

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS: M-LABS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**LEANDRO SODRÉ BARRETO**

**CRUZ DAS ALMAS, BA  
2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS: M-LABS**

**LEANDRO SODRÉ BARRETO**

Dissertação de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Matemática.

**Orientador:**  
**Prof. Dr. Ariston de Lima Cardoso**

**CRUZ DAS ALMAS, BA  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

B273o	<p>Barreto, Leandro Sodré. O objeto virtual de aprendizagem para o ensino de ciências: m-labs / Leandro Sodré Barreto._ Cruz das Almas, BA, 2019. 103f.; il.</p> <p>Orientador: Ariston de Lima Cardoso.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Mestrado em Matemática.</p> <p>1.Matemática – Estudo e ensino. 2.Matemática – Inovações tecnológicas. 3.Aprendizagem – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 510.7</p>
-------	--

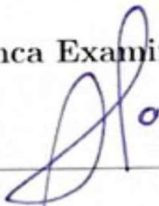
Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).  
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O  
ENSINO DE CIÊNCIAS: M-LABS

LEANDRO SODRÉ BARRETO

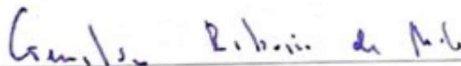
Dissertação de Mestrado apresentada ao Colegiado do Programa de Mestrado Profissional de Matemática em Rede Nacional da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Matemática, aprovada em 13 de dezembro de 2019.

**Banca Examinadora:**



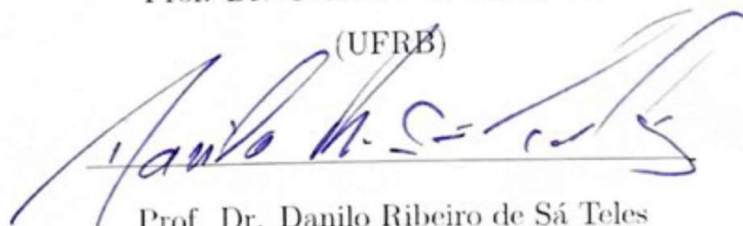
---

Prof. Dr. Ariston de Lima Cardoso  
(UFRB)



---

Prof. Dr. Genilson Ribeiro de Melo  
(UFRB)



---

Prof. Dr. Danilo Ribeiro de Sá Teles  
(IFMS)



# Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida.

A meus pais e à minha família como um todo por todo apoio dispensado e por sempre acreditarem na realização deste trabalho.

Agradeço especialmente à minha esposa pelo apoio, amor e cumplicidade incondicionais a mim oferecidos sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ariston de Lima Cardoso pela incentivo e apoio na realização do projeto que deu origem a este trabalho, pelo seu empenho e dedicação na orientação desta dissertação com ensinamentos e exemplos que extrapolam as questões acadêmicas.

A todos os professores do programa que constituíram-se peça chave na formação e amadurecimento ao longo do curso.

Aos colegas do Grupo de Tecnologias Educacionais, Robótica e Física – GTERF que contribuíram de forma fundamental e expressiva em todas as etapas da execução do projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo fomento ao projeto de pesquisa através do edital 03/2015

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho e que não foram citados.



# Resumo

As tecnologias digitais constituem uma importante ferramenta de auxílio à aprendizagem nos espaços de educativos contemporâneos o que requer o desenvolvimento objetos de aprendizagem que façam uso destas tecnologias. Entender os mecanismos de constituição e como o ser humano percebe os territórios de aprendizagem norteiam o desenvolvimento de um ambiente propício, rico e complexo de troca de experiências didáticas que potencializam a formação educacional atual. Apropriar dos mecanismos de aprendizagem significativa propiciam a capacidade didático de entendimento fenomenológico e de realização da metodologia científica do ensino de ciências, especialmente utilizando dos sensores embarcados nos aparelhos que integram e caracterizam o *m-learning*. Os sensores embarcados nos *smartphones*, atuais plataformas dos *m-learning* possuem diversos sensores físicos capazes de realizar medidas pontuais, experimentos didáticos e aplicações cotidianas. Nesta perspectiva, este trabalho desenvolveu códigos computacionais, roteiros experimentais, embarcou sensores externamente e prototipou circuitos adaptados para realização de medidas físicas de grandezas e propriedades das principais grandes áreas da física: Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Ótica. Foram realizadas experiências didáticas nos Laboratórios de Física em Institutos Federais e Universidades publicas para validação de utilização dos m-Labs.

**Palavras-chave:** *m-learning*, objetos virtuais de aprendizagem, Tecnologias Digitais da Informação Comunicação, m-Labs, Sensores embarcados e adaptados



# ***Abstract***

Digital technologies are an important learning support tool in contemporary educational spaces and requires the development of learning objects that use these technologies. Understanding the mechanisms of constitution and how the human being perceives learning territories will guide the development of a conducive, rich and complex environment for the exchange of didactic experiences that enhance the current educational formation. To perceive the mechanisms of meaningful learning provides the didactic capacity for phenomenological understanding and the use of the scientific methodology of science teaching, especially using the sensors embedded in the devices that integrate and characterize the m-learning model. The sensors embedded in smartphones which are current platforms of m-learning, have several physical sensors capable of performing point measurements, didactic experiments and everyday applications. In this perspective, this work developed computational codes, experimental scripts, shipped sensors externally and prototyped circuits adapted for physical measurements of quantities and properties of important areas of physics like Mechanics, Thermology, Electromagnetism and Optics. Didactic experiments were carried out in Physics Laboratories at Federal Institutes and Public Universities to validate the use of m-Labs.

*keywords: m-learning, learning virtual objects, digital information and communication technologies, embedded and adapted sensors*



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Espaços e modelos de aprendizagem</b>	<b>17</b>
2.1	Espaços de aprendizagem e territorialização . . . . .	17
2.2	Aprendizagem Significativa . . . . .	23
2.3	Ensino blended . . . . .	27
2.3.1	e-learning . . . . .	28
2.3.2	u-learning . . . . .	30
2.3.3	m-learning . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Aprendizagem significativa e as atuais tecnologias da educação</b>	<b>37</b>
3.1	Aprendizagem significativa e <i>m-learning</i> . . . . .	37
3.2	Tecnologias da Educação . . . . .	40
3.3	Marcos legais da educação no Brasil . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Dispositivos móveis na educação 4.0</b>	<b>51</b>
4.1	<i>m-learning</i> e laboratórios de física . . . . .	51
4.2	Sensores físicos em dispositivos móveis . . . . .	55
4.2.1	Sensor do sistema de posicionamento global . . . . .	56
4.2.2	Acelerômetro . . . . .	56
4.2.3	Intensidade sonora . . . . .	57
4.2.4	Giroscópio . . . . .	58
4.2.5	Magnetômetro . . . . .	59
4.2.6	Intensidade luminosa . . . . .	60
4.2.7	Sensor de proximidade . . . . .	61
4.2.8	Sensor RGB . . . . .	62
4.3	Projeto m-labs . . . . .	64
4.3.1	Programação . . . . .	68
4.3.2	Robótica . . . . .	71
4.3.3	Eletrônica . . . . .	73
4.3.4	Prototipação . . . . .	74
<b>5</b>	<b>m-Labs e <i>blackbox</i></b>	<b>77</b>
5.1	Apresentação do aplicativo . . . . .	77
5.2	Experimentos sugeridos . . . . .	82
5.3	Ferramentas de autonomia no aprendizado . . . . .	87

<b>6 Resultados e considerações finais</b>	<b>93</b>
6.1 Resultados acadêmicos . . . . .	94
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>99</b>



# Lista de Figuras

Figura 3.1	Aplicativo que informa os sensores disponíveis no <i>smartphone</i> . . . . .	55
Figura 3.2	Recorte de tela do Trello com time do GTERF . . . . .	67
Figura 3.3	Recorte de tela do Trello com quadro de participante do projeto m-labs	68
Figura 3.4	Trecho do código do aplicativo m-labs . . . . .	70
Figura 3.5	Recorte de parte do roteiro experimental a ser utilizado . . . . .	71
Figura 3.6	Ambiente de programação arduino exibindo parcialmente o código do m-labs . . . . .	72
Figura 3.7	Circuito do módulo externo do projeto . . . . .	74
Figura 3.8	Projeto de placa de circuito a ser utilizada . . . . .	75
Figura 4.1	Telas iniciais do m-Labs . . . . .	78
Figura 4.2	Áreas da física e seus experimentos sugeridos . . . . .	79
Figura 4.3	Ícones de viabilidade de utilização da atividade onde o item 4.3a indica a viabilidade de utilização da atividade e o item 4.3b indica sua inviabilidade. . . . .	80
Figura 4.4	Cartões de experimentos com sua respectiva viabilidade . . . . .	80
Figura 4.5	Ferramentas de experimentação livre disponibilizadas ao usuário . .	81
Figura 4.6	Tela inicial da atividade “vetores” . . . . .	82
Figura 4.7	Telas iniciais do experimento “plano inclinado” contendo introdução teórica e roteiro de medidas . . . . .	83
Figura 4.8	Telas de aquisição de dados do experimento de pêndulo simples . .	84
Figura 4.9	Telas com gráficos dos experimentos de pêndulo simples (figura 4.9a) e do experimento de plano inclinado (figura 4.9b). . . . .	85
Figura 4.10	Tela de tratamento de dados do experimento do pêndulo simples com interpolação gráfica pelo método dos mínimos quadrados e obtenção do valor local pra aceleração da gravidade na cidade de Cruz das Almas. . . . .	86
Figura 4.11	Tela com aplicação do gerador de audiofrequência . . . . .	88
Figura 4.12	<i>blackbox</i> e alguns de seus sensores . . . . .	89
Figura 4.13	Telas de interação do m-Labs com a <i>blackbox</i> apresentando o leque de sensores da <i>blackbox</i> ao usuário (figura 4.13a) e o resultado de medições feitas com o luxímetro (figura 4.13b) . . . . .	90

# Lista de Tabelas

Tabela 3.1	Quadro resumo de sensores, utilidades e possíveis aplicações . . . . .	63
Tabela 4.1	Conjunto de atividades propostas na aba “EXPERIMENTOS” com suas breves descrições. . . . .	86
Tabela 4.2	Conjunto de disponíveis na aba “FERRAMENTAS” com sua respectiva grandeza medida. . . . .	90

# Introdução

As dinâmicas de mobilidade e dinamismo nas demandas de aprendizado e acesso a conteúdo da sociedade contemporânea, exigem metodologias de ensino e instrumentos de suporte à aprendizagem que estejam conectados com estas demandas, de modo que sejam capazes de realizar uma integração entre os modelos de oferta de cursos e os atuais modelos de aprendizagem além de serem capazes de fornecer mecanismos de interação entre o concreto e o virtual. Em um campo específico, particularmente o do ensino e aprendizagem nas disciplinas de ciências da natureza, o aspecto da realização de atividades práticas de caráter experimental tem um caráter central, indispensável e, muitas vezes, regidos por mecanismos legais, os quais obrigam a realização deste tipo de atividade na formação dos cursos dessa área, sejam cursos do ensino básico ou do ensino superior. A realização destas atividades encontram grandes dificuldades de serem implementadas o que motiva o desenvolvimento de instrumentos que cumpram estes requisitos.

A fim de prover um produto que seja realmente eficiente na proposta de ofertar uma ferramenta inovadora, atual e com instrumentos que outorguem resultados consistentes no processo de aprendizado em qualquer circunstância de uso indicado, é necessário considerar os aspectos que fazem a interseção entre os elementos que compõem os cenários de mobilidade contemporânea, demanda social de construção de conhecimento, processos de aprendizagem e atividades experimentais nos diversos contextos de educação. Dessa forma, é necessário se apropriar destes processos que são compostos fundamentalmente por: a) os mecanismos através dos quais as pessoas realizam caracterização e modelagem interna na constituição dos seus próprios territórios de aprendizagem; b) os aspectos que são caros para que ocorra uma aprendizagem significativa de conceitos ou resignificação de conceitos já existentes e sua relação com os modelos de aprendizagem vinculados ao uso de tecnologias digitais; c) A relação

nificativa de conceitos ou ressignificação de conceitos já existentes e sua relação com os modelos de aprendizagem vinculados ao uso de tecnologias digitais; c) A relação intrínseca dos dispositivos móveis no cenário de um modelo de educação contemporânea e como realizar sua conexão com a realização de atividades experimentais de física.

O bom entendimento dos espaços, mecanismos e modelos de aprendizagem no contexto das tecnologias digitais são requisitos importantes para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de ensino. A percepção de como o sujeito caracteriza um espaço de aprendizagem, como ele realiza a transição entre os múltiplos espaços, como a estrutura cognitiva se reorganiza mobilizando e adaptando o uso dos conceitos já construídos a cada reterritorialização (LEMOS, 2007), além do entendimento de como ocorrem os processos de construção dos conceitos dentro destes espaços permitem ao educador a preparação de estratégias mais eficientes para conduzir o processo de ensino. Estas estratégias tem um importante aliado, o avanço das tecnologias digitais, que tem ajudado na execução e fornecidos elementos capazes de conectar os múltiplos territórios de aprendizagem que o aprendiz constrói.

O avanço destas tecnologias potencializam não somente os elementos necessários a acessar múltiplos territórios de aprendizagem mas também uma retenção significativa do aprendido, uma vez que as mesmas são ferramentas que possuem um vasto leque de possibilidades de interação e de acesso a conteúdos de modo que forneçam a mobilidade necessária para colocar o aprendiz em contato constante com material potencialmente significativo, (RUSHBY, 2005), disparando o gatilho que movimenta as estruturas cognitivas do sujeito no intuito de estabelecer conexões do novo material com conceitos previamente estabelecidos, (AUSUBEL, 2000), servindo de plataforma fundamental no contexto de um modelo de aprendizagem com fundamentos do *m-learning*. O uso das tecnologias digitais podem ainda servir de suporte ao condutor do processo de ensino na medida em que servem de acesso a organizadores prévios no suporte à mobilização das estruturas cognitivas do aprendiz num modelo de educação que contempla o uso de recursos e que possibilitem uma interação entre o aprendiz e o objeto de estudo com ferramentas como simuladores ou ainda na interação dos aprendizes entre si (GERSTEIN, 2014).

---

Os recursos disponíveis nos *tablets* e *smartphones* geralmente são utilizados de modo a obter conteúdo ou de promover o acesso e interação nas redes sociais. Entretanto o uso destes dispositivos é indispensável em uma proposta de educação 4.0 em ações de aprendizado voltadas ao *m-learning* (CARDOSO et al., 2019). A tecnologia embarcada nos atuais dispositivos móveis permite aos seus utilizadores perceberem de forma diferenciada o ambiente em que estão inseridos na medida em que estes aparelhos usam tecnologias associadas como geolocalização e o acesso à *web*, enviando ao usuário informações que julgam importantes, como previsão do tempo e condições de trânsito. Para além destas informações estes dispositivos permitem uma interação diferenciada com o usuário oferecendo funcionalidades que personalizam o uso destes aparelhos como o aumento do brilho da tela ao perceber muita luz no ambiente. Estes recursos podem ser implementados pela existência de sensores embarcados na plataforma de construção destes dispositivos. Na perspectiva de produção de um instrumento de apoio ao ensino, vislumbra-se a possibilidade de utilização destes sensores para a realização de medidas físicas. Assim, o uso destes sensores associado à capacidade computacional destes dispositivos inspiram a construção de uma aplicação que transforme os *tablets* e *smartphones* em verdadeiros laboratórios de física que é objeto deste trabalho.

Isto posto, este trabalho é estruturado de modo que em seu capítulo 1 aborda-se o conteúdo de espaços e modelos de aprendizagem através de elementos como espaços de aprendizagem e territorialização, aprendizagem significativa e ensino *blended*. No segundo capítulo apresentamos a conexão entre aprendizagem significativa e as atuais tecnologias da educação através de elementos como aprendizagem significativa e *m-learning*, tecnologias da educação e os marcos legais da educação no Brasil. No capítulo 3 abordamos o uso de dispositivos móveis na educação 4.0 relacionando *m-learning* e os laboratórios de física e, em seguida, exploramos os sensores físicos em dispositivos móveis e finalizar o capítulo com a proposta do projeto m-Labs. O capítulo 4 aborda o produto desenvolvido, m-Labs e *blackbox*, onde realizamos a apresentação do aplicativo para, em seguida, abordarmos os experimentos sugeridos no mesmo e finalizar apresentando as ferramentas de autonomia no aprendizado disponíveis no aplicativo. O último capítulo apresenta os resultados e considerações finais.



# Capítulo 1

## Espaços e modelos de aprendizagem

O bom entendimento dos espaços, mecanismos e modelos de aprendizagem no contexto das tecnologias digitais são requisitos importantes para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de ensino. A percepção de como o sujeito caracteriza um espaço de aprendizagem e o entendimento de como ocorrem os processos de construção dos conceitos e de retenção destes de modo que se tenha uma conexão não arbitrária destes conceitos com a sua estrutura cognitiva permite ao educador a preparação de estratégias mais eficientes para conduzir o processo de ensino tanto na educação formal quanto na educação não formal. O avanço das tecnologias digitais tem ajudado na execução destas estratégias e fornecidos elementos capazes de conectar os espaços formais com os não formais de aprendizagem. Considerando a rápida apropriação da juventude destas tecnologias é inevitável o surgimento de modelos de aprendizagem que conectem as tecnologias e os diversos espaços de aprendizagem, modelos estes que possuem características próprias, comuns e muitas vezes híbridas, a todos estes espaços. Nessa conjuntura uma abordagem sobre espaços e modelos de aprendizagem lança fundamentos sólidos para elaboração de boas estratégias e ferramentas de ensino.

### 1.1 Espaços de aprendizagem e territorialização

O processo de aprendizagem do ser humano perpassa pelos chamados *aspectos lógicos de aprendizagem*. Dos quais destacamos o (a) empirismo que aborda a influência do meio ambiente sobre o processo de aprendizagem, enquanto o (b) inatismo explica

os conhecimentos como já pré-formados na mente humana. Já o (c) construtivismo explica como os seres humanos constroem sua aprendizagem em todos os níveis, tanto na educação formal quanto na vida cotidiana. Tanto que a aprendizagem é o conjunto de mecanismos que o organismo movimenta para se adaptar ao meio ambiente (PIAGET, 1969). Assim, a interação com o ambiente que cerca o sujeito que aprende produz os estímulos necessários para que ocorram os movimentos e processos adequados para o aprendizado. Desta forma, para analisar os processos de aprendizado por uma perspectiva construtivista é preciso entender como o ser humano percebe, se insere, se apropria e interage com os múltiplos ambientes que fazem parte da sua vivência. Isto permite entender que estes processos ajudam a definir como o sujeito constrói o seu aprendizado nos múltiplos espaços de sua rotina desde o ambiente familiar até o ambiente escolar.

O primeiro passo no entendimento de como o ser humano interage nos diferentes meios que aqui chamaremos territórios, é entender como ele percebe esses meios em suas mais diversas nuances e características. Assim, "Definimos território através da ideia de controle sobre fronteiras, podendo essas serem físicas, sociais, simbólicas, culturais, subjetivas. Criar um território é controlar processos que se dão no interior dessas fronteiras"(LEMOS, 2007). Assim, um aspecto chave na construção de um território é a determinação destas fronteiras. Como criar um território está associado a se apropriar das diferentes dimensões da vida (LEMOS, 2007) entendemos que podemos perceber que o termo fronteiras toma um sentido mais amplo, podendo inclusive ter a característica de dimensão informacional, se considerarmos que cada pessoa delimita limites quando trata de determinado tema. Assim, o termo território pode ter o sentido convencional de limites físicos como o ambiente escolar ou pode até mesmo ter o sentido de instituições sociais ou de laços sentimentais como família, amigos ou o ambiente escolar.

Importante perceber as diferentes conotações que os territórios começam a assumir estão associados à ideia material de dominação de terra e os poderes decorrentes dessa dominação. Entretanto, atualmente, podemos conceber que a noção de território e seu poder assumem um aspecto mais amplo no qual esse poder está associado não somente no sentido concreto onde estão presentes as vivências de cada um, como também no sentido simbólico (HAESBAERT, 2005), ou seja, também vinculado aos as-



pectos funcionais nos quais predominam os valores de uso, as aprendizagens de cada um. Assim cabe perceber que os processos de aprendizagens sempre estão vinculados a algum território e que podem ocorrer em distintos territórios, tanto os espaços físicos quanto no sentido de ambientes sociais variados que geram estímulos distintos entre si o que configuram múltiplos espaços de aprendizagem.

Os múltiplos espaços de aprendizagem podem ser caracterizados pelos diferentes estímulos pertinentes de cada território. Aqueles que são fornecidos no ambiente familiar moldam e orientam os processos de aprendizagem naquele contexto. A partir do momento em que o indivíduo se insere em um outro ambiente físico ou até mesmo uma mudança de relações dentro do mesmo ambiente existe um novo contexto no qual novos estímulos são produzidos de tal forma que obriga uma mudança de postura do sujeito frente a estes novos estímulos. Como existe um novo conjunto de regras e posturas a serem adotadas e exigidas, acaba-se configurando um novo território o que dará novas oportunidades de aprendizado. Entendendo a territorialização como atribuição de um significado a um território, no seu mais amplo sentido, percebe-se que uma alteração destas condições de existência ou destas relações caracteriza um re-significação do território de tal sorte que temos dois fenômenos a identificar neste momento. O primeiro deles é o processo de desterritorialização no qual as alterações no território desencadeiam um processo de deslocamento do sujeito de um espaço de aprendizagem. O segundo fenômeno é o processo de reterritorialização que surge a partir da desterritorialização e onde o indivíduo irá moldar internamente as novas características e posturas a serem adotadas nesse novo ambiente constituído.

O processo de desterritorialização é o primeiro e está associado à perda de poder sobre um espaço (HAESBAERT, 2005). O entendimento aqui deve recair sobre a ideia da perda de poder uma vez que, originalmente, a ideia de poder sobre um território está concebido ao controle do espaço físico, mas que com a ampla perspectiva do conceito de território, a ideia de poder também está associada às relações sociais que compõem um ambiente e à forma como as pessoas se organizam no espaço e dão significado ao lugar em que se encontram. Assim, perder o poder num processo de desterritorialização implica a perda do controle sobre novos elementos do espaço, não no *stricto sensu* da palavra, mas sim sobre como a mudança ocorrida no meio altera como a pessoa conhece esse meio ou os novos elementos inseridos nele. O processo de

desterritorialização então é o processo que desencadeia como o indivíduo desenvolverá as estratégias para se apropriar e atribuir novos significados aos novos elementos com os quais agora ele interage no intuito de produzir novos significados sobre o novo espaço ao qual agora pertence, iniciando assim, o processo de reterritorialização.

O processo de reterritorialização, como segundo fenômeno no processo de aprendizagem, tem sua origem na desterritorialização e também está associado com o contexto de território no sentido em que a criação de um território significa se apropriar das diversas dimensões da vida (LEMOS, 2007). Doravante, o processo de reterritorialização pode estar associada à vida social já que esta deve ser entendida como processo dinâmico no qual a sociedade e seus elementos são frequentemente submetidos a processos e eventos desterritorializantes, caracterizadas pela imersão e inserção do indivíduo em ambientes e situações de perda de poder. A partir deste ponto entendemos a perda de poder como a deparação do indivíduo com o novo, tanto no sentido concreto, como novos objetos, como no sentido simbólico, tendo a percepção ampliada como o enfrentamento de novas relações sociais. Assim conduzir adequadamente o indivíduo no processo de retomada de poder ante uma nova situação implica em o indivíduo se apropriar e exercer domínio sobre os espaços e seus elementos para atribuir funcionalidades e atribuir significados ante o novo.

Na transição entre estes dois processos temos como possível elemento motivador a mobilidade social. Esta não está associada ao conjunto tradicional de classe social e sim a processos de nomadismo em espaços físicos tradicionais ou espaços móveis e inteligentes como os espaços digitais. Isto permite que o indivíduo transite de um dado território a outro não só com o deslocamento usual mas também através de tecnologias como a rede mundial de computadores e seus meios sociais digitais. Os processos de mobilidade física perpassam pelas mudanças de ambientes e espaços físicos usuais o que nos anos iniciais se dá da transição da família para a escola iniciando o indivíduo na educação formal nas escolas onde o aprendizado é estruturado em séries ou módulos de aprendizagem e compartimentalizado nas componentes curriculares no formato das disciplinas tradicionais. Os processos de mobilidade digital iniciam o indivíduo numa percepção de realidade diferente da tradicional na qual ele define o território ao qual deseja se inserir e realiza, muitas vezes por demanda própria, o processo de mobilidade, desterritorialização e reterritorialização.

