e frequentemente substituem outras tecnologias mais antigas de iluminação, como as lâmpadas de filamentos.

Outra característica do LED é ser frio, ou seja, não libera energia térmica, como outras tecnologias de iluminação, as lâmpadas incandescentes por exemplo. Isso acontece pois o LED não emite luz infravermelha. Entretanto, o LED libera uma quantidade de calor pela potência dissipada, o que deve ser levado em conta ao projetá-lo, pois se não devidamente tratado pode danificá-lo mais rapidamente e diminuir seu tempo de vida. Portanto, é necessário a utilização de dissipadores térmicos para garantir que a temperatura de junção do semicondutor ( $T_j$ ) esteja dentro dos limites especificados pelo fabricante.

Algumas vantagens do LED são:

- **Vida útil:** possui longa vida útil, aproximadamente 50.000 h, o que ajuda na redução do esforço de manutenção;
- **Eficiência:** vantagem na utilização de energia sobre a luz incandescente e halógena, chegando próxima a eficiência da luz fluorescente em relação a quantidade de fluxo de luz produzido pela energia consumida (lm/W);
- **Segurança:** funciona em baixa voltagem, o que diminui o risco de operação;
- **Resistência:** possui alta resistência à impactos, devido à utilização de tecnologias de estado sólido, sem filamentos, vidros, etc.;
- **Rapidez:** possui rapidez no acionamento;
- **Dimerização:** alto controle sobre a intensidade luminosa, regulado pela intensidade da corrente elétrica;

- **Vivacidade das cores:** maior precisão e vivacidade das cores, por irradiar feixes “puros” de luz da cor desejada, sem precisar ser filtrada e com isso alterar sua cor e diminuir a intensidade;
- **Ecológico:** ecologicamente correto, sem utilização de mercúrio ou outro elemento que cause dano à natureza;
- **Ausência do ultravioleta:** não emite ultravioleta, o que é insignificante para a visão humana ao mesmo tempo que pode ser prejudicial à integridade de certos objetos;
- **Ausência do infravermelho:** ausência do infravermelho, que não beneficia a visão humana e não esquentava o dispositivo, como já foi visto antes;
- **Menos desgaste:** diferente da luz fluorescente, não desgasta ao ser acendida, aumentando a vida útil e trazendo novos usos a ela, como usar a luz alternando entre ligado e desligado rapidamente.

Portanto, o LED aplicado a monitores de vídeo pode oferecer todos os benefícios de funcionamento geral citados acima. Além disso, diferentemente do LCD, pode ser construído em *flat-panel* (como a TV de plasma e LCD), não ocupando tanto espaço e sendo mais conveniente.

Recentemente, surgiram novas tecnologias de monitores de vídeo baseadas em LED, como a OLED (*organic LED*) e QLED (*quantum dot LED*).

### 3.3. Plasma

Esta seção é baseada na matéria *Plasma screen, da Computer Hope, 2022* [3], portanto um estudo recente.

Assim como a tela de LED e LCD, pode ser construída como *flat-panel*, podendo ser atribuída à parede. Normalmente, é construída em grandes tamanhos, variando entre 40 a 60 polegadas, o que não era comum na utilização de CRT devido à inconveniência do espaço necessário.

A tecnologia foi inventada por Donald Bitzer e um time na Universidade de Illinois em 1964. Consiste em pequenas células com mercúrio e gases nobres (portanto com potencial de ser mais poluente ao meio ambiente comparado ao LED). Essas células ficam entre duas lâminas de vidro. Quando a energia elétrica passa pelas células, transforma os gases nobres em plasma, que emite luz e, combinada às outras células, produz imagem no *display*.

Algumas vantagens da utilização de plasma são:

- **Altas resoluções:** suporte a altas resoluções, devido ao seu tamanho reduzido, o que permite uma grande densidade de pixels;
- **Alta taxa de contraste:** possui uma alta taxa de contraste, definida como a razão entre a luminância do pixel mais claro e a luminância do pixel mais escuro;

- **Alto ângulo de visão:** possui alto ângulo de visão, ou seja, a imagem se altera menos conforme o vetor entre o observador e o visor aumenta o ângulo em relação à normal do painel;
- **Alta taxa de atualização:** possui alta taxa de atualização, ou seja, a frequência de atualização da imagem, o que reduz o desfoque de movimento.

Por outro lado, as desvantagens dos monitores de vídeo à plasma são:

- **Maior chance de *burn-in*:** possui riscos consideráveis de *burn-in* em pixels, ou seja, a falha destes, o que pode causar que imagens anteriores fiquem permanentemente gravadas na tela;
- **Perca de brilho:** a tela pode perder intensidade de brilho ao longo do tempo;
- **Baixa eficiência:** ou seja, possui alto uso de energia;
- **Volumoso:** possui um grande volume de equipamento e é pesado.
- **Curta vida útil:** possui uma vida útil média de 10 anos.

