

A FÍSICA MAIS PRÓXIMA: ESTUDO DE Sensores Residenciais

Danian Alexandre Dugato
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
dgt.danian@gmail.com

Márcio do Carmo Pinheiro
Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS
marcio.pinheiro@uffs.edu.br

Diogo Pauletti
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
paulettid@gmail.com

Resumo

Os diferentes tipos de dispositivos sensores (mecânicos e elétricos) que automatizam equipamentos residenciais são objetos comuns, acessíveis e que, naturalmente, despertam curiosidade sobre a ciência por trás de seu funcionamento. Neste trabalho, elaboramos propostas de contextualização de conceitos físicos com diferentes tipos de dispositivos sensores, considerando que o interesse no aprendizado desses conceitos é maior quando são discutidos a partir de elementos da realidade dos estudantes. Para isso, discutimos os locais onde os sensores são encontrados, suas condições de funcionamento e a teoria Física associada a cada um. Como resultado, temos a análise de oito sensores utilizados em equipamentos domésticos ou na automação residencial e verificamos que, com esses dispositivos, é possível contextualizar o estudo de conceitos físicos relacionados à temperatura, leis da Termodinâmica, dilatação térmica, efeito Joule, ondas eletromagnéticas, efeito fotoelétrico, lei de Ohm, resistência elétrica, radiação, campo magnético, indutores, aceleração, gravidade, capacitores, tensão elétrica, entre outros.

Palavras-chave: contextualização; Ensino de Física; sensores.

Introdução

A compreensão das Ciências Exatas é necessária para uma boa vivência na era tecnológica atual. Ao realizar este trabalho, buscamos colaborar com os métodos de Ensino de Física partindo da ideia de que o conteúdo que está mais próximo da realidade do estudante desperta maior interesse. A base para a abordagem utilizada justifica-se nos próprios Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2002, p.144).

Os PCNs trazem a Física como disciplina que deve trabalhar questões que envolvam o cotidiano do aluno. O modo como os conteúdos e conceitos são trabalhados é que interfere no interesse dos alunos em aprender. Ao trabalhar determinado conceito sem trazer a realidade do aluno não podemos esperar um bom aprendizado.

No caso do ensino das ciências de modo geral e da Física em particular, mais que em outras áreas, isso se torna evidente, pois ao mesmo tempo em que os alunos convivem com acontecimentos sociais significativos estreitamente relacionados com a ciência e a tecnologia, e mesmo com produtos tecnológicos, recebem na escola um ensino de ciências que se mostra distante dos debates atuais. Em muitos casos os alunos acabam por identificar uma ciência ativa, moderna, e que está presente no mundo real, todavia, distante e sem vínculos explícitos com uma Física que só “funciona” na escola. Não é por outra razão que os professores frequentemente apontam a falta de interesse e motivação dos alunos como um dos obstáculos para a aprendizagem (CARVALHO, 2010, P.28).

A proposta deste trabalho consiste em investigar sensores que podem estar presentes em uma residência, analisando quais conceitos físicos podem ser abordados ao se estudar o funcionamento de cada sensor. A intenção é trazer a Física mais próxima da realidade dos alunos fazendo com que tenham maior interesse pelo aprendizado.

A forma mais direta e natural de se convocarem temáticas interdisciplinares é simplesmente examinar o objeto de estudo disciplinar em seu contexto real, não fora dele (BRASIL, 2002, p.144).

Ao trazer o conteúdo ao contexto real, estamos mostrando ao estudante que o conhecimento adquirido na escola tem finalidades e que poderá facilitar sua rotina diária. Desta forma, o aprendizado deixa de ser algo penoso e o aluno passa a buscar o conhecimento por vontade própria.

Quanto mais próximos estiverem o conhecimento escolar e os contextos presentes na vida pessoal e no mundo no qual eles transitam, mais o conhecimento terá significado (MELLO, 2018, p. 9).

Não há nada no mundo físico, social ou psíquico que, em princípio, não possa ser relacionado aos conteúdos curriculares da educação básica, porque o próprio currículo é um recorte representativo da herança cultural, científica e espiritual de uma nação, um grupo, uma comunidade. É portanto quase inesgotável a quantidade de contextos que podem ser utilizados para ajudar os alunos a dar significado ao conhecimento (MELLO, 2018, p. 8).

Sensores Analisados

Escolhemos oito tipos de sensores residenciais para esta análise. Os sensores escolhidos são de fácil acesso e, em sua maioria, o custo para obtê-los é baixo.

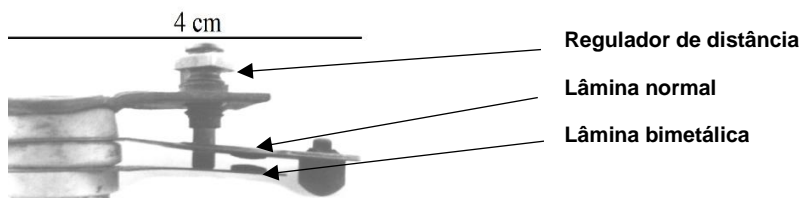
Sensor Mecânico de Temperatura

Usualmente chamado de termostato, o sensor mecânico de temperatura está presente em ferros de passar roupa, sanduicheiras, torradeiras, “chapinhas” de cabelo, geladeiras, freezers, fornos de micro-ondas e disjuntores. Esse sensor é utilizado para estabelecer um limite de temperatura (ou de corrente elétrica, no caso do disjuntor). Dessa forma, o termostato é um dispositivo muito útil ao dar mais automação e, principalmente, segurança aos equipamentos.

O sensor mecânico de temperatura tem a lâmina bimetálica como elemento fundamental ao seu funcionamento. Composta por dois metais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, a lâmina funciona como um interruptor do circuito do equipamento. Quando o aquecimento supera o programado, o circuito é aberto, impedindo o fornecimento de corrente elétrica ao equipamento até que a temperatura diminua.

A Figura 1 apresenta um termostato de um ferro de passar roupas, semelhante ao utilizado em outros equipamentos. Neste caso, o termostato é composto por duas lâminas, sendo uma simples e outra bimetálica.

Figura 1: Imagem do termostato de um ferro de passar roupas. As duas lâminas, quando em contato, fecham o circuito.

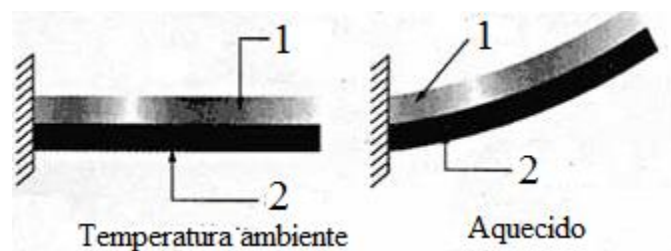


Fonte: DUGATO (2018)

Quando em contato, as lâminas da Figura 1 fecham o circuito elétrico. Logo, a parte de automação deste sensor consiste em fechar o circuito quando a temperatura diminuir ou abri-lo quando a temperatura exceder o limite.

A lâmina bimetálica é um dispositivo constituído por duas tiras metálicas justapostas e bem aderidas, geralmente feitas de aço e alumínio. O aço possui coeficiente de dilatação de $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (CALLISTER, 2007) e o alumínio de $2,3 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (DAVIS, 1998). Com esses materiais, se duas lâminas de igual tamanho submetidas à mesma variação de temperatura, a lâmina de alumínio terá um acréscimo dimensional correspondente ao dobro daquele sofrido pela lâmina de aço. A Figura 2 ilustra o que ocorre para que tenhamos a abertura ou o fechamento do circuito elétrico. O encurvamento é devido à diferente dilatação que ocorre nos materiais envolvidos.

Figura 2: Ilustração do encurvamento da lâmina bimetálica.



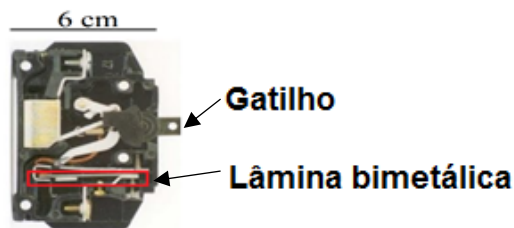
Fonte: DUGATO (2018)

Na Figura 2, a lâmina 1 é de aço e lâmina 2 de alumínio. Quando aquecidas, a lâmina de alumínio dilatará mais, pois seu coeficiente de dilatação térmica é maior. Como as duas lâminas estão hiperfixas não há como uma escorregar, fazendo com que se encurvem no sentido indicado.

A eficiência e funcionalidade desses sensores é garantida pela lei zero da termodinâmica, a qual afirma que dois sistemas que estejam em equilíbrio térmico com um terceiro estarão também em equilíbrio térmico um com o outro. Logo, garante-se que a temperatura em que o sensor está operando é a mesma temperatura de funcionamento do equipamento.

Outro utensílio residencial que utiliza sensor mecânico de temperatura é o disjuntor de energia elétrica. O disjuntor possui dois dispositivos de abertura do circuito, um eletromagnético e outro térmico. Conforme a Figura 3, podemos ver que o disjuntor possui um gatilho que, quando levantado, está fechando o circuito.

Figura 3: Disjuntor da rede elétrica. Este componente é instalado próximo ao medidor de energia elétrica e controla a entrada de corrente elétrica na residência.



Fonte: DUGATO (2018)

O funcionamento do disjuntor se baseia no efeito Joule: o aquecimento pela passagem de corrente elétrica. O aquecimento é maior quanto maior a corrente elétrica. Para controlar a temperatura, o disjuntor é dotado de uma lâmina bimetálica, conforme a região destacada na Figura 3, a qual está em contato com o fio condutor da corrente elétrica. Quando há uma passagem de corrente elétrica além do projetado, o fio condutor se aquece e a lâmina bimetálica também se aquece e se encurva, desarmando o gatilho e interrompendo a passagem de corrente.

Sanduicheiras, microondas e torradeiras, para fim de serem mais compactos, apresentam o sensor mecânico de temperatura um pouco diferente do sistema abordado inicialmente. A estrutura é aquela apresentada na Figura 4. O princípio envolvido continua sendo a dilatação térmica, mas não é necessário o uso de materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica. No termostato de disco metálico da Figura 4, o disco não é plano. No entanto, quando aquecido, sua área aumenta devido à dilatação e a tensão que o mantinha curvo é suprida, de forma que ele se torna plano. Essa mudança de forma do disco provoca um movimento que é utilizado para abrir e fechar o circuito.

Figura 4: Imagem de um termostato compacto, utilizado em sanduicheiras, microondas e torradeiras. À direita, o disco metálico do sensor.

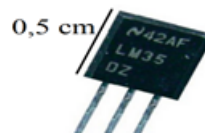


Fonte: DUGATO (2018)

Sensor Eletrônico de Temperatura

O sensor eletrônico de temperatura é encontrado em termômetros de refrigeradores, freezers, fornos elétricos, fornos micro-ondas, termômetros digitais portáteis e em aplicativos de aparelhos de celular. Sua finalidade é informar quantitativamente a temperatura ambiente ou do aparelho onde está instalado. O sensor opera com um circuito no qual há componentes não ôhmicos, cujas resistências são altamente sensíveis à temperatura. Os sensores eletrônicos de temperatura são encontrados na forma de CI (Circuito Integrado, Figura 5), uma compactação de um circuito elétrico.

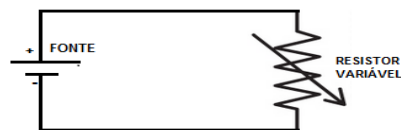
Figura 5: Modelo comercial de CI, utilizado como sensor de temperatura.



Fonte: DUGATO (2018)

Para entender o funcionamento deste sensor, utilizaremos a Figura 6, que traz um circuito simples para este tipo de sensor. O resistor varia com a temperatura, de modo que a corrente elétrica que flui pelo circuito também varia. Assim, se essa variação é conhecida, uma medida de corrente pode ser convertida em uma medida de temperatura.

Figura 6: Os valores de corrente elétrica caem com a resistência elétrica. Como a resistência depende da temperatura, temos um termômetro.



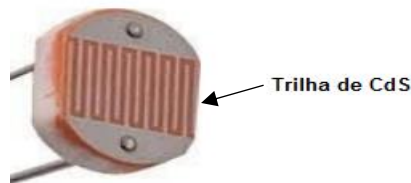
Fonte: DUGATO (2018)

Os sensores têm como função extrair do ambiente as condições térmicas e inseri-las em forma de sinal na corrente elétrica. Estas informações são decodificadas por outros componentes. No caso do sensor eletrônico de temperatura, a decodificação é feita por um display que converte os valores da corrente elétrica em imagem.

Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

O LDR é um sensor utilizado para análise da luminosidade ambiente. Está presente em residências que possuem o controle automático da iluminação. Como o próprio nome já o especifica, o dispositivo LDR é um resistor com uma propriedade que o difere daqueles anteriormente trabalhadas. Sua resistência é alterada conforme a intensidade luminosa incidente. O material base do LDR geralmente é o sulfeto de cádmio (CdS), material sensível à luminosidade (AGUILAR-HERNANDEZ, 2003).

Figura 7: Imagem de um sensor LDR. A trilha de cor madeira é composta por CdS.

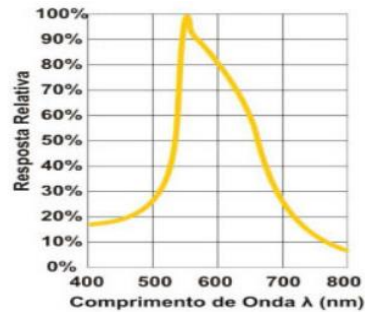


Fonte: DUGATO (2018)

A Figura 7 mostra o sensor LDR na forma como se encontra no mercado. O princípio físico a se destacar no LDR é efeito fotoelétrico. Este efeito se caracteriza pela liberação de elétrons do material devido à incidência fótons gerando uma pequena corrente. O material usado para construir a trilha do sensor LDR, quando não iluminado, funciona como um resistor, ou seja, não permite um fluxo significativo de corrente elétrica. Porém, em condições luminosidade suficiente, a liberação de elétrons via efeito fotoelétrico diminui a resistência elétrica, provocando o surgimento de uma corrente elétrica.

Podemos ainda discutir a Física em termos da energia mínima necessária para tornar um elétron livre em um material, chamada de função trabalho do material. Para o sulfeto de cádmio, a função trabalho é de ~ 2 eV ou $3,2 \times 10^{-20}$ J (AGUILAR-HERNANDEZ, 2003). Usando a relação entre Energia e comprimento de onda do fóton $E = hc/\lambda$, em que h é a constante de Planck e c é velocidade da luz no vácuo, observamos que o comprimento de onda máximo para que os elétrons comecem a ser liberados está entre 400 e 600 nm, isto é, na faixa do visível do espectro eletromagnético. Na Figura 8, mostramos um gráfico da sensibilidade do sensor LDR, destacando o pico de resposta próximo a 560 nm.

Figura 8: Gráfico da sensibilidade do sensor LDR. Observa-se que a maior sensibilidade ocorre na região do amarelo do espectro eletromagnético.



Fonte: PESSANHA (2018)

Comumente, o LDR aciona um relé de chaveamento de um circuito de iluminação. Um modelo comercial comum, composto pelo arranjo relé mais sensor LDR é apresentado na Figura 9.

Figura 9: Imagem do dispositivo base do sensor LDR em modelo comercial. O LDR já acoplado ao relé é comercializado com a denominação relé fotoelétrico ou fotocélula.

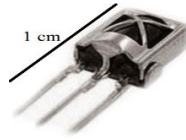


Fonte: DUGATO (2018)

Sensor Infravermelho

O sensor infravermelho é utilizado para receber as informações de controles remotos de muitos equipamentos: televisão, ar condicionado, aparelho de som, aparelho de DVD, receptor de parabólica, etc. Como um corpo negro à temperatura ambiente tem pico de emissão no infravermelho, muitas vezes este sensor é usado também como sensor de temperatura.

Figura 10: Imagem de um sensor infravermelho comercial. A parte escura é sensível à radiação infravermelha.



Fonte: DUGATO (2018)

O sensor infravermelho fundamenta-se também no efeito fotoelétrico. Este sensor possui contém uma componente sensível a esta faixa de espectro a qual regula o fluxo de corrente que o atravessa. Esse dispositivo pode ser caracterizado como um transistor, pois regula a corrente elétrica de um circuito através da mudança da resistência de um semicondutor, inserindo uma corrente base. A corrente base é muito pequena se comparada à corrente do circuito regulado.

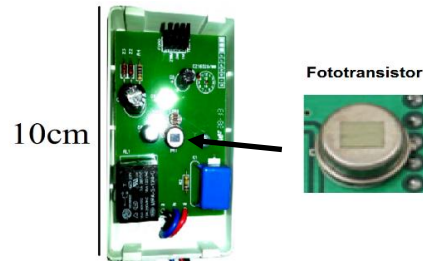
No caso do sensor infravermelho, a corrente base é produzida pela célula fotoelétrica (parte escura na Figura 10). Sendo o fluxo de corrente elétrica alterado pelos raios infravermelhos e esta alteração dependente dos raios incidentes, a corrente elétrica produzida carrega as informações do feixe infravermelho dos controles remotos. Como este sensor é um transistor, o sinal é ampliado e posteriormente decodificado por um processador.

Sensor de Presença

Utilizado em equipamentos de alarme e também para acionamento de lâmpadas, este tipo de sensor tem por finalidade detectar a presença de pessoas em determinado espaço. Dessa forma, o sensor precisa ser sensível a uma característica que defina a presença humana. Embora a perturbação sonora que o movimento propicia pudesse ser usada nessa detecção, não seria apropriado pois sofreria a interferência de sons intensos. O que a maioria destes equipamentos utiliza é a radiação infravermelha que emitimos, fazendo sua leitura via efeito fotoelétrico.

Todo corpo que está a temperatura acima do zero absoluto emite certa quantidade de radiação infravermelha. Assim, uma mesa ou cadeira paradas seriam detectadas pelo sensor. O que vai diferenciar um ser humano ou um animal de uma parede é a variação da radiação infravermelha e o circuito a interpreta. É necessário que o corpo se movimente para alterar a emissão e então ser reconhecido pelo sensor.

Figura 11: Interior de um sensor de presença.



Fonte: DUGATO (2018)

A parte principal deste sensor é o fototransistor, observado em destaque na Figura 11, componente que faz a captação da radiação infravermelha que é emitida. O fototransistor é muito sensível à luminosidade, tendo no sensor a função de amplificar este sinal.

Sensor Sonoro Eletromagnético

O sensor sonoro eletromagnético é um sensor que detecta ondas sonoras e as converte em pulsos elétricos. Está presente em microfones de celulares, notebooks e karaokê. Este tipo de sensor funciona com os mesmos princípios de um alto-falante, mas, do contrário, no alto-falante converte-se pulsos elétricos em ondas sonoras. A Figura 12 apresenta um sensor sonoro eletromagnético comum em alguns equipamentos.

Figura 12: Imagem de um microfone eletromagnético.



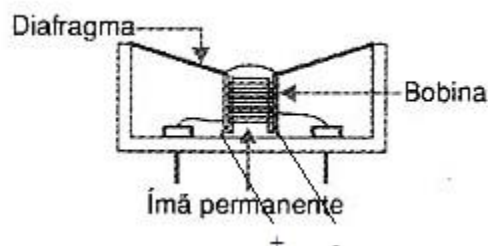
Fonte: DUGATO (2018)

Da Lei de Faraday, sabemos que a variação do fluxo magnético em uma bobina gera um campo elétrico e este gera uma corrente elétrica. O objetivo deste sensor não é a produção de energia elétrica (já que a corrente produzida é de baixa intensidade), mas extrair pulsos elétricos característicos ao som presente no local.

Na Figura 13 é possível observar a estrutura composta basicamente por um ímã argola, uma bobina de fio de cobre esmaltado no interior do ímã e presa a um diafragma que capta as ondas

sonoras, movimentando a bobina conforme as ondas sonoras incidentes. O movimento da bobina em torno do ímã gera uma corrente elétrica alternada no fio que compõe. A corrente elétrica carrega consigo as informações das ondas incidentes.

Figura 13: Esquema de um microfone eletromagnético. Neste caso, o diafragma faz a bobina oscilar, enquanto o ímã permanece fixo.

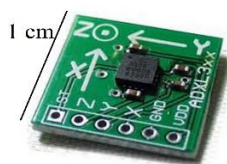


Fonte: DUGATO (2018)

Sensor de Aceleração

Acelerômetros são dispositivos sensíveis à aceleração. São comumente utilizados em aparelhos celulares, câmeras fotográficas e notebooks. Nos notebooks, funcionam com o intuito de proteger o equipamento em eventuais quedas. Especificamente, a função é proteger o HD (*Hard Disc*). Quando o acelerômetro (Figura 14) detecta que o aparelho está em queda livre os cabeçotes de leitura do HD se afastam do disco rígido, evitando assim a perda de dados. O acelerômetro também é utilizado em aparelhos celulares para medir inclinações e em câmeras fotográficas para estabilização automática da imagem.

Figura 14: Imagem do sensor de aceleração. Utilizado em celulares e protótipos.



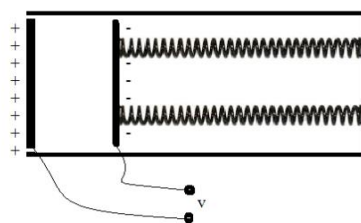
Fonte: DUGATO (2018)

Os acelerômetros mais comuns funcionam com base em piezoelectricidade ou em capacitância. Os sensores do tipo piezoelétricos contém cristais microscópicos que são

comprimidos quando o dispositivo em que o sensor está instalado é acelerado. A variação na pressão do material provoca o surgimento de uma tensão elétrica que permite quantificar a aceleração.

No sensor de aceleração do tipo capacitivo, uma das duas placas do capacitor é móvel, como representado na Figura 15. Ao se alterar a distância entre as placas do capacitor imprimindo nele uma aceleração, sua capacitância é alterada. Um módulo de processamento analisa estas variações e determina a aceleração sofrida.

Figura 15: Esquema de sensor de aceleração capacitivo. A distância entre as placas é alterada conforme a aceleração, consequentemente a tensão elétrica é alterada.



Fonte DUGATO (2018)

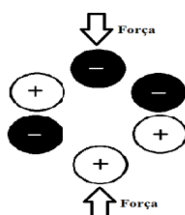
O acelerômetro, além de analisar acelerações dinâmicas, também é sensível a acelerações estáticas, como a gravidade da Terra. Por isso, uma das principais aplicações do acelerômetro também é medir inclinações. Para fazer esta análise, o sensor mantém uma tensão constante quando estiver em repouso e perpendicular à superfície. Ao ser inclinado, a variação da pressão no sensor piezoelétrico ou a variação da distância no sensor capacitivo fazem os valores de tensão variarem.

Sensor Piezoelétrico

Sensores piezoelétricos são encontrados nas residências em balanças de precisão, transdutores acústicos de celulares e aparelhos de som, assim como em alguns tipos de microfones. O material piezoelétrico gera uma diferença de potencial em seus extremos ao sofrer algum tipo de deformação por possuir uma estrutura molecular assimétrica. No momento que temos um material com estrutura assimétrica e o comprimimos, este material não se mantém eletricamente neutro. A assimetria gera uma diferença de potencial elétrico nas dimensões de compressão, como ilustrado na Figura 16. Tomando como base um material neutro, ao comprimi-lo na direção da seta, no local onde há deficiência de carga elétrica será gerada uma diferença de potencial dependente da carga

que tem a molécula da ponta da seta. A diferença de potencial ocorre devido ao deslocamento da molécula e à assimetria do material.

Figura 16: Ilustração do efeito piezoelétrico. A assimetria molecular é o critério para que tenhamos uma variação da diferença de potencial elétrico quando o material for deformado.



Fonte: DUGATO (2018)

A variação nas dimensões do material provoca o aparecimento de campos elétricos. Este campo é característico da pressão que é exercida. Se a pressão for oriunda da força peso, o sensor estará funcionando como uma balança. No momento que o sensor analisa somente a variação na pressão do ar, estará trabalhando como um microfone. O microfone e o transdutor acústico são recíprocos, isto é, se for aplicada ao transdutor uma certa tensão elétrica, o dispositivo irá produzir uma vibração mecânica.

Considerações Finais

Ao analisar oito sensores presentes dentro das próprias residências, é possível abordar muitos conceitos físicos. Este fato nos leva a buscar uma maior contextualização dos assuntos que trabalhamos em aula. As áreas que envolvemos na análise dos sensores foram: Termodinâmica, Eletromagnetismo, Física Moderna, Física Quântica, Mecânica. Este trabalho é uma proposta de método de ensino, o qual possibilita um entendimento superficial sobre todas as áreas da Física.

A Tabela 1 relaciona os diversos sensores analisados com os conceitos físicos fundamentais para seu funcionamento. Com essas informações, o professor de Física/Ciências poderá abordar determinados conceitos partindo da explicação do funcionamento de dispositivos presentes no dia a dia dos estudantes.

Tabela 1: Tabela de conceitos relacionados aos sensores

Sensores	Conceitos que podem ser abordados
Sensor Mecânico de temperatura	Temperatura, Dilatação térmica, Efeito Joule, Leis da Termodinâmica, Coeficiente de dilatação térmica.
Sensor Eletrônico de temperatura	Lei de Ohm, Corrente elétrica, Tensão elétrica, Resistores ôhmicos e não ôhmicos.
Sensor LDR	Efeito fotoelétrico, Modelo atômico, Transistores, Resistência elétrica.
Sensor Infravermelho	Espectro eletromagnético, Efeito fotoelétrico, Resistores elétricos.
Sensor de Presença	Temperatura, Radiação, Ondas eletromagnéticas, Circuitos eletrônicos.
Sensor Sonoro Eletromagnético	Campo magnético, Indutores, Lei de Faraday, tensão e corrente elétrica, propagação de ondas mecânicas e conservação da energia.
Sensor de Aceleração	Aceleração, Gravidade, Capacitância.
Sensor Piezoelétrico	Pressão, Piezoeletricidade, Tensão elétrica.

Fonte: DUGATO (2018)

Referências

AGUILAR-HERNANDEZ, J. et al. *Photoluminescence and structural properties of cadmium sulphide thin films grown by different techniques*. *Semicond. Sci. Technol.* 18 111–114, 2003.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da educação, p. 144, 2002.

CALLISTER, W.D. *Materials Science and Engineering: An Introduction* . 7th edition. John Wiley & Sons, Inc, 2007.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa, et al. *Ensino de Física*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DAVIS, J.R. *Metals Handbook Desk Edition* . ASM, 1998.

MELLO, Namo de. *Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização*. Disponível em: <<http://www.namodemello.com.br/pdf/escritos/outros/contextinterdisc.pdf>> Acesso em 05.jul.2018.

PESSANHA, Márlon Caetano Ramos; COZENDEY, Sabrina Gomes; SOUZA, Marcelo de Oliveira. *Desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino de Física experimental a distância*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/img/fbpe/rbef/v32n4/13.htm>>. Acesso em: 09.jul.2018.