Nos espaços físicos de aprendizagem existem dois processos a serem considerados, a saber: educação formal e a educação não formal. A educação formal se dá pelas escolas e territórios tradicionais de aprendizagem que são territórios pensados para o aprendizado enquanto a educação não formal se dá em qualquer ambiente bastando apenas que surja o estímulo para tal. Nas escolas o processo de aprendizagem é estruturado de forma a guiar o estudante por conteúdos e caminhos previamente estabelecidos por meio de uma estrutura lógica linear, através do qual o conteúdo é ofertado por meio das disciplinas que são seriadas ou moduladas. Nestes espaços, a linearidade do processo está associada a hierarquia e requisitos de conteúdo onde nas séries iniciais trabalham-se conteúdos classificados como básicos e nas séries que seguem os conteúdos, classificados como intermediários e avançados, surgem tendo como requisitos os conteúdos trabalhados anteriormente. Nestes territórios os estímulos são gerados pelo mediador do processo. Já na educação não formal não existe um espaço pensado e planejado para o aprendizado, ele ocorre por demanda, geralmente do próprio indivíduo. Assim, o sujeito utiliza como requisitos para investigação as suas experiências de aprendizados anteriores, tanto no sentido de forma quanto no sentido de conteúdo (VALENTE, 2014). Ele utiliza a curiosidade e a investigação livre como mecanismos para a internalização do conhecimento.

No ambiente digital o surgimento das redes sociais redefiniram de maneira única os espaços de aprendizagem. Inicialmente as redes sociais mostraram-se como territórios múltiplos onde a diversidade de conteúdo e temas surgiam a todo momento e de modo não organizado ou sequenciado. A evolução das redes sociais com a criação de espaços digitais específicos e temáticos que vão de páginas específicas dentro de uma rede social ou até mesmo redes sociais com objetos de discussão bem definidos cuja finalidade é a exposição e debate de temas específicos como vinhos, fotografia ou qualquer outro tema permitem que o sujeito esteja constantemente em um processo de mobilidade e busque o aprendizado por demanda, de forma não regularmente estruturada mas ainda assim podendo ser compartimentalizada, não por componentes curriculares específicas e sim por temas específicos. Nestes ambientes as tecnologias móveis criam territorializações e controles informacionais constituindo não só um meio de acesso a territórios digitais de aprendizagem mas também uma ferramenta de apoio ao processo de territorialização usual permitindo ainda uma justaposição dos espaços digitais e físicos.

Em ambos cenários as tecnologias móveis assumem um papel de destaque nesse processo de mobilidade e reterritorialização constituindo um elemento importante nos processos de aprendizagem. A evolução tecnológica dos dispositivos móveis com o crescente aumento de recursos e características que vão desde a inclusão de diversos sensores que auxiliam o dispositivo e seu usuário a perceberem o meio que estão inseridos permitindo que a pessoa exerça uma maior percepção e controle sobre os espaços e o tempo até o avanço nos processos de comunicação e informação que se estabelecem e se consolidam com a transmissão de dados via telefonia celular e via redes *wi-fi* de diferentes características como redes de acesso a internet, etiquetas de radiofrequência e até a tecnologia *bluetooth*. Estas tecnologias estão na intersecção dos processos e ambientes de aprendizagem e seu uso têm sido amplamente difundidos tanto nos espaços formais como ferramenta auxiliar nos processos de aprendizagem onde estas tecnologias vão desde suporte para aquisição de conteúdo atuando como veículos de acesso a plataforma de conteúdos *online*, atuando também como plataforma de coleta de dados através de sensores eletrônicos até mesmo agindo como mediadoras entre os ambientes físicos e digitais nos quais, muitas vezes, o indivíduo analisa, internaliza e finaliza o seu processo de aprendizagem de determinado tema. Assim constrói-se o entendimento de que estas tecnologias digitais acabam por constituir uma ferramenta ampla de não só de acesso à informação como também acabam por representar também uma importante ferramenta de comunicação, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

No centro de todo este processo está o indivíduo que investiga e aprende a partir de dois elementos centrais, a aquisição de de novos significados a partir de material de aprendizagem potencialmente significativo (AUSUBEL, 2000). Assim, o aprendizado está ligado a ideia de aquisição de novos significados, isso implica não somente em assimilar o novo como também em ampliar a percepção de algo já conhecido. Caracteriza-se o material potencialmente significativo deve ter alguma relação de importância para o indivíduo uma vez que ele deve realizar associações com estruturas e conhecimentos prévios relevantes para o indivíduo que alavancarão o entendimento do material. A partir destas configurações e conexões o indivíduo classificará o material apresentado o que determinará a construção do novo significado. Portanto, entender os aspectos da aprendizagem significativa é determinante para uma retenção eficiente tanto de novos significados quanto de complementações de conceitos já

consolidados pra o aprendiz. Estes aspectos serão abordados na seção que segue.

## 1.2 Aprendizagem Significativa

O entendimento da construção dos conceitos e significados é determinante na construção de um aprendizado sólido. Entender como cada pessoa realiza a significação de objetos e fenômenos desde situações particularmente simples como a significação de objetos até situações mais complexas onde proposições verbais são feitas ajudam no desenvolvimento de estratégias cada vez mais eficientes ao aprendizado. Neste complexo processo é importante perceber que uma retenção significativa perpassa por elementos como a apresentação de material potencialmente significativo, identificação de como este material se relaciona com as estruturas cognitivas existentes além do entendimento de como esta interação entre material e estrutura são assimilados pelo indivíduo (AUSUBEL, 2000). Este processo gera padrões de classificações e de acomodações que criam e moldam constantemente a estrutura cognitiva do aprendiz. Perceber que estimular corretamente estes padrões com a apresentação de material potencialmente significativo associados a recursos que potencializem essas conexões e acomodações torna o processo de aprendizagem mais eficiente do que o o processo de aprendizagem tradicional, por memorização. O entendimento destes processos serão apresentados nesta seção.

A aprendizagem por recepção significativa está associada a um mecanismo de aprendizagem e a apresentação de material potencialmente significativo (AUSUBEL, 2000). Estes dois elementos estão intrinsecamente relacionados considerando que o material apresentado deve se relacionar com estruturas cognitivas preexistentes. Estas estruturas cognitivas devem ter ideias ancoradas relevantes que possam se conectar com o material apresentado. A forma como esta conexão ocorre pode dar origem à construção de um significado ou conceito inteiramente novo ou podem associar-se de modo a fornecer uma releitura de algo já conhecido atribuindo informações complementares a um conceito já estabelecido. Assim, uma condição essencial, é que o material potencialmente significativo deve fazer algum sentido para o sujeito no sentido de possuir algum significado lógico a fim de que possa ser relacionado com as estruturas cognitivas.

Dessa forma, cada material assimilado é conceituado e tem significado único para cada aprendiz. Desde seus primeiros contatos com os primeiros territórios de aprendizagem, a família, cada indivíduo é estimulado de maneira única através das diferentes formas com as quais a família permite a experimentação com o meio que cerca a criança. Estes estímulos montarão as primeiras estruturas cognitivas e os primeiros processos de significação começam a ser moldados de modo singular em cada indivíduo. Assim os novos significados adquiridos, com base nessas estruturas, também são necessariamente únicos. Assim sendo essa maneira única como cada um atribui sua significação aos objetos e fenômenos deve nortear o mediador do processo de aprendizagem no sentido de possibilitar uma independência, ainda que parcial, nos processos de investigação e condução da experimentação que levará à retenção significativa. Nota-se, portanto, que a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de algo significativo e sim como o indivíduo realiza a atribuição de significado, sentido, ao material apresentado podendo esta significação ocorrer através de mecanismos mais simples como acontece na aprendizagem representacional.

A aprendizagem representacional pode ser entendida como um processo inicial de significação. Esta aprendizagem opera em níveis de associações próximos a alguns mecanismos de memorização pois neste processo o aprendiz atribui um significado a um material por estabelecer uma relação direta deste material com um significado. Esta relação em um primeiro momento aproxima-se de uma relação identitária, na qual o significado atribuído a um material confunde-se com o próprio material. Esta conexão atua no sentido de que tudo tem um nome e que este nome significa o próprio material (AUSUBEL, 2000). Assim entende-se que este tipo de aprendizagem caracteriza-se como um processo inicial de significação que geralmente ocorrem nos primeiros anos de vida e, num segundo momento, podem desencadear processos iniciais de generalização o que implica que estas significações servirão de âncora para as significações futuras e isto caracteriza este tipo de aprendizagem como significativa uma vez que estas relações e equivalências relacionam, de modo não arbitrário, o material a um significado a ele. Desenha-se aqui uma estrutura hierárquica importante que caracteriza-se na constituição de um processo mais elementar de aprendizagem, a aprendizagem representacional, e um processo mais complexo estruturado na aprendizagem representacional.

Estas duas etapas consolidam-se num processo elaborado de retenção significativa na qual a ocorrência destes dois métodos de aprendizagem, a formação conceitual e a assimilação conceitual consolidam o processo de retenção significativa. A formação conceitual que ocorre predominantemente nas crianças jovens constitui-se como um processo de aprendizagem elementar e ocupa o primeiro nível em uma hierarquia enquanto a assimilação conceitual, o segundo nível, será uma etapa de abstração e generalização pautada no nível anterior. Dessa forma os dois métodos de aprendizagem são necessários para que existam uma retenção significativa desde crianças jovens até a idade adulta.

No primeiro nível, a formação conceitual, a aprendizagem ocorre por experimentação direta, onde o aprendiz desenvolve as primeiras estruturas cognitivas em fases sucessivas nas quais ele aborda o material potencialmente significativo e, com base na sua experiência sensorial, formula hipóteses, realiza novos testes nos quais tenta validar suas hipóteses e finalmente consolida um conceito e desenvolve suas primeiras generalizações. Esta etapa servirá de base para os processos mais sofisticados uma vez que neste nível consolidar-se-ão os conceitos mais elementares que formarão as primeiras estruturas cognitivas do aprendiz, as quais poderão ser relacionadas com novos materiais potencialmente significativos, servindo de pré-requisito para a assimilação conceitual.

No segundo nível, ocorre como processo de retenção significativa a assimilação conceitual. Neste momento, é necessário que exista um vasto leque de conceitos que servirão como requisitos para que o aprendiz realize conexões e articulações entre estes conceitos e o material potencialmente significativo. O aumento da quantidade e complexidades dos conceitos desenvolvidos e a forma como as conexões são realizadas com os conceitos de referência faz com que, nesta etapa, ocorram atribuições de sentidos específicos dos objetos ou fenômenos. A capacidade de estabelecer relações entre diferentes referências anteriores permite também que nesta etapa seja desenvolvida a capacidade de abstração de modo mais amplo. Desta forma a etapa de assimilação conceitual caracteriza-se como uma etapa de abstração e de atribuição de sentidos específicos a um dado conceito.

Os conceitos, portanto, constituem um aspecto importante da teoria da assimila-

ção (AUSUBEL, 2000). A assimilação ocorre a partir da conexão e relação entre conceitos subordinantes, aqueles conceitos desenvolvidos inicialmente, e conceitos subordinados. Estes últimos utilizam os conceitos anteriores como âncoras. Assim a percepção destes tipos de conceitos e o entendimento de como cada conceito é utilizado na retenção significativa está bem definido. Neste cenário uma questão essencial é entender a forma como se constrói cada conceito. Identificar este mecanismo permitirá ao mediador do processo de aprendizagem conduzir o aprendiz de maneira mais eficiente, principalmente nos primeiros anos da vida escolar.

A construção dos conceitos subordinantes ocorrem, nos primeiros momentos de vida, em termos das experiências sensoriais. A percepção da realidade que cerca a criança, em seus primeiros momentos de vida se dá através dos seus sentidos físicos como audição, tato entre outros. Estes sentidos, a partir do nascimento começam a munir a criança de informações, ou materiais potencialmente significativos. A assimilação, significação e categorização das experiências sensoriais constituem as construções dos primeiros conceitos (subordinantes) e a cada nova experiência sensorial novos conceitos serão construídos ou as informações são relacionados com os conceitos anteriormente construídos. No caso em que estas relações dão origem a conceitos mais elaborados as primeiras generalizações surgem dando origem aos primeiros conceitos subordinados. À medida que os sentidos físicos se aprimoram maior se torna a percepção do ambiente que cerca a criança e novas significações se relacionam de modo não arbitrário com conceitos anteriores, resignificando ou aprimorando os conceitos já assimilados. Este entendimento da construção de conceitos pela percepção do território que se está inserido através da experiência sensorial é um elemento potencializador da retenção significativa. Assim dois mecanismos de mediação de aprendizado significativo se constituem, a saber: a) Um território que permita novas percepções, ou contato com novos materiais potencialmente significativos, sejam elas sensoriais ou não; b) Um aumento da percepção do território que se está inserido através da aquisição de informações através de um percepção sensorial estimulada ou aumentada através de equipamentos ou dispositivos que sejam capazes de ampliar a percepção humana ou que seja capazes de perceber informações de modo que os humanos não conseguem. É importante notar que estes mecanismos podem ser explorados de modo independente um do outro ou até mesmo em conjunto, com o uso das TDICs em conjunto em diferentes espaços de aprendizagem ou até mesmo em ambientes virtuais de aprendizagem,



como no caso dos cursos ofertados desde os modelos *e-learning*, passando por modelos como *u-learning* ou até mesmo modelos híbridos, como será apresentado na seção que segue.

### 1.3 Ensino blended

Os processos de desterritorialização e reterritorialização constituem a formação de diversos ambientes propícios ao aprendizado. Neste cenário os processos de mobilidade física permitem ao aprendiz ter contato com materiais potencialmente significativos em espaços físicos distintos, podendo ser estes espaços caracterizados como espaços formais de aprendizagem ou não. Nos espaços formais de aprendizagem esta mobilidade se dá pela presença em locais como salas de aula, bibliotecas ou até mesmo laboratórios didáticos. Ali, o conhecimento e estratégias de aprendizagem são estruturados segundo uma organização curricular específica. Os processos de mobilidade digital permitem a inserção do indivíduo numa realidade diferente da tradicional. Realidade na qual, ainda que os espaços de aprendizagem sejam direcionados para um fim específico, as TDICs reestruturam a percepção de espaços e tempos de aprendizagem potencializando a significação dos fenômenos e construção dos conceitos associados a estes fenômenos. Assim caracterizam-se dois territórios de aprendizagem, a saber: Os espaços físicos e os ambientes virtuais que podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto de modo a constituir um modelo mais eficiente de retenção de conhecimento e construção de conceitos.

Independentemente do território de aprendizagem, a retenção significativa do conhecimento significa que o aprendiz deve ser capaz de relacionar a nova informação com conhecimentos prévios e saber aplicá-las na resolução de problemas e em situações concretas (VALENTE, 2014). Dessa forma tanto os espaços físicos como os ambientes quanto os ambientes digitais e/ou virtuais podem ser utilizados concomitantemente de modo a garantir uma melhor significação ao material potencialmente significativo. Neste sentido ferramentas e estratégias como a sala de aula invertida ou a aprendizagem baseada em problemas (*Problem Based Learning - PBL*) podem ajudar o aprendiz nesse processo. Assim, entender as diferentes modalidades de aprendizado como o *e-learning*, *m-learning* ou o *u-learning* bem como as suas aplicações no ensino

presencial ou à distância permitem a construção de estratégias mais eficientes de mediação do aprendizado.

### 1.3.1 e-learning

A difusão do termo *e-learning* e seu conceito está amplamente ligado a Ensino a distância e suas tecnologias. O ensino à distância até a década de 80 restringia-se ao envio de materiais impressos ao aprendiz (VALENTE, 2014). Nesta época o estudo e aprendizado acontecia sem a mediação de um professor, tutor ou qualquer outra pessoa que pudesse orientar ou ajudar o aprendiz neste processo. O estudante determinava o uso do material de acordo com sua disponibilidade de tempo e a disponibilidade de um espaço que julgasse apropriado. Com o surgimento das tecnologias digitais, novas ferramentas surgiram para dar um melhor suporte a este processo.

O surgimento das tecnologias digitais permitiu um suporte mais dinâmico tanto no ensino à distância quanto no ensino presencial. No tocante do ensino a distância, essas tecnologias permitiram, inicialmente, a digitalização do conteúdo enviado ao aprendiz o que permitiu um uso mais simples e eficiente do material de aprendizagem. No ensino presencial estas tecnologias surgiram, inicialmente como uma ferramenta de apoio ao ensino presencial, como o caso usual do uso de projetores para as apresentações eletrônicas (GOMES, 2005). O uso destas ferramentas complementavam e dinamizavam os processos de ensino e aprendizagem com a apresentação de figuras, animações além de vídeos. Assim o domínio de uso desta ferramenta viabilizaria a construção de um conteúdo com uma abordagem mais concreta. Outro aspecto contemplado por essas tecnologias foi que, com a capacidade de compactação física das informações, muito conteúdo poderia ser inserido em um pequeno espaço como um disco. Imediatamente o uso destas tecnologias foi associado como inovação pelas instituições de ensino e com o surgimento da *web* iniciou-se rapidamente um movimento para virtualização do conteúdo neste novo território.

Com o advento da *web* e sua associação com outras tecnologias alterou-se a forma de fazer ensino a distância. O primeiro movimento nesse sentido foi a digitalização de conteúdos e, num segundo momento, a expansão das condições de acesso à internet e dos serviços de comunicação acabou por realizar uma expansão muito

rápida do ensino à distância (GOMES, 2005). A utilização das primeiras tecnologias digitais permitiram um movimento inicial no sentido da oferta de conteúdo em meios que não os meios impressos. O desenvolvimento de ferramentas na internet viabilizou desde a formação de territórios digitais virtuais, onde surgiram desde ambientes de postagem de conteúdos, passando por ambientes de discussão coletivas, os *chats* até mesmo ambiente de simulação de atividades experimentais. Assim, um novo termo, o *e-learning*, começou a surgir para caracterizar as atividades de educação à distância, que assumiam novas características frente ao modelo utilizado até a década de 1980.

A rápida propagação e utilização das TDICs como mediadoras nos processos de ensino deu origem a muitas interpretações para o termo *e-learning*, sendo importante uma análise mais criteriosa para o termo. Uma significação adequada e concisa deste novo conceito tem uma relação direta com os mecanismos e estratégias para sua utilização e podem ter repercussões nos processos de aprendizagem. É usual que o elemento de tecnologia, o eletrônico, seja associado ao significado ao "e" do termo cunhado ou em algumas abordagens o elemento "*learning*" ganha destaque na significação do termo (GOMES, 2005). Contudo essa abordagem simplória restringe tanto conceitualmente quanto em questões práticas o uso do termo podendo inclusive acarretar em uma significação e um uso inadequado tanto do termo quanto as tecnologias a ele associadas.

Apesar de estar intrinsecamente ligado às TDICs o termo *e-learning* não deve ser associado somente ao uso destas tecnologias ligados aos processos de aprendizagem e o termo deve ter um significado mais amplo. É importante perceber que a introdução de uma nova terminologia deve estar associada a uma nova realidade (GOMES, 2005). Em um primeiro momento as tecnologias digitais já estavam em utilização não só no ensino à distância com o envio de arquivos em formatos digitais mas também em uso no ensino presencial como ferramenta de suporte ao trabalho docente. Nessa perspectiva, o *e-learning* deve estar associado à internet e às potencialidades de distribuição de conteúdo, facilidade de acesso à informação, potencialidade dos serviços de comunicação e colaboração virtual entre pessoas. Naturalmente o termo nasce de uma aplicação restrita e com a variedade de aplicações possíveis começa a ganhar um significado mais amplo sendo que, em diferentes locais podem assumir um significado global mas também assumir uma significação mais restrita, como no caso do Brasil.

O conceito de *e-learning* disseminado no Brasil pode causar equívocos e subutilização das potencialidades associadas ao termo. No Brasil, educação à distância e *e-learning* tem significação semelhante, diferindo apenas que o *e-learning* está associado como educação a distância mediada pelas TDICs (VALENTE, 2014). No atual cenário e no contexto dado acima praticamente não existe mais distinção entre EaD e *e-learning* já que a utilização do modelo de educação à distância utilizado na década de 1980 está cada vez mais raro. Dessa maneira, o termo tem sido utilizado como caracterização de um conteúdo digital disponibilizado em um ambiente virtual muitas vezes sendo ainda associados aos cursos realizados totalmente à distância como os Cursos Online Abertos e Massivos (*Massive Open Online Courses - MOOCs*). O entendimento inadequado do termo por parte dos mediadores do processo de aprendizagem pode gerar confusão na elaboração das estratégias a serem aplicadas que, se feitas corretamente, poderiam acarretar melhores condições de aprendizagem, inclusive no ensino presencial.

Com a larga expansão e melhoramento das TDICs bem como suas aplicações o conceito de *e-learning* expandiu-se generalizou-se. Contudo aplicações e modelos de ensino mais específicos surgem nesse contexto dando origem a termos de uso mais restritos que requerem a elaboração de estratégias específicas. Dessa forma o *e-learning* deu origem a termos como *u-learning* e *m-learning* que constituem o uso de ferramentas e métodos específicos para tal.

### 1.3.2 u-learning

O uso das TDICs modificou a forma de fazer *e-learning* atuando como um novo mecanismo de interação. O surgimento das TDICs e sua expansão com o avanço da internet e das tecnologias de comunicação móveis viabilizou a comunicação instantânea entre pessoas e sua aplicação junto ao ensino eletrônico permitiu um novo patamar de interação entre os usuários das plataformas de aprendizagem. Nos primeiros modelos de ensino à distância cada estudante era responsável por sua instrução e não haviam mecanismos que permitissem a comunicação com professores, tutores ou colegas de curso. A criação das plataformas virtuais de aprendizagem e as ferramentas associadas a elas como os *chats* e foruns potencializou a comunicação entre os estudantes e

professores e também entre os próprios cursistas que, no modelo anterior praticamente não haviam como se comunicar. Nesse contexto, o avanço não só das TDICs mas também dos dispositivos eletrônicos, como sensores e atuadores, e a possibilidade destes dispositivos se comunicarem, colaborativamente, não só com os equipamentos dedicados, mas também com computadores e seus usuários lançam a perspectiva um uma maior interação com o ambiente.

Essa perspectiva de uma interação diferenciada com o ambiente lança a possibilidade de construção de um ambiente passível de uma abordagem de educação imersiva. Novas formas de tecnologias com dispositivos contendo cada vez mais sensores têm fornecido novas direções para o aprendizado com tecnologia assistida (LIU, 2010). Estes dispositivos permitem que usuários interajam entre si e com o ambiente no seu entorno seja através de redes sem fio ou por conexão direta entre aparelho e usuário. Essas tecnologias podem ser utilizados de modo a dar origem a um ambiente construído no intuito de que o aprendiz esteja em um processo de imersão e aprendizado constante neste ambiente. Este ambiente é construído de modo a interagir com o usuário de uma maneira que o aprendiz seja conduzido a percorrer o ambiente tomando contato com materiais potencialmente significativos. As respostas que o aprendiz dá em reação aos estímulos provocados podem mudar a forma como o indivíduo é conduzido nesse ambiente. Nesse sistema o aprendiz move-se na área de aprendizagem munido de um smartphone ou algum outro dispositivos que tenha conexão com um sistema gerenciador de informações. Desta forma o sistema percebe a localização do aprendiz e envia os estímulos necessários a ele e coleta as respostas através dos sensores. Esse modelo de aprendizagem imersiva está contextualizado no *e-learning* mas ultrapassa potencialmente a ideia original e coloca a relação de aprendizado e de interação entre usuário e ambiente em um outro patamar. Isso dá origem a um termo da chamado educação ubíqua (*ubiquitous learning: u-learning*).

Dessa forma, o conceito de *u-learning* deve compreender elementos de aprendizagem ligados a tecnologias de comunicação em rede (*e-learning*) em um ambiente imersivo. No sentido de contemplar as características acima define-se *u-learning* como "um modelo de aprendizagem com suporte de computador para a identificação do contexto e situação social do aluno a fim de promover experiências de aprendizagem integradas, inter-operacionais, difusivas e ideais"((TSENG, 2008), tradução nossa). Com

base nesse conceito, podemos citar algumas características que devem estar presentes neste modelo:

- Mobilidade: o aprendiz deve ter a mobilidade de locomoção no ambiente de aprendizagem;
- Consistência de localização: O sistema de suporte deve ser capaz de localizar o aprendiz no ambiente;
- Interoperabilidade: Os diversos recursos de estímulos de aprendizagem como servidores e sensores e smartphones devem ser capazes de operar e comunicar-se entre si de modo a responder convenientemente às respostas dos estímulos ao aprendiz;
- adaptabilidade: Os materiais e ferramentas de aprendizagem devem ser ajustáveis para fornecer condições de acesso aos aprendizes

Dessa maneira, o modelo de *u-learning* mostra-se de difícil aplicação dadas as necessidades de suporte tecnológico para a construção de um determinado ambiente. As construções destes ambientes podem ser pensadas e executadas por cooperações entre instituições e corporações até mesmo através de protocolos de comunicação sem fio em ambientes virtuais o que contemplaria um modelo de aprendizagem colaborativo do ponto de vista institucional. Assim, com base na ideia central da construção do conceito deste novo modelo, pode-se pensar em uma generalização do conceito de *u-learning* de modo a contemplar não só ambientes físicos, que representam o mundo real bem como as situações e interações virtuais numa construção colaborativa de ambientes.