Devido à grande quantidade de desvantagens que apresenta, os monitores de vídeo de plasma vêm se tornando obsoletos, sendo substituídos por outras tecnologias. Um indício disso foi o anúncio da Samsung, em julho de 2014, de que estaria parando com suas produções de TVs com esse tipo de equipamento, sendo seguido pouco tempo depois por anúncios semelhantes da Panasonic e LG [4].

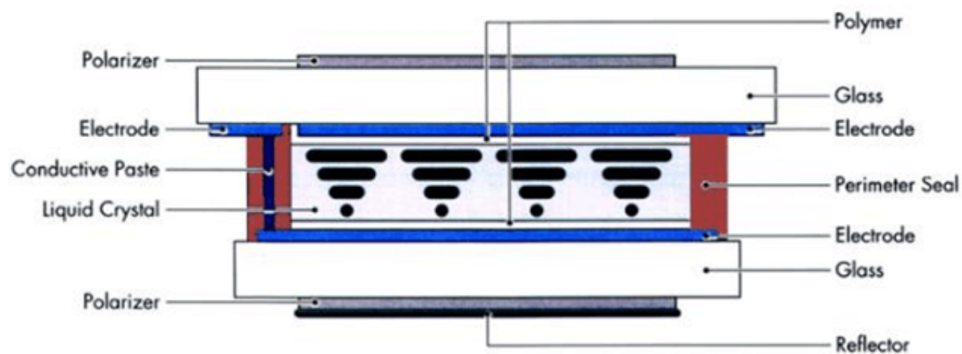
### 3.4. LCD

Esta seção é baseada na matéria online *What is an LCD Display: An introduction to LCD technology*, da *Orient Display* [5].

A tecnologia de *displays* LCD (*liquid crystal display*) constrói painéis *flat-panels* (assim como LED e plasma). Surgiu em 1964 nos laboratórios RCA em Princeton por George Heilmeier. É comumente encontrada em monitores de TVs, computadores e smartphones.

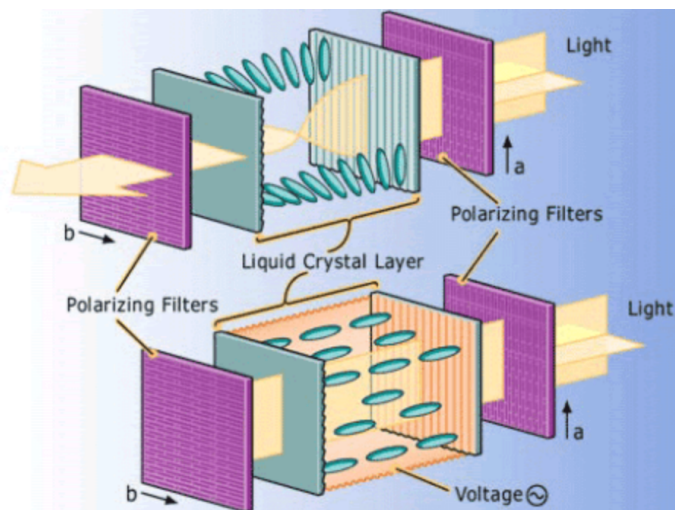
Funciona através de uma luz de fundo que incide sobre células (pixels) que possuem três componentes, uma para cada canal de cor RGB. Cada um desses canais de cores podem ser desativados, alterando assim a cor branca original de fundo para cada pixel e assim projetando a imagem. Com a regulagem da intensidade de bloqueio de cada canal de um pixel é possível formar milhões de cores diferentes. Portanto, o funcionamento do LCD é diferente das vistas anteriormente, uma vez que os pixels não projetam a luz, porém bloqueiam a passagem desta.

De forma mais específica, a tecnologia é estruturada com uma camada de cristal líquido entre duas lâminas de vidro, eletrodos e polarizadores (figura 2), estes últimos responsáveis por permitir somente luzes de certas frequências. Os eletrodos precisam ser transparentes, por isso a utilização mais popular é do material ITO (Óxido de índio). A luz de fundo pode ser de LED, mais popular, ou CCFL, sigla para *cold cathode fluorescent lamp* (lâmpadas fluorescentes de cátodo frio). É possível ainda ter um painel de touch a frente da tela de LCD, o que torna a tecnologia adequada para smartphones, tablets, etc..



**Figura 2. Estrutura do LCD [5].**

Essa estrutura permite que moléculas de cristais líquidos que não possuem campo elétrico aplicado sobre si rotacionem em  $90^\circ$  nas células. Isso faz com que após a luz passe através dos dois polarizadores, esta seja alterada ao passar no cristal líquido e bloqueada ou permitida ao passar pelo segundo polarizador, o que gera a emissão de luz ou a cor preta. Este esquema pode ser visto na figura 3.



**Figura 3. Funcionamento da tecnologia LCD [5].**

O LCD possui várias vantagens, como ser *flat-panel* e possuir baixo consumo de energia, por utilizar campo elétrico e não corrente elétrica. Isso garantiu seu sucesso em substituir tecnologias como CRT e plasma. Porém possui desvantagens, como: alto tempo de resposta, especialmente em temperaturas baixas, ângulo de visão limitado e necessidade de luz de fundo.

O primeiro tipo de LCD que foi produzido em massa foi o TN (*twisted nematic*). Porém, este utiliza uma tecnologia menos eficaz, apresentando ângulo de visão reduzido e tempo de resposta lento, apesar de ser mais eficiente em consumo de energia. Com isso, surgiram outras tecnologias, como o IPS (*in plane switching*), o mais conhecido,

com maior ângulo de visão, menor tempo de resposta, alto contraste e menos defeitos de *burn-in*.

#### **4. Discussão**

É possível observar, através do estudo visto anteriormente que, apesar das grandes limitações, o CRT foi o precursor dos monitores de vídeo modernos, portanto possui uma importância histórica. Recentemente os monitores de CRT foram sendo substituídos por LED, plasma e LCD, que utilizam muito menos espaço e possuem melhor qualidade de imagem. Entre esses três, o plasma, devido às suas diversas limitações (como consumo de energia e desgaste), foi, apesar de uma evolução em vários aspectos do CRT, deixado para trás comercialmente, substituído por LCDs e LEDs.

LCDs e LEDs têm dominado o mercado atualmente, muitas vezes sendo utilizados de forma conjunta (como no caso da luz de fundo dos LCDs), cada um com suas vantagens e desvantagens. No entanto, com o surgimento das novas tecnologias OLED e QLED, este parece estar cada vez mais presente em TVs, devido à qualidade da imagem. Em monitores de computadores para jogos, o LCD parece prevalecer sobre o LED, pelo preço reduzido e disponibilidade.

#### **5. Conclusão**

Uma vantagem da análise feita de forma comparativa entre as diferentes tecnologias, em contraste a estudos isolados de cada uma, é uma visão mais realista do cenário desse tipo de equipamento, pois se considera vantagens e desvantagens de uns sobre os outros e o melhor contexto de uso de cada um. Além de um aprofundamento maior também de forma individual, pois o estudo de um reflete e faz lembrar características do outro, devido às suas diferenças.

Além disso, a pesquisa mostrou a existência de várias questões ao se projetar um monitor de vídeo, como a vivacidade da imagem, a intensidade da imagem, ângulo de visão da imagem, consumo de energia, segurança, poluição do meio ambiente, aquecimento, entre outras questões. Todas essas características dependem da tecnologia por trás e são levadas em conta na decisão da mais adequada.

Com este estudo, portanto, é possível concluir que as tecnologias utilizadas para construção de monitores de vídeo não necessariamente precisam ser vistas como melhor ou pior em relação a outra, mas cada uma possui vantagens e desvantagens, com os resultados da utilização de cada uma dependendo do contexto de uso.

## Referências

- [1] M. Bellis, *Television History and the Cathode Ray Tube*, Último acesso em 4 de Março de 2023, 2017. endereço: <https://www.thoughtco.com/television-history-cathode-ray-tube-1991459> (ver p. 1).
- [2] L. de Iluminação, *LED - O que é, e como funciona*, Último acesso em 4 de Março de 2023. endereço: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm#:~:text=O%5C%20LED%5C%20%5C%C3%5C%A9%5C%20um%5C%20componente,transformar%5C%20energia%5C%20el%5C%C3%5C%A9trica%5C%20em%5C%20luz.> (ver pp. 2, 3).
- [3] C. Hope, *Plasma screen*, Último acesso em 5 de Abril de 2023, 2022. endereço: <https://www.computerhope.com/jargon/p/plasma-screen.htm> (ver p. 4).
- [4] Globo, *Fim do plasma: entenda por que tecnologia desaparecerá das TVs no mercado*, Último acesso em 18 de março de 2023. endereço: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2014/10/fim-do-plasma-entenda-por-que-tecnologia-desaparecera-das-tvs-no-mercado.ghhtml> (ver p. 5).
- [5] T. Contributor, *What is an LCD Display : An introduction to LCD technology — Orient Display*, Último acesso em 5 de Abril de 2023. endereço: <https://www.orientdisplay.com/knowledge-base/lcd-basics/what-is-lcd-liquid-crystal-display/> (ver pp. 5, 6).