

## **A óptica aplicada na indústria: um enfoque de sua importância nos cursos de Engenharia**

**Optical applied in the industry: a focus of its importance in Engineering courses.**

Jaime Alexandre Mion, Fábio Morgon, Alecsandro Costa Dantas de Sousa, Luciano Galdino

Jaime Alexandre Mion: Graduado em Engenharia Mecatrônica pela faculdade ENIAC. E-mail: [xljaime@ig.com.br](mailto:xljaime@ig.com.br).

Fábio Morgon. Graduado em Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e em Engenharia Mecatrônica pela faculdade ENIAC. E-mail: [fabiomorgon@yahoo.com.br](mailto:fabiomorgon@yahoo.com.br).

Alecsandro Costa Dantas de Sousa. Graduado em Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Faculdade ENIAC. E-mail: [alecsandro.costa@gmail.com](mailto:alecsandro.costa@gmail.com).

Luciano Galdino.<sup>4</sup> Mestre em Ciências Exatas e da Terra na área de Física Nuclear pela USP, especializado em Física pela USP e Licenciado em Matemática pela UNG. E-mail: [lucianogaldino1@yahoo.com.br](mailto:lucianogaldino1@yahoo.com.br).

### **Resumo**

Desde que a óptica começou a ser estudada, muitas descobertas mudaram a forma do ser humano viver. O estudo apresentado neste artigo consiste em apontar as principais aplicações da óptica na indústria, como o funcionamento dos sensores ópticos, do projetor de perfil, dos scanners 3D, do corte e gravação à laser, a atuação da fibra óptica e dos leitores ópticos e a análise de materiais por espectroscopia, destacando a importância do estudo da óptica nos cursos de engenharia. Para tanto será demonstrada uma breve descrição dos principais fenômenos ópticos e suas relações com os dispositivos ópticos que auxiliaram na descoberta e evolução de máquinas e equipamentos utilizados na indústria.

Palavras chaves: Aplicações, Cursos, Engenharia, Indústria, Óptica.

### **Abstract**

Since the optics begun to be studied, many discoveries have changed the way the human living. The study presented in this article is to point out the main applications of the optics in industry, such as the operation of optical sensors, profile projector, 3D scanners, cutting and engraving on laser, the performance of optical fiber and optical readers and materials analysis by spectroscopy, highlighting the importance of the study of optics in engineering courses. To do so will be shown a brief description of the main optical phenomena and their relationship to the optical devices that helped in the discovery and development of machinery and equipment used in industry.

Keywords: Applications. Courses. Engineering. Industry. Optics.

## **1. INTRODUÇÃO**

A infinita vontade do homem de descobrir, explicar e aplicar as características fundamentais da natureza influenciou o estudo da óptica, sendo que a humanidade sofreu muita influência das descobertas envolvendo os seus fenômenos. A óptica está totalmente ligada ao

estudo da luz, que é classificada como uma onda eletromagnética, e possui como parâmetros os fenômenos físicos que ocorrem durante sua propagação e incidência em diversos meios materiais.

O objetivo deste trabalho é de destacar e exemplificar o envolvimento da óptica em atividades industriais, o que resultou em um significativo desenvolvimento tecnológico proporcionado pela evolução dos conceitos da óptica e que trouxe agilidade e qualidade para os processos industriais. Além disso, o conteúdo deste artigo objetiva proporcionar uma visão aos estudantes de cursos de Engenharia sobre a importância do ensino e aprendizagem da óptica para a compreensão, manipulação e até mesmo desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas em equipamentos e máquinas que possam atuar com máxima eficiência, segurança e economia, contribuindo com soluções avançadas que beneficiam ao ser humano e ao meio ambiente.

O artigo aborda brevemente os principais fenômenos ópticos, reflexão, refração, difração, interferência, dispersão e polarização, possibilitando ao leitor o entendimento e a capacidade de relacionar os fenômenos ópticos com o funcionamento dos dispositivos e máquinas utilizados na indústria.

Dentre as aplicações são destacadas as relacionadas aos sensoriamentos ópticos, metrologia (com a apresentação do projetor de perfil e o scanner óptico 3D), processos de corte e gravação a laser, transmissão de dados por fibra óptica, análise de materiais pela técnica da espectroscopia e os leitores ópticos.

## 2. Óptica

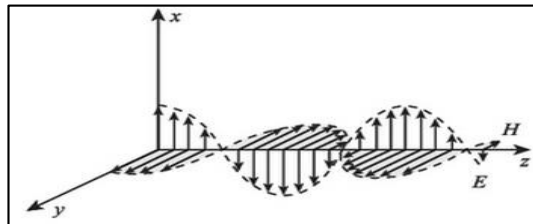
A óptica é uma área da Física que estuda os fenômenos que ocorrem com a luz. A partir do final do século XVII procurava-se definir como a luz se propagava e como era gerada. Existiam duas teorias: a corpuscular e a ondulatória. O holandês Christiaan Huygens (1629/1695) é considerado o fundador da teoria ondulatória da luz por ter publicado em 1690 a sua obra “Tratado sobre a luz”. Já o inglês Isaac Newton (1643 – 1727) apontava uma tendência à teoria corpuscular em suas obras sobre óptica publicadas no início do século XVIII. Hoje, com o desenvolvimento da física quântica, sabe-se que a luz possui carácter dual, isto é, apresenta propriedades ondulatórias e corpusculares [1].

Acreditava-se que a luz era um feixe de partículas (corpúsculos) até que surgiram os trabalhos de James Clerk Maxwell e Heinrich Hertz que esclareceram que a luz é uma onda eletromagnética [2].

Heinrich Hertz (1857 – 1894) foi a primeira pessoa a enviar ondas de rádio. Ele mostrou que elas podiam ser refletidas e refratadas da mesma forma que a luz, confirmando a previsão de Maxwell de que as ondas de luz são radiações eletromagnéticas. [3, 257].