Uma generalização da ideia de *u-learning* viabiliza a utilização de uma estrutura imersiva. Pensando no modelo proposto como ambiente de aprendizado imersivo é razoável que se projete a construção de um ambiente virtual onde é possível a interação e imersão respeitando as características citadas do modelo removendo a necessidade de uma construção física do ambiente. Dessa forma o conceito seria mais global. Assim um ambiente *u-learning* seria qualquer configuração na qual aprendizes poderiam se tornar totalmente imersos em um ambiente de aprendizagem (BEOM, 2011). Considerando essa perspectiva e de posse de modernas tecnologias como a construção de

cenários de realidade virtual, onde se utilizam recursos gráficos 3D ou imagens 360° no intuito de realizar a imersão do aprendiz em um ambiente de realidade virtual. O sistema de suporte por computador, por meio dos sensores do dispositivo móvel, seria capaz de identificar a posição do aprendiz no ambiente virtual e disparar os estímulos necessários ao processo de aprendizagem. Da mesma forma o servidor seria capaz de prover atividades de aprendizagem adaptadas e adequadas ao aprendizado do usuário neste ambiente virtual, com base na sua própria interação com o ambiente (HWANG, 2007). Assim, uma generalização do conceito de *u-learning* fornece um mecanismo viável para aplicação desse modelo.

O avanço das TDICs viabilizou a formação de novos modelos de ensino e de aprendizagem. Estes modelos baseiam-se no uso de tecnologias para permitir a digitalização do ensino bem como a sua virtualização com a utilização de ambientes virtuais e digitais de aprendizagem. Esta crescente na capacidade tecnológica permite não só aumentar a capacidade de interação entre os usuários do ambiente de aprendizagem mas também mudar como o aprendiz percebe o ambiente ao seu redor. O uso de sensores, e sua conexão com dispositivos móveis do aprendiz, mudou a forma como o indivíduo percebe o meio ambiente e viabilizou a concepção de ambientes imersivos de aprendizagem, nos quais a interação do aprendiz com o ambiente determina a forma como o aprendizado será construído. Entretanto a construção de um ambiente com estas características mostra-se de difícil aplicação e constitui uma situação ideal que busca preparar o aprendizado para ser aplicado ao mundo real. Vale ressaltar que nestes ambientes a interação é totalmente controlada e conduzidas pelas TDICs e isto limita as representações reais de aprendizado, uma vez que, por mais preparados que sejam estes ambientes existe uma limitação na representação do mundo real e de suas interações. Neste cenário, faz-se importante a busca de um modelo que represente a mobilidade de aprendizado e que traga o aprendiz para situações mais próximas das dificuldades enfrentadas no seu dia a dia.

### 1.3.3 m-learning

A rápida evolução dos equipamentos associados às TDICs viabilizaram uma resignificação do termo *e-learning* com a atribuição de características até então inéditas

tas dando origem a novos modelos de aprendizagem. O desenvolvimento de equipamentos eletrônicos cada vez menores e com maior capacidade de processamento veio suprir uma demanda crescente em nossa sociedade moderna, a mobilidade. Esta demanda por mobilidade no acesso às informações se fez presente também no campo da aprendizagem. As necessidades de aprendizagem e de qualificação tiveram que se adaptar a este novo estilo e vida, mais dinâmico. Nesse sentido, a aprendizagem móvel (*Mobile Learning – m-learning*) veio suprir as demandas de mobilidade nos processos de aprendizagem (RUSHBY, 2005). Este modelo foi inicialmente associado às práticas de *e-learning* em dispositivos móveis como notebooks ou tablets. Entretanto o conceito de *m-learning* deve ser associado não somente com a idéia de aprendizado em qualquer lugar ou qualquer momento e sim como algo que possa potencializar o aprendizado do indivíduo. Esta otimização da aprendizagem deve ser entendida a partir do ponto de vista que os dispositivos móveis sejam ferramentas ativas de aprendizado e não simplesmente como plataformas de conteúdo. Essa concepção de ferramenta ativa de aprendizado sugere a imersão em um ambiente de aprendizagem como no modelo *u-learning*.

A utilização do modelo de *u-learning* envolve algumas dificuldades de recursos e de construção de um ambiente acessível. As características do modelo *u-learning* foram exploradas na seção 1.3.2 cabendo, neste ponto, uma discussão das restrições associadas ao *u-learning* de tal forma que seja possível a construção de um modelo mais eficiente de aprendizagem. O modelo de *u-learning* apresenta restrições como facilitação de entrega de conteúdo para usuários com diferentes necessidades, falhas de comunicação professor-aluno, dificuldade de aderência ao modelo de ensino e mecanismos de interação limitados (QUINTA; LUCENA, 2010). Além dos requisitos do suporte tecnológico associadas ao modelo como capacidade de processamento dos dispositivos, capacidade de armazenamento (QUINTA; LUCENA, 2010). Na perspectiva de ofertar uma proposta de aprendizagem mais conectada com as demandas e possibilidades atuais uma análise das características do modelo que possam ser utilizadas nessa proposta deve ser discutida.

O *m-learning* deve contemplar mais do que o simples uso da tecnologias para ofertar conteúdo em dispositivos móveis. O grande leque de possíveis utilizações dos dispositivos móveis deve contemplar o envio de informações mas também combinar



a tradicional funcionalidade de um organizador pessoal com a capacidade de tratamento de dados, produção e armazenamento de fotos e vídeos combinado com a conectividade sem fio (RUSHBY, 2005). O *m-learning* deve utilizar de modo eficiente a capacidade de processamento e de captura de informações dos dispositivos móveis e associá-los ao uso de conectividade. Podemos exemplificar com a utilização de recursos como câmera fotográfica ou sensores do tipo acelerômetro que estão embarcados em praticamente todos os smartphones. As informações que são obtidas através destes recursos podem ser analisadas localmente pelo aparelho ou podem ser comparadas com uma imagem de referência em um banco de dados em um servidor. Esta capacidade e flexibilidade de uso da tecnologia pode superar as dificuldades associadas ao modelo do u-learning. Assim, uma aprendizagem baseada em *m-learning* deve contemplar algumas características, como as que seguem (LIU, 2010):

- Aprendizado holístico, com utilização dos equipamentos sem raio de alcance e em um ambiente autêntico: A utilização não deve ser realizada apenas em um ambiente previamente construído, com interações predeterminadas e controladas.
- Dispositivos móveis com comunicação sem fio: Os dispositivos devem permitir a mobilidade do aprendiz sendo necessária a comunicação sem fio, que pode ser utilizada para envio ou recebimento de informações, tanto pelo ambiente local como pela web.
- Aprendizado com conhecimento declarativo: Aprendizado ativo com base em observações e classificação e interação com o material potencialmente significativo.
- Avaliações quantitativas, com autoavaliação, avaliação por pares, professores ou automáticas pela plataforma de aprendizagem.
- O ambiente de aprendizagem deve ser o mundo real ou ambientes de aprendizagem virtuais.

Estas características podem ser exploradas em diferentes contextos de ensino como ensino presencial, Ensino a distância ou em um modelo híbrido que associa estratégias de ensino e atividades que contemplem tanto atividades presenciais, em sala de aula,

quanto atividades à distância, caracterizando o que costuma ser chamado de ensino *blended*.

O ensino a distância ofertado por parte das instituições e ensino no Brasil não oferece uma proximidade com o modelo de *m-learning*. Considerando que o sistema público de ensino superior concentra a sua oferta essencialmente pela Universidade Aberta do Brasil (UAB) e que essa oferta ocorre num modelo muito próximo ao modelo do virtual enriquecido, onde "... a ênfase está nas disciplinas que o aluno realiza on-line, sendo que ele pode realizar algumas atividades presencialmente..."(VALENTE, 2014). A proximidade com o modelo de *m-learning* deveria ocorrer com o planejamento de atividades que pudessem ser realizadas com o suporte de tablets ou smartphones em ambientes reais através dos recursos de captação de dados através de plataformas que esses dispositivos podem acessar. Esta realização de atividade poderia ter uma orientação prévia ou poderia se constituir em uma atividade de experimentação livre. Alternativas de aprendizado ativo como este tipo de experimentação poderiam ser realizadas também no ensino presencial.

A utilização de ferramentas *m-learning* pode viabilizar uma retenção significativa mais eficiente de conteúdos. Ferramentas de *m-learning* como suporte ao estudante oferece um aumento da percepção do território que se está inserido. Isto se dá através da aquisição de informações através de uma percepção sensorial estimulada ou aumentada através de equipamentos ou dispositivos que sejam capazes de ampliar a percepção humana ou que seja capazes de perceber informações de modo que os humanos não conseguem, como os tablets ou smartphones. Podemos citar o simples exemplo de percepção de radiação infra vermelho apenas apontando a câmera do smartphone para um controle remoto e ao acionar qualquer comando do controle remoto é possível ver a emissão de luz a partir do aplicativo de câmera dos smartphones. Assim, uma correta estimulação do uso dessas ferramentas tanto no ensino presencial como no ensino à distância pode potencializar a retenção significativa de conceitos sobre objetos e/ou fenômenos.

## Capítulo 2

# Aprendizagem significativa e as atuais tecnologias da educação

As ferramentas e tecnologias associadas ao *m-learning* se utilizadas de modo estratégico podem potencializar uma retenção significativa de aprendizado. O modelo de ensino *m-learning* dispõe de um vasto leque de possibilidades de interação e o contato com material potencialmente significativo pode ocorrer através das redes de comunicação e informação, nas quais o aprendiz tem acesso a conteúdos diversificados desde ambientes sociais virtuais nos quais ocorrem debates sobre temas variados até o acesso a mecanismos de sensoriamento remotos que permitem classificar fenômenos ou caracterizar objetos. Neste contexto um planejamento estratégico de atividades ou abordagens sobre um assunto, objeto ou fenômeno em específico levam a uma significação eficiente do tema abordado. Assim é indispensável uma abordagem dando ênfase à interseção de potencialidades entre o modelo de aprendizagem significativa com o *m-learning* e algumas ferramentas da educação 4.0.

### 2.1 Aprendizagem significativa e *m-learning*

A organização e hierarquização dos conceitos construídos no processo de retenção significativa é um requisito indispensável para as novas significações ou generalizações de conceitos já existentes. Como a aprendizagem significativa é o processo pelo qual um conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária com a estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2000) pressupõe-se que exista uma organização, ou agrupamento dos conceitos já retidos em alguma estrutura específica de tal forma que,

ao tomar contato com materiais potencialmente significativos o aprendiz possa acessar estas estruturas e estabelecer a relação com os conceitos anteriores. A construção de um conceito é uma condição necessária mas não é suficiente para que conceitos mais complexos, nos quais ocorram relações entre dois ou mais conceitos, tenham uma construção eficiente. Assim é necessário definir estruturas que organizam e acessam estes conceitos além de entender a forma como cada aprendiz organiza estes conceitos nestas estruturas.

Os conceitos em estruturas cognitivas nas quais o aprendiz possa classificá-los e agrupá-los de modo a os acessar adequadamente em caso de contato com material potencialmente significativo é um requisito cognitivo que deve ser estimulado. Esta estrutura, que recebe o nome de subsunçor, é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro e na qual existe uma hierarquia conceitual que armazena não só conceitos mas também experiências prévias do sujeito (SCHIRLO, 2010). Esta estruturação permite uma organização e classificação de conteúdos relacionados para conexões e generalizações futuras a exemplo da conexão entre conceitos primitivos e derivados como a relação que pode ser estabelecida entre a ideia de espaço, o conceito de posição e como ele se relaciona com conceitos derivados como movimento e deslocamento. A investigação e entendimento de como o aprendiz estabeleceu estas relações em sua estrutura cognitiva bem como a capacidade de identificar, manipular e reagrupar essas estruturas constituem um elemento importante na condução de um processo de retenção significativa do conhecimento. A aprendizagem então se constitui como uma organização e integração do material aos conceitos por meio desta estrutura hierárquica, na qual as informações devem seguir um fluxo para uma retenção significativa.

Determinar o fluxo de organização dos conceitos na estrutura cognitiva fornece instrumentos para um planejamento eficiente das atividades de ensino. A integração do material de aprendizagem na estrutura cognitiva é dividida em três etapas, a etapa de uso de organizadores prévios, a apresentação de material potencialmente significativo e, por último o estabelecimento de relações entre os conhecimentos novos e os conceitos subordinantes (SCHIRLO, 2010). Os organizadores prévios são materiais que são capazes de facilitar a integração da nova ideia com os conceitos subordinantes. Não trata-se do que efetivamente será apresentado e sim materiais que possam ser utili-

zados como ativadores de subsunçores, materiais que sejam gatilhos para relacionar o conteúdo que será apresentado com as estruturas cognitivas existentes. Os organizadores prévios podem também ser utilizados para reestruturar os subsunçores do aprendiz que não estão estruturados de modo satisfatório para o estabelecimento das conexões com as estruturas cognitivas. Na segunda etapa, que constitui a apresentação de material potencialmente significativo, deve ser realizada a apresentação de material de modo que o estudante seja estimulado a relacionar este novo material com os conceitos preexistentes. Aqui o aprendiz deve tentar incluir este conceito em algum dos subsunçores preexistentes. Na terceira e última etapa os saberes retidos serão relacionados com conceitos mais complexos e uma ressignificação do material acontecendo significado ao estudo destes novos conceitos. Neste contexto as ferramentas e tecnologias associadas ao modelo de *m-learning* potencializam a oferta de material potencialmente significativo bem como potencializam a reorganização das estruturas cognitivas.

A rápida evolução dos smartphones e dispositivos móveis viabilizou a oferta de aprendizagem pelo *m-learning*. O rápido desenvolvimento da capacidade de processamento e armazenamento dos dispositivos móveis aliado à capacidade de produzi-los de modo cada vez mais compactos viabilizou a entrega de cada vez mais conteúdos nestes dispositivos. Esta possibilidade de oferta dinâmica de conteúdo tem sido utilizada por universidades em diversos locais no planeta com perspectivas distintas e ênfase igualmente distintas a exemplo de instituições que utilizam modelos que envolvem uso de *tablets* e tecnologias sem fio para assessorar estudantes nos processos de avaliação ou ainda o uso da tecnologia para o ensino e aprendizagem a partir do uso das redes sociais ou ainda para promover a integração entre dispositivos móveis e bibliotecas digitais (AL-EMRAN et al., 2016). Entretanto a utilização destas tecnologias tem sido pouco exploradas no ensino e aprendizagem de ciências.

A utilização dos dispositivos móveis para o ensino de ciências deve possibilitar uma nova forma de interagir com o ambiente. O ensino de ciências perpassa por um modelo no qual a experimentação tem um papel central no processo e isso deve ser contemplado e potencializado com o uso das TDICs nessa dinâmica. Nesta perspectiva, o ensino de ciências deve ter seu desenvolvimento alterado de forma substancial uma vez que estas tecnologias permitem mais que o fornecimento de conteúdos dis-

poníveis numa perspectiva *mobile* assim a experimentação deve ser colocada de uma forma que não contemple somente a perspectiva de mobilidade mas também o uso de mais recursos embarcados dos *tablets* e similares. A utilização desta novas ferramentas como magnetômetros, luxímetros, microfones e câmeras no ensino de ciências deve colocar a experimentação em um patamar no qual não só a mobilidade tenha ênfase mas também a acessibilidade tenha destaque, possibilitando a livre capacidade de utilização dos instrumentos neste processo (RUSHBY, 2005). As atividades de experimentação podem ocorrer não somente nos ambientes controlados para tal como já ocorre nos laboratórios didáticos mas também em situações do cotidiano. As redes sociais e ambientes de aprendizagem podem ser integralizados ao processo de ensino e aprendizagem viabilizando a troca de informações. A criação de um amplo espaço de discussões de fenômenos e resultados das experimentações e fóruns de discussões poderão ser integralizados ao processo. Esta perspectiva altera completamente a dinâmica dos processos de ensino aprendizagem de modo a atribuir uma novo significado aos processos de ensino e aprendizagem que estão contemplados por estas mediações.

## 2.2 Tecnologias da Educação

A dinâmica dos processos de aprendizagem foram alteradas substancialmente com a evolução das TDICs. O rápido desenvolvimento das tecnologias digitais alterou de modo singular a forma de conduzir o processo de ensino e aprendizagem fazendo com que a educação passasse de um cenário no qual o processo de aprendizagem consiste num modelo no qual os estudantes recebem as informações do professor tomando notas e demonstram o conhecimento absorvido através de provas aplicadas para um cenário no qual a produção é incentivada a partir do aprendizado na prática (MUROFUSHI; BARRETO, 2019). A evolução das tecnologias e da percepção da necessidade de um aprendizado no qual o conteúdo que tenha significado para o aprendiz, com características mais práticas, fez com que novas tendências de práticas educativas surgissem. O elemento central deste processo foi a evolução da comunicação em rede, com o surgimento e desenvolvimento da web. A evolução da web desde a web 1.0 passando pela web 2.0, 3.0 até a 4.0 pode ser utilizado como metáfora e gatilho para ancorar a discussão sobre a evolução dos processos de ensino e aprendizagem (GERS-

TEIN, 2014). Os estágios de desenvolvimento da educação seguem uma nomenclatura que acompanham o da web, com os modelos de educação 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0.

O modelo de educação 1.0 ocorre quando o ensino é baseado na instrução. Nesse modelo de educação os professores são instrutores e os aprendizes são tratados como receptáculos do conhecimento, sem características próprias (GERSTEIN, 2014). Esse é um modelo de educação padronizada no qual os estudantes são caracterizados como sem distinção uns dos outros. Aqui os estudantes dependem do professor fornecer a eles todo o tipo de conhecimento e conteúdo. Percebe-se então, que existe um fluxo único de disseminação do conhecimento. Na educação 1.0 os estudantes se dirigem-se à escola para receber o conhecimento de em um modelo de mão única do fluxo de informações. De modo semelhante isso ocorre na web 1.0 onde o usuário acessava a rede mundial e o conteúdo era disseminado pelos sites de modo semelhante ao que o professor transmitia as informações aos estudantes e o usuário da web era visto como um receptáculo de informações. Nestes modelos os aprendizes/usuários são vistos como sendo os mesmos, sem características próprias e sem perspectivas de interação e construção de conhecimentos com aplicações práticas.

A educação 2.0 estimula uma maior comunicação, interatividade e criatividade entre os estudantes e professores. A educação 2.0, a reboque da web 2.0 tem seu foco voltado em comunicação, contribuição e colaboração. Ela inclui mais interação entre professores e estudantes e entre os próprios estudantes (GERSTEIN, 2014). A educação 2.0 se inicia quando o uso das ferramentas disponíveis na web 2.0 como redes sociais, *blogs* e *podcasts* são aplicadas no contexto de ensino. Estas ferramentas permitem que os estudantes não só acessem o conteúdo mas também interajam com o conteúdo de maneira indireta uma vez que estas novas tecnologias permitem que comentários sejam adicionados em determinada página da internet, permitem que este conteúdo seja disseminado entre os colegas através de marcações em redes sociais. Estas relações fazem parte do processo de aprendizagem uma vez que o compartilhamento e interação potencializa a discussão não só entre os pares mas também entre professores e estudantes. Esta comunicação permite que os conteúdos sejam mais discutidos e viabiliza uma melhor atribuição de significados àquele conteúdo embora mudanças estruturais não ocorram neste momento uma vez que as aplicações que são dadas a essas ferramentas, em sua maioria, apenas melhoram a divulgação e propagação de conteúdos

nos termos da educação 1.0. Uma perspectiva construtivista começa a se desenhar com o início de aplicações destas ferramentas para o desenvolvimento de conteúdos com foco em estratégias e ferramentas diferenciadas como a resolução de problemas e o surgimento de rede sociais colaborativas como as *wikis* com foco na discussão e produção de conteúdo.

Nessa perspectiva o professor deixa de ser o centro do processo e o detentor absoluto do conhecimento. No contexto de uma educação criativa e conectada, o conteúdo pode estar difundido em ambientes virtuais diversos (MUROFUSHI; BARRETO, 2019) e o estudante deve ser estimulado a buscá-lo de modo a utilizar este conteúdo de modo global, o que caracteriza uma remodelagem da forma de assimilação de conteúdo. Assim o professor assume uma posição de mediador, orquestrador do processo de aprendizagem, estabelecendo a conexão entre os conteúdos, ferramentas e sua aplicabilidade no intuito de que o aprendiz possa adquirir informações e habilidades (GERSTEIN, 2014). A educação e aprendizagem assumem características de construção de conhecimento através de oportunidades de aplicação prática com dinâmicas como os PBLs e mecanismos como a sala de aula invertida. Uma mudança estrutural surge com a modificação das atribuições e modos de interação entre os professores e os estudantes. Essa nova significação, juntamente com as novas metodologias de aquisição de conteúdo e mecanismos de interações virtuais abrem as portas para um novo patamar de educação e suas tecnologias, a educação 3.0.

A educação 3.0 traz mudanças ainda mais significativas na construção de conceitos e conhecimentos. A educação 3.0 é baseada no entendimento de que a aprendizagem deve ser auto determinada no intuito de que deve se fundamentar no auto interesse para um aprendizado voltado para a solução de problemas, em situações com aplicações práticas considerando inovação e criatividade na condução do processo de ensino e aprendizagem com uma forte característica interativa e de conteúdo e conhecimento em rede (GERSTEIN, 2014). Neste cenário a web 3.0 nos fornece ferramentas e conteúdos de interatividade que tem conexão direta com a personalização baseada em interesses pessoais que permitem experiências mais relevantes ao usuário/aprendiz. Perfis virtuais começam a ser construídos com base nos históricos de navegação do usuário e conteúdos direcionados e específicos começam a ser ofertados de acordo com as preferências de navegação do estudante. Redes sociais mais interativas e pla-



taformas de colaboração como as *wikis* são utilizadas de modo a organizar, discutir e classificar os conteúdos. Essa dinâmica que estabelece uma conexão entre o real e o virtual sugere uma readequação de técnicas de modo a contemplar a virtualização da identidade e dos processos de aprendizagem.

Na educação 3.0 se desenha uma quebra de fronteiras entre professores, estudantes, instituições e disciplinas. Esta característica toma corpo ao entender que a educação 3.0 cria conhecimento baseado no auto aprendizado com ênfase num aprendizado interativo (PUNCREOBUTR, 2016). O modelo de aprendizagem na educação 3.0 perpassa por uma construção do conhecimento pautada em conteúdos ofertados pelos professores, mídias digitais e sociais utilizadas como mecanismos para possibilitar uma aplicação deste conteúdo. Esse uso das tecnologias digitais tem um papel tão forte nesse processo que o compartilhamento de conteúdos e ideias nessa ampla rede digital começa a turvar a distinção entre pessoas, coisas e instituições ao mesmo tempo em que começam a distorcer a percepção de espaços e tempos de aprendizagem. Este ambiente imersivo oferece oportunidades diferenciadas de aprendizagem e as técnicas de ensino utilizadas devem lançar seu foco sobre estas características e estar atentas a uma nova demanda de aprendizagem e de utilização deste conhecimento. Isto projeta um novo ambiente de aprendizagem com fronteiras difusas onde a ênfase começa a se dar num aprendizado por demanda com foco no desenvolvimento de conhecimentos e habilidades que possam ser utilizadas num amplo contexto social e profissional. Estas características e exigências estão presentes na sociedade moderna e moldam um novo patamar de educação, a educação 4.0.

O próximo degrau na escala de aprendizagem, a educação 4.0, deve ser capaz de projetar o indivíduo em um cenário integrado o qual deve contemplar muito mais do que a educação da forma que pensamos e entendemos atualmente. A sociedade moderna exige muito além de conhecimentos técnico-científicos e as instituições de ensino devem estar aptas a preparar os estudantes para a utilização das novas tecnologias de acordo com as novas dinâmicas sociais. Destarte o gerenciamento da aprendizagem deve ajudar o estudante a desenvolver a capacidade de utilização das novas tecnologias de modo a se desenvolver de acordo com as mudanças da sociedade (PUNCREOBUTR, 2016). Por conseguinte o gerenciamento destes processos deve ter o foco no desenvolvimento de habilidades e não somente no conteúdo e técnicas como feito até

os dias de hoje. O aprendiz deve ser capaz de desenvolver um conjunto de conhecimentos e habilidades que possam ser utilizados ao longo de toda a sua vida para ser capaz de viver em sociedade e contribuir para esta sociedade com as melhores habilidades que ele possa desenvolver. Desta forma coloca-se em evidência mais do que a formação de conteúdos e começam-se a destacar-se as características individuais e de formação geral do sujeito.

O gerenciamento do aprendizado deve ser realizado de modo que ele deve dar conta das demandas impostas pela sociedade além de atender o desenvolvimento econômico com foco no capital humano. As alterações das dinâmicas sociais com o avanço das TDICs e a própria forma de interação social demandada pelos novos territórios digitais apontam que a gestão da aprendizagem deve responder a estas alterações (PUNCREOBUTR, 2016). As demandas de produção no atual ambiente econômico demandam uma formação que deve contemplar, para além do conhecimento técnico, habilidades globais que produzam uma juventude criativa e inovadora, capaz de lidar com aspectos de liderança, colaboração, comunicação efetiva, inteligência emocional e trabalho em equipe.

Neste cenário, constrói-se uma realidade na qual os professores não estão preparados para atuar. A demanda de formação sofreu uma alteração estrutural no contexto da educação 4.0 uma vez que as novas gerações encaram o acesso à informação de um modo diferenciado em relação ao passado o que deve encaminhar novos métodos de ensino (DIAS-TRINDADE; CARVALHO, 2019) que utilizem as tecnologias digitais como ponte para que o estudante se aproprie de informações e desenvolva as habilidades exigidas pelo mundo moderno. Assim o uso da tecnologia não deve apenas se restringir às atividades de uma disciplina e sim buscar relações com aplicações práticas que tenham significado para o aprendiz. Desta forma as TDICs devem ser utilizadas de modo que possam ajudar os estudantes na busca de informações e relacionar dados a fim de construir seus próprios conhecimentos e adequar seu uso em situações práticas. Para isto a metodologia de trabalho dos professores deve ser capaz de integrar o currículo tradicional com as demandas que os estudantes projetam para o futuro.

A atual demanda de formação não contempla a atividade docente como uma fonte de informações. Os métodos que privilegiam a transmissão de informações pe-

los professores, faziam sentido quando o acesso à informação era difícil (MORÁN, 2015). As TDICs fazem com que o acesso a informação não seja mais um obstáculo na construção do conhecimento. Logo, o desafio que se impõe na atuação docente é o desenvolvimento de estratégias que estimulem o aprendiz a buscar essas informações de modo a produzir um significado efetivo deste conhecimento. Considerando que, para o estudante, o ensinar e o aprender acontece em uma relação profunda com os meios digitais e suas características o professor deve lançar um olhar atento sobre estas ferramentas tecnológicas. O professor deve fornecer meios, preferencialmente digitais, de acesso a todo o conteúdo que deve ser trabalhado e montar atividades que possam estimular o uso destas informações para que os espaços e momentos de discussão em sala de aula sejam efetivamente produtivos e realizados no sentido de orientar o desenvolvimento das atividades por parte dos estudantes. Esta metodologia apresentada trás características de um método conhecido como sala de aula invertida e é utilizada numa perspectiva de modelo de ensino *blended*, modelo este já discutido anteriormente. Estas novas dinâmicas, bem como essa nova demanda social de aprendizagem mediadas pelas TDICs tendem a fazer parte das diretrizes de ensino determinadas pelas escolas e pelas políticas públicas de ensino.

## 2.3 Marcos legais da educação no Brasil

As políticas públicas de educação devem contemplar as atuais tendências e demandas de formação da sociedade. As demandas de formação do mercado de trabalho e da sociedade contemplam um conjunto de competências e habilidades cada vez mais específicas as quais levam em conta não somente a formação técnica e cartesiana mas também devem abranger as articulações necessárias para o desenvolvimento no campo humano e da inovação nas relações sociais, com ênfase na liderança, capacidade de superar desafios e trabalhos em equipe. Neste contexto, as políticas públicas que determinam as diretrizes para a formação escolar devem indicar também, elementos que vinculem a formação técnica às habilidades de inovação e comportamento coletivo, no cenário de realizar uma formação global para o indivíduo.

As atuais demandas de formação do sujeito são demandas não apenas de caráter local. As TDICs tornam o acesso à informação rápido e global e esta característica

desenvolveu uma demanda de mercado que se concretiza no mundo virtual. Dessa forma a exigência de formação possui elementos que são encontrados não apenas no nosso país mas também ao redor do globo de tal forma que as políticas e diretrizes de ensino devam estar alinhadas tanto com a demanda local quanto com a global e devem ser construídas de tal forma que atendam critérios internacionais de avaliação. Os marcos legais devem ser sedimentados e desenvolvidos de modo a atender as estruturas legais locais em seguindo recomendações internacionais de um mercado globalizado. Portanto iniciaremos uma breve abordagem sobre os marcos legais que regulamentam o ensino no nosso país e consultar as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de modo a buscar esse alinhamento entre os requisitos legais locais, as diretrizes nacionais e seus parâmetros de avaliação de tal sorte que o objeto deste trabalho possa estar em consonância com todas estas diretrizes.

O reconhecimento da educação enquanto política pública deve partir da carta magna do país e a constituição federal a reconhece enquanto direito fundamental ao afirmar que a educação é um direito de todos e dever do Estado e da família, inserindo a colaboração da sociedade para a sua promoção e incentivo, indicando que o processo de educação deve visar o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988). Definidas as devidas responsabilidades é imprescindível uma demarcação de parâmetros que sirvam de ponto de partida para a construção das características de formação do sujeito. Isto se faz presente no artigo 210, no qual se afirma que serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais (BRASIL, 1988). Dessa forma a legislação garante que exista um conteúdo mínimo que deva garantir o pleno desenvolvimento da pessoa. A determinação desse conteúdo mínimo deve ser feito por outro dispositivo legal, como lei complementar.

O respeito aos valores culturais e regionais deve considerar uma articulação entre as diversas redes e sistemas de ensino. Nesse sentido, a carta constitucional já indica que deverão existir conteúdos mínimos para o ensino fundamental que possam assegurar a formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos tanto no âmbito nacional quanto no regional (BRASIL, 1988). Assim dispositivos secundários devem estabelecer as articulações e diretrizes para a determinação dos parâmetros

a serem seguidos na educação, como indicado na lei de diretrizes e bases da educação (LDB). Nela deve haver a articulação e colaboração da União com os estados e municípios no intuito de estabelecer as competências e diretrizes que devem nortear os currículos e conteúdos mínimos de modo a assegurar uma formação básica comum desde a educação infantil até o ensino médio (BRASIL, 2018). Linhas gerais começam a ser desenhadas ainda na LDB e já apontam no sentido de uma formação na perspectiva indicada no contexto da educação 3.0 indicando, no seu artigo 26, que os currículos do ensino fundamental e médio devem ter base nacional comum e devem abranger conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, especialmente do Brasil. Assim surge a perspectiva de uma formação global que integraliza os conhecimentos das diversas áreas. As características gerais e específicas dessa formação serão dadas pela base nacional comum curricular.

A base nacional comum curricular define as aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver na educação básica. A BNCC define conteúdos, estrutura pedagógica, elementos de caráter geral, competências e habilidades que os estudantes devem adquirir ao longo da sua trajetória escolar. Dessa forma ela serve de referência nacional para a elaboração tanto da grade curricular das redes municipal, estadual e federal como também servirá de norte para implementação de propostas e estrutura pedagógica das instituições. Este caráter normativo e universal garante um alinhamento na política nacional de educação e assesta políticas e ações também para a formação de professores além de estabelecer um norte para as avaliações, elaboração de conteúdos educacionais e determina as competências gerais que devem ser desenvolvidas na formação do indivíduo.

A BNCC reconhece valores e estimula ações que contribuam para o desenvolvimento e transformação da sociedade. Nesta concepção a base estabelece as competências gerais que consubstanciam a aprendizagem e o desenvolvimento. A partir do entendimento de que competência é a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes valores para exercer demandas complexas da vida cotidiana (BRASIL, 2017), esta norma traz dez destes elementos a serem desenvolvidos, dos quais destacamos três. A primeira compreende a utilização de diferentes linguagens, incluindo a linguagem digital, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica para partilhar informações, experiências e ideias em diferentes contextos e produzir

sentidos que levem ao entendimento mútuo (BRASIL, 2017). Esta diretriz articula que o ensino deve contemplar diversos campos do conhecimento além de dar conta das demandas impostas pela sociedade. A articulação de ideias em diferentes contextos que levem ao entendimento mútuo coloca o foco no desenvolvimento humano. Esta competência alinha-se com as características de uma educação 4.0 a partir do momento estabelece que o ensino deve ser gerenciado de modo a destacar a formação geral do sujeito.

A segunda competência destacada está associada à era das tecnologias digitais. A BNCC estabelece como competência geral da educação básica a utilização ampla das TDICs. Ela afirma que o educando deve compreender, utilizar e criar TDICs de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo na vida pessoal e coletiva (BRASIL, 2017). Esta competência direciona, conecta e insere as propostas pedagógicas no contexto de contemporaneidade tecnológica e de aplicações práticas. Esta conexão busca integrar o conhecimento científico e a vida real, cotidiana. A produção de conhecimentos para exercer um protagonismo na vida pessoal e coletiva projeta a necessidade de formar uma juventude criativa e inovadora que conecte a comunicação efetiva e trabalho em equipe sob o prisma da educação 3.0 e 4.0. A última competência destacada tem conexão direta com a abordagem do ensino de ciências articulados com as demais áreas do conhecimento

A Base nacional comum curricular destaca a importância da investigação livre da natureza articulada com os conhecimentos obtidos em outras áreas de conhecimento. Nessa ótica o estudante deve desenvolver a competência de exercitar a curiosidade intelectual de modo a realizar uma abordagem própria da natureza e das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas do saber (BRASIL, 2017). Estas características remetem a uma formação, particularmente no tocante ao exercício da atividade intelectual para a investigação de causas e formulação de hipóteses, que contemple a articulação entre conhecimentos específicos e saberes gerais que possam ser utilizados para resolução de problemas, como sinalizado no modelo de educação 3.0. Contudo ao estimular uma abordagem própria da natureza e das

ciências no intuito de formular e testar hipóteses, a BNCC incita a formação para a produção autônoma de conhecimento, a geração de uma estrutura cognitiva voltada para abordar fenômenos naturais e ser capaz de construir hipóteses e submetê-las a um crivo racional a partir da análise crítica. Estas características destacadas colocam a diretriz de formação do país numa ótica de formação integrada do sujeito de modo a contemplar a articulação completa entre conhecimentos específicos e a capacidade de vincular estes conhecimentos para a solução de demandas impostas pela sociedade.

Nesta conjuntura, o direcionamento para a formação do jovem brasileiro visa a garantia de uma formação integral e articulada com diversos saberes. A garantia constitucional com o reconhecimento da obrigação do estado e da sociedade com uma educação que prepare o sujeito para o exercício da cidadania já estabelece uma diretriz geral de formação para os cidadãos. A salvaguarda de obrigatoriedade e um conteúdo curricular mínimo a ser desenvolvido em todo país define a igualdade de formação em todo o território e a determinação de uma articulação entre União, Estados e Municípios garante a manutenção das características culturais regionais. A LDB em associação com a BNCC define o conjunto de competências a serem desenvolvidas no processo de formação do indivíduo a ser escolarizado. Estas diretrizes servem de alicerce para que projetos, propostas e práticas pedagógicas sejam aplicadas de modo a contemplar as diretrizes traçadas pela BNCC. Esta configuração de tendências globais de uso das TDICs nos processos educacionais aliados o atual estágio de desenvolvimento tecnológico dos computadores e dispositivos móveis somados a marcos legais que definem uma configuração de educação que estimule a autonomia na produção de conhecimento e de tecnologias tem como resultado a composição de um campo fértil para o desenvolvimentos de técnicas e produtos educacionais que estejam em consonância com este cenário.





## Capítulo 3

# Dispositivos móveis na educação 4.0

O uso da tecnologia e dos dispositivos móveis no contexto de uma aprendizagem voltada para as características de uma educação 4.0 é imprescindível na medida em que as atuais demandas de aprendizado requerem uma ação de aprendizado com as características do *m-learning*. As dinâmicas de mobilidade da sociedade contemporânea aliadas às demandas de ensino e aprendizagem no modelo presencial ou a distância, num ambiente formal ou não formal somente terão suas necessidades totalmente atendidas com os recursos e tecnologias disponíveis nos *tablets* e *smartphones* pois estes servem como ferramenta de obtenção de conteúdo, enriquecendo a aquisição de material potencialmente significativo além de exercer também a função de portal de conexão com o ambiente digital e todos os seus processos de virtualização a exemplo da virtualização do conteúdo ou até mesmo a virtualização do aprendiz na medida que este possui uma identidade virtual que interage nas redes sociais com o papel de disseminar, discutir e produzir conhecimento a partir da conexão entre a experiência real, muitas vezes otimizada pelo uso das TDICs, e a experiência virtual contemplando uma formação integral sob a ótica de um modelo de educação 4.0.

### 3.1 *m-learning* e laboratórios de física

A contemporaneidade do desenvolvimento tecnológico aliado às demandas atuais de aprendizagem apontam para a utilização em larga escala do modelo de aprendizagem no formato *m-learning*. A atual dinâmica de mobilidade da sociedade sinaliza uma demanda versátil de territórios de aprendizagem já que vive-se um momento de

forte interação virtual e produção de conteúdo globalizada associada a uma expansão da demanda de formação em locais nos quais nem sempre é viável a instalação de Universidades ou outras instituições de ensino. Inserem-se, portanto, nesse cenário as perspectivas de uma educação que possa ser executada não só nos espaços tradicionais de aprendizagem, como no ensino presencial, mas também a oferta de cursos à distância de modo que seja garantido o caráter de interação, discussão e produção de conhecimento autônomo ainda que em ambientes virtuais de aprendizagem. A concepção de uma proposta de educação pautada no modelo *m-learning* ampara os requisitos de múltiplos espaços de aprendizagem, seja numa oferta presencial ou a distância ou ainda numa perspectiva híbrida. Entretanto, para além de uma preocupação com os múltiplos territórios de aprendizagem é relevante a utilização das TDICs no sentido de garantir uma retenção o mais significativa possível para o aprendiz.

O modelo *m-learning* associado ao uso de dispositivos móveis otimiza o desenvolvimento de uma retenção significativa. Dois elementos são centrais nesta proposição. O primeiro é a questão da ideia de mobilidade associada ao *m-learning*. Esta característica permite que o sujeito esteja inserido num processo de aprendizado em qualquer lugar bastando acionar o gatilho necessário para desencadear a movimentação da sua estrutura cognitiva. O segundo quesito é a utilização dos dispositivos móveis como um *smartphone* neste processo já que, ao receber o estímulo que servirá como gatilho, ou receber o material que servirá como organizador prévio o aprendiz tem nas suas mãos uma ferramenta que enriquece a experiência de aprendizagem pela facilidade de acesso ao conteúdo pela *web*. Este acesso permite que o aprendiz tenha contato com material que pode servir tanto como organizadores prévios, em um primeiro momento, ou até mesmo servir como material potencialmente significativo, num segundo momento pois atualmente, os vetores de busca da rede mundial de computadores estão desenvolvidos de forma a ofertar conteúdo com base na experiência de navegação do usuário e isto trás a perspectiva de uma oferta de conteúdo de fácil vinculação e significação na estrutura cognitiva do aprendiz além de inserir o sujeito numa integração entre o mundo real e o mundo virtual tornando o indivíduo um agente ativo no processo de aprendizagem.

Ainda no contexto do uso de tecnologias móveis associadas ao modelo de ensino proposto temos como aspectos agregados ao cenário outros elementos que são a

vocação do modelo para a aprendizagem por demanda, seja feita pelo viés da educação formal ou não formal, pois o *smartphone* pode ajudar o seu usuário a aumentar a interação com outros estudantes através das redes e mídias sociais, característica essa que está nos fundamentos da educação 4.0 já que apresenta-se como um mecanismo de interação e socialização do conhecimento. Ainda na perspectiva de uma educação 4.0 o uso dos dispositivos móveis ajuda o aprendiz no entendimento de perceber o ambiente ao seu redor atuando no sentido de ser uma ferramenta importante no processo na medida em que diversos sensores estão presentes nestes aparelhos sendo eles capazes de captar informações desde intensidade sonora até campo magnético no ambiente ao mesmo tempo em que identifica a localização do aparelho e envia ao usuário informações como temperatura média da cidade e previsão do tempo. Esta peculiaridade atua no sentido da investigação livre e na experimentação espontânea o que projeta e modifica de forma singular as estruturas cognitivas do sujeito pois neste processo, o sujeito caminha na direção do exercício de uma produção autônoma de conhecimento o que, seguramente, muda a forma do sujeito perceber o meio e a realidade na qual está inserido.

Essa tecnologia que está embarcada nos dispositivos móveis podem alavancar o ensino e aprendizagem em todos os aspectos e constituir um verdadeiro aliado no ensino ajudando a superar um grande obstáculo do ensino de ciências, especificamente a física. Os sensores que fazem parte das plataformas de construção dos *smartphones* e *tablets* podem servir de base para a aquisição de dados físicos, como intensidade sonora, aceleração, intensidade luminosa dentre outros. Assim uma ferramenta de aquisição de dados, para utilização numa proposta didática, pode ser montada a partir do acesso e utilização destes sensores (BARRETO et al., 2018). A oferta crescente de aparelhos cada vez menores e com preços acessíveis aliada à possibilidade de disponibilização desta ferramenta na forma de um aplicativo nas lojas dos sistemas operacionais contribui na universalidade do acesso e do uso desse instrumento constituindo um forte motivo para viabilizar o desenvolvimento de um produto que utilize melhor a tecnologia embarcada nestes aparelhos.

A demanda de formação não só nos grandes centros mas também em todas as regiões do país está numa crescente e a execução da oferta de cursos nas áreas de ciências e suas tecnologias, com ênfase na modalidade a distância, constitui um verdadeiro

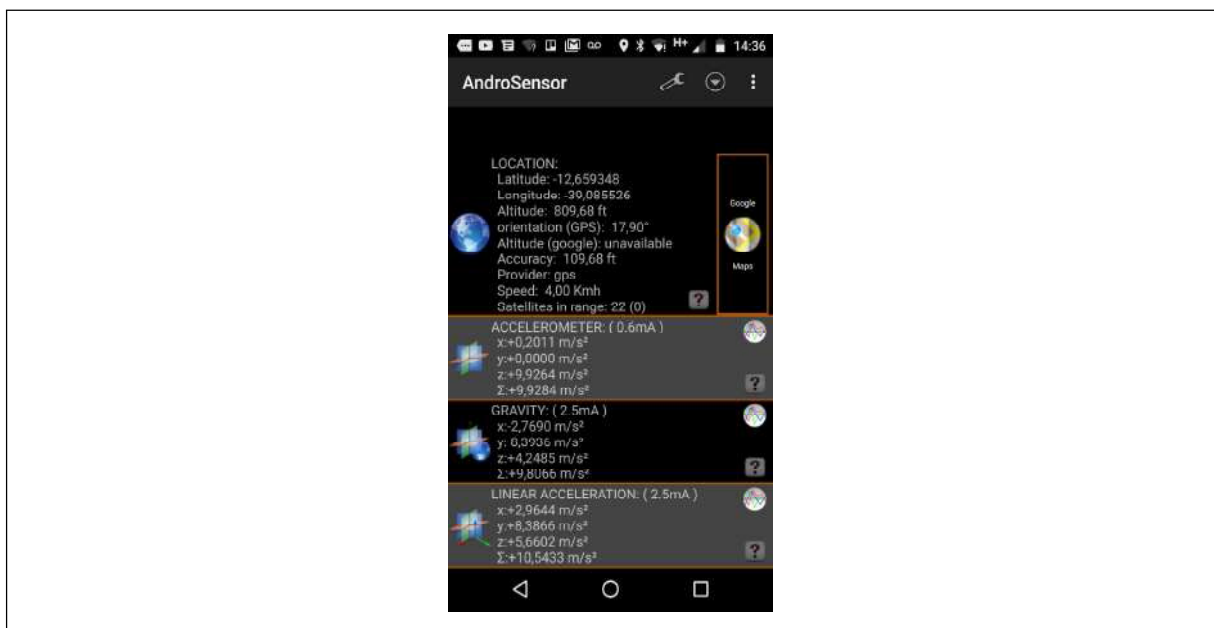
desafio em países como o Brasil. As dimensões territoriais constituem um grande empecilho para uma universalização no ensino de ciências da natureza já que estes cursos possuem uma característica importante que são as atividades de laboratório. Estas atividades tem um caráter central no processo de formação do indivíduo pois constituem o momento em que as percepções e conhecimentos adquiridos na teoria são efetivamente consolidados para o estudante além de oferecer uma oportunidade para que o estudante perceba outros aspectos práticos, como erros de medida que geram dificuldades no processo de modelagem e validação da teoria. O modelo de oferta pública de cursos a distância no país é feita através de polos de apoio presencial em diversas cidades sendo a escolha destas usualmente é feita de modo que ela já seja um polo de desenvolvimento regional de modo que algumas dificuldades para a instalação de laboratórios didáticos começa a se desenhar como um ponto de estrangulamento no ensino nestes polos.

As dificuldades começam a surgir nas tentativas de implementação das atividades experimentais dos cursos de ciências a distância na proposta de ofertar cursos de tecnologias a distância com polos de apoio presencial (CARDOSO et al., 2019). A primeira alternativa seria a propor a construção de laboratórios em todos estes polos de apoio. Esta solução mostra-se inviável devido ao alto custo de implementação, manutenção e acompanhamento das atividades práticas pois os equipamentos utilizados nestes espaços são caros e de uso específico o que demanda, para além do investimento, a presença de um equipe qualificada na execução das práticas de laboratório. Outra proposta é a utilização de laboratórios itinerantes montados em caminhões mas esse modelo além de se constituir uma alternativa também dispendiosa teria complicações logísticas num país de dimensões continentais como o Brasil. Os *tablets* e *smartphone* surgem como uma alternativa altamente viável como instrumentos de medida devido à capilaridade do seu uso e facilidade de acesso e manutenção. A proposta de uso destes aparelhos como laboratórios de medidas projetam uma percepção diferenciada do processo experimental pois lançam luz sobre a possibilidade de construção autônoma do conhecimento ligadas às demandas impostas pelo meio e sociedade e alinham o processo de formação com as diretrizes estabelecidas pelos marcos legais do país. Dessa forma urge a necessidade do estudo de viabilidade técnica deste produto iniciando este estudo por um levantamento dos sensores embarcados na maioria dos dispositivos móveis.

## 3.2 Sensores físicos em dispositivos móveis

Os dispositivos apresentam um potencial de uso que ainda não foi plenamente explorado no âmbito do ensino, em qualquer que seja sua modalidade. O primeiro e principal uso dos *tablets* e *smartphones* no cenário de ensino *m-learning* é como fonte de conteúdo e de acesso a redes e mídias digitais. Doravante configura-se a necessidade de expansão desta utilização, seja por demanda do ensino a distância, seja por uma proposta de ensino *blended* ou até mesmo no cenário de uma educação não formal por demanda social. Assim lançar vistas sobre a tecnologia embarcada neste aparelhos, particularmente no que tange os sensores embarcados, dá uma perspectiva da viabilidade de construção de uma ferramenta que transforma estes aparelhos em verdadeiro instrumentos de medidas (CARDOSO et al., 2015) o que aliado à atual capacidade de processamento dos mesmo proporciona um avanço na direção de construção de uma estrutura mais complexa como um conjunto de ferramentas e tecnologias com funcionalidades de um laboratório didático completo com aplicabilidades que vão desde a coleta até o tratamento de dados.

FIGURA 3.1. Aplicativo que informa os sensores disponíveis no *smartphone*



Fonte: Autor (2019)

Uma abordagem preliminar, através de um aplicativo, sobre alguns aparelhos no mercado nacional apontou um conjunto de sensores presentes na maioria deles. O resultado desta abordagem segue listada abaixo acompanhada com uma descrição da funcionalidade e possibilidades de uso de cada um destes sensores.

### 3.2.1 Sensor do sistema de posicionamento global

O primeiro sensor identificado foi o sensor que atua de acordo com o sistema de posicionamento global (*Global Positioning System–GPS*) que retorna a localização do aparelho nas coordenadas de latitude e longitude, ou seja, determinam a posição do *smartphone* no globo. Estas informações viabilizam a utilização destas coordenadas para elaboração de atividades que trabalhem o conceito de posição num sistema bidimensional e podem ser utilizadas também para determinar grandezas vetoriais como deslocamentos e as grandezas derivadas deste como velocidade média. Este sensor permite desenvolver atividades que explorem intuitivamente o conceito de velocidade instantânea a partir da velocidade média. Este sensor, então, constitui uma importante ferramenta não só para o ensino de física mas também para atividades interdisciplinares pois pode ser empregado na elaboração de corridas de orientação junto a disciplinas como geografia e educação física, por exemplo.

### 3.2.2 Acelerômetro

Este sensor está disponível em todos os *smartphones* e *tablets* e retorna valores das acelerações aos quais está submetido o aparelho em termos da aceleração da gravidade. Assim na condição de repouso sobre uma mesa horizontal, com a tela voltada para cima, este sensor retorna o valor em torno de  $9,8 \text{ m/s}^2$  no eixo vertical, já que atua neste aparelho a aceleração da gravidade. Estes valores são fornecidos nos três eixos ordenados do espaço o que permite uma otimização e facilitação de seu uso já que o usuário pode ter uma vivência a partir de elementos mais simples como o movimento unidimensional e, sob este prisma, estabelecer retenções significativas de conceitos elementares para que, num segundo momento, proceda com a análise de um movimento no plano podendo analisar cada componente do movimento em separado para em se-

guida realizar a superposição destas componentes obter a descrição do movimento no plano como um todo. Numa terceira etapa, contemplando uma ampliação da percepção do movimento o aparelho possa ser utilizado para realizar estudos de movimento no espaço.

A partir da aceleração outras grandezas físicas podem ser obtidas como velocidade e posição. Estes conceitos são fundamentais não só no estudo da física mas também com percepções constantes no cotidiano das pessoas. Assim este sensor permite que medidas de posição e velocidade possam ser obtidas abrindo um vasto leque de opções de trabalho e abordagem do conteúdo uma vez que o estudante pode explorar os mas variados tipos de movimento obtendo sua cinemática e também, indiretamente, sua dinâmica, uma vez que aceleração está dada, bastando para isto submeter o *smartphone* a uma dada condição de movimento e obter a função horária da velocidade e a função horária da posição. Um amplo universo de possibilidades se mostra a partir do uso deste sensor já que aspectos como modelagem matemática de um dado movimento podem ser discutidos ou a composição de movimentos a partir dos resultados das velocidades nas diferentes direções de movimento.

### 3.2.3 Intensidade sonora

Os microfones, de modo geral, trabalham com o fenômeno físico da piezoelectricidade e assim sendo os valores de tensão de saída para os microfones, como resposta ao estímulo sonoro recebido, são fornecidos em uma determinada faixa de intensidade proporcional a este estímulo. É sabido que os *tablets* e *smartphones* trabalham com informação digital e ainda que o áudio oriundo do microfone seja utilizado pelas aplicações no formato digital a captação do sinal, na sua essência, é analógica e o sinal é digitalizado por software, a *posteriori*. Portanto os microfones do *smartphone* trabalham nessa mesma perspectiva de fornecimento de uma faixa de valores de intensidade sonora e constituem um relevante instrumento de medidas física que vão desde aplicações simples até com aplicações em projetos interdisciplinares.

A captação da intensidade de ondas sonoras presentes em um determinado ambiente consiste um campo de estudo da física, a acústica, pouco explorado nos cursos de formação geral e até mesmo em alguns cursos de natureza técnica. Portanto me-

dir intensidade sonora constitui uma estratégia que aguça a curiosidade do estudante e que tem aplicações altamente interessantes. Monitorar a relação entre intensidade sonora emitida por uma fonte puntual em um ambiente acusticamente isolado e a distância desta fonte fornece informações imediatas para que seja possível modelar matematicamente a difusão sonora em um meio. Esse modelo deve ser capaz de prever a intensidade sonora em um local do espaço com base no som emitido por uma fonte a uma dada distância. A construção de um modelo como este ajuda o estudante a perceber a natureza da difusão ao longo do espaço e pode inclusive auxiliar na elaboração de projetos acústicos para espaços como salas de projeção. Outro aspecto que a ser trabalhado com esta ferramenta é o fenômeno de ondas sonoras em um tubo. A identificação dos pontos de máximo e mínimo de intensidade sonora dentro do tubo permite obter informações como a velocidade do som no ar. O cunho interdisciplinar pode ser desenvolvido a partir da percepção que o sensor pode ser utilizado como decibelímetro e, nesse contexto, ajudar a monitorar o ruído geral em um ambiente mostrando um forte aliado para utilização em cursos como o curso de segurança do trabalho ou até mesmo como instrumento de demanda social no monitoramento do nível de ruído no ambiente de trabalho.

### 3.2.4 Giroscópio

O giroscópio é o sensor que permite ao sistema do *smartphone* identificar como este está posicionado no espaço, com base na atuação da força gravitacional. Assim o sistema operacional do aparelho consegue identificar se o mesmo se encontra com a tela voltada para cima, ou para baixo. Como o giroscópio embarcado pode fornecer informações nas três direções espaciais é possível obter um posicionamento preciso do aparelho no espaço, com informações que podem dar, inclusive, ângulos de inclinação de determinada face do *smartphone*. O funcionamento do giroscópio baseia-se no princípio da conservação do momento angular, que indica a tendência da manutenção da rotação de um sistema a menos que ações externas indiquem uma tendência de alteração no eixo de rotação.

Com base nesse princípio o giroscópio pode ser explorado em situações físicas distintas. Usualmente tem grande utilização em sistemas de navegação nos quais ele



indica uma possível mudança na trajetória do corpo. Sua aplicação com o *smartphone* pode se desenvolver através de uma abordagem como a classificação de intensidades de rotação do aparelho a partir de estímulos diferentes e partir daí abordar aspectos pertinentes a rotações de um corpo rígido. Todavia aplicações outras podem se desenvolver como a determinação de trajetórias mais estáveis sob dadas condições. Numa ótica interdisciplinar uma aplicação no campo da robótica onde o *smartphone* pode ser utilizado na obtenção de dados que geram parâmetros de correções de trajetórias de robôs autônomos ou no mapeamento de superfícies irregulares com base nas alterações de valores destes sensores. Em aparelhos com elevado grau de precisão estes sensores podem ser utilizados com o fim de determinar vibrações às quais um corpo está submetido o que pode desencadear a elaboração de um ensaio de rupturas de estruturas sujeitas a vibrações onde o *smartphone* determinará a intensidade máxima de vibração suportada pela estrutura sob análise.

### 3.2.5 Magnetômetro

O campo magnético é uma importante grandeza física dado que o seu estudo e entendimento modificou de forma singular a percepção do homem em relação à natureza bem como alterou de maneira única o desenvolvimento de artefatos vinculados à tecnologia. A completa compreensão deste campo viabilizou a construção de dispositivos como a bússola que se mostrou um importante aliado dos navegadores do passado. O estudo e domínio de todos os aspectos relativos ao campo magnético a exemplo da descoberta de que a corrente elétrica gera campo magnético, permitiu um desenvolvimento sem precedentes até então no campo da tecnologia. Dispositivos acumuladores de carga puderam ser construídos, como as válvulas e mecanismos do tipo solenoide, os motores elétricos também utilizam o campo magnético no seu funcionamento, espectrômetros de massa, detectores e aceleradores de partículas têm o campo magnético como agente indispensável para o seu funcionamento. Assim o estudo deste campo é essencial no campo das ciências.

A presença desse sensor embarcado nos *smartphones* tinha como função principal fornecer informações de orientação geográfica ao sistema funcionando basicamente como uma bússola. Nos dispositivos mais recentes a inclusão deste sensor tem

sido descartada de forma crescente com base no aprimoramento das ferramentas de localização e de navegação por satélite. A utilização deste sensor como instrumento de medida permite que o estudante investigue as propriedades espaciais do campo como a queda da sua intensidade em relação à distância da fonte do campo. Arranjos espaciais específicos de corrente elétrica atribuem simetrias e características interessantes ao campo magnético que podem ser exploradas a partir deste sensor. Estas simetrias podem ser utilizadas para o estudo de temas específicos das matemática com uma motivação prática para a utilização de coordenadas cilíndricas ou coordenadas esféricas para a descrição do sistema. Particularidades como a formação de um campo magnético uniforme no interior de um solenoide também pode ser explorada ao inserir o *smartphone* ou *tablet* no interior de um arranjo com estas características e atividades de navegação, a partir do uso do dispositivo como bússolas, podem ser desenvolvidas no sentido de uma experiência interdisciplinar.

### 3.2.6 Intensidade luminosa

Os fenômenos associados à propagação da luz sempre constituiu um campo de vastas aplicações na física. O estudo da ótica geométrica deu origem aos três princípios básicos associados à propagação da luz. O princípio da propagação retilínea em um meio homogêneo e isotrópico, o princípio da independência dos raios e o princípio da reversibilidade dos raios. A construção apropriada destes conceitos permite o entendimento de fenômenos simples como a formação de sombras e penumbras que explicam manifestações da natureza que eram atribuídas a divindades como o eclipse solar e lunar ou as fases da lua. A aplicação destes conceitos permitiu o desenvolvimento de tecnologias simples mas que agregaram alto capital social como as lentes de correção da acuidade visual. Assim a possibilidade de estudo dos fenômenos óticos num cenário de aprendizagem *m-learning* no contexto de uma educação 4.0 constitui uma ótima oportunidade de uma assimilação e retenção significativa de elementos associados a este ramos da física.

A intensidade luminosa incidente num *smartphone* ou *tablet* pode ser obtida a partir de dois componentes que podem estar instalados no aparelho. Um dos componentes é um luxímetro instalado na parte frontal do aparelho e este capta exatamente a

quantidade de luz que atinge este sensor. A segunda possibilidade é a utilização da câmera frontal do aparelho a qual registra a quantidade de luz que é projetada no sensor fotográfico. Este registro é importante para que, no caso de utilização da câmera frontal, a imagem registrada tenha uma fotometria adequada resultando numa imagem com uma boa exposição luminosa. Agrega-se outra funcionalidade para a utilização deste sensor no *smartphone* que é o ajuste de brilho da tela do aparelho para o usuário. Este ajuste se faz necessário por conta das diferentes condições de iluminação à qual está submetido o uso do aparelho sendo o brilho da tela diminuído em ambientes mais escuros ou aumentado em ambientes mais claros.

A utilização deste sensor na perspectiva de atividades práticas ocorre fundamentalmente com base no princípio da propagação retilínea da luz. Aparatos simples podem ser construídos no intuito de identificar, através deste sensor as regiões de luz e sombra evidenciando a propagação retilínea da luz. Pode-se adicionar neste aparato mais de uma fonte de luz com o objetivo de formação de regiões de luz, sombras e penumbras e a utilização do *smartphone* ou *tablet* permite a identificação destas regiões no espaço. Outras vivências podem ser planejadas com a utilização de fontes de luz específicas como os *lasers* utilizados nas apresentações com projeções. Espelhos podem ser inseridos no aparato de modo a refletir o feixe de luz incidente e a partir desta montagem o professor pode guiar a sua explanação sobre reflexão luminosa. Construtos semelhantes podem ser utilizados para o estudo de fenômenos associados à refração tornando o uso deste sensor uma ferramenta poderosa para o ensino de ótica.

### 3.2.7 Sensor de proximidade

Os sensores de proximidade dos dispositivos móveis estão localizados na parte frontal do aparelho e têm como aplicação principal a detecção de objetos próximos à tela do *tablet* ou do *smartphone* com a finalidade de fazer ajustes do aparelho para maior conforto na experiência de uso do mesmo. A identificação de objetos próximos à tela geralmente são associados à aproximação do rosto da pessoa. Esta aproximação dispara comandos secundários que vão desde o simples desligamento da tela até funções como ajuste do volume do alto falante para que a intensidade sonora não cause danos na audição do usuário. Estes sensores podem ser construídos a partir de di-

versas propriedades físicas o que determinam capacidades de aplicações diferentes. O quatro tipos principais de sensores são o infravermelho, acústico, capacitivo e indutivo (ALVES, 2013). O sensor infravermelho funciona com base na reflexão de raios de luz na faixa do infravermelho. Já o sensor acústico funciona com base na emissão de ondas sonoras na faixa do ultrassom e a captação do eco dessas ondas emitidas sinaliza a presença de algum corpo próximo ao *smartphone* enquanto o sensor capacitivo funciona com base na alteração da capacitância do entorno do celular com base na emissão de radiofrequência e por último o sensor indutivo funciona a partir da alteração do campo magnético no sensor o que ocorre quando um objeto se aproxima do sensor. A diferença entre os diferentes sensores ocorrem fundamentalmente pela potencialidade de cada um em reconhecer melhor a proximidade de distintos materiais.

A utilização deste sensor para fins didáticos consiste fundamentalmente na construção de um tacômetro que é um instrumento que realiza a contagem da passagem de algum corpo próximo a ele podendo indicar a periodicidade ou não do movimento. Assim este sensor pode ser utilizado no estudo das mais diversas oscilações mecânicas indo desde sistemas elementares como o pêndulo simples até sistemas mais complexos como osciladores amortecidos e forçados. Apesar de ser uma ferramenta simples e de aplicação um tanto quanto restrita os sistemas oscilantes constituem um importante fenômeno físico com muitas aplicações práticas que vão desde a mecânica até o eletromagnetismo.

### 3.2.8 Sensor RGB

O sistema que regula as cores dos corpos que refletem luz é conhecido como RGB, do vermelho (*Red-R*), verde (*green-G*) e azul (*blue-B*) sendo a composição da sigla indicadas pelas iniciais de cada cor do sistema em inglês. O sensor RGB é destinado a captar ondas eletromagnéticas na faixa de comprimento de onda que define os espectros de cores e capta a intensidade dos diferentes tons de cada cor indicada utilizando-os de modo a construir uma imagem colorida. Como esperado ele é fundamentalmente a composição do sensor fotográfico do *smartphone* ou *tablet* uma vez que este atua no sentido de superpor as captações oriundas da fonte de luz não alterando a percepção da luz emitida o que resultaria num resultado de uma formação de imagem

que não condiz com o objeto fotografado.

A utilização no ensino de ciências consiste num importante ramo da ótica que é a espectroscopia. A espectroscopia consiste em identificar os diferentes comprimentos de onda emitidos com base na difração do espectro de luz. Dessa forma é possível identificar a composição da fonte de luz, como por exemplo uma fonte de luz de mercúrio ou de sódio já que estes elementos emitem luz de acordo com um espectro bem definido e característico compondo um padrão que pode ser entendido como a assinatura espectral daquele elemento. Assim podemos apontar a câmera do *smartphone* para uma fonte de luz difratada e a partir da captura comparar a imagem obtida com espectros conhecidos de emissão determinar a composição daquela fonte de luz colocando o ensino de espectroscopia num patamar de acessibilidade até então desconhecida já que espectroscópios são instrumentos de medida de alto valor agregado e sua aquisição é inviável por parte das instituições de ensino. Apresentamos então um quadro com os sensores estudados.

TABELA 3.1. Quadro resumo de sensores, utilidades e possíveis aplicações

Sensor	Característica informada	Aplicações
GPS	Informa a localização do aparelho no mapa terrestre	Deslocamento e velocidade vetorial, corridas de orientação
Acelerômetro	Retorna os valores de acelerações aos quais está submetido o aparelho	Estudo de cinemática explorando gráficos e funções horárias de aceleração, velocidade e posição
Intensidade sonora	Informa os níveis de intensidade sonora captada pelo microfone	Experimentos de acústica e níveis de ruído em ambientes
Giroscópio	Informa a posição relativa do aparelho no espaço	Determinação de irregularidades em superfícies, correções da trajetória e ensaios de vibração
Magnetômetro	Informa o campo magnético que atravessa o aparelho	estudo das bússolas e dispositivos que gerem campos magnéticos
Intensidade luminosa	Retorna a quantidade de luz captada na tela frontal	experimentos de ótica geométrica
Proximidade	Informa se existe algum objeto nas proximidades do sensor na tela frontal	experimentos de oscilações mecânicas
RGB	Informa a intensidade de cada espectro de cor recebida pelo sensor fotográfico	espectroscopia

Fonte: Autor (2019)

A natureza de construção dos sensores indica a viabilidade de execução de um projeto inovador para o ensino de ciências, na medida em que a capacidade de aquisições de dados pelos *tablets* e *smartphones* aliada à amplitude de armazenamento e processamento dos dispositivos móveis projeta estes sensores como ferramentas que podem ser exploradas no ensino de matemática e ciências a partir do desenvolvimento de um produto que integra o uso destes sensores em um vasto campo de possibilidades de aplicação. As práticas podem fazer parte de uma concepção de ensino presencial, a distância ou até mesmo na perspectiva de um ensino *blended*. Nesta realidade experimentações guiadas podem ser realizadas ou vivências espontâneas podem ser desfrutadas a partir do acesso aos dados destes sensores. A eficiência na comunicação sem fio dos dispositivos móveis disponibiliza outros leques de aplicação do produto e situa o uso destes equipamentos num cenário contemporâneo da educação 4.0.

### 3.3 Projeto m-labs

O desenvolvimento de atividades de laboratório de física tem lugar central nos cursos de ciências da natureza e suas tecnologias e, como visto, a realização destas atividades constituem uma grande dificuldade para estes cursos, seja pela complexidade e preço dos equipamentos utilizados, seja pela dificuldade na logística de implementação e manutenção destes espaços e equipamentos. A utilização de *tablets* e *smartphones* para realização de medidas de grandezas físicas surge como uma alternativa viável para suprir a demanda deste tipo de atividade ao tempo em que possui os requisitos necessários para o desenvolvimento de um produto de grande capilaridade na distribuição que opere em equipamentos com o menor custo de aquisição possível. O desenvolvimento de um aplicativo que possa ser instalado no *smartphone* ou *tablet* tem por finalidade a utilização destes aparelhos como laboratórios móveis de física. A carência de espaços voltados para a prática de atividades experimentais de física é uma realidade no Brasil e tem impactos negativos no processo de ensino e aprendizagem desta disciplina fazendo com que a utilização das TDICs possa ser capaz de suprir esta necessidade e dar acesso a atividades experimentais a estudantes que não teriam condições de desenvolvê-las em sua realidade.

Um característica inerente a este projeto é o suporte de utilização em distintos

espaços de aprendizagem. O desenvolvimento de um laboratório portátil nos *tablets* e *smartphones* constitui uma saída viável para a realização de atividades práticas de física e sua utilização tem lugar tanto no ensino presencial quanto no ensino à distância. O desenvolvimento deste projeto tem como essência, não só o suporte aos cursos presenciais e ou a distância mas, principalmente, a possibilidade do usuário do equipamento poder explorar a natureza e realizar experimentos ou investigações de fenômenos naturais por sua própria iniciativa de modo a subsidiar a construção autônoma de conhecimento. Assim ele carrega em sua essência os requisitos e características pertinentes ao modelo de ensino *m-learning* e com o patamar de um aprendizado no cenário de uma educação 4.0.

Desta forma, a proposta do projeto contempla a construção de um produto de manuseio intuitivo através de uma interface amigável onde as ferramentas de medição podem ser localizadas com facilidade. A fim de atender as demandas do ensino presencial e facilitar o entendimento de uso das ferramentas, atividades práticas são propostas com uma breve fundamentação teórica e um roteiro sugerido de experimento em alguns tópicos de física. A capacidade de armazenamento e de processamento não devem ser desprezadas e, com base nisso, é planejado o desenvolvimento de um módulo de tratamento de dados no qual o usuário pode tratar os dados obtidos pelo *smartphone* e ser capaz de realizar imediatamente uma interpretação dos resultados experimentais. No intuito de oferecer um arcabouço ferramental o mais abrangente possível, plataformas de simulação como operações com vetores, geradores de áudio frequência além de uma ferramenta de construção de gráficos foram pensados para integrar o projeto e viabilizar ao usuário o melhor entendimento de alguns conteúdos de física.

Na tendência de uma realidade de construção própria de conhecimento o usuário pode ter acesso ferramentas de medição que acionam diretamente os sensores e fornecem ao aprendiz os dados dos sensores em tempo real com a possibilidade de exportar estes dados para o módulo de tratamento de dados. A possibilidade de uso dos dados coletados em outros aplicativos também deve ser contemplada no projeto. O aplicativo pode ser utilizado numa proposta de exportar resultados em um formato de documento portátil (*Portable Document Format–PDF*) ou, no intuito de um tratamento mais refinado, os resultados das medidas dos sensores podem ser exportados em ar-

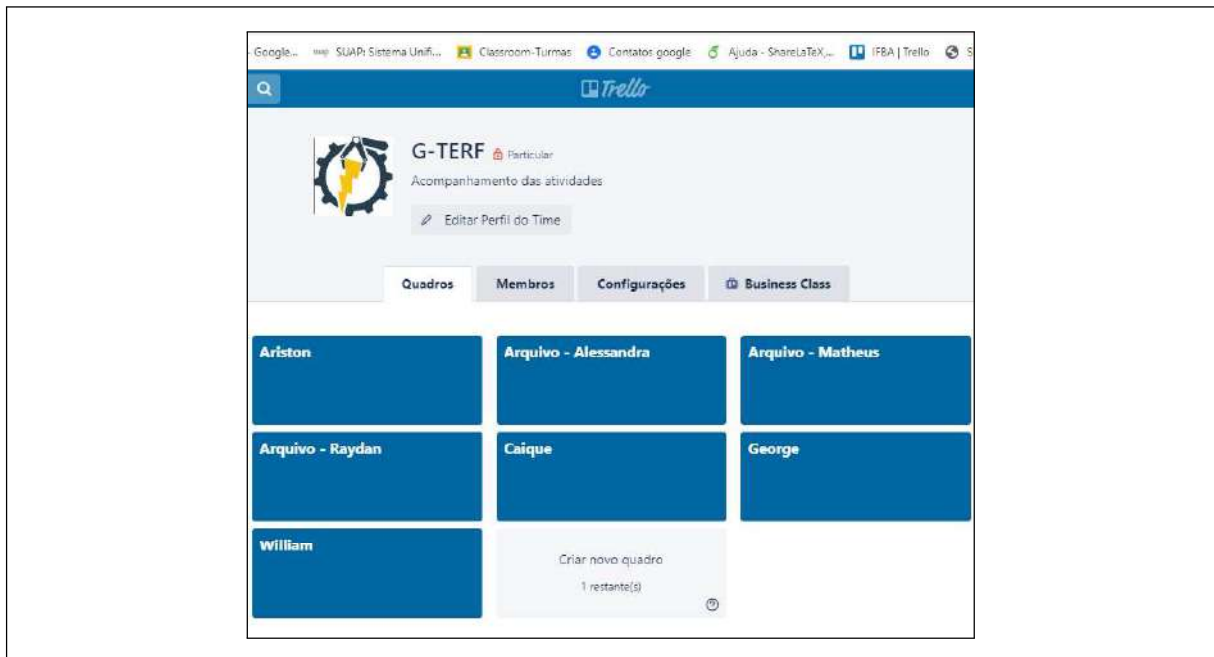
quivos no formato de valores separados por vírgulas (*comma-separated-values-CSV*). Por outro lado, a utilização da capacidade de conectividade sem fio foi incluída no projeto através da construção de um módulo externo munido de sensores adicionais de aquisição de dados. Este módulo externo se conecta ao aplicação por meio da tecnologia *bluetooth* e coloca a interação e experimentação num patamar que torna o projeto um laboratório bastante completo de medições de grandezas físicas.

A execução de um projeto com estas características requer um planejamento que ao mesmo tempo possa ser compartimentalizado no sentido de que frentes de desenvolvimento possam atuar de modo autônomo e, simultaneamente, possa ocorrer uma integração entre os grupos de trabalho de modo que os avanços desenvolvidos por cada frente de trabalho possa ser validado no conjunto do projeto. Assim, quatro frentes de desenvolvimento devem ser montadas para este fim. A primeira frente de trabalho deve atuar na linha de programação enquanto o segundo grupo atua na linha da construção da eletrônica do projeto ao tempo em que a terceira linha de desenvolvimento deve atuar nos aspectos de robótica e automação do projeto, numa forte interação com o grupo de desenvolvimento eletrônico do projeto enquanto o último destacamento atua na prototipação de modelos que otimizarão a validação das medidas e potencialize o uso das ferramentas desenvolvidas e projetará a cápsula que dará a forma física final ao módulo externo.

O projeto foi acolhido pelo Grupo de Tecnologias Educacionais, Robótica e Física – GTERF da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB e submetido a edital de financiamento lançado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES com fomento aprovado por esta instituição. Por se tratar de um projeto interdisciplinar com execução via grupo de pesquisa o gerenciamento das atividades deve ser realizado por uma ferramenta na qual possam ser registrados os avanços ocorridos, correções, intervenções, envio e recebimento de arquivos, atribuição de data de finalização de atividades e modificações no fluxo de informações entre as equipes de trabalho. Estas características foram encontradas na plataforma de gerenciamento de atividades denominada Trello. Um grupo de trabalho foi criado nessa plataforma onde cada participante tinha associado ao seu nome um quadro de atividades.



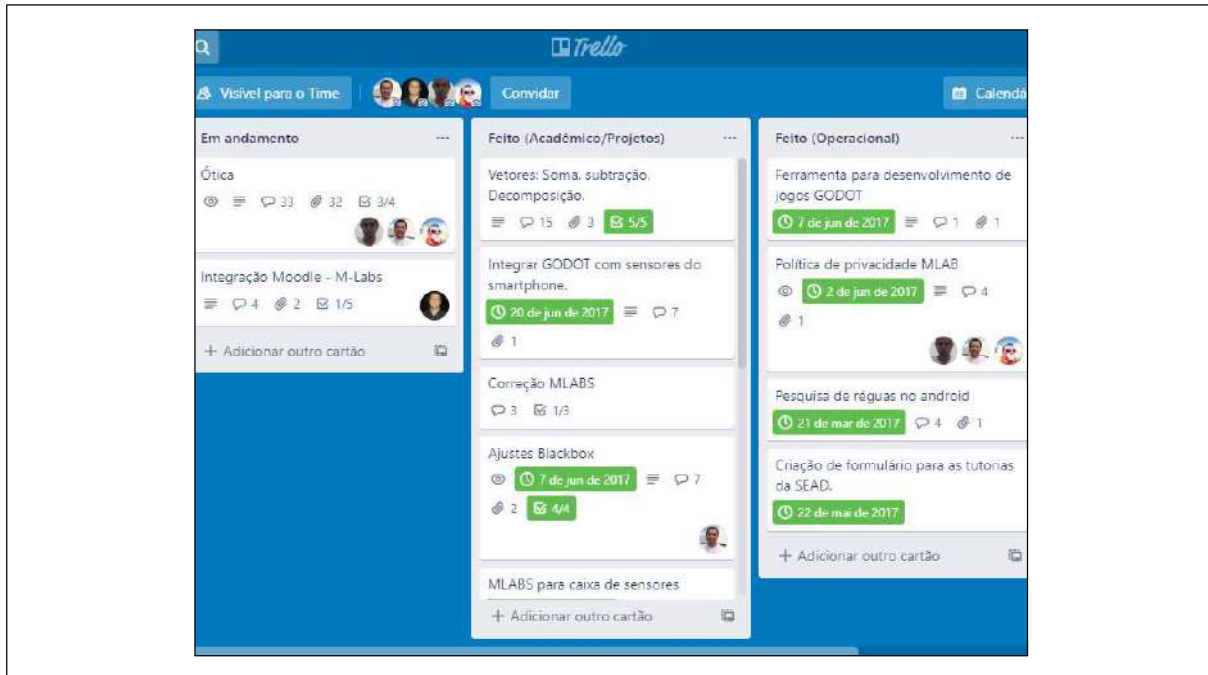
FIGURA 3.2. Recorte de tela do Trello com time do GTERF



Fonte: Autor (2019)

Para um bom acompanhamento da fluidez das atividades dos grupo de trabalho reuniões semanais devem ser realizadas. A fim de gerar uma otimização do tempo de reunião e uma melhor produtividade a determinação da pauta e da dinâmica da mesma é um fator chave. Dessa forma a pauta deve ser composta de uma parte fixa e uma parte flexível. Na parte de rotina da reunião cada participante apresenta e explana o avanço das atividades, conforme registro na plataforma; apresenta as dificuldades e entraves encontrados no processo; apresenta propostas para superar os entraves e esta proposta é discutida pelo grupo e os encaminhamentos, juntamente com os prazos das próximas atividades e planejamento de execuções semanais, são registrados na plataforma para acompanhamento na reunião seguinte. Este procedimento deve ser repetido para todos os integrantes até finalizar a pauta fixa da reunião. Na parte flexível das reuniões devem-se discutir aspectos gerais do andamento do projeto e basicamente deve se constituir na dinâmica do ponto de pauta conhecido como "o que ocorrer". Esta metodologia é pensada de modo a evitar procrastinação e discussões não produtivas otimizando o uso do tempo da reunião.

FIGURA 3.3. Recorte de tela do Trello com quadro de participante do projeto m-labs



Fonte: Autor (2019)

Considerando estes aspectos o fluxo de atividades para os grupos de trabalho deve ser planejado pensando em integrações parciais dos grupos ao projeto como um todo. O fluxo de tarefas e atividades devem seguir uma execução que contemple verificações periódicas de funcionamento e viabilidade de conexão ao projeto global e devem orbitar o andamento do grupo de trabalho de programação que fará o desenvolvimento do *kernel* da ferramenta ao qual deverá ser integrada as demais partes do projeto. Nesse sentido os grupos de trabalho e seus desenvolvimentos apresentam-se como segue.

### 3.3.1 Programação

A programação é o núcleo do projeto e seu trabalho consiste em desenvolver a aplicação principal e integralizar os resultados dos demais grupos de trabalho. Em linhas gerais, a sua atividade trará como resultado o produto final do projeto consolidando todas as funcionalidades desenvolvidas nas equipes de eletrônica, robótica e prototipação. Para este fim a programação deve desenvolver a interface que será

oferecida ao usuário; acessar os sensores do *smartphone*, desenvolver uma função de transferência dos dados, construir um módulo de tratamento de dados, desenvolver simuladores, incorporar os roteiros experimentais das atividades propostas, operacionalizar a coleta de dados de acordo com a dinâmica indicada nos roteiros e, por fim, estabelecer a conexão com o módulo externo para aquisição de novos dados.

As preocupações preliminares para o desenvolvimento da programação devem ser a) a plataforma de oferta do produto final e b) a escolha da plataforma de trabalho para realizar o desenvolvimento. A escolha de uma plataforma de operação da ferramenta deve atender requisitos de capilaridade na distribuição e facilidade de acesso à plataforma e, principalmente custo de aquisição do dispositivo móvel a ser utilizado. Com base nestes requisitos foi escolhido o sistema operacional android. No quesito ferramenta de desenvolvimento a plataforma que apresentava a melhor estrutura para tal considerando facilidade de uso, bibliotecas disponíveis, quantidade de fóruns de discussão e capacidade de gerar uma aplicação leve e robusta é o *Android Studio*.

As características gerais do projeto, numa perspectiva de produto final, deve ser de tal modo que a interface de apresentação deve contemplar as elementos de uma apresentação gráfica leve, contemporânea e de fácil navegação que permita uma experiência prazerosa e não cansativa ao usuário. Nesse sentido as telas de navegação devem possuir poucos elementos textuais e a ênfase deve ser nos elementos gráficos alinhados com os ícones de interação presentes nas redes sociais contemporâneas. Já o acesso e captura de dados dos sensores deve ser desenvolvido de maneira que o programa não tem relação com o usuário, a menos pelos comandos de acesso a alguma funcionalidade que remeta aos dados, constituindo assim um elemento interno da programação. O módulo de tratamento de dados deve ser desenvolvido de modo a obter elementos básicos para tal como plotagem de gráficos e utilização de elementos estatísticos como média, desvio padrão, alterações do tipo de escala dos eixos e método dos mínimos quadrados.

FIGURA 3.4. Trecho do código do aplicativo m-labs

```
CÓDIGO M-LABS

import android.hardware.SensorEvent;

import br.edu.ufrb.gterf.mlabs.math.Vector3D;

/**
 * Sensor de Acelerometro, as medidas estao na unidade do SI.
 * @author Caique Jhones
 * @version 1
 * @since APP-1
 */
public class AccelerometerSensor extends AbstractSensor {

    private VectorWithTimeSensorListener listener;
    private VectorSensorListener vectorSensorListener;
    private Vector3D vector;

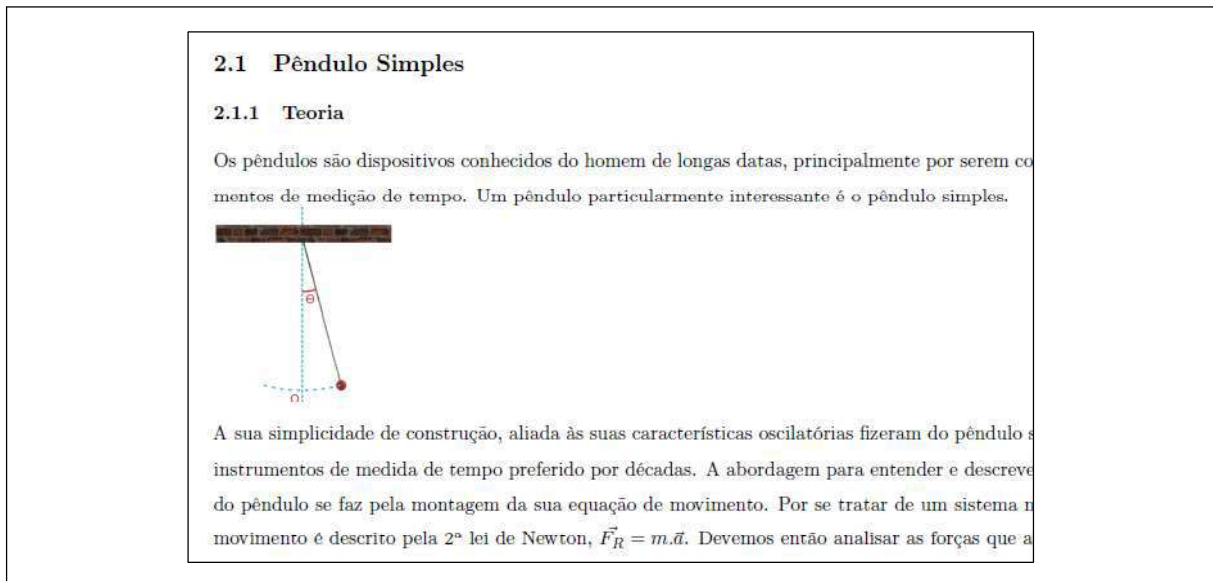
    private long previousTime;

    public AccelerometerSensor(Activity activity,
        VectorWithTimeSensorListener listener) {
        super(activity, Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
        this.listener = listener;
        vector = new Vector3D();
    }
}
```

Fonte: Autor (2019)

Outras funcionalidades ainda devem ser articuladas e operacionalizadas pela programação como o desenvolvimento simuladores, a incorporação dos roteiros experimentais das atividades propostas operacionalizando a coleta de dados de acordo com a dinâmica indicada nos roteiros e deve ainda estabelecer a conexão com o módulo externo para aquisição de novos dados. A atividade de simulação deve contemplar elementos que não tem demanda de aquisição de dados e, por esta razão, será desenvolvido um simulador de vetores no plano. A escolha deste tema se deve ao fato de constituir uma importante ferramenta no estudo de física. A incorporação de roteiros experimentais deve ser realizada numa integração de desenvolvimento do aplicativo com a escrita do texto em código LaTeX já que os roteiros experimentais serão concebidos considerando uma introdução teórica sobre o assunto a qual contém expressões matemáticas que possuem representação adequada nessa linguagem.

FIGURA 3.5. Recorte de parte do roteiro experimental a ser utilizado



Fonte: Autor (2019)


Como último elemento a ser desenvolvido resta a integração com o módulo externo de medidas. Este módulo possui sensores adicionais e a comunicação do mesmo com o *smartphone* será pela tecnologia sem fio *bluetooth*. A programação deverá estabelecer os critérios de solicitação incluindo aí a solicitação dos dados e a captação das informações enviadas pelo módulo externo. A segurança no protocolo de comunicação deve ser garantida e uma criptografia de segurança deve ser implementada a fim de garantir a conexão e comunicação do aplicativo apenas com o módulo externo evitando que outros dispositivos enviem informações indevidas ou corrompidas ao aplicativo.

### 3.3.2 Robótica

Os desenvolvimentos na área de robótica devem fornecer o complemento necessário para a aquisição de dados que não podem ser coletados pelo *smartphone* com seus sensores embarcados. Algumas medidas físicas interessantes como distância do *smartphone* em relação a alguns objetos ou a temperatura e umidade relativa do ar não fazem parte da capacidade de medição dos *smartphones* mas podem ser coletadas através de sensores externos e enviadas via *bluetooth* para o dispositivo móvel. Assim

é pertinente o desenvolvimento de um módulo externo no intuito de atender a esta demanda. Este módulo deverá contar com sensores adicionais que sejam gerenciados por uma unidade de controle externa ao dispositivo móvel. Esta unidade deve ser constituída de uma placa composta por um microcontrolador, circuitos de entrada/-saída às quais se conectem os sensores complementares devendo ainda ser facilmente conectada à um computador e programada por meio de um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (*Integrated Development Environment-IDE*) sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB. Este conjunto de atributos apontam para uma plataforma de código aberto conhecida como Arduino.

FIGURA 3.6. Ambiente de programação arduino exibindo parcialmente o código do m-labs



```
funcao_exemplo_HX711 | Arduino 1.6.11
Arquivo Editor Sketch Ferramentas Ajuda

funcao_exemplo_HX711.h
double tempo = (double) ((millis() - inicio) / 1000);
msg += "0x" + String(TEMPO, HEX) + ":" + String(tempo, 1) + "\n";
Serial.print(msg);
delay(50);
}
}

String sensor_de_unidade()
{
  digitalWrite(8, HIGH);

  float u = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();

  String us = String(u, 0);
  String ts = String(t, 0);

  return "0x" + String(UMIDADE, HEX) + ":" + us + ";0x" + String(TEMPERATURA, HEX) + ":" + ts
}

String seguidor_de_linha()
{
  digitalWrite(3, HIGH);
```

Fonte: Autor (2019)

A utilização de uma plataforma como o Arduino agrega operacionalidade para a automação do projeto dando agilidade na execução desta etapa. A plataforma Arduino possui uma infinidade de módulos que podem ser acoplados à placa principal. Estes módulos são desenvolvidos com uma eletrônica embarcada de modo que sua conexão à placa principal contemple apenas a alimentação elétrica e uma conexão para a troca de dados podendo esta ser apenas o sinal de entrada no módulo para execução de um comando ou constituir um sinal de entrada com um comando para o módulo e um

sinal de saída de dados, o que ocorre quando este módulo é um sensor. Dessa forma existe uma infinidade de sensores que podem ser considerados para compor a unidade externa. Considerando que o projeto contempla o ensino básico de física serão utilizados como sensores adicionais o módulo de ultrassom que fornece valores de distância de um objeto até o sensor e pode ser utilizado para identificar o movimento de um objeto à distância, o módulo do Sensor e pendente de Luz (*Light Dependent Resistor-LDR*) que envia sinais de intensidade luminosa que chega ao sensor e pode ser utilizado para experimentos de ótica, o módulo de temperatura e umidade relativa do ar que pode ser utilizado para realização de experimentos termometria, o módulo sensor hall que detecta variações no campo magnético no entorno do sensor e um módulo infravermelho que pode ser utilizado no estudo de movimento circular e uniforme.

Outrossim esta placa microcontrolada juntamente com os módulos de aquisição de dados devem possuir alimentação própria, uma plataforma de comunicação com a aplicação no *smartphone* e a comunicação com os sensores deve ser uma comunicação física via um circuito eletroeletrônico. Dessa forma será necessário o desenvolvimento de um circuito eletrônico adicional para a implementação da unidade externa.

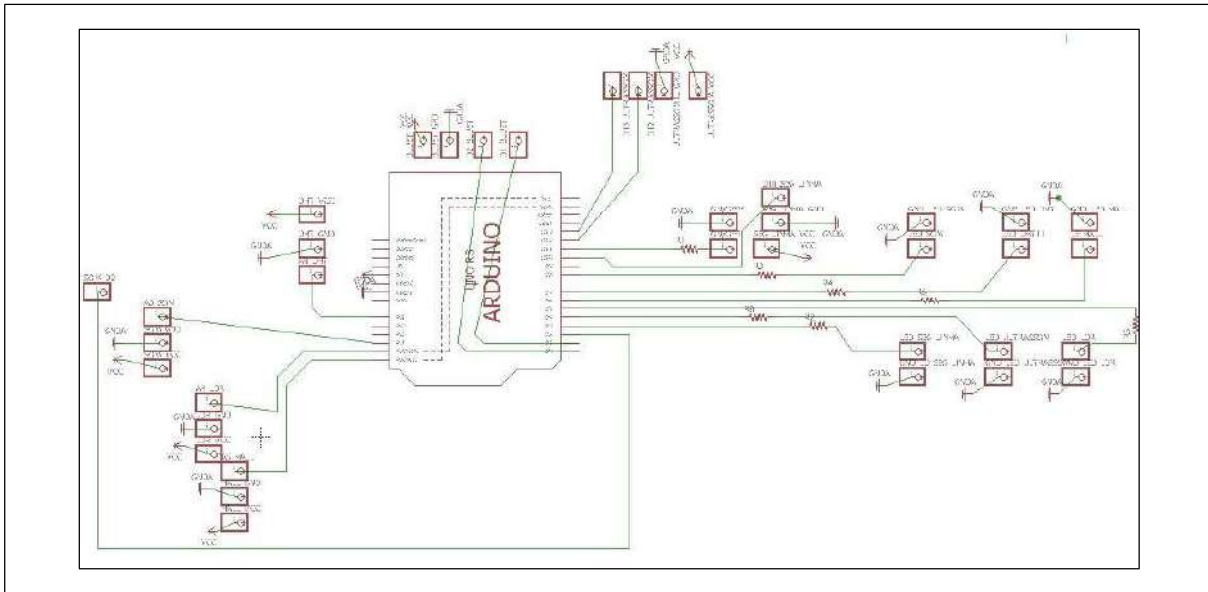
### 3.3.3 Eletrônica

O suporte de conexão elétrica e de dados dos módulos dos sensores à placa principal é uma importante parte do projeto no sentido de que dará o suporte físico para a execução do serviço de automação. O circuito eletrônico do projeto deve atender alguns requisitos que otimizem espacialmente a montagem do invólucro que abrigará a unidade externa. Este circuito deve ser concebido de forma a conectar de modo eficiente a placa principal aos módulos que contém os sensores escolhidos. Uma diagramação eficiente otimiza o tempo de processamento e diminui o gasto de energia, o que é uma característica que deve ser levada em conta já que a unidade externa será alimentada por baterias instaladas dentro da capsula.

Outro fator a ser considerado é que este circuito é um circuito dedicado ao projeto e deve ser concebido de modo a ocupar o menor espaço possível dentro deste envoltório atendendo, particularmente, dimensões sejam próximas das dimensões da placa principal. Esta particularidade do circuito requer um projeto que traga como re-

sultado uma placa compacta o que, por sua vez, deverá ter sua impressão realizada de modo adequado, através de uma impressão computadorizada que garantirá os requisitos postos e dará uma qualidade funcional maior aumentando também a vida útil do produto.

FIGURA 3.7. Circuito do módulo externo do projeto



Fonte: Autor (2019)

Dessa forma o projeto de placa adicional deve ser executado de acordo com projeto executado em programa específico e, como dito, a sua impressão não poderá ser feita manualmente, o que acarretaria em perdas para o projeto. A impressão da placa segue o projeto mostrado na figura abaixo.

Garantidos estes requisitos a montagem deve ser executada em um modelo de cápsula desenvolvida pra tal fim o que desencadeia, junto a demandas de otimização dos testes de validação, uma atividade de outra natureza, a prototipação.

### 3.3.4 Prototipação

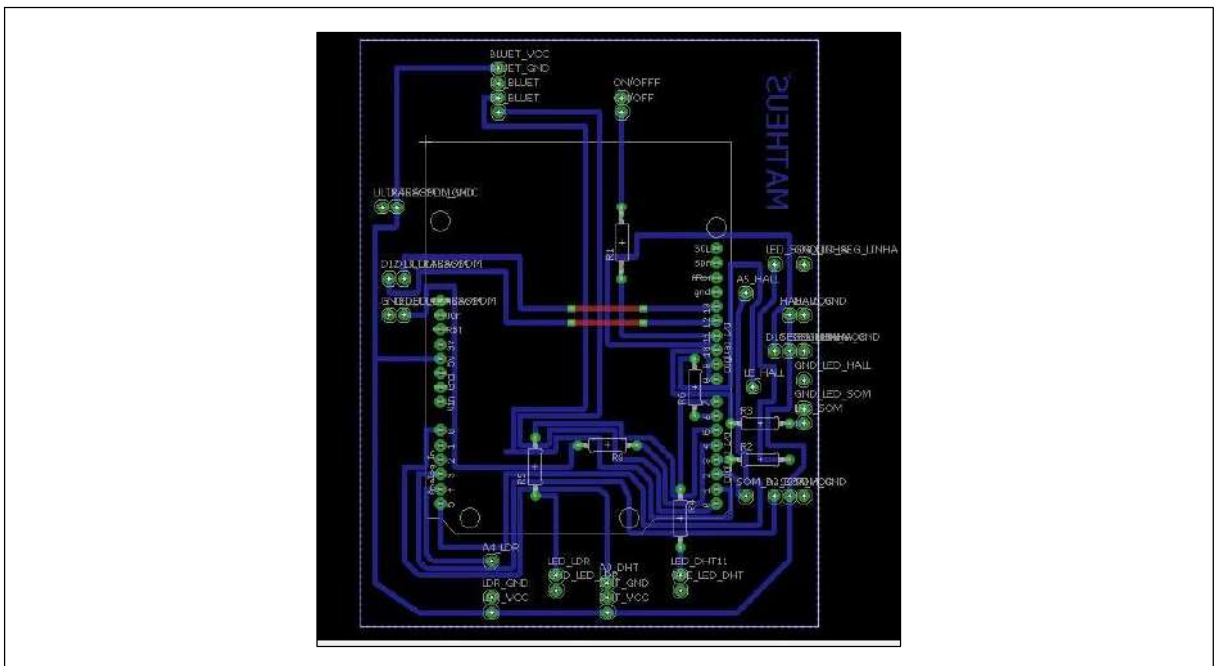
A prototipação é um etapa que irá dar concretude ao módulo externo e simplificará a validação dos resultados e a utilização do produto como um todo. Uma ênfase deve ser dada à concepção do cápsula que abrigará a unidade externa de aquisição de



dados, que chamaremos de *blackbox*. Esta modelagem deve ser pensada de modo a garantir a acomodação de todos os sensores, a bateria que alimentará o circuito, a placa principal, a placa secundária e o módulo de transmissão de dados oriundos da *blackbox* ao aplicativo. Além das particularidades espaciais a construção da *blackbox* deve garantir que cada sensor possa ser direcionado facilmente para o objeto de estudo. Assim o modelo utilizado como invólucro deve ter o formato de um prisma. Nessa conjuntura, o formato que acomoda todas os sensores além dos botões de acionamento é o de um prisma de base hexagonal.

Protótipos complementares devem ser desenvolvidos no intuito de dar suporte ao uso do produto e garantir uma eficiência e agilidade na validação dos resultados além de viabilizar a realização de outras atividades. Dessa forma modelos que devem ser desenvolvidos devem dar suporte a experimentos de ótica, eletromagnetismo, dilatação térmica, acústica, ondas mecânicas e cinemática. Para o experimento de ótica, o suporte deve ser dado pela montagem de uma rede de difração a qual pode ser facilmente construída a partir de um Disco Compacto de Memória Somente de Leitura (*Compact Disc Read-Only Memory – CDRom*) a ser encaixado numa estrutura que pode ser feita de papel ou papelão (LAB, 2017). Contudo é importante a construção de um

FIGURA 3.8. Projeto de placa de circuito a ser utilizada



Fonte: Autor (2019)

modelo mais robusto para assegurar uma calibração e testes do experimento sendo que a construção via impressão 3D cumpre os requisitos desse artefato mais robusto. A fim de realizar os testes de medição de campo magnético, aparatos em formato de bobina e solenóide devem ser montados de tal modo que o *smartphone* ou a *blackbox* possa ser inserido no seu interior. Já para os testes de dilatação térmica um modelo que amplifica os efeitos de dilatação contribui para uma melhor visualização do efeito. A validação no campo da acústica deverá ser referendada por um artefato pensado em um tubo de Policloreto de Vinila (*Polyvinyl chloride – PVC*) acrescido de tampas nas extremidades sendo que, em uma delas, insere-se uma régua guia à qual será anexada o microfone monitorando a evolução da inserção do microfone e registrando os pontos de intensidade sonora máxima e mínima. Já para as provas do gerador de áudiofrequência foi idealizado um protótipo que contém um autofalante preso a uma estrutura propícia à geração de ondas estacionárias numa corda vibrante. Para os ensaios relacionados ao uso do acelerômetro foi pensada a construção de um plano inclinado no qual poderiam ser utilizados vários ângulos de inclinação.

Planejadas as características, as equipes de trabalho incluindo os produtos e atividades a ser desenvolvidas configura-se o momento de execução completa do projeto pelo GTERF.

# Capítulo 4

## m-Labs e *blackbox*

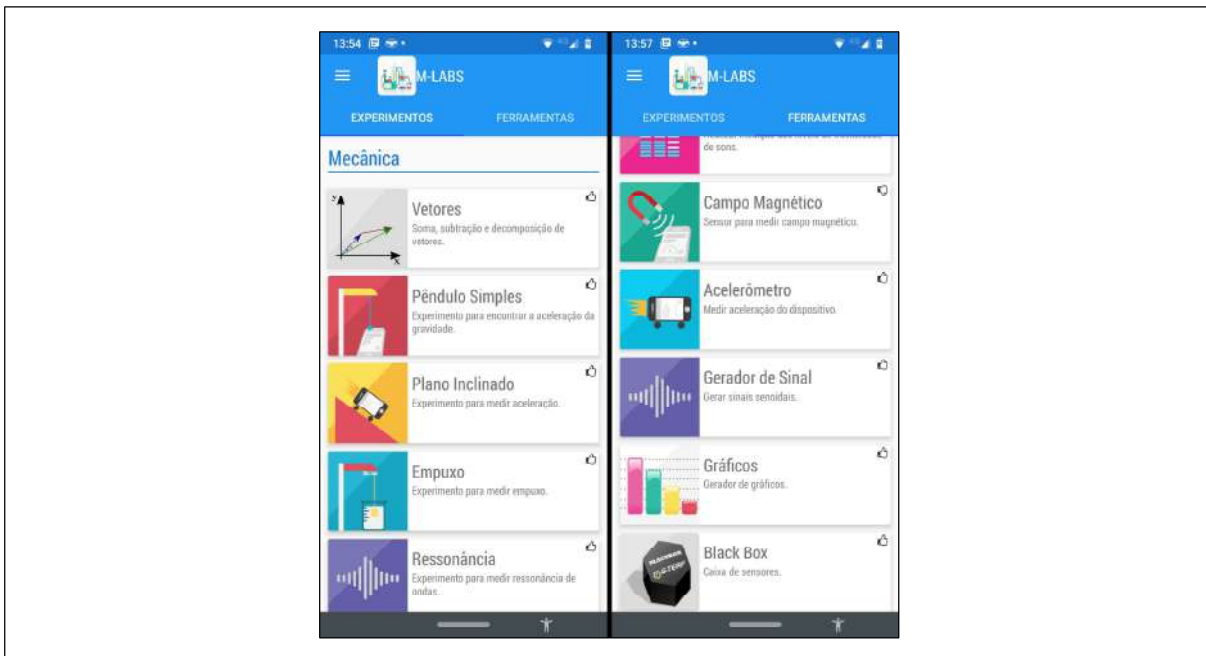
A concepção de um produto que venha a suprir as demandas de um modelo de ensino *m-learning* e que pode diminuir um gargalo do ensino a distância no Brasil deu origem ao projeto apresentado no capítulo 3. Este um produto deve atender as demandas do ensino presencial, do ensino a distância e consolidar-se como um objeto virtual de aprendizagem com ênfase na experimentação e autonomia na construção de conhecimento colocando o uso das TDICs como ferramenta essencial nesse processo. O projeto tem como resultado um aplicativo de *smartphone* de uso intuitivo e que pode ser utilizado em qualquer aparelho com sistema operacional Android. Este aplicativo tem uma interface amigável e agrega uma objetividade no uso que transforma o seu manuseio em uma experiência simples através de dois grandes grupos de atividades nos quais o estudante pode realizar atividades através de experimentos propostos ou realizar experimentações livres através de dados coletados pelo dispositivo móvel. Essa tecnologia é o resultado da execução do projeto m-Labs e resultou em um produto que oferece um uso mais eficiente das TDICs no campo das atividades práticas de coleta de dados de grandezas físicas.

### 4.1 Apresentação do aplicativo

As tendências contemporâneas no desenvolvimento de aplicativos exigem o desenvolvimento de uma interface gráfica limpa e amigável. Atendendo a estas exigências, o aplicativo desenvolvido pelo GTERF, de nome m-Labs, possui uma apresentação gráfica em consonância com estes requisitos exibindo poucas informações textuais

nas suas telas de opções para atividades experimentais tornando a navegação uma experiência agradável e intuitiva. O m-Labs foi pensado de modo a colocar ênfase nas atividades práticas e no uso da aplicação sem deixar de lado a fluidez no uso. Com esse intuito, a tela inicial do aplicativo oferece dois grandes grupos de aplicações disponibilizadas em abas de opções horizontais rotuladas “EXPERIMENTOS” e “FERRAMENTAS” localizadas na parte superior da tela inicial do aplicativo, conforme indica a figura 4.1. Este *layout* minimalista mantém o foco de utilização no que realmente importa que é o uso experimental da ferramenta.

FIGURA 4.1. Telas iniciais do m-Labs

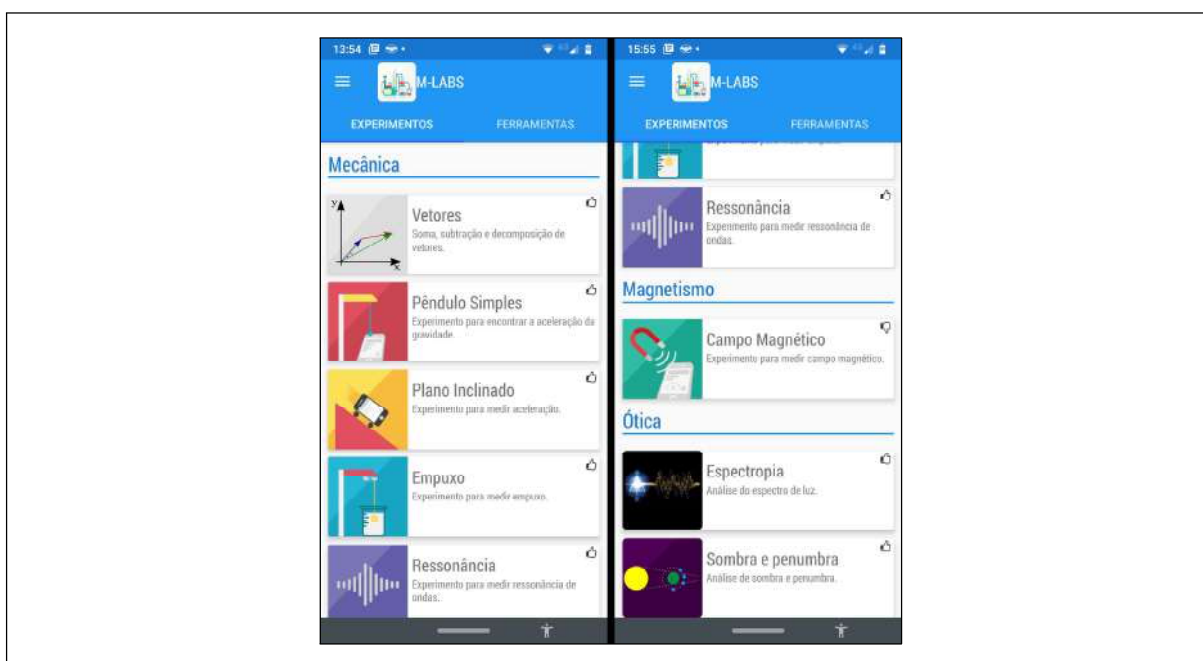


Fonte: Autor (2019)

A falta de objetividade na apresentação das funcionalidades de um aplicativo pode tornar seu uso confuso e desestimulante. Assim a produção de uma estrutura de navegação eficaz, com a apresentação das atividades fins do aplicativo, deve ser rapidamente identificada pelo usuário. Neste sentido, experimentações são sugeridas na tela inicial da aplicação convidando o usuário de início a se aprofundar no uso do equipamento. Desta forma o estudante já se apropria de alguns conceitos físicos importantes ao mesmo tempo em que se habitua com alguns de seus comandos, funcionalidades e interface do aparelho, sendo esta desenvolvida de modo a intuir uma

navegação objetiva e com uso eficiente dos recursos explorando, desde o primeiro contato, algumas de suas funcionalidades. Assim, a inicialização do aplicativo por si só já constitui um atrativo para uma exploração da ferramenta. Desenvolvido para manter o usuário estimulado a navegar no aplicativo. A primeira tela que aparece ao usuário disponibiliza as opções da aba "EXPERIMENTOS". As possibilidades de atividades nessa aba ocorrem por uma rolagem vertical da tela e o usuário pode escolher entre experimentos de três áreas distintas da física, conforme figura 4.2.

FIGURA 4.2. Áreas da física e seus experimentos sugeridos

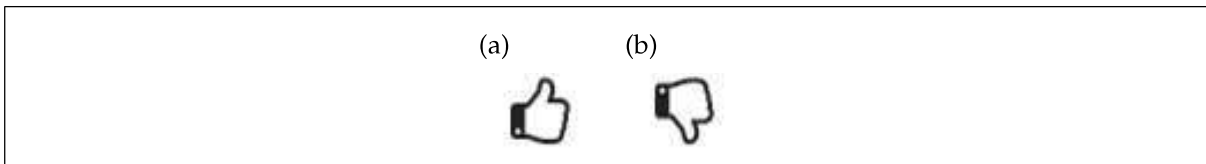


Fonte: Autor (2019)

Uma rápida rolagem pela aba "EXPERIMENTOS" e o estudante já tem ao seu alcance a possibilidade de, a um toque, acessar atividades práticas guiadas relacionadas às áreas de mecânica, magnetismo e ótica organizadas numa estrutura de cartões onde cada cartão oferece uma prática experimental. No primeiro contato visual o estudante se depara com oportunidade de aprendizado na área de mecânica na qual são disponibilizadas atividades que contemplem algumas subáreas da física com experimentos na área de oscilações, a partir de uma proposta de atividade de pêndulo simples. No intuito de variar o cardápio de atividades imediatamente abaixo surge a proposta de explorar outro ramo da mecânica com a oferta de um experimento na

área da cinemática, com a sugestão de explorar medições no plano inclinado. Nessa mesma linha ofertam-se, na sequência, práticas nas áreas de fluidos e acústica através de acesso aos experimentos de Empuxo e Ressonância, respectivamente. Rolando a tela um pouco mais abaixo muda-se de área na física surgindo uma proposta em torno de um dos campos mais interessantes da física, o magnetismo, com o experimento de campo magnético no qual é feita a medição do campo magnético no interior de um solenóide. Dando seguimento na tela o estudante adentra as opções no campo da ótica onde duas propostas são ofertadas, sendo uma no âmbito da ótica ondulatória com o experimento de espectroscopia e o a outra no campo da ótica geométrica com o experimento de sombra e penumbra conforme mostra a oferta de cartões dos experimentos propostos na figura 4.2. Considerando a existência de distintos modelos de *tablets* e *smartphones* no mercado sendo que alguns sensores podem não estar disponíveis em determinados modelos foram implementados dois ícones indicando a viabilidade de execução de cada experimento com base na disponibilidade do sensor no dispositivo móvel. Estes ícones localizam-se no canto superior direito do cartão de cada expe-

FIGURA 4.3. Ícones de viabilidade de utilização da atividade onde o item 4.3a indica a viabilidade de utilização da atividade e o item 4.3b indica sua inviabilidade.



Fonte: Autor (2019)

rimento indicando a disponibilidade de realização ou não do experimento conforme indicado na figura 4.4 que mostra se o aparelho está apto ou não a realizar aquela atividade.

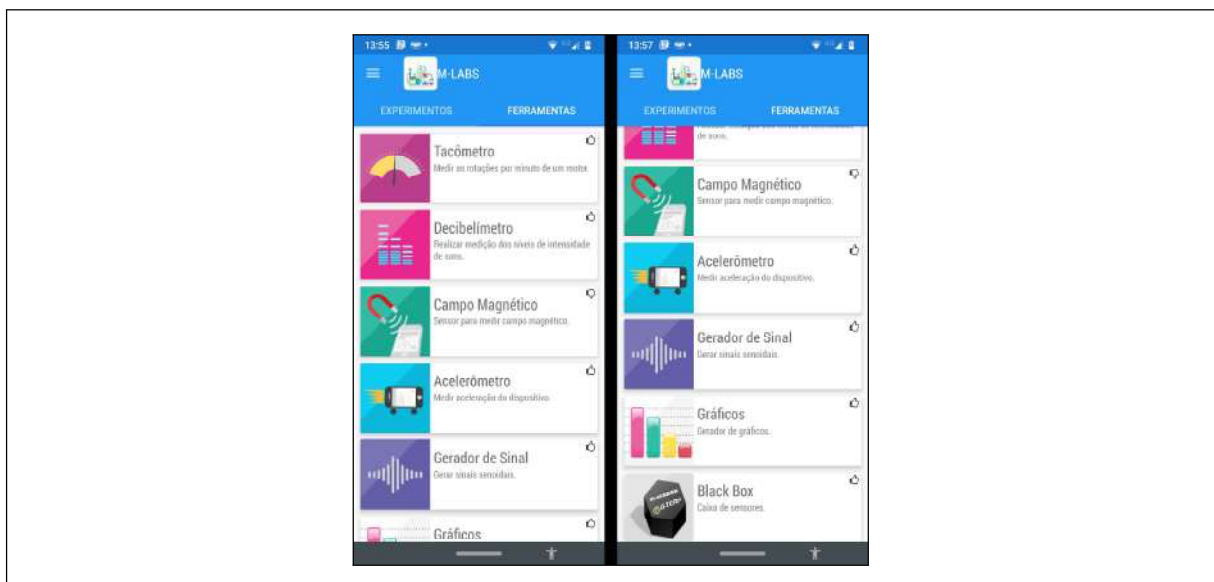
FIGURA 4.4. Cartões de experimentos com sua respectiva viabilidade



Fonte: Autor (2019)

A aba “FERRAMENTAS” apresenta-se ao usuário como a próxima opção de navegação na tela inicial do aplicativo oferecendo a oportunidade de construção autônoma do aprendizado nos moldes discutidos nas seções anteriores. Esta aba dá acesso direto aos sensores disponíveis no *smartphone* e exibe os resultados ao usuário oportunizando a experimentação livre do fenômeno de interesse do usuário. As ferramentas disponibilizadas associadas aos sensores do aparelho são o tacômetro, que determina a frequência de um corpo ao passar próximo ao aparelho; um decibelímetro, que mede os níveis de intensidade sonora no ambiente; um medidor de campo magnético que mede a intensidade do campo magnético presente nas proximidades do aparelho e um acelerômetro que mede a aceleração ao qual está submetido o dispositivo.

FIGURA 4.5. Ferramentas de experimentação livre disponibilizadas ao usuário



Fonte: Autor (2019)

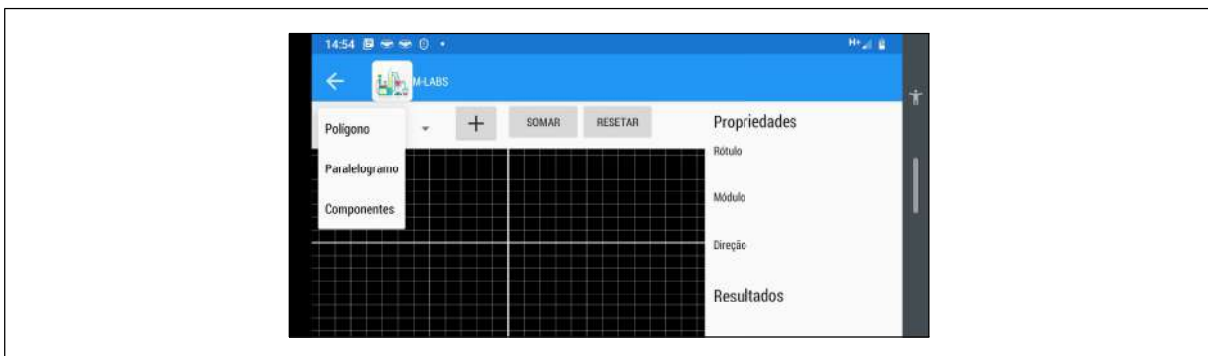
Uma completa proposta de laboratório deve contemplar não apenas a coleta de dados mas também a utilização de instrumentos que permitam sua interpretação. Nesse sentido o aplicativo oferece ao usuário mais do que somente o acesso aos sensores do dispositivo móvel. Um módulo de tratamento de dados foi desenvolvido com as ferramentas estatísticas mais utilizadas no laboratório didático de física. Existem ainda as funcionalidades de um gerador de sinal sonoro, um gerador de gráficos e acesso à caixa de sensores *blackbox*. Assim como na aba “EXPERIMENTOS” é sinali-

zado ao usuário a disponibilidade de utilização da ferramenta indicada no cartão do aplicativo. Uma abordagem das funcionalidades do aplicativo será feita nas seções que seguem mas já é possível vislumbrar que as atividades e ferramentas oferecidas fazem do m-Labs um objeto de aprendizagem experimental completo que pode utilizado em diversos espaços de ensino contemplando vários modelos de aprendizagem.

## 4.2 Experimentos sugeridos

No intuito do estudante identificar as funcionalidades de uso e se aproprie de um manuseio efetivo do produto a primeira tela apresentada ao usuário oferece um cardápio de atividades experimentais agrupadas na aba “EXPERIMENTOS”. As atividades dessa aba são atividades guiadas com exceção da atividade “vetores” que na sua essência é um simulador virtual, como apresentado na figura 4.6. Esta atividade foi inserida nesta aba por ser um conteúdo base para boa parte dos temas abordados e que apresenta grande dificuldade de aprendizado por uma parcela considerável dos estudantes, principalmente quando ocorre a necessidade de realizar somas vetoriais.

FIGURA 4.6. Tela inicial da atividade “vetores”



Fonte: Autor (2019)

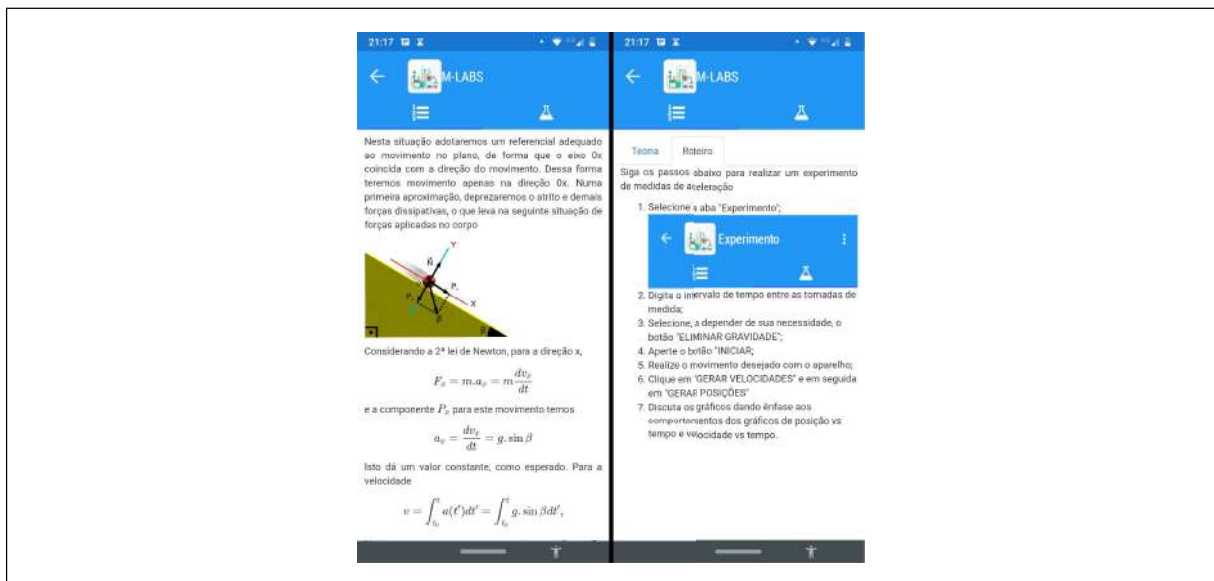
Dessa forma o m-Labs oferece uma vivência com um objeto virtual de aprendizagem de modo a minimizar a dificuldade em visualizar e obter resultados com a soma de vetores oferecendo uma atividade que contempla a possibilidade de explorar livremente a soma por três métodos distintos (método do polígono, método do paralelogramo ou método da soma por componentes) com a oportunidade do estudante



identificar padrões e características desta operação familiarizando-se com o conteúdo e maneira simples e interativa na tela do *smartphone*.

As demais atividades sugeridas nesta aba atuam na perspectiva de produção de atividades experimentais guiadas. Assim o m-Labs pressupõe a realização de uma abordagem na qual o usuário tenha contato com questões específicas sobre aquele tema, sejam elas relativas ao procedimento experimental ou aspectos teóricos que precisam ser discutidos. No que tange os aspectos teóricos a serem discutidos, ou que fundamentam o procedimento experimental, estes recebem um tratamento resumido e direcionado, no próprio aplicativo, juntamente com um roteiro de atividades nas telas iniciais de cada proposta de experimento como pode ser visto na figura 4.7.

FIGURA 4.7. Telas iniciais do experimento “plano inclinado” contendo introdução teórica e roteiro de medidas



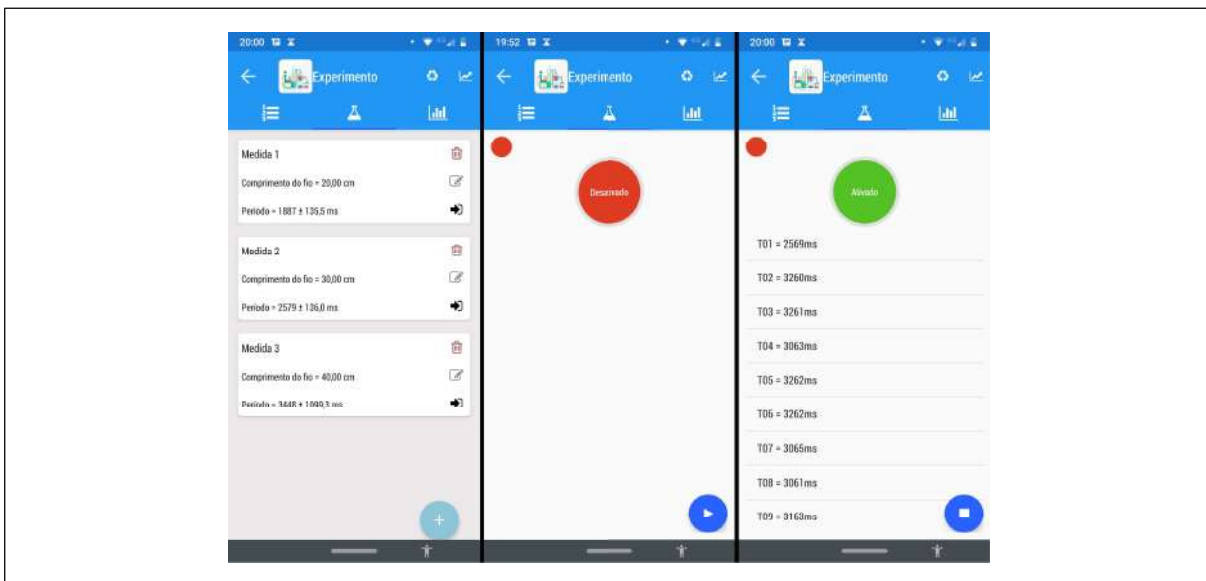
Fonte: Autor (2019)

À vista disso, o aplicativo apresenta a funcionalidade da introdução teórica do experimento no intuito de fornecer ao estudante uma contextualização da atividade e estabelecer um referencial teórico que tenha ênfase na parte do conteúdo que será utilizada durante o procedimento experimental e que funcione como organizador prévio com a finalidade de iniciar uma mobilização dos subsunçores associados àqueles conceitos. Destacam-se aí os elementos teóricos que serão utilizados para a coleta e

tratamento dos dados.

A coleta dos dados e o tratamento dos dados constitui uma etapa na qual o estudante terá contato com as telas e comandos de medidas do instrumento além de conhecer as ferramentas de tratamento de dados instrumentalizadas na aplicação. O primeiro contato com os comandos de medidas já é feito na tela de roteiro experimental, na qual o usuário é orientado a preparar a experimentação e os comandos de aquisição de dados são apresentados iniciando o estudante na ambientação operacional da ferramenta. As telas de medidas são desenvolvidas de modo a conduzir o estudante durante, e exclusivamente, na aquisição de dados enfatizando apenas a coleta dos dados com a apresentação dos resultados coletados, como pode ser visto na figura 4.8, mantendo o aprendiz concentrado apenas no procedimento experimental sem permitir que o usuário utilize estes dados já coletados.

FIGURA 4.8. Telas de aquisição de dados do experimento de pêndulo simples

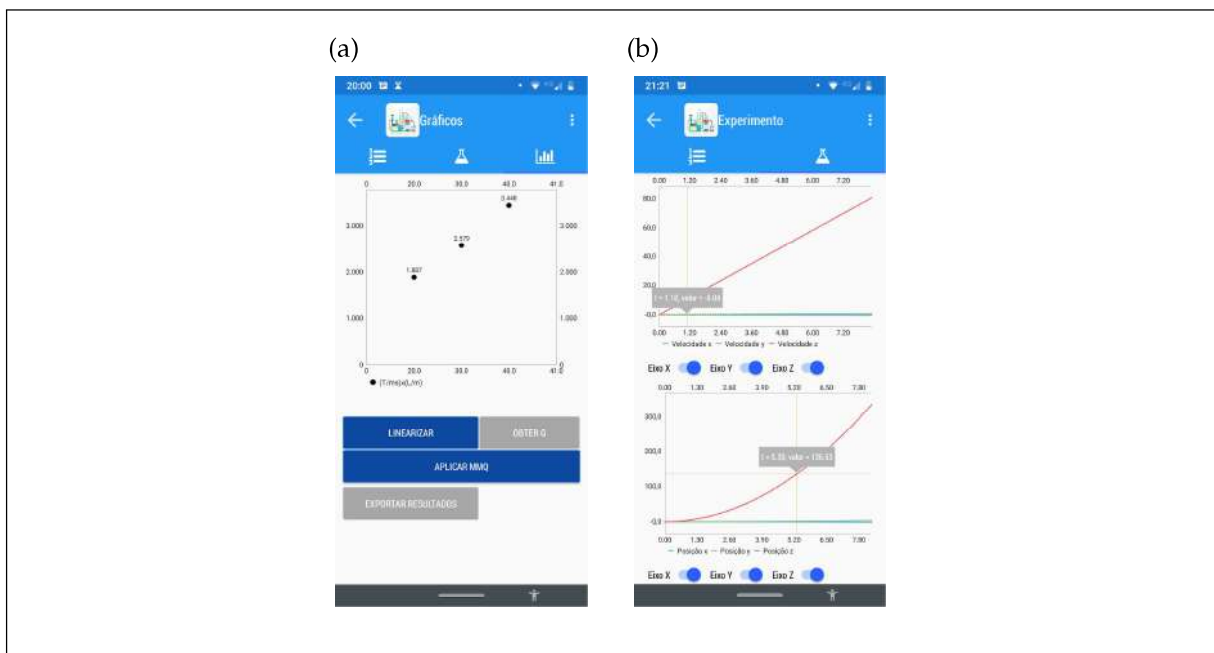


Fonte: Autor (2019)

As ferramentas de análise dos resultados experimentais constituem um diferencial na proposta m-Labs. Estas ferramentas potencializam a interpretação das medidas e dão significado concreto com validação matemática dos resultados obtidos nas medições. Entende-se que ao navegar nesta aba “EXPERIMENTOS” o estudante ainda não tenha pleno conhecimento das possibilidades de uso e, por conseguinte, domínio

do instrumental disponibilizado sendo assim, pertinente que o tratamento de dados, nesta etapa, seja direcionado pelo aplicativo com a inserção automática dos dados coletados na ferramenta adequada. Por se tratar de medidas, as aplicações, em sua maioria direcionam os dados para a construção de gráficos, como pode ser visto na figura 4.9.

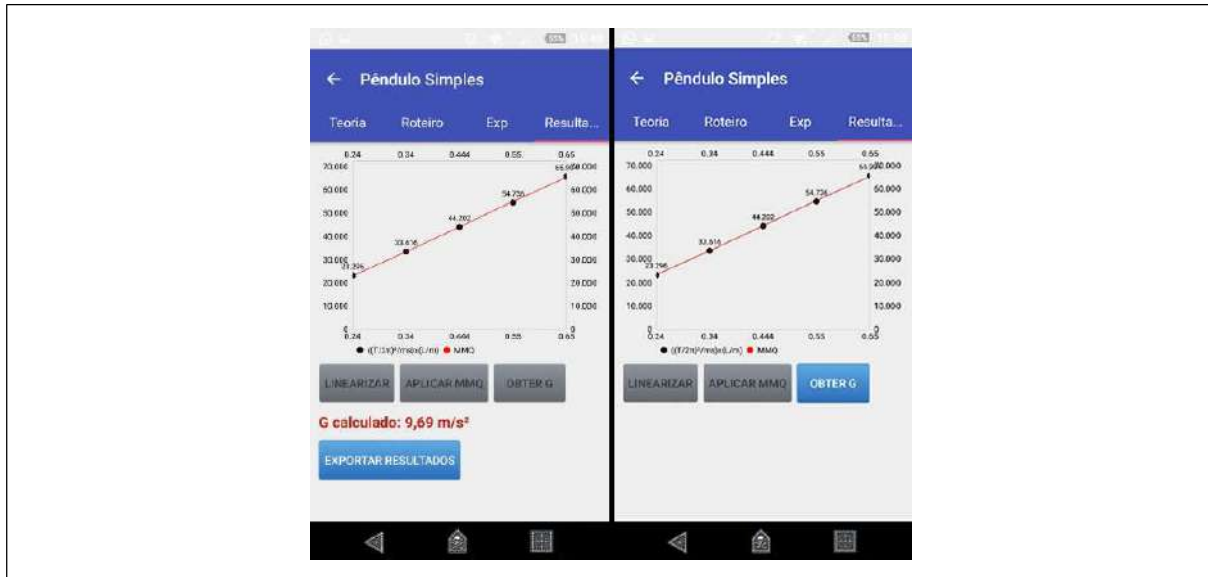
FIGURA 4.9. Telas com gráficos dos experimentos de pêndulo simples (figura 4.9a) e do experimento de plano inclinado (figura 4.9b).



Fonte: Autor (2019)

O avanço para a próxima dinâmica das atividades experimentais apresenta ao estudante uma ferramenta diferenciada no estudo de atividades experimentais utilizando dispositivos móveis como objeto de aprendizagem. O tratamento dos dados obtidos nos experimentos permite ao investigador construir ou validar modelos teóricos e tirar conclusões adicionais e complementares sobre a natureza do fenômeno. Com esse olhar inquiridor sobre a natureza foi implementado um módulo de tratamento de dados no m-Labs ofertando ao estudante, já no próprio resultado da medida informações como a média e desvio padrão da média ou desvio da medida, como podemos ver na figura 4.10.



FIGURA 4.10. Tela de tratamento de dados do experimento do pêndulo simples com interpolação gráfica pelo método dos mínimos quadrados e obtenção do valor local pra aceleração da gravidade na cidade de Cruz das Almas.









Fonte: Autor (2019)

A concepção do modelo de oferta da aba “EXPERIMENTOS” contempla os aspectos necessários para que o utilizador do aplicativo tenha uma experiência diferenciada no uso do seu *smartphone* ou *tablet* como ferramenta de aprendizagem. A proposta de atividades com uma oferta de conteúdo, procedimento experimental e a devida conclusão da atividade com o tratamento dos dados coletados fornece um instrumental completo para uma aprendizagem significativa dos temas propostos. Os experimentos ofertados contemplam diversas áreas da física e permitem uma interação diferenciada com os temas propostos. Apresentamos na tabela 4.1 um quadro completo os experimentos ofertados nesta aba.

TABELA 4.1. Conjunto de atividades propostas na aba “EXPERIMENTOS” com suas breves descrições.

Cartão	Experimento	Descrição
	Simulador de soma vetorial	Realiza a soma de vetores no plano podendo ser utilizadas as regras do polígono, paralelogramo ou por componentes dos vetores
	Pêndulo Simples	Obtém o valor local da aceleração da gravidade a partir da análise das oscilações um pêndulo simples

Continuação da tabela 4.1		
Cartão	Experimento	Descrição
 Plano Inclinado Experimento para medir aceleração	Plano inclinado	Realiza um estudo gráfico dos valores de aceleração, velocidade e posição de um movimento que ocorre ao longo de um plano inclinado
 Empuxo Experimento para medir empuxo	Empuxo	Utiliza submersão total de um corpo em um fluido com o objetivo de determinar a densidade do fluido em uso.
 Ressonância Experimento para medir ressonância de ondas	Ressonância acústica	realiza a medida de intensidades de ondas sonoras em ressonância no interior de um tubo para determinar seu comprimento de onda e, a partir deste, a velocidade do som no ar
 Campo Magnético Experimento para medir campo magnético	Campo magnético de solenóide	submete o <i>smartphone</i> no interior e realiza medidas com alterações de parâmetros como corrente elétrica com o objetivo de determinar a permeabilidade magnética do meio
 Espectroscopia Analisador de espectro de luz	Espectroscopia	realiza a captura de uma luz oriunda de uma rede de difração que permite identificar o elemento químico através de sua assinatura óptica
 Sombra e penumbra Analisador de sombras e penumbra	Sombra e penumbra	Realiza a varredura da intensidade luminosa emitida por duas fontes de luz no interior de uma numa caixa de modo a identificar os pontos de formação das regiões de sombra e penumbra

Fonte: Autor (2019)

As atividades experimentais de física usualmente acontecem em um ambiente controlado, o laboratório didático das disciplinas o que transmite uma percepção de unicidade deste território de aprendizagem. Contudo a execução destes experimentos via m-Labs fora deste ambiente controlado projeta a possibilidade de uso do *smartphone* para a realização de medidas em quaisquer outros ambientes.

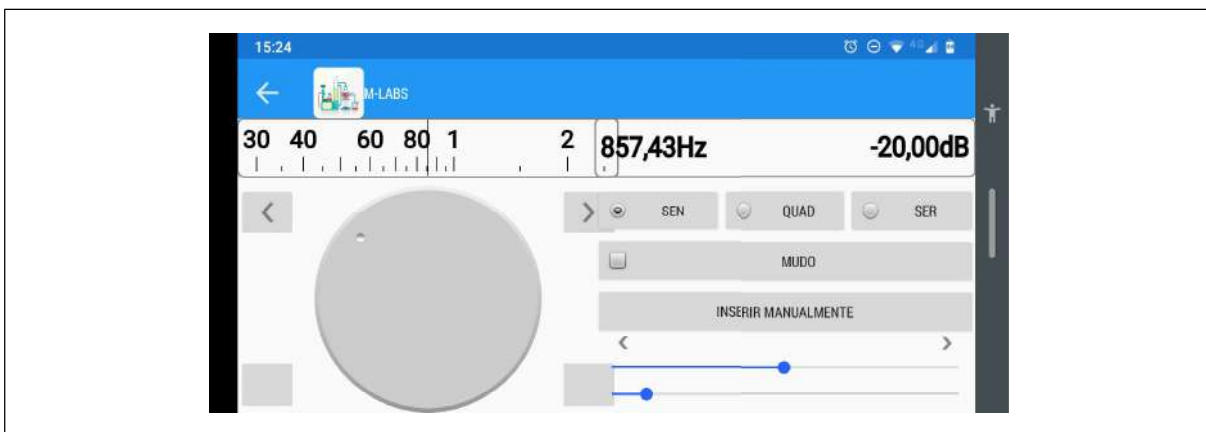
### 4.3 Ferramentas de autonomia no aprendizado

A utilização de um *tablet* ou *smartphone* para a realização de práticas de física, com resultados quantitativos, em qualquer ambiente e com a utilização de materiais simples para suporte a estas atividades desperta a possibilidade de um outro uso da

tecnologia embarcada nestes aparelhos, um uso irrestrito destes sensores. Visando esta utilização mais ampla dos sensores disponíveis nos aparelhos e já de posse do mecanismo de acesso a estes sensores pelo desenvolvimento do projeto é disponibilizada a aba “FERRAMENTAS” que dá acesso direto às informações fornecidas pelos sensores do aparelho. Esta aba aparece na primeira tela do aplicativo e a rolagem vertical da tela dá acesso a estas ferramentas de medição, conforme figura 4.5 apresentada anteriormente. Estes instrumentos colocam a experiência do exercício da investigação livre num patamar acessível de ferramentas para a construção autônoma do conhecimento.

Esta miscelânea de instrumentos visa expandir o processo de ensino e aprendizagem numa integração entre teoria e prática com resultados imediatos através da possibilidade de uso associado destas ferramentas já que, para além dos sensores utilizados na aba “EXPERIMENTOS” foi oferecido trânsito a outras funcionalidades que estavam embarcadas dentro das aplicações daquela aba e não eram acessíveis fora do escopo da atividade proposta, como o acesso completo ao tacômetro, decibelímetro, gerador de sinal de audiofrequência.

FIGURA 4.11. Tela com aplicação do gerador de audiofrequência



Fonte: Autor (2019)

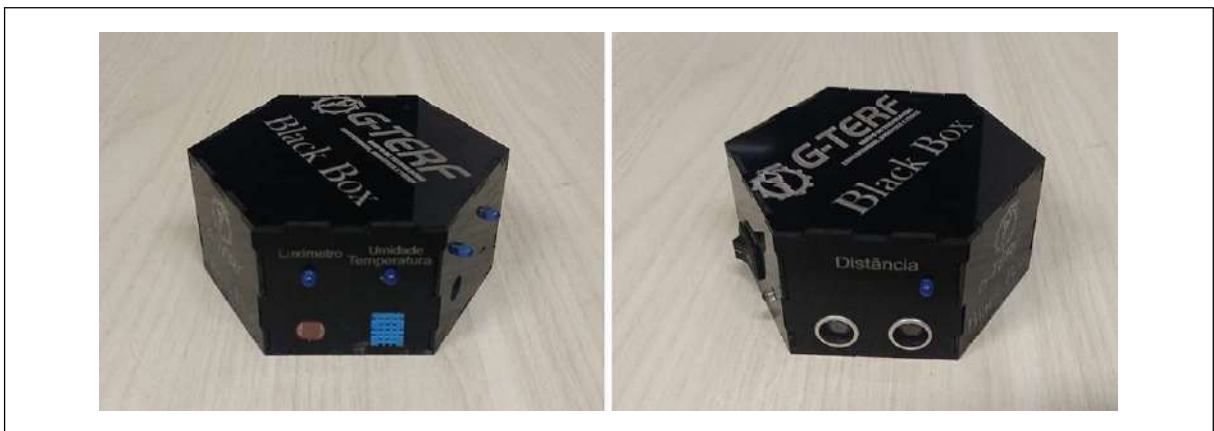
Dada a característica quantitativa de aquisição de dados do m-Labs, os resultados obtidos a partir das medições com o uso das ferramentas podem ser analisadas com o acesso ao módulo de tratamento de dados desenvolvido na aplicação que é acessado pelo cartão “Gráficos”. Esta funcionalidade permite a plotagem de dados e



a utilização de ferramentas estatísticas para o tratamento destes dados como média, desvio padrão, interpolações além de viabilizar alterações nas escalas de plotagem dos dados para escalas logarítmicas, cuja utilização pode viabilizar a utilização de métodos lineares de interpolação potencializando uma melhor interpretação dos resultados experimentais.

Na concepção de que um laboratório mais completo de medições de grandezas físicas pode ser construído, a conectividade e capacidade de processamento dos *tablets* e *smartphones* foram utilizadas para aumentar as possibilidades de aquisições de dados de modo que novas grandezas físicas possam ser medidas com auxílio do dispositivo móvel ou até mesmo na garantia de manutenção da capacidade de utilização do *smartphone* nessa perspectiva já que alguns sensores já não são disponibilizados em alguns aparelhos. Assim surge um módulo externo de aquisição de dados denominado *blackbox*.

FIGURA 4.12. *blackbox* e alguns de seus sensores

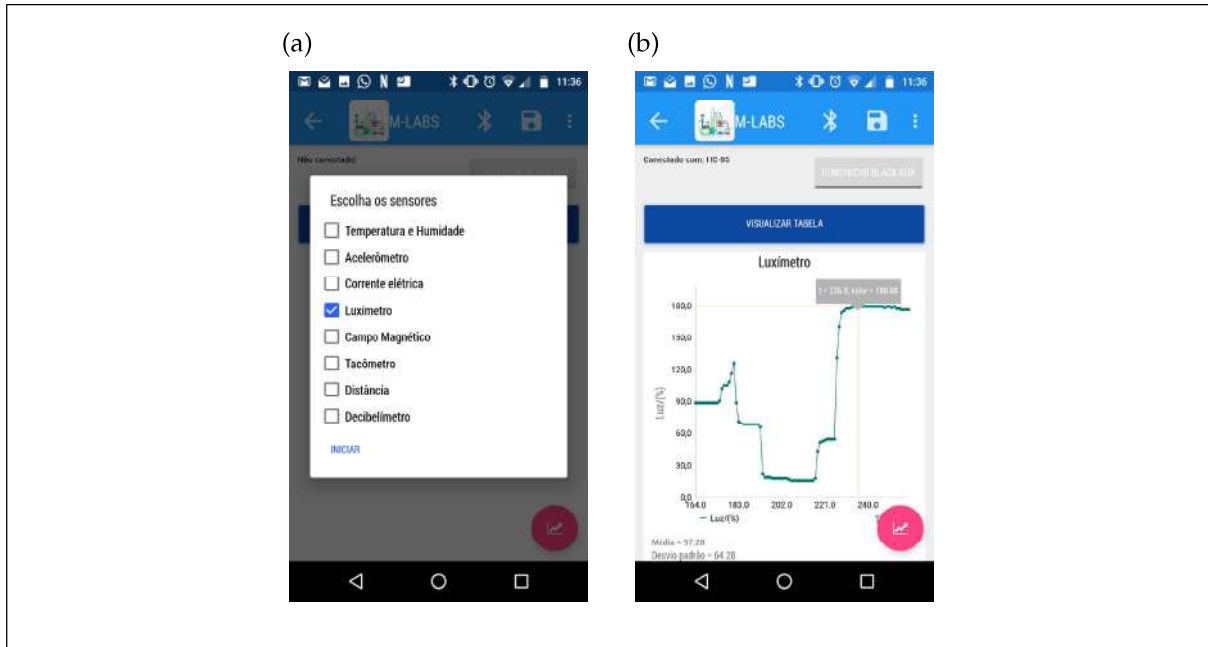


Fonte: Autor (2019)

A *blackbox* é construída a partir de uma tecnologia de código aberto composta de uma placa microcontroladora à qual foi agregada circuitos de sensores o que permite uma fácil expansão no leque de grandezas físicas coletadas pelo aplicativo dada a capacidade da *blackbox* em medir grandezas que não são possíveis através dos sensores embarcados nos dispositivos móveis como temperatura e umidade relativa do ar e distâncias, sendo esta última obtida por um sensor ultrassom que pode ser visualizado na figura 4.12. A conexão se dá pelo cartão da *blackbox* na aba “FERRAMENTAS” na

qual é disponibilizada uma lista com os sensores disponíveis.




FIGURA 4.13. Telas de interação do m-Labs com a *blackbox* apresentando o leque de sensores da *blackbox* ao usuário (figura 4.13a) e o resultado de medições feitas com o luxímetro (figura 4.13b)







Fonte: Autor (2019)

Os dados coletados pela *blackbox* são enviados para o m-Labs que utiliza o módulo de tratamento de dados e exibe os resultados em tempo real para o usuário até que este decida o momento de interromper a coleta dos dados. Assim sendo, a *blackbox* funciona como um complemento às ferramentas disponíveis nos aparelhos já que foram escolhidos, para a sua construção, sensores que usualmente não integram as plataformas dos *tablets* e *smartphones*. Um quadro resumo foi elaborado elencando as ferramentas de uso livre disponíveis no m-Labs.

TABELA 4.2. Conjunto de disponíveis na aba “FERRAMENTAS” com sua respectiva grandeza medida.

Cartão	Ferramenta	Função
 Tacômetro Mede as rotações por minuto de um motor.	Tacômetro	Mede a frequência com que um corpo passa em frente ao sensor de proximidade do aparelho
 Decibelímetro Realiza medição dos níveis de intensidade de sons.	Decibelímetro	Mede o nível de intensidade no ambiente a partir do microfone do aparelho
 Campo Magnético Sensor para medir campo magnético.	Magnetômetro	Mede a intensidade do campo magnético próximo ao <i>smartphone</i>



Continuação da tabela 4.2		
Cartão	Ferramenta	Função
	Acelerômetro	Mede a aceleração à qual o dispositivo está submetido em valores parametrizados em relação à aceleração gravitacional
	Gerador de sinal de áudio-frequência	Gera um sinal sonoro na frequência determinada pelo usuário
	Gerador de gráficos	gera gráficos a partir de valores inseridos pelo usuário nas variáveis independentes e dependentes
	<i>blackbox</i>	Fornece o acesso ao módulo externo de medidas a partir da conexão <i>bluetooth</i> para realização de medidas diversas.

Fonte: Autor (2019)

Estas ferramentas dão a percepção de uma nova metodologia a ser utilizada na execução de medições didáticas na disciplina de física viabilizando a modelagem matemática de um fenômeno físico ao tempo em que desperta no estudante a compreensão da heterogeneidade entre os modelos de comportamentos físicos apresentados nos livros *versus* os comportamentos aferidos no cenário real onde estão presentes os erros nas medidas lançando a necessidade de um instrumental de tratamento estatístico de dados. Assim o m-Labs a *blackbox* mostram-se como importantes aliados no atual cenário de educação num modelo *m-learning*.



## Capítulo 5

# Resultados e considerações finais

Os objetos virtuais de aprendizagem têm se consolidado como ferramenta indispensável de aprendizagem no mundo contemporâneo. Nesse cenário desenvolvimento do aplicativo m-Labs constitui um degrau significativo nos processos de ensino no contexto de uma educação 4.0 contribuindo de forma singular para uma aprendizagem significativa. Por constituir-se em um objeto virtual de aprendizagem que pode ser utilizado ora em atividades do ensino a distância quanto em vivências do ensino presencial ele demonstra grande versatilidade de uso incluindo a possibilidade de construção de metodologias voltadas para cursos de qualquer modalidade de ensino, sem perder qualquer funcionalidade no seu uso. Inserções desta ferramenta já foram realizadas por alguns docentes em cursos de graduação na área de tecnologias em universidades públicas nas atividades práticas dos laboratórios didáticos das disciplinas de física mostrando boa receptividade por parte dos seus estudantes.

A construção da ferramenta para ser utilizada em *tablets* e *smartphones* contemplam as demandas de um modelo de ensino pautado no *m-learning* com boa capilaridade entre os jovens, conforme identificado na introdução deste instrumento realizada com estudantes do ensino básico na disciplina de física do Instituto Federal de Educação, Ciência da Bahia – IFBA. O interesse dos jovens por esta tecnologia foi constatada pela procura considerável por este público durante a participação no 5º festival da juventude no qual o público do ensino básico demonstrou especial interesse na *blackbox*.

## 5.1 Resultados acadêmicos

A característica inovadora do projeto m-Labs teve seu potencial acadêmico amplamente explorado e produziu uma considerável produção acadêmica com relevantes trabalhos publicados em eventos nacionais e internacionais com artigos publicados, apresentações e capítulos de livros. As publicações seguem listadas.

Artigos completos publicados em periódicos:

- CARDOSO, A. L.; BARRETO, L. S. ; MELO, G. R. ; MASCARENHAS, R. M. ; PEREIRA, W. ; SANTO, E. E. . Pocket Labs: a proposal to experimentation in science and technology. Proceedings of EDULEARN15 Conference, v. 1, p. 5093-5099, 2015.

Capítulos de livros publicados:

- BARRETO, L. S. ; MELO, G. R. ; CARDOSO, A. L. . m-Labs: Laboratórios de Física em dispositivos móveis. In: Ariston de Lima CARDOSO; Adilson Gomes dos Santos; Eniel do Espírito Santo.. (Org.). Tecnologias e Educação Digital: diálogos contemporâneos. 1ed.Cruz das Almas: Ead UFRB, 2018, v. 1, p. 91-110.
- CARDOSO, A. L.; BARRETO, L. S. ; SANTO, E. E. . Objeto virtual de aprendizagem para experimentação científica numa dimensão M-learning.. In: Vitor Gonçalves, J. António Moreira; Ygor Corrêa.. (Org.). Educação e Tecnologias na Sociedade Digital. 1ed.Santo Tirso, Portugal: Whitebooks, 2019, v. , p. 201-.

Trabalhos completos publicados em anais de congressos:

- SANTO, E. E. ; CARDOSO, A. L. ; SILVA, A. G. ; FONSECA, K. Z. ; BARRETO, L. S. ; MASCARENHAS, R. M. . Open Educational Resources: initiatives towards culture implementation at a public university. In: UNESCO-UNIR ICT & Education Latam Congress, 2016, Bogotá. UNESCO-UNIR ICT & Education Latam Congress 2016. Logroño: Proceedings book, 2016. v. 2016. p. 70-76.

- PEREIRA, W. ; OLIVEIRA, C. J. ; CARDOSO, A. L. ; BARRETO, L. S. ; SANTO, E. E. ; FONSECA, K. Z. ; SILVA, A. G. . MLabs: uma proposta de experimento do pêndulo simples com dispositivo móvel no ensino da Física. In: XVI Workshop de Educação e Informática da ERBASE ( WEIBASE ), 2016, Maceió. Anais do XVI Workshop de Educação e Informática da ERBASE (WEIBASE). Maceió: IFAL, 2016. v. 1. p. 66-75.

Produtos tecnológicos:

- CARDOSO, A. L.; BARRETO, L. S. ; PEREIRA, W. ; OLIVEIRA, C. J. ; ANDRADE, M. S. ; SANTOS, R. O. ; NOGUEIRA, R. S. . Black box. 2017.

Trabalhos de Conclusão de Curso:

- Graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Título: M-LABS: LABORATÓRIOS PORTÁTEIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA. Orientado: William da Silva Pereira. Orientador: Ariston de Lima Cardoso.
- Graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Título: M-LABS: Proposta de laboratório de Física em dispositivos móveis. Orientado: Caíque Jhones de Oliveira. Orientador: Ariston de Lima Cardoso.



# Conclusão

As Tecnologias Digitais consolidaram-se como instrumentos indispensáveis nos mecanismos de aprendizagem vinculados ao cenário contemporâneo, sob a ótica de que as mesmas têm papel ativo nas demandas de mobilidade da sociedade contemporânea na medida que constituem-se importantes vetores de acesso a conteúdo e interação social nos diversos territórios estabelecidos no mundo moderno, sejam eles virtuais ou concretos. Agregado a este contexto encontram-se as demandas de mobilidade e entre estes territórios projetando o modelo de aprendizado na perspectiva *m-learning*. Estes ingredientes semeiam um vasto campo, ainda pouco explorado, de oportunidades de desenvolvimento e interação com novas ferramentas de aprendizagem que façam a conexão entre todos estes ramos integrando-os na percepção de formação integral de construção do conhecimento.

Esta lacuna formada pela ausência de instrumentos que façam esta conexão, no campo das medições de grandezas físicas, é preenchida pelo m-Labs, uma vez que o aplicativo transforma os *tablets* e *smartphones* em verdadeiros laboratórios portáteis permitindo aos estudantes vivenciar um novo modelo de interação com os fenômenos físicos, tornando a experimentação e investigação destes um processo dinâmico e mais qualificado. No uso deste objeto virtual de aprendizagem, o utilizador pode explorar na plenitude a mobilidade no aprendizado, já que qualquer ambiente pode se tornar um objeto de estudo bastando para isso inicializar o aplicativo e começar o processo de medidas através dos sensores do seu dispositivo móvel. Os resultados podem ser analisados através de ferramentas dentro da própria aplicação. Esta característica permite não só a investigação livre, por meio de uma educação informal mas também pode ser utilizada nos espaços formais de aprendizagem como suporte em atividades presenciais nas salas de aulas.

Embora seja uma ferramenta com bastante recursos, o m-Labs também oferece oportunidades de aprimoramentos e de desenvolvimentos futuros com recursos adicionais associados a gameficação, tornando a experiência de uso do aparelho ainda mais cativante. O desenvolvimento da aplicação em outras plataformas como o sistema operacional para iPhone (*iPhone Operational System – IOS*); a integração com outros objetos virtuais como o *Moodle* ou ainda a expansão do conjunto de sensores do módulo externo agregando novas funcionalidades à *blackbox*. Não obstante os aprimoramentos que ainda possam ser feitos o m-Labs com seu uso associado à *blackbox* constituem um instrumento de inestimável valor agregado ao contexto da educação contemporânea.

Fim.



## Referências Bibliográficas

- AL-EMRAN, M.; ELSHERIF, H. M.; SHAALAN, K. Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education. *Computers in Human behavior*, Elsevier, v. 56, p. 93–102, 2016.
- ALVES, P. *Como funcionam os sensores de proximidade*. 2013. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2013/12/como-funcionam-os-sensores-de-proximidade.html>>.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.
- BARRETO, L. S.; MELO, G. R.; CARDOSO, A. L. m-labs: Laboratórios de física em dispositivos móveis. In: *Tecnologias e Educação Digