

**Conduzindo: aplicativo sobre semicondutores para abordagem interdisciplinar da relação entre ciência e tecnologia<sup>†\*</sup>**

---

*Franciane Simões Martins Segala<sup>1</sup>*

Estudante – Instituto Federal de São Paulo  
Sertãozinho – SP

*Riama Coelho Gouveia<sup>1</sup>*

Instituto Federal de São Paulo  
Sertãozinho – SP

**Resumo**

*As ciências da natureza estabelecem uma relação direta com o desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, com o sistema produtivo. No processo educativo, o ensino das ciências naturais deve, portanto, contribuir para a compreensão dos fundamentos científicos que permeiam a tecnologia e o trabalho, o que se dá a partir de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada dessas ciências. Nessa perspectiva, o objetivo do presente trabalho é fundamentar e descrever a elaboração de um aplicativo para dispositivos móveis destinado ao estudo dos semicondutores, além de abordar possibilidades pedagógicas para sua aplicação. A escolha dos semicondutores e do aplicativo na forma de jogo visou conectar, em forma e conteúdo, as ciências da natureza entre si e com a tecnologia, conferindo aos estudantes, pelo entendimento, a possibilidade de intervenção na realidade vivenciada.*

**Palavras-chave:** *Aplicativos Educacionais; Ciência e Tecnologia; Semicondutores; Interdisciplinaridade.*

---

<sup>†</sup> Conducting: semiconductor app for an interdisciplinary approach to the relationship between science and technology

<sup>\*</sup> *Recebido: 25 de maio de 2021.  
Aceito: 14 de fevereiro de 2022.*

<sup>1</sup> E-mails: francianesm@yahoo.com.br; riama@ifsp.edu.br

## **Abstract**

*Natural sciences are directly related to technological development and, consequently, with the production system. In the educational process, the teaching of natural sciences must, therefore, contribute to the understanding of the scientific foundations that permeate technology and work, what happens from an interdisciplinary and contextualized approach to these sciences. In this perspective, the aim of this paper is to base and describe the development of a mobile app for the study of semiconductors, as well addressing pedagogical possibilities for its application. The choice of semiconductor and the game app aimed to connect, in form and content, the natural sciences with each other and with technology, giving students, by understanding, the possibility of intervention in the experienced reality.*

**Keywords:** *Educational Apps; Science and Technology; Semiconductors; Interdisciplinarity.*

## **I. Introdução**

A ciência de uma maneira geral, e especificamente as ciências da natureza, influenciam diretamente a vida em sociedade, especialmente pela relação que estabelecem com o desenvolvimento tecnológico. Ainda que seja possível ser um pesquisador ou um professor de física, química ou biologia sem refletir sobre esta relação, sobre o impacto das ciências e da tecnologia no sistema produtivo ou sobre as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico, isso resulta em uma crescente incompreensão sobre o alcance e a importância da cultura científica (MENEZES, 1988).

Existem diferentes visões a respeito da relação entre a ciência e a tecnologia no decorrer da história que afirmam, por um lado, que a ciência é a base para todo avanço tecnológico e, por outro, que a ciência progride para atender ao desenvolvimento da tecnologia (KNELLER, 1980). A visão mais aceita atualmente é a que considera que, ao menos a partir do último século, há uma forte parceria entre ciência e tecnologia, com uma relação causal que se opera nos dois sentidos: ora são as descobertas da ciência que permitem a fabricação de novos artefatos, técnicas ou formas de organização das atividades humanas, ora são os aparatos e equipamentos tecnológicos que permitem a descoberta ou o aprofundamento no estudo de objetos e fenômenos científicos (MENEZES, 1988; KNELLER, 1980).

As ciências naturais e as tecnologias são, assim, atividades desenvolvidas pelo ser humano e para o ser humano, intrínsecas ao mundo atual, e se refletem em diferentes aspectos da sociedade, especialmente no que diz respeito ao trabalho e ao processo produtivo. De

acordo com Saviani (2007), o trabalho encontra-se na essência do ser humano que, agindo sobre a natureza, pode modificá-la. Na sociedade moderna, desenvolvida a partir do advento do capitalismo, o trabalho envolve a evolução constantemente das técnicas de produção, incorporando os conhecimentos científicos como força produtiva e convertendo a ciência em potência material (SAVIANI, 2003).

Tendo em vista que o processo educativo busca preparar o ser humano para a vida social, que inclui o trabalho, e que a produção moderna se baseia na ciência, a escola deve proporcionar ao estudante uma compreensão dos princípios científicos sobre os quais se funda a organização do trabalho moderno. Historicamente, porém, a educação se separou do trabalho, com a divisão artificial entre o saber propedêutico e o saber do trabalho. Essa divisão corrobora a divisão dos homens em classes sociais mantida até os dias atuais, onde a maioria da sociedade possui um acervo limitado de conhecimentos, não podendo exercer nem participar ativamente da sociedade em que está inserida. Para superar a educação dual, Saviani (2003) pondera que precisamos partir do real, das condições disponíveis, utilizando o trabalho como princípio educativo, promovendo a união entre a formação intelectual e trabalho produtivo, entre a instrução e produção material.

Nesse sentido, o conhecimento sobre as ciências naturais é fundamental, com o objetivo de permitir uma compreensão ampla sobre as tecnologias e os processos produtivos, não apenas sobre a sua operacionalização, promovendo a formação de cidadãos críticos e participantes socialmente.

Infelizmente, o ensino das ciências da natureza, de maneira geral, não atinge essas expectativas. Na maioria das vezes há apenas a transmissão de conhecimentos sem a contextualização necessária. A contextualização é a prática que visa promover uma relação entre os conteúdos das disciplinas e os conhecimentos prévios dos alunos, não apenas suas ações e experiências cotidianas, mas a relação entre o conteúdo, o sujeito e seu contexto histórico, social e cultural, visando à formação de um cidadão crítico (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013).

Por conta da falta de contextualização, muitas vezes o aluno não consegue fazer a conexão dos conhecimentos adquiridos com a realidade própria, dificultando a visão holística do assunto. Com isso, alguns estudantes perdem a curiosidade inicial, intrínseca na vontade de aprender, por não perceberem que tais assuntos perpassam a vida em sociedade e suas modificações, principalmente no que diz respeito às tecnologias usadas habitualmente.

Outro aspecto indesejável e característico do ensino das ciências da natureza é a fragmentação, a divisão dos temas em blocos independentes que ficam sem relação entre si e com a realidade. Essa forma de abordagem gera alienação e irresponsabilidade, pois os alunos não se sentem partes dos fenômenos, sendo assim, são incapazes de modificá-los (LUCK, 1994).

*O currículo escolar é mínimo e fragmentado. [...] Não favorece a comunicação e o diálogo entre os saberes. As disciplinas com seus programas e conteúdos não se*

*integram [...], dificultando a perspectiva de conjunto e de globalização, que favorece a aprendizagem (PETRAGLIA, 2001, p. 69).*

Visando à superação da abordagem disciplinar tradicional fragmentada, incapaz de atender às demandas por um ensino contextualizado, que se deseja inserido na prática social, apresenta-se a perspectiva da interdisciplinaridade, entendida como o estabelecimento de pontos de inter-articulação entre as ciências, sem perder de vista que possuem seus conceitos e métodos próprios.

*O grande problema, pois, é encontrar a difícil via de interarticulação entre as ciências, que têm, cada uma delas, não apenas sua linguagem própria, mas também conceitos fundamentais que não podem ser transferidos de uma linguagem à outra (MORIN, 2002A, p.113).*

Muitos são os desafios para se obter um ensino verdadeiramente interdisciplinar. Morin (2002B) acredita que para superar a fragmentação disciplinar, a reforma deve ser iniciada pelos educadores, pois cada área tem suas peculiaridades, e a articulação só será possível sendo realizada por meio de quem realmente tenha conhecimentos sobre os conteúdos e epistemologias. Por outro lado, Tardif (2010) salienta que as experiências dos professores como alunos interferem na organização do trabalho pedagógico, uma vez que se sentem mais seguros em reproduzir da forma como aprenderam, perpetuando a fragmentação disciplinar. Assim, e de acordo com Santos (2006), os professores devem ser capacitados para possuírem uma visão interdisciplinar da ciência, percebendo o contexto entre valores e atividades científicas.

Na tentativa de estruturar propostas interdisciplinares, muitos professores preocupam-se em demasia em rotular tais atividades. Para Luck (1994) mais importante que classificar as atividades como multidisciplinar, interdisciplinar ou polidisciplinar é aproximar e valorizar esforços, para identificar transformações alcançadas e orientar na perspectiva de alcançar novos níveis de visão interdisciplinar. Para Fazenda (2012) a interdisciplinaridade deveria ser compreendida mais como ação e vivência do que apenas como estratégia de estudo do conteúdo, tendo por objetivo a unificação dos saberes em torno de um assunto em comum, para promover a desfragmentação dos assuntos disciplinares, articulando o trabalho entre as disciplinas.

Tendo em vista os diferentes aspectos apresentados, o presente trabalho tem como objetivo fundamental e descrever a elaboração de um aplicativo para dispositivos móveis, no formato *quizz*, apresentando possibilidades para a abordagem pedagógica dos semicondutores de forma interdisciplinar e contextualizada. A escolha do aplicativo, na forma de jogo, visa conectar, de forma direta, as ciências, o trabalho, os modelos produtivos e as mudanças sociais, conferindo, pelo entendimento, a possibilidade de intervenção na realidade vivenciada. O tema – semicondutores – foi escolhido tanto pela sua relação com a eletrônica e as tecnologias quanto pelas possibilidades interdisciplinares que apresenta, já que seu

entendimento envolve conceitos de química e física, e seus impactos no meio ambiente remetem a conhecimentos da química e da biologia.

## **II. Aplicativos e Jogos Educacionais**

O uso pedagógico de dispositivos tecnológicos e das tecnologias da informação, amplamente utilizados no cotidiano da sociedade atual, pode facilitar a construção de conhecimentos pelos estudantes, contribuindo com o processo de ensino-aprendizagem. Outrossim, com a influência que a tecnologia, de maneira geral, e a informática, em especial, exercem na vida em sociedade, é essencial que tais conhecimentos sejam contemplados nas salas de aulas, pois farão parte da prática social.

O desenvolvimento de materiais educacionais informatizados busca aproximar os conteúdos à realidade vivenciada pelos alunos, ampliando as possibilidades de experimentação. De acordo com Kenski (2003) a tecnologia deve facilitar a internalização e sistematização da informação, para criar conhecimentos que possam ser aplicados de maneira significativa, sendo meios para melhorar a qualidade do processo de ensino aprendizagem.

De acordo com Juuti e Lavonen (2006), muitos processos de pesquisa e desenvolvimento de materiais informatizados para educação são vistos de forma separada do ensino, como se não houvesse ligação entre os materiais e o conteúdo aprendido dentro da sala de aula. A relação entre forma e conteúdo é fundamental para que se alcance o objetivo desejado em termos de ensino e aprendizagem.

É importante considerar, ainda, que a inserção de novas tecnologias por si só não é inovação, e não garante melhoria no processo educativo. É necessário ir além de incorporar novas tecnologias, adequando as mesmas ao contexto em que está inserida, aproximando os conhecimentos acadêmicos da vida dos estudantes, para que seja capaz de formar sujeitos críticos de sua realidade e ativos socialmente, caracterizando um lugar de produção e não apenas de reprodução de conhecimentos.

Como destaca Belloni (2005), a relação entre ensino e aprendizagem parte da inter-relação dos sujeitos envolvidos no processo, que pode ou não ser mediada pelas tecnologias, na procura da autonomia e no cultivo de conhecimento com significação social. Portanto o material educativo é meio para a aprendizagem e não determina como ocorre a prática.

As tecnologias têm por pressuposto auxiliar os professores no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, sendo utilizada como meio articulador deste processo. Assim, e segundo Demo (2005), o professor e sua formação são fundamentais para inclusão digital dos alunos, sendo considerada atualmente, uma característica crucial para conseguir uma formação integral destes.

O material não determina a prática, o uso desse material, à concepção de processo educativo do professor é que determina o papel do material pedagógico. O material pode ser um elemento de inovação e estimular mudanças na sala ou apenas reproduzir antigas práticas. Pretende-se que o material seja inovador neste sentido, na sua forma de utilização,

estimulando mudanças no uso das tecnologias, uma vez que os alunos percebam que há maneiras de aprender de forma lúdica e que esta aprendizagem é de suma importância para entender as mudanças que as ciências e a tecnologia influenciam na sociedade.

O intuito do aplicativo é também fomentar a concepção do ser humano como constituinte do meio ambiente, partindo do pressuposto que a curiosidade pelas ciências naturais pode levar à aprendizagem e desenvolver o protagonismo em relação à educação. Por este motivo foi escolhido para o aplicativo o formato de um *quizz*, envolvendo conteúdos gerais sobre semicondutores, suas aplicações, descarte e o desenvolvimento de tecnologias utilizadas atualmente no mundo do trabalho.

A educação é influenciada pelas mudanças sociais, principalmente pelos avanços tecnológicos, assim, espera-se que uma educação associada à tecnologia seja capaz de manter a atenção e o interesse dos alunos, sem interação o processo torna-se artificial. Como ressalta Rizzi e Haydt (1987), a educação artificial vem sendo discutida há muito tempo, sendo um problema a ser resolvido. Para eles, levar em conta os interesses dos alunos, com a utilização de jogos que facilitam a aprendizagem, é uma forma de progredir para um ensino mais significativo.

O uso do aplicativo na forma de jogo foi pensado porque o jogo em meios eletrônicos faz parte do cotidiano dos estudantes. Alves (2012) afirma que no Brasil as pessoas que são consideradas gamers (46 milhões), gastam sessenta e quatro milhões de horas por dia jogando. É possível, então, que esse recurso possa auxiliar na abordagem de conhecimentos científicos de uma maneira mais aprazível para os jovens. Os games não têm por função descaracterizar a escola enquanto espaço de aprendizagem e sim auxiliar a escola neste papel atentando para as demandas das culturas juvenis.

Os jogos como materiais educativos não tendem a simplificar o papel e a função da escola enquanto um espaço importante para a formação crítica do cidadão do futuro, ele auxilia na interlocução deste espaço com as atividades cotidianas dos alunos.

*Os games podem se constituir em espaços de aprendizagem nos quais os seus usuários/jogadores podem juntos construir sentidos, significados para aprender novos conceitos de forma dinâmica e inovadora, sendo desafiados a resolver e solucionar problemas que muitas vezes exigem que atuem colaborativamente, que reutilizem os territórios e mapas dos jogos para explorar outros universos simbólicos. Os games podem se constituir na porta de entrada para professores e alunos entrarem no universo da cultura digital e se apropriarem de uma nova forma de letramento que vai além dos processos de codificação e decodificação (ALVES, 2012).*

### **III. Abordagem Interdisciplinar dos Semicondutores**

Os semicondutores são a estrutura fundamental dos diversos equipamentos eletrônicos que estão presentes no cotidiano de qualquer indivíduo, de forma cada vez mais

intensa desde meados do século XX (ORTON, 2004). A compreensão sobre o funcionamento da imensa variedade de equipamentos eletrônicos da atualidade tem como base alguns princípios relacionados à química e a física, de uma maneira fortemente relacionada.

Para além da definição tradicional de que os semicondutores são aqueles materiais que possuem uma capacidade de suportar um fluxo de carga, quando da aplicação de um potencial elétrico, intermediária entre os condutores e isolantes, pode-se dizer que são materiais cujas propriedades elétricas são sensíveis a variações ambientais e estruturais, de forma que sua condutividade/resistividade elétrica pode ser controlada por meio de luz, temperatura, inserção de impurezas, entre outros (ORTON, 2004).

Germânio e silício são os elementos semicondutores mais utilizados, ambos do grupo IV da tabela periódica, ou seja, possuem quatro elétrons na subcamada mais externa, portanto, são tetravalentes. As ligações desses materiais são predominantemente covalentes e direcionadas no espaço, com os elétrons localizados ao longo da direção da ligação (ROMANO, 2010). Na busca pela configuração espacial mais estável, conforme teoria da repulsão dos pares eletrônicos, silício e germânio se organizam na geometria molecular tetraédrica formando uma rede cristalina semelhante à estrutura do diamante.

Além do Ge e Si, existem os compostos semicondutores formados entre os elementos dos grupos III e V da tabela periódica. São exemplos desses semicondutores o GaAs, o AlAs, o InP, o CdS, entre outros. À semelhança dos tradicionais Ge e Si eles possuem ligações covalentes direcionadas no espaço e configuram-se em estrutura cristalinas cúbicas do tipo *zincblende* (semelhante à do sulfeto de zinco –ZnS), que são similares à do diamante, com a presença de dois átomos distintos em posições específicas da rede (MORA; LUCAS; MARAN, 2010).

A organização geométrica dos átomos tem profunda influência sobre propriedades dos materiais semicondutores (MELLO; BIASI, 1975). Condutividade elétrica, condutividade térmica, transparência, entre outras, estão relacionadas à configuração espacial dos átomos, ou seja, à organização da estrutura cristalina.

Tratando especificamente da condutividade elétrica, em uma rede cristalina, os níveis de energia de um átomo isolado se desdobram para formar bandas de energia que podem ser ocupadas por elétrons, separadas por bandas proibidas, isto é, níveis de energia que nenhum elétron pode ocupar (HALLIDAY; RESNICK, 2009). A estrutura de bandas de um semicondutor é parecida com a de um material isolante, a diferença está presente na distância entre o nível mais alto da última banda ocupada, denominada banda de valência, e o nível mais baixo da primeira banda desocupada, denominada banda de condução, que é muito menor que nos isolantes.

Para que um semicondutor conduza eletricidade, é preciso que um elétron passe para um estado quântico diferente, porém este deve saltar pela banda proibida até a banda de condução, deixando uma lacuna ou buraco na banda de valência.

Na temperatura ambiente, existe certa quantidade de elétrons que podem ganhar energia suficiente para pular a banda proibida e atingir a banda de condução, onde eles se separam de seus átomos de origem e podem mover-se livremente no cristal. O número de elétrons na banda de condução e de lacunas na banda de valência cresce rapidamente com a temperatura, de forma que a condutividade do semiconductor aumenta em função dela. (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

A incidência e absorção de radiação eletromagnética também podem fazer com que elétrons passem da banda de valência para a banda de condução, criando lacunas na banda de valência e aumentando a condutividade do semiconductor. Esse é o princípio de funcionamento de fotodetectores – foto-resistor, foto-diodo, etc. – e também de células solares (REZENDE, 2004).

Outra maneira conhecida de modificar a condutividade elétrica dos semicondutores é alterar a sua estrutura através do método conhecido como dopagem, no qual se adicionam impurezas e os materiais passam a ser denominados semicondutores extrínsecos (CAMPOS, 2010). A dopagem é um processo no qual, átomos são introduzidos na estrutura cristalina de uma substância. Há a dopagem natural, onde os materiais em sua forma natural contêm certo grau de impurezas e a dopagem realizada em laboratórios, com objetivo de alterar, de maneira controlada, as propriedades físicas naturais do material, já que tanto a quantidade quanto o tipo da impureza introduzida influenciam na condutividade elétrica do material (REZENDE, 2004).

A partir dos semicondutores dopados, organizados em diferentes arquiteturas e arranjos, são construídos os dispositivos eletrônicos conhecidos como diodos, transistores, circuitos integrados etc., e com eles são fabricados os equipamentos eletrônicos como televisores, celulares, calculadoras, computadores e uma infinidade de outros presentes na sociedade atual (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005)

Percebe-se claramente que a abordagem pedagógica dos semicondutores relaciona diretamente conceitos da química e da física, e pode alcançar a discussão dos princípios de funcionamento dos dispositivos que estruturam os equipamentos eletrônicos. Mas, além dos benefícios, em termos de comunicação e conforto oferecidos pela indústria moderna o desenvolvimento da eletrônica traz consequências nocivas ao meio ambiente que podem ser tratadas também de forma interdisciplinar. Por vezes, essas consequências não são avaliadas e divulgadas de maneira satisfatória:

*Aquilo que denominamos progresso científico e tecnológico sempre necessitou de informações mais claras e precisas quanto aos efeitos tóxicos das diversas substâncias, desde aqueles às quais os trabalhadores sabidamente serão expostos, até aquelas às quais consumidores finais estão expostos sem saberem dessa exposição (PATNAIK, 2003).*

A manufatura de eletrônicos exige produtos químicos que podem afetar a saúde da população, como o Cádmiio, que é usado em baterias de níquel/cádmiio e células fotoelétricas,



e que pode causar congestão pulmonar, angústia respiratória, pressão torácica e broncopneumonia. O silício, que faz parte de praticamente todos os dispositivos semicondutores, é inerte de forma que passa pelo sistema digestivo completamente intacto, mas a inalação do pó seco de silício pode causar pneumoconiose e silicose. Compostos de Arsênio podem ser tóxicos (inorgânicos em especial) podendo causar envenenamento crônico e dano à respiração celular (PATNAIK, 2003).

Por outro lado, mas ainda em relação aos impactos dos semicondutores no meio ambiente, quando os equipamentos eletrônicos chegam ao fim de sua vida útil, precisam de um encaminhamento adequado, pois quando são descartados de maneira incorreta podem prejudicar o meio ambiente:

*O descarte de equipamentos eletrônicos, pilhas e baterias em lixões pode ser catastrófico. Os resíduos químicos dos componentes destes materiais são muito tóxicos porque contêm metais pesados, degradados lentamente pelo meio ambiente. Esses metais entram na cadeia alimentar e como não são metabolizados por organismos, ficam acumulados e causam, principalmente, danos ao sistema nervoso e cardiovascular (DIONYSIO; DIONYSIO; 2010)*

Pelo fato de às vezes as pessoas não terem o conhecimento dos danos que equipamentos eletrônicos podem causar aos seres vivos e ao meio ambiente, o descarte também se torna desconhecido. A forma correta de se tratar o lixo eletrônico é realizando a sua devolução à indústria ou empresa de origem, para que os equipamentos que já estão obsoletos sejam tratados da devida forma, tomando todos os cuidados para que os componentes que lá estão presentes e que causam alterações no ecossistema e nos seres que habitam nesta esfera, não causem nenhum tipo de adversidade.

#### **IV. Conduzindo: o jogo e suas possibilidades pedagógicas**

Os recursos educacionais abertos transformaram-se em um movimento com a expansão da Web, em especial, o aparecimento da web 2.0. Esse termo surgiu em um Fórum da UNESCO em Paris no ano de 2002, neste encontro iniciaram-se discussões sobre esse assunto. Foi, porém em 2012, em um congresso realizado pela UNESCO, que foi proposta a declaração de Paris sobre recursos educacionais abertos (UNESCO, 2012). Estabelecendo que:

*REA são materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições (Ibid, 2012, p. 1).*

O movimento REA, vem crescendo no Brasil, sendo contemplada sua utilização no Plano nacional de educação (PNE, 2014-2024), contudo de maneira acrítica, como categoria de tecnologias educacionais – ferramentas ou artefatos neutros (BRASIL, 2014).

Para a UNESCO (2012) os recursos educacionais abertos são importantes para a democratização do ensino, e propostos como possibilidade de ampliar o acesso ao conhecimento por meio do compartilhamento. Na realidade brasileira, segundo Hilu, Torres e Behrens (2015), o limitado acesso à escola ou a materiais educacionais dificulta a aquisição democrática e coletiva do conhecimento, sendo os Recursos Educacionais Abertos (REA) uma opção para obtenção de tais saberes. O objetivo dos REA é beneficiar modelos de aprendizagem mais abertos e mais flexíveis, sendo de grande valia para disseminar os conteúdos e aprendizagem de forma igualitária.

Os REA são uma possibilidade de educação emancipatória, uma vez que nega a privatização dos conhecimentos, disponibilizando ferramentas para a sua aquisição. É necessário a dialogicidade entre os conteúdos e a realidade do educando, desta forma os REA pensados a partir de uma problemática local se alinham a uma educação emancipatória, onde educandos e educadores contribuem. Só a aquisição de saber não é capaz de superar a opressão e estabelecer a justiça social, porém é essencial para que possam se reconhecer como oprimidos ou opressores e serem revolucionários na busca/ luta por justiça social (FREIRE, 1974).

Existem na Internet opções de recursos educacionais disponíveis ao público e que abordam os semicondutores. Uma sequência de quatro vídeos, disponíveis no Youtube, foi produzida por Freitas e Oliveira (2015) com o auxílio do Laboratório Aberto de Interatividade (LAbI) da UFSCar, abordando desde conceitos de eletrostática, passando pelas diferenças entre condutores, isolantes e semicondutores e bandas de energia, até chegar aos dispositivos semicondutores e suas aplicações. Apesar da discussão precisa e cuidadosa dos conteúdos, os vídeos concentram-se nas questões relacionadas à física e às aplicações dos semicondutores, sem estabelecer conexões com áreas como a química ou a biologia, além da questão da interação direta dos estudantes com o recurso, que fica bastante limitada nos vídeos.

Outro exemplo é o projeto *PhET Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)), que possui os simuladores “Condutividade” e “Semicondutores”. O primeiro aborda a diferença entre metais, isolantes e semicondutores em termos de bandas de energia e o efeito da fotocondutividade, enquanto o segundo ilustra os efeitos da dopagem e permite analisar a junção de dois semicondutores dopados formando um diodo. Ambos os simuladores incentivam um papel mais ativo do estudante, já que oferecem uma interface com várias opções, permitindo uma interação mais direta, mas novamente a temática está concentrada em questões da física dos semicondutores e aplicações, sem estabelecer relações com outras áreas do saber.

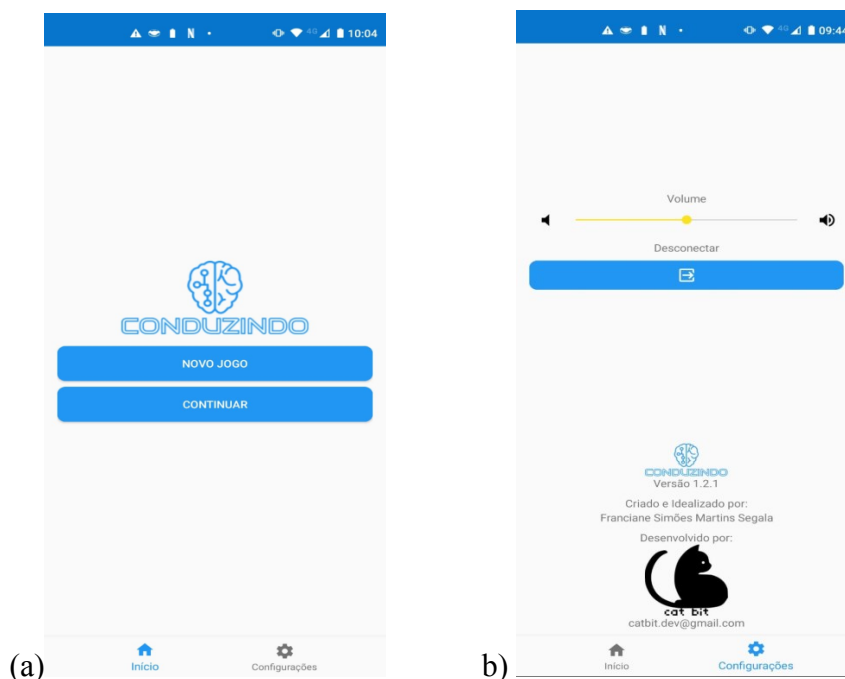


Fig. 1 – Telas (a) inicial e (b) de configuração do jogo *Conduzindo*.

**Conduzindo**, o jogo que foi desenvolvido na forma de um aplicativo para dispositivo móvel com formato de *quizz*, enquadra-se como REA, já que possui uma licença livre, que permitem modificações e adaptações, desde que citadas às fontes. Está disponível no play store no link: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.catbit.quiz>>. Imagens da tela inicial do jogo e da tela de configurações, ambas bastante simples de utilizar, são apresentadas na Fig. 1.

O jogo contém 50 questões de múltipla escolha, abordando o tema semicondutor na perspectiva da física, química e biologia, ou seja, contemplando as ciências naturais, envolvendo os diferentes aspectos mencionados anteriormente, em questões como “Quando aumentamos a temperatura de um semicondutor o que ocorre com sua condutividade?” (física), “Quantos elétrons de valência tem um átomo de silício?” (química) ou “O que fazer com o lixo eletrônico – pilhas, baterias e equipamentos quebrados?” (biologia).

Além de contemplar os diferentes aspectos dos semicondutores, algumas questões destacam a perspectiva da abordagem interdisciplinar do tema. Pode-se citar a pergunta, “Um elemento utilizado na dopagem de semicondutores que é tóxico, podendo trazer problemas à saúde dos trabalhadores:”, cujas alternativas são “Arsênio, Ferro, Fósforo e Boro”, que envolve tanto a questão da física da dopagem, quanto o conhecimento sobre os elementos trivalentes e pentavalentes usados nesse processo, além da toxicidade dos elementos para o ser humano. Outro exemplo é a questão “Além dos semicondutores tradicionais são utilizados na fabricação de dispositivos semicondutores:”, cuja alternativa correta é “GaAs, InP e InGaAs”, que traz como explicação “Semicondutores do grupo III-IV, ou seja, formados por combinações entre elementos da família 3A com elementos da família 5A, também são

utilizados na indústria eletrônica na fabricação, por exemplo, de sensores de luz.”, contendo aspectos da química – as famílias da tabela periódica – e da física, que são aplicações dos semicondutores na eletrônica.

As perguntas apresentam-se ao jogador de forma aleatória, sem uma sequência definida e sem níveis, mas sem a repetição da mesma pergunta. A cada rodada do jogo são realizadas as 50 questões e o resultado de acertos é apresentado ao jogador ao final (Fig. 2a). Após a resposta do aluno a cada pergunta, certa ou errada, aparece na tela à explicação da questão, podendo ser uma imagem, um esquema, uma explanação etc., conforme exemplo da Fig. 2b. A ideia é que, mesmo tendo acertado, o estudante pode aprender mais ao observar uma explicação mais detalhada do tema, e no caso do erro, pode corrigir sua compreensão e acertar em uma futura jogada.



Fig. 2 – Tela (a) final do jogo *Conduzindo* e (b) mostrando pergunta e sua respectiva resposta.

O jogo didático sobre semicondutores – **Conduzindo** – foi inserido em uma sequência didática Zabala, 1998 composta por atividades teóricas e práticas sobre o tema. O produto educacional que inclui o aplicativo, construído sob a concepção pedagógica crítica-social dos conteúdos (LIBÂNEO, 1983), que considera como tarefa primordial da escola a difusão de conteúdos científicos sistematizados, historicamente construídos, indissociados das realidades sociais, está disponível em <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/553787>>. A sequência didática foi desenvolvida em uma turma do curso Técnico em Automação Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de São Paulo, *campus* Sertãozinho, envolvendo estudantes

da Licenciatura em Química e professores de Física, Biologia, Eletrônica Industrial e Processos Industriais (SEGALA, 2019). O jogo foi aplicado após a realização das atividades, como uma forma lúdica de verificação da aprendizagem, tanto pelos próprios estudantes quanto pelos professores envolvidos na proposta, e considerando que, quando “o objetivo é privilegiar a aquisição do saber, e de um saber vinculados às realidades sociais, é preciso de métodos que favoreçam a correspondência dos conteúdos com os interesses dos alunos” (LIBÂNEO, 1983).

A produção de recursos educacionais, como o aplicativo Conduzindo, possibilita de maneira mais natural que a cultura e o conhecimento contextualizado se desenvolvam, tendo como pressuposto o interesse da comunidade que o produziu e onde será utilizado. Durante o processo de criação do aplicativo, alguns professores dos cursos envolvidos na produção do REA compartilharam saberes, desenvolveram autonomia e puderam presenciar a aprendizagem colaborativa, sendo realizadas as perspectivas pedagógicas ligadas às problemáticas locais. Além disso, as questões do aplicativo, foram formuladas de acordo com o interesse dos alunos e necessidades de aprendizagem, seja pelo conhecimento ser inerente ao curso ou importante para a vida em sociedade, investigadas a partir de questionário diagnóstico.

Alguns métodos de análise de resultados foram utilizados para aferir se o aplicativo alcançou os objetivos propostos. O link com aplicativo foi escrito na lousa e não foi mais necessária nenhuma explicação, apesar das mesmas terem sido preparadas, pois os alunos demonstraram bastante desenvoltura com a ferramenta e começaram a utilizá-la, conferindo comentários de avaliação sobre o aplicativo, ação que não havia sido solicitado. Ficou evidente que os alunos possuíam familiaridade com esses elementos, e por serem algo do cotidiano e estarem facilmente disponível nos *smartphones*, poderiam efetivamente auxiliar na aprendizagem.

Houve também a comparação entre o questionário diagnóstico e o jogo, onde se pôde perceber que as aulas promoveram um grau de aprendizagem sobre o assunto tratado, pois os grupos conquistaram uma quantidade significativa de acertos em comparação com grande número de respostas em branco ou equivocadas do questionário diagnóstico (SEGALA, 2019).

Para finalizar a avaliação das aulas e da produção do aplicativo foi realizado um questionário final com os alunos, onde expuseram suas opiniões. Uma das questões era sobre o conteúdo do jogo, se ele é relevante para os interesses do aluno, e mais de 88% responderam que o jogo era relevante para os seus interesses. Em relação à facilidade de entendimento e utilização do jogo, todos expuseram que o jogo foi fácil de entender e utilizar como material de estudo.

Além desse formato o jogo pode ser utilizado como: diagnóstico, para a sondagem sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema; como orientação de estudo, para que os estudantes complementem fora do ambiente escolar as atividades realizadas em sala de aula pelos docentes; como processo avaliativo, sendo atribuída uma nota proporcional ao número de acertos nas questões do jogo; e também de forma repetida, durante o processo de

discussão do tema com turma, para que o estudante e o docente possam acompanhar o que está sendo ou não compreendido a partir das discussões. Independente da forma de uso do jogo como recuso pedagógico, ela deve estar sustentada em uma fundamentação sobre os processos educativos, sobre a concepção de aprendizagem e de processo avaliativo, sendo o jogo uma ferramenta para a efetivação de um objetivo educacional definido, que precisa estar relacionado com o pressuposto utilizado na construção do jogo de que “o processo de aprender pressupõe uma mobilização cognitiva desencadeada por um interesse” (SOLÉ, 2003, p. 31).

Os recursos educacionais em ciências possibilitam a aquisição de conhecimento utilizando diferentes abordagens, facilitam o acesso, ampliam a compreensão dos estudantes e conseguem ilustrar fenômenos, muitos desses auxiliam na visualização esquemática promovendo o entendimento. Muitos materiais educacionais são aproveitados e úteis para o ensino, e com o surgimento e ampliação da internet 2.0 o acesso e produção a esses recursos tornaram-se maiores. Só a disponibilidade do recurso não configura aprendizagem; é necessária uma educação emancipatória, levando em consideração o papel pedagógico do professor e as relações entre os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

## V. Considerações finais

Na busca por novos caminhos que transformem a educação e que promovam a compreensão do vínculo entre as ciências naturais e destas com as modificações da sociedade, do ambiente e do trabalho, a tecnologia tem papel preponderante. Os recursos educacionais abertos, os aplicativos educacionais, e mais especificamente os jogos eletrônicos, levando em consideração a sua utilização e atratividade para uma grande parcela da sociedade que está na fase escolar, apresentam-se, nesse sentido, como uma ferramenta para desenvolver o conhecimento de forma lúdica, com a potencialidade de englobar diversos conteúdos disciplinares, aumentando a compreensão contextualizada e facilitando a aprendizagem.

Com o desenvolvimento da Internet nas últimas décadas têm sido desenvolvidos muitos recursos educacionais de acesso livre e gratuito, tratando de muitos dos tópicos presentes nas diferentes disciplinas escolares e de assuntos que se propõe a complementar os conteúdos tradicionais. Nesse contexto, existem vídeos e simuladores que abordam os fundamentos e as aplicações dos semicondutores, limitando-se a discutir e/ou ilustrar aspectos relacionados à física e a eletrônica.

Sob outra perspectiva, os semicondutores potencializam a interdisciplinaridade e fornecem as bases para a compreensão dos equipamentos sem os quais os jogos eletrônicos e os aplicativos educacionais, além de muitos outros equipamentos presentes no cotidiano, não seriam possíveis, o que certamente facilita a contextualização e o tratamento mais realista do conteúdo escolar. É nessa perspectiva que se desenvolve o aplicativo **Conduzindo**, que aborda os fundamentos científicos, tanto sob o ponto de vista da química quanto da física, que

sustentam o desenvolvimento tecnológico, bem como as consequências ambientais desse desenvolvimento, de forma interdisciplinar e contextualizada.

A aplicação do jogo **Conduzindo** em sala de aula, inserido em uma sequência didática com atividades teóricas e práticas sobre o tema, evidencia que a ferramenta é coerente com a concepção de um processo de aprendizagem que envolve o interesse e o papel ativo do estudante, com o propósito de socializar o saber científico historicamente construído associado à realidade vivenciada pela estudante, promovendo a aprendizagem efetivamente contextualizada dos conteúdos escolares.

Com tantas possibilidades pedagógicas em mãos, as escolas e seus agentes não deveriam continuar trabalhando os conteúdos disciplinares como se pertencessem a caixas fechadas, sem ligação com outros. Uma abordagem global e contextualizada do conhecimento escolar contribui para o desenvolvimento da criticidade nos alunos, que desenvolvem uma visão ampla e podem se portar de forma ativa, crítica e atuante na sociedade.

### **Referências bibliográficas**

ALVES, L. Games, colaboração e aprendizagem. In: OKADA, A. (Ed.) **Open Educational Resources and Social Networks: Co-Learning and Professional Development**. London: ScholioEducationalResearch&Publishing, 2012.

BELLONI, M. L. Educação a distância e inovação tecnológica. **Trabalho, educação e saúde**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 187-198, 2005.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. **Aprova o Plano Nacional de Educação**. Diário Oficial da União, Brasília, Edição Extra de 26.06.2014, Seção 1, p. 1, 2014. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-13005-25-junho-2014-778970-publicacaooriginal-144468-pl.html>>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CAMPOS, L. C. **Nanofios de óxido de zinco e nanofitas de grafeno: fabricação, estrutura e propriedades de transporte (opto) eletrônico**. UFMG. 2010.

DEMO, P. Nova mídia e educação: incluir na sociedade do conhecimento. In: TELECONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS, 4., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

DIONYSIO, L. G. M; DIONYSIO, R. B. **Lixo urbano: descarte e reciclagem de materiais**. CCEAD PUC-Rio & MEC, Rio de Janeiro: Projeto CONDIGITAL, 2010.

FREITAS, F. C.; OLIVEIRA, A. J. A. O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 2015.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. Campinas: Papirus, 2012.

Freire, P. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1974.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física: óptica e física moderna**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 4.

HILU, L.; TORRES, P. L.; BEHRENS, M. A. REA (Recursos Educacionais Abertos) - Conhecimentos e (Des)Conhecimentos. **Revista e-curriculum**, São Paulo. V. 13, n. 1, p. 130-146. 2015.

JUUTI, K.; LAVONEN, J. Design-Based research in science education. **Nordina**, Blindern, v. 3, n. 1, p. 54-68, 2006.

KENSKI, V. M. Em direção a uma ação docente mediada pelas tecnologias digitais. In: BARRETO, R. G. (Org.). **Tecnologias educacionais e educação a distância**: avaliando políticas e práticas. Rio de Janeiro: Quartet, 2003. p. 74-84.

KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana**. São Paulo: Zahar Editora/Eusp, 1980.

LIBÂNEO, J. C. Tendências pedagógicas na prática escolar. **Ande**, v. 3, n. 6, p. 11-19, 1983.

Disponível em:

<[https://praxistecnologica.files.wordpress.com/2014/08/tendencias\\_pedagogicas\\_libaneo.pdf](https://praxistecnologica.files.wordpress.com/2014/08/tendencias_pedagogicas_libaneo.pdf)>

Acesso em: 10 ago. 2021.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar**: fundamentos teórico-metodológicos. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

MELLO, H. A.; BIASI, R. S. **Introdução à Física dos Semicondutores**. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1975.

MENEZES, L. C. **Vale a pena ser Físico?** São Paulo: Moderna, 1988.

MORA, N. D.; LUCAS, J. F. R.; MARAN, M. A. **Apostila de materiais elétricos**. Unioeste. 2010. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/12562987/apostila-de-materiais-eletricos-unioeste>>. Acesso em: 23 mai. 2021.



MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002a.

MORIN, E. **Educação e complexidade**: os sete saberes e outros ensaios. São Paulo: Cortez, 2002b.

ORTON, J. **The Story of Semiconductors**. Oxford: University Press, 2004.

PATNAIK, P. **Guia Geral - Propriedades Nocivas das Substâncias Químicas**. Belo Horizonte: Ergo, 2003. v. 1.

PETRAGLIA, I. C. **Edgar Morin**: A educação e a complexidade do ser e do saber. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

REZENDE, S. M. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

RIZZI, L.; HAYDT, R. C. **Atividades Lúdicas na Educação da Criança**. 2 ed. São Paulo: Ática, 1987.

SANTOS, P. R. dos. O Ensino de Ciências e a ideia de cidadania. **Mirandum**, Ano X, n. 17, 2006.

SAVIANI, D. O choque teórico da Politecnia. **Trabalho, educação e saúde**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 131-152, março de 2003.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Revista Brasileira de Educação**, Campinas, v. 12, n. 32, p. 152-180, jan./abr. 2007.

SEGALA, F. S. M. **Interdisciplinaridade e a utilização de dispositivos tecnológicos no ensino de semicondutores na Educação Profissional e Tecnológica aspirando à formação integral**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica em Rede Nacional, Instituto Federal de São Paulo, Sertãozinho. p. 261.

SOLÉ, I. **Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem**. In: COLL, C. *et. al.* O Construtivismo na Sala de Aula. 6. ed. São Paulo: Ática, 2003.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 10. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A; ALVES, E. G. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia**. Editora Livraria da Física, 2005.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).