A radiação eletromagnética é uma forma de energia emitida por partículas com cargas elétricas aceleradas, esta radiação não depende de meios de propagação, assim pode se propagar pelos meios materiais e o vácuo, sendo que neste atinge sua velocidade máxima de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s, esta radiação tem a forma de ondas produzidas pela combinação de um campo elétrico (E) com um campo magnético (H), conforme ilustrado na figura 1 [4].

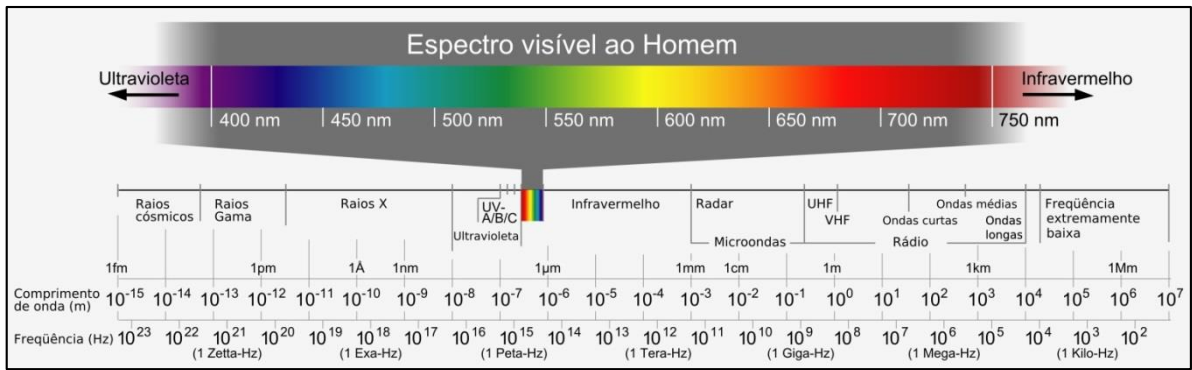
Figura 1 - Ondas eletromagnéticas [5, p.265].



Fonte: produzido pelos autores.

O aumento do movimento das moléculas devido a um aumento de temperatura de corpos resulta em emissão de radiação térmica com vários comprimentos de onda. Esses corpos podem se tornar luminosos dependendo da quantidade de radiação que emitir e torna-se fontes de luz primárias. [2]. A luz visível está em uma pequena faixa do espectro eletromagnético. A luz visível tem comprimento de onda que varia de 400 a 700 nm e, conseqüentemente, frequência entre  $4 \times 10^{14}$  Hz (vermelho) e  $8 \times 10^{14}$  Hz (violeta). Não existem lacunas no espectro eletromagnético e todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade. A faixa visível do espectro eletromagnético foi estudada por James Clerk Maxwell no século XIX, conhecido como “arco-íris de Maxwell”, e é a região do espectro eletromagnético que contém a luz visível ao olho humano. A figura 2 apresenta o espectro eletromagnético, destacando a faixa de luz visível [4].

Figura 2 - Espectro de ondas eletromagnéticas [6].



Fonte: produzido pelos autores.

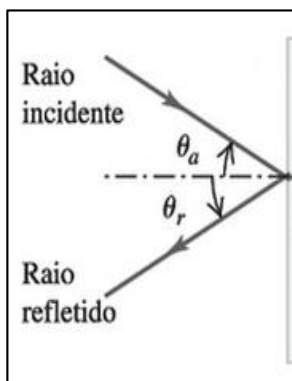
### 3. Fenômenos ópticos

A óptica pode ser dividida em óptica física (estuda a natureza da luz e sua interação com o meio) e óptica geométrica (estuda a trajetória da luz, considerando-a como um feixe de luz constituído por raios de luz) [7].

#### 3.1. Reflexão

A reflexão se dá quando um raio de luz incide em uma superfície, sendo que estes raios retornam para o meio que vieram, porém com um ângulo de reflexão ( $\theta_r$ ) igual ao ângulo formado pelo raio incidente ( $\theta_a$ ), conforme figura 3 [4].

Figura 3: Fenômeno da reflexão destacando a igualdade dos ângulos de incidência e reflexão



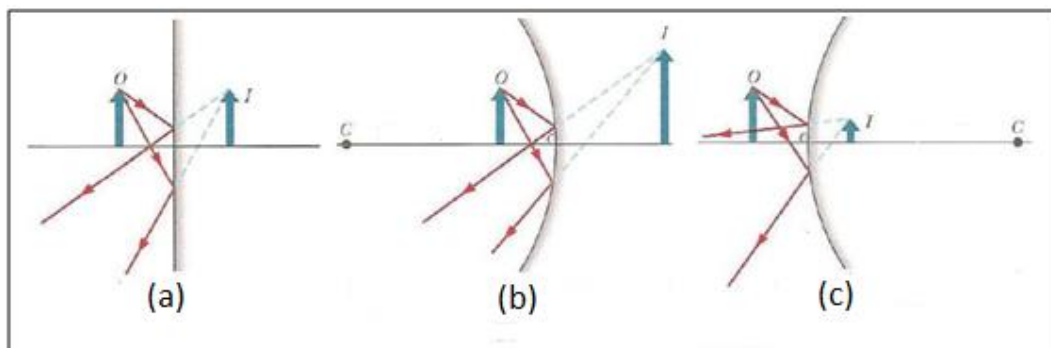
[2, p.4].

Fonte: produzido pelos autores.

Um dos elementos ópticos mais simples é o espelho, sendo que através dele é possível obter imagens devido ao fenômeno da reflexão. Os espelhos podem ser planos e esféricos. O

espelho plano reflete de forma que a distância do objeto ao espelho é igual à distância da imagem virtual ao espelho. Já no espelho esférico, a luz provida do objeto pode ser refletida na superfície interna ou externa do espelho e formar imagens maiores, menores ou do mesmo tamanho que o objeto, além disso, essas imagens podem ser reais (formadas na frente do espelho) ou virtuais (formadas atrás do espelho), direita ou invertida (de ponta cabeça). Os espelhos esféricos podem ser côncavos (região interna espelhada) ou convexos (região externa espelhada). A figura 4 apresenta imagens formadas através dos espelhos plano, côncavo e convexo [7].

Figura 4: Tipos de espelhos. Em (a) têm-se a imagem virtual formada num espelho plano, em (b) têm-se a imagem virtual, maior e direita formada num espelho côncavo e em (c) têm-se a imagem virtual, menor e direita formada num espelho convexo [4, p.41].

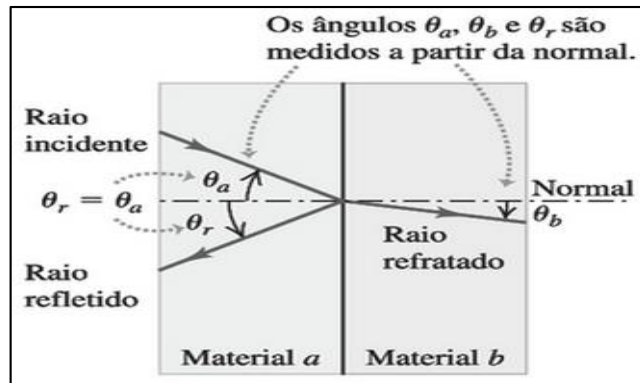


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.2. Refração

A refração ocorre quando raios luminosos providos de um determinado meio incidem na superfície de separação entre outro meio e com isso parte dos raios atravessam para o segundo meio tendo sua velocidade alterada e na maioria das vezes mudando a direção do raio refratado. O ângulo do raio refratado depende das propriedades dos meios que os raios incidem e do ângulo que está o raio incidente em relação à reta normal (N). Vale destacar que no fenômeno da refração parte dos raios são refletidos, conforme ilustrado na figura 5 [7].

Figura 5: Fenômeno da refração [2, p.5].



Fonte: produzido pelos autores.

O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência e o ângulo de refração está relacionado ao ângulo de incidência através da lei de Snell (equação 1) [4].

$$n_i \sin \hat{i} = n_r \sin \hat{r} \quad (1)$$

Onde:

$n_i$  = índice de refração do meio em que a luz provém;

$n_r$  = índice de refração do meio em que a luz passa (refrata);

$\hat{i}$  = ângulo de incidência;

$\hat{r}$  = ângulo de refração.

Índice de refração ( $n$ ) descreve a razão entre a velocidade da luz de uma determinada frequência no vácuo ( $c$ ) e a velocidade ( $v$ ) no meio que ela está passando (equação 2). As cores possuem índices de refração diferentes para um mesmo meio por possuírem diferentes frequências e cada meio apresenta índices de refração diferentes [4].

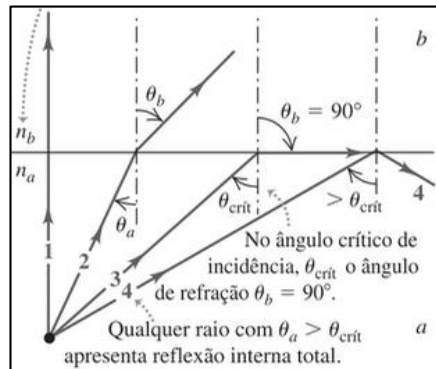
$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

A luz quando incidida na interface entre dois meios materiais pode ser totalmente refletida, isto é, nenhuma luz ser transmitida para o outro meio. Isso só pode ocorrer se o índice de refração do meio incidente ( $n_i$ ) for maior que o do meio da possível transmissão ( $n_r$ ) e o ângulo de incidência for maior que o ângulo crítico ( $\theta_{crit}$ ), dado pela equação 3 [2].

$$\sin \theta_{crit} = \frac{n_i}{n_r} \quad (3)$$

A figura 6 exemplifica esse fenômeno que é conhecido como reflexão interna total ou simplesmente reflexão total.

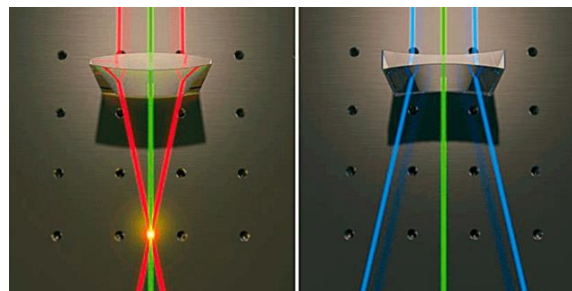
Figura 6: Fenômeno da reflexão total, onde  $n_a$  tem que ser maior que  $n_b$  [2, p.10].



Fonte: produzido pelos autores.

Os elementos ópticos, que são muito utilizados em dispositivos ópticos pelo fenômeno da refração para produzirem imagens, são as lentes delgadas. Uma lente delgada é um pedaço de vidro ou plástico moldado de tal forma que suas duas superfícies sejam segmentos de esferas ou planos. São classificadas como lentes convergentes e lentes divergentes [7]. Os raios luminosos paralelos ao passarem pela lente convergente têm sua trajetória convergindo para um único ponto (foco). Já na lente divergente os raios paralelos ao passarem por ela são espalhados (divergem), figura 7.

Figura 7: Lente convergente (à esquerda) e divergente (à direita) [8].

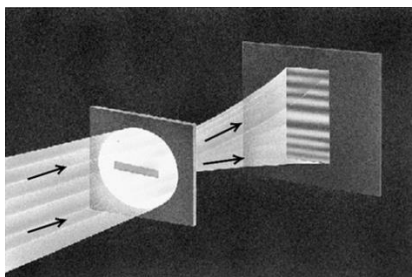


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.3. Difração

A difração da luz é um fenômeno tipicamente ondulatório e pode ser identificada quando surgem franjas claras e escuras em um anteparo após a luz contornar obstáculos ou após a luz atravessar uma fenda estreita onde ocorre a abertura dos feixes de luz, conforme figura 8 [7].

Figura 8: Representação do fenômeno da difração. A fenda apresenta-se com largura exagerada somente para melhorar a ilustração [2, p.114].

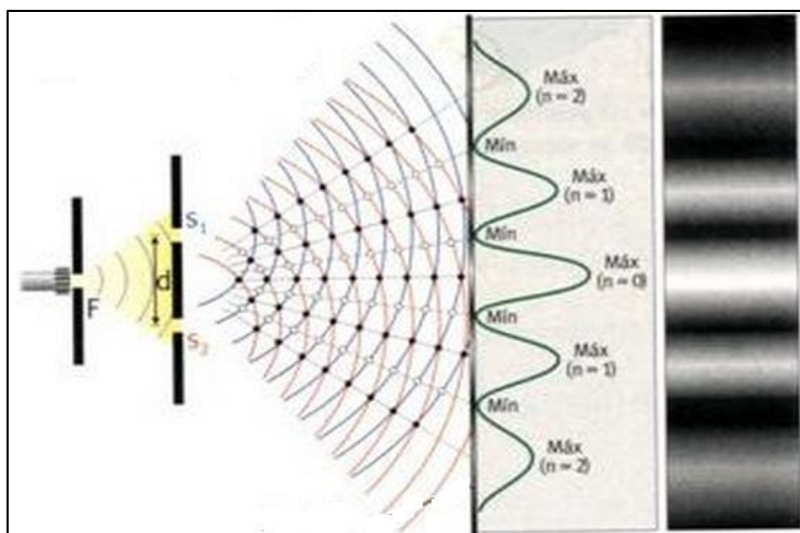


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.4. Interferência

O fenômeno de interferência se dá com a combinação ou superposição de duas ou mais ondas num mesmo ponto. Assim como a difração, é um fenômeno tipicamente ondulatório [7]. A figura 9 apresenta um feixe de luz sendo difratada por um obstáculo com uma fenda e depois sendo difratada por outro obstáculo só que agora com duas fendas até atingir um anteparo e produzir um padrão de interferência formado por faixas escuras e claras denominadas franjas devido à superposição das ondas terem um pico máximo e mínimo [9].

Figura 9 - Representação gráfica da interferência [10].



Fonte: produzido pelos autores.

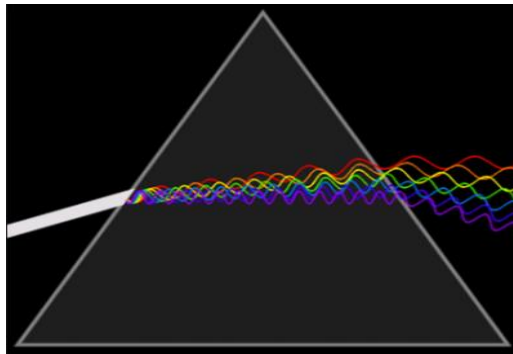
### 3.5. Dispersão da luz

Dispersão da luz é mudança de direção da luz, mas que depende do índice de refração do meio material que a luz passa e o comprimento de onda da luz. Esse fenômeno é evidenciado na figura 10, onde é incidido um feixe de luz policromática numa face de um



prisma e na saída da outra face aparecem às cores separadas devido ao fenômeno da dispersão produzir desvios diferentes para cada cor [7].

Figura 10 - Dispersão da luz no prisma [11].

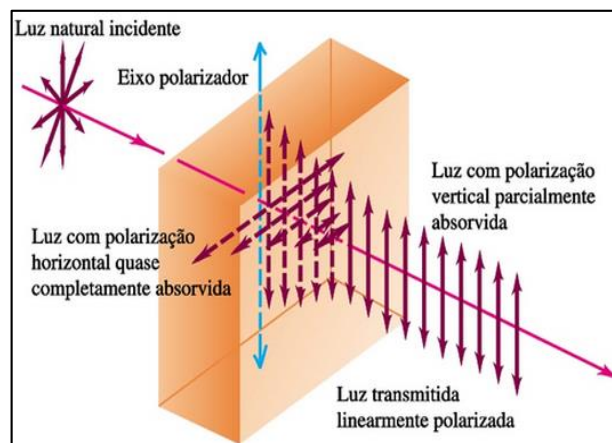


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.6. Polarização

Fenômeno que orienta a luz em uma única direção através de dispositivos denominados polarizadores (figura 11). Este fenômeno só pode ocorrer com ondas transversais, pois elas se propagam em todas as direções e perpendicularmente à perturbação originadora da onda, isto é, ondas longitudinais não estão sujeitas a esse fenômeno por já se propagarem numa única direção. [2].

Figura 11 - Exemplo de filtro polarizador [2, p. 13].



Fonte: produzido pelos autores.

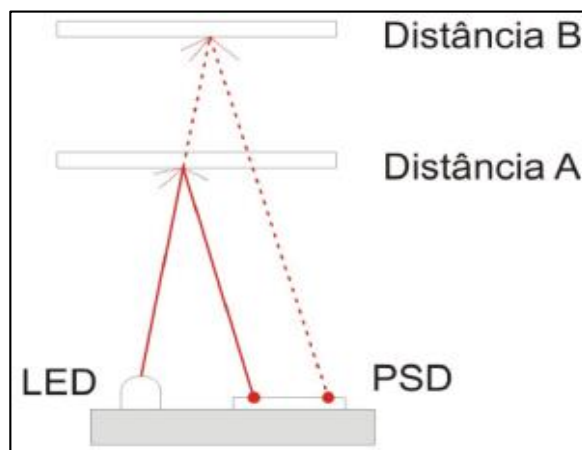
### Aplicações da óptica na indústria

A óptica aparece com muita frequência em processos industriais, tais como no controle de medidas, alinhamentos, sensores, aumento de imagens, cortes e gravações de materiais e produtos, leitores ópticos entre outros.

#### 4.1. Sensoriamento óptico

Os sensores são componentes que permitem analisar uma determinada condição do ambiente como medida de temperatura, controle de luminosidade, determinação de distâncias, indicação de aproximação de corpos, controle de rotação de motores, entre outros [12]. Os sensores ópticos são utilizados na indústria para medição de distâncias em linhas de produção como controle de posicionamentos (chaves fim de curso), medição das dimensões das peças e verificação de falhas e locomoção de robôs. Seu funcionamento se dá através da emissão de um feixe de raio laser (por meio de um diodo laser) ou de radiação infravermelha (por meio de um LED) que são refletidos por um objeto que se deseja medir a distância e detectados por um dispositivo de monitoramento de posição ou *Position Sensing Device* (PSD), conforme figura 12 [12].

Figura 12: Funcionamento dos sensores ópticos para determinação de distâncias através do método da triangulação [12].

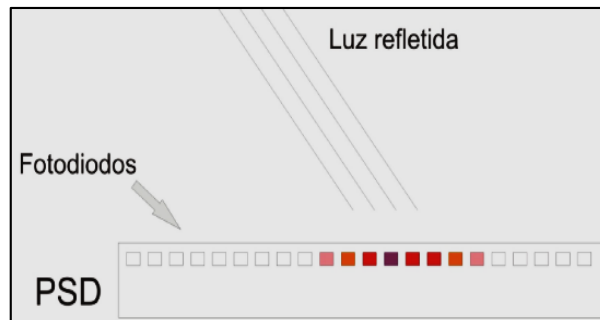


Fonte: produzido pelos autores.

O próprio PSD utiliza fenômenos ópticos em seu funcionamento, pois é formado por fotodiodos (conversor de luz em corrente elétrica) que identifica a posição exata em que o raio

incidiu nele e envia as informações a um módulo processador que correlaciona às distâncias A e B (figura 13).

Figura 13: Atuação do PSD [12].



Fonte: produzido pelos autores.

## 4.2. Metrologia

São exemplos de aplicações da óptica na metrologia o projetor de perfil e o scanner óptico 3D (digitalizador). O objetivo do projetor de perfil (figura 14) é dimensionar peças pequenas e/ou, com formato complexo que os instrumentos usuais não têm capacidade de medir, pois o projetor possui a capacidade de aumentar os detalhes da peça e dimensioná-las [13].

Figura 14: Projetor de perfil [14].

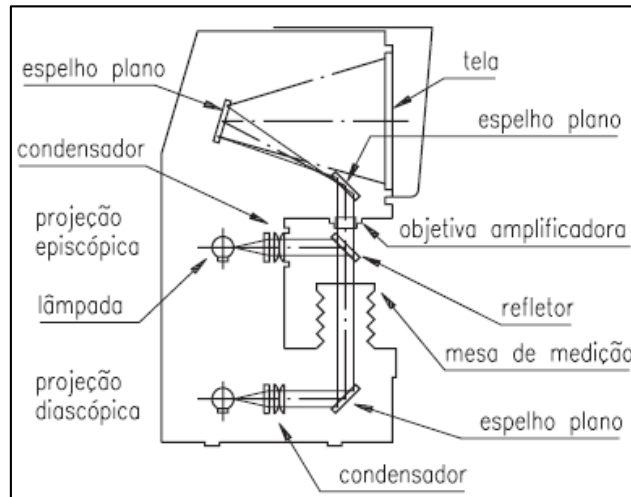


Fonte: produzido pelos autores.

O projetor de perfil possui diante de uma lâmpada o condensador que concentra o feixe de luz sob a peça, sendo que os raios de luz que não forem obstruídos por ela atravessam a

objetiva amplificadora, desviam-se por espelhos planos e iluminam a tela formando a imagem da peça (figura 15) [13].

Figura 15: Esquema básico do funcionamento do projetor de perfil [13].



Fonte: produzido pelos autores.

Já o scanner óptico 3D (figura 16) tem como objetivo realizar medições em peças digitalizando imagens em 3D e disponibilizando-as em sistemas computacionais gráficos CAD (Desenho Assistido por Computador). É muito utilizado na engenharia do produto tanto, no controle de peças, onde se torna difícil o uso de instrumentos convencionais, como na engenharia reversa. Seu funcionamento é baseado na emissão de feixes infravermelhos que passam através de lentes, sendo a reflexão captada por câmeras onde mais uma vez existem jogos de lentes. A imagem captada pela câmera é transformada em sinais elétricos através de um elemento eletrônico denominado dispositivo de carga acoplada ou *Charge Coupled Device* (CCD).

Figura 16: Scanner óptico 3D portátil [15].



Fonte: produzido pelos autores.

### 3.7. Corte e gravação a laser

Laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*) consiste de um dispositivo que possui a capacidade de produzir um feixe intenso de fótons (quantum da radiação eletromagnética) coerentes por emissão estimulada, isto é, o campo eletromagnético do fóton incidente faz com que os elétrons atingidos oscilem com a mesma frequência do fóton emissor estimulando o átomo excitado a emitir um fóton na mesma direção e com a mesma fase do fóton incidente [16].

Na máquina de corte a laser, segundo o fabricante ZL TECH, é utilizado uma lente colimadora de seleneto de zinco (figura 17), também chamada de lente menisco devido ao seu formato que lembra o menisco do joelho humano.

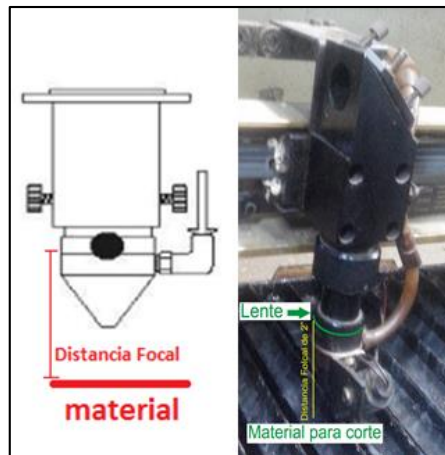
Figura 17: Lente colimadora “menisco”.



Fonte: produzido pelos autores.

Essa lente é utilizada para focar o feixe do laser, objetivando concentrar a luz em 0,2mm para ter a potência de corte desejada. O material deve ser posicionado a uma distância adequada da lente (figura 18), pois o foco específico da lente é o ponto de maior concentração, isto é, o ponto de potência máxima. Independente da espessura do material a ser cortado, o foco sempre será o mesmo, pois o que definirá se o material será cortado ou não será a velocidade linear da caneta e a distância correta.

Figura 18: Posicionamento correto para o corte.



Fonte: produzido pelos autores.

O corte a laser tem o objetivo de transpor o material por completo, separando uma parte da outra e com a capacidade de obter formatos complexos. Para obter qualidade e eficiência no corte, é necessário atender alguns fatores: velocidade, potência e foco.

O balanço entre esses ajustes determinará a espessura do material a ser cortado. Por exemplo: para cortar uma placa de madeira de MDF de 3mm com um tubo de laser de 150W, a velocidade pode ser de 30mm/s com máxima potência (150W) ou com velocidade de 15mm/s e 50% da potência (75W).

Da mesma maneira que para cortar uma placa de madeira de MDF com espessura de 9mm a velocidade pode ser 9mm/s e potência de 150W ou velocidade de 4,5mm/s e potência de 75W, ou seja, a velocidade e a potência são diretamente proporcionais, e o ajuste das mesmas determinarão a espessura do material que poderá ser cortado. A figura 19 apresenta uma máquina de corte a laser executando um corte numa placa de madeira de MDF com 3mm de espessura e com um formato complexo.

Figura 19: Corte a laser em uma placa de madeira.



Fonte: produzido pelos autores.

A gravação a laser atua com o mesmo princípio do corte, só que o objetivo é apenas formar cavidades da peça com o formato desejado. Também se pode executar a gravação em vários tipos de materiais (metais, plásticos, acrílicos, tecidos, vidros, madeiras...) e é muito aplicado na indústria para personalizar os produtos com qualidade e estética. A figura 20 apresenta a máquina a laser gravando um nome em uma placa de madeira.

Figura 20: Gravação a laser em uma placa de madeira [17].

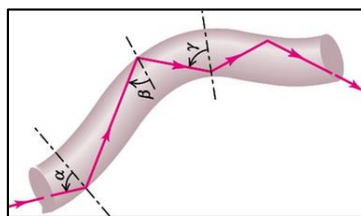


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.8. Transmissão de dados

A transmissão de dados com um mínimo de perda é sem dúvida uma das grandes contribuições da óptica, e isso só é possível utilizando as fibras ópticas. Elas são compostas por núcleo e casca, que necessariamente tem índices de refração diferentes, sendo o núcleo composto de um material com índice de refração maior que o do material da casca. Isso possibilita a ocorrência do fenômeno da reflexão total e, assim, a luz é refletida inúmeras vezes ao longo da fibra chegando até a saída da fibra (figura 21), sendo que mesmo após percorrer quilômetros a perda de energia é muito pequena [9].

Figura 21: Percurso de um raio de luz num cabo de fibra óptica. Os raios estão confinados por terem os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  maiores que o ângulo crítico [18. p. 13].

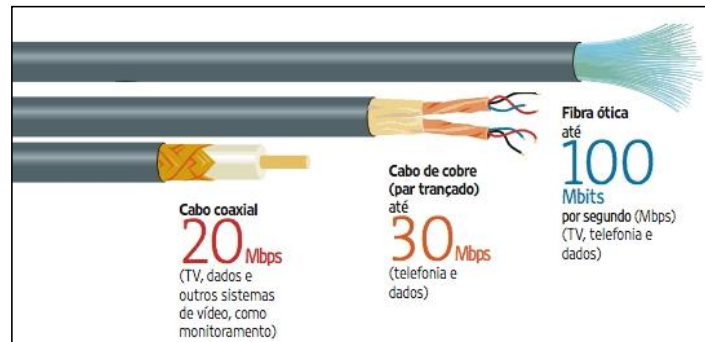


Fonte: produzido pelos autores.

A fibra pode ser feita de vidro (dióxido de silício) ou de plástico transparente, ambos são facilmente encontrados na natureza e no mercado. A velocidade de transmissão de dados

de um cabo óptico comparada a um cabo comum demonstra a superioridade do salto evolucionar que foi obtido (figura 22) [19].

Figura 22: Comparativo entre cabos [20].



Fonte: produzido pelos autores.

Uma fibra óptica pode substituir um cabo metálico de última geração com peso 26 vezes menor. O custo de utilização da fibra não deve ser calculado apenas com o custo por metro, e sim com o valor do custo de cada unidade de informação transmitida, ou seja, custo-benefício do produto [19].

A fibra óptica, além de ser muito aplicada na medicina (endoscopias e intervenções cirúrgicas por laparoscopia) e na telecomunicação, tem grande aplicação na indústria. Na indústria petrolífera ela é utilizada para medição de pressão, temperatura e vibração do solo, na indústria aeronáutica ela é utilizada para monitoramento da estrutura de aviões identificando pequenas fissuras, sendo que com o mesmo objetivo é empregada na engenharia civil, já na indústria eletromecânica é utilizada nos sensores [21].

Sensores a fibra óptica permitem a medida direta de pressão, deformação e temperatura com grande precisão e estabilidade, além de permitir a utilização de um grande número de sensores na mesma fibra, através de técnicas de multiplexação. Com apenas uma fonte de luz, e um sistema de leitura, é possível medir-se uma variedade de sinais multiplexados relacionados à deformação, vibração, temperatura e pressão ao longo de uma única fibra óptica [22].

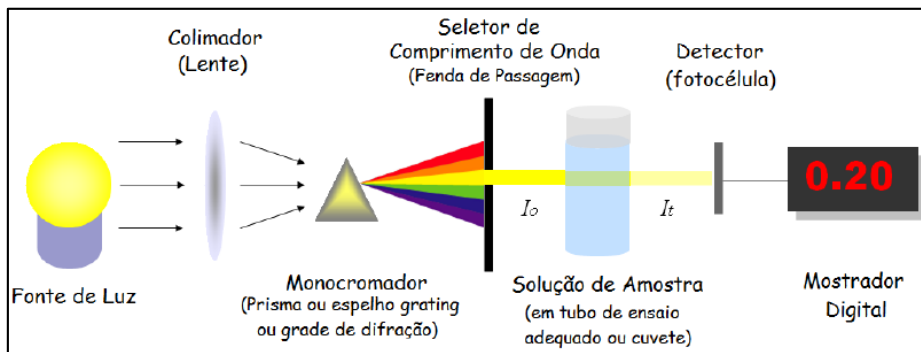
### 3.9. Análises de materiais

Uma técnica para analisar as características estruturais dos materiais, principalmente a composição química, é a espectroscopia. Essa técnica analítica utiliza a interação da luz com a matéria possibilitando determinar a estrutura e proporções de átomos de uma amostra. É utilizada para obter resultados físico-químicos e biológicos, comparando a radiação transmitida ou absorvida por uma determinada solução.



“Espectroscopia é o estudo da luz através de suas cores componentes que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração. A sequência de cores é chamada de espectro” [23]. A técnica espectroscópica utilizada para analisar substâncias é denominada espectrometria, a qual é baseada na interpretação de seus espectros de emissão ou absorção de radiações eletromagnéticas. A figura 23 apresenta, de maneira simplificada, as etapas para a realização de um tipo de análise por espectrometria.

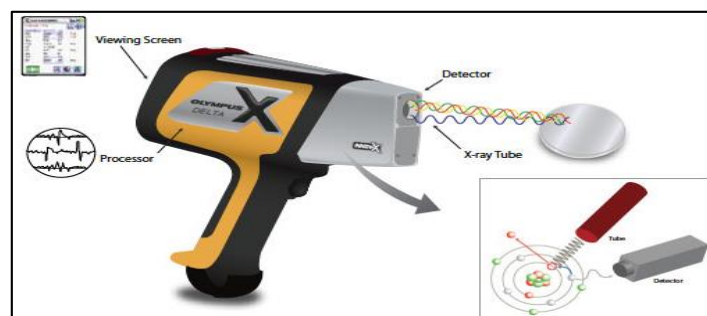
Figura 23: Ilustração das etapas de uma análise espectrométrica de uma amostra [24].



Fonte: produzido pelos autores.

Na indústria estão sendo muito utilizados os espectrômetros portáteis (figura 24) por serem de fácil manipulação e obtenção de resultados rápidos. Os espectrômetros em geral atuam na análise de metais ferrosos e não ferrosos, medições de camadas nos processos de tratamento superficial, verificação de contaminantes em polímeros, na análise de produtos nas indústrias farmacêuticas, alimentícias (principalmente a de carne), têxtil e na indústria de cosméticos. A espectroscopia pode ser por fluorescência de raios X, visível, infravermelho e ultravioleta, todas com o mesmo princípio, excitar a amostra para detectar a emissão e/ou absorção devido à incidência da radiação.

Figura 24: Exemplo de espectrômetro portátil por fluorescência de raios X [25].

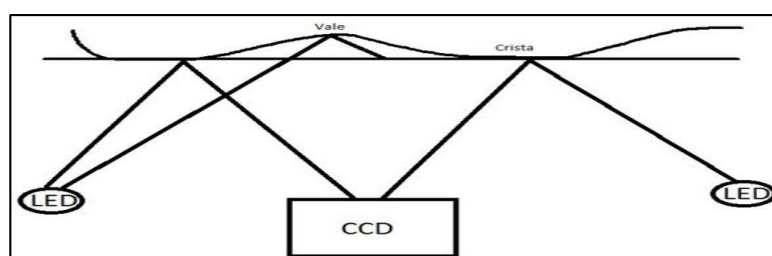


Fonte: produzido pelos autores.

### 3.10. Leitores ópticos

Os leitores ópticos são utilizados para leitura de CD, DVD, código de barras, impressão digital (biometria), entre outros códigos, e na indústria são muito aplicados em almoxarifados e sistemas automatizados. O seu funcionamento se baseia na emissão de luz por um Led para incidir no que se deseja ler e um dispositivo de carga acoplada ou *Charge Coupled Device* (CCD) para captar a reflexão ocorrida e transformar a luz em informação elétrica. A figura 25 destaca o funcionamento básico num leitor biométrico, o qual diferencia os pontos superiores (cristas) dos inferiores (vales) dos dedos humanos.

Figura 25: Funcionamento básico do leitor óptico biométrico.



Fonte: produzido pelos autores.

Outro leitor muito utilizado é o de código de barras, eles são facilmente encontrados em caixas de supermercados, caixas eletrônicos e almoxarifado. O funcionamento dos leitores ópticos de código de barras (figura 26) é através da utilização de um emissor de luz (laser) que passa por um prisma e é refletido em espelhos planos [4], gerando assim um feixe de luz que ao atingir o padrão de barras se depara com uma sequencia lógica, que tem sua reflexão diferenciada quando atingem as barras pretas e brancas [9], essa reflexão é lida com o sensor ótico CCD e interpretada por um computador da maneira desejada.

Figura 26: Trajetória do laser na leitura de códigos de barras [27].



Fonte: produzido pelos autores.

#### 4. Conclusão

Neste artigo foram demonstrados alguns tipos de aplicações da óptica na indústria ressaltando a importância dessa área da física para a evolução tecnológica na indústria e permitindo servir de material de consulta para estudantes de Engenharia ou profissionais interessados em pesquisar essa área. As informações contidas neste trabalho também ajudam a entender a natureza à nossa volta, despertando a relevância da luz e o meio, abrindo caminho para que se possa compreender e construir ferramentas ou equipamentos relacionados à óptica, não somente para aplicações industriais, mas também para a vida no geral.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v4.
- [2] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Ótica e física moderna**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2009. v4.
- [3] KORTZ, John C.; TREICHEL, Paul M.; WEAVER, Gabriela C. **Química Geral**. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. v2.
- [4] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. 7ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. v4.
- [5] QUEVEDO, Carlos; LODI, Cláudia Q. **Ondas eletromagnéticas: eletromagnetismo, aterramento, antena, guias, radar e ionosfera**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010
- [6] METEORÓPOLE. **Radiação na atmosfera**. Disponível em: <http://meteoropole.com.br/2012/12/radiacao-na-atmosfera-curso-de-meteorologia-e-saude-parte-1/>>. Acesso em 28/05/2015.
- [7] SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. Jr. **Princípios da Física: Óptica e física moderna**. 3 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2005. v4.
- [8] HISTOPTICA. **Lentes ópticas – Dioptria** Disponível em <http://histoptica.com/apuntes-de-optica/lentes-opticas/lentes/lentes-opticas-dioptria/>>. Acesso 03/06/2015.

- [9] RAMALHO, Francisco Junior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio Soares. **Os Fundamentos da Física**. 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003 v2.
- [10] FISICANET. **Óptica**. Disponível em <[http://www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap11\\_luz.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap11_luz.php)>. Acesso 02/06/2015.
- [11] PÁGINA DO PROFESSOR. **Dispersão da luz**. Disponível em <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=7695>>. Acesso em 01/06/2015.
- [12] PASTKO, Luís F. **Aplicações, funcionamento e utilização de sensores**. Maxwell Bohr Instrumentação Eletrônica, 2006. (Tutorial).
- [13] SECCO, Adriano R.; Vieira, Edmur; GORDO, Nívea. **Metrologia**. São Paulo, 2010. Apostila do Telecurso 2000 – FIESP, CIESP, SESI, SENAI, IRS.
- [14] PANTEC. **Projektor de Perfil**. Disponível em: <<http://www.pantecbrasil.com.br/produtos/projektor-de-perfil/projektor-de-perfil-medicao-horizontal-e-vertical>> Acesso em 25/06/2015.
- [15] CREAFORM. **Scanners 3D Portáteis**. Disponível em <<http://www.creaform3d.com/pt/solucoes-em-metrologia/scanners-3d-portateis-goscan-3d>>. Acesso em 25/06/2015.
- [16] TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, R A. **Física Moderna**. 3ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [17] SANSEI. **Máquina de corte e gravação a laser**. Disponível em <<http://www.sansei.com.br/blog/maquina-de-corte-e-gravacao-a-laser/>>. Acesso 26/06/2015.
- [18] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Ótica e física moderna**. 10ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. v4.
- [19] AMAZONAS, José Roberto de Almeida. **Projeto de Sistemas de Comunicações Ópticas**. 1.ed. São Paulo: Manole, 2005.
- [20] OFICINA DA NET. **O que é Fibra Ótica e como funciona?** Disponível em <<http://www.oficinadanet.com.br/artigo/redes/o-que-e-fibra-otica-e-como-funciona>>. Acesso em 04/06/2015.
- [21] CARVALHO, Isabel C. Fibra ótica tem aplicação na aviação, na medicina e na indústria petrolífera. Globo Ciência. Rio de Janeiro, 23 jun. 2012. Disponível em <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/06/fibra-otica-tem-aplicacao-na-aviacao-na-medicina-e-na-industria-petrolifera.html>>. Acesso em: 08/06/2015.
- [22] CUNHA, José R. F. A. **Modelo teórico de sensores ópticos baseados em fibras com grade de bragg**. Pará, 2007, 73 p. Dissertação (Mestrado em Física). Programa de pós graduação em física, Universidade Federal do Pará, 2007.

- [23] FILHO, Kepler S. O.; SARAIVA, Maria F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 2 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- [24] LENZ, André Luis. **Espectrometria e Espectrofotometria**. 2011 (apostila).
- [25] OLYMPUS. **Analisador portátil**. Disponível em <[http://www.olympus-ims.com/pt/xrf-xrd/delta-handheld/delta-env/#!cms\[tab\]=%2Fxf-xrd%2Fdelta-handheld%2Fdelta-env%2Fapplications](http://www.olympus-ims.com/pt/xrf-xrd/delta-handheld/delta-env/#!cms[tab]=%2Fxf-xrd%2Fdelta-handheld%2Fdelta-env%2Fapplications)>. Acesso em 08/06/2015.
- [26] BIOMETRIA BRASIL. **Leitores de Impressão Digital – Ópticos** Disponível em <<http://biometriabrasil.com/2012/08/29/leitores-de-impressao-digital-opticos/>>. Acesso em 22/06/2015.
- [27] FLICKR. **Leitor de código de barras**. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/evandrobortol/3041897958>>. Acesso em 08/06/2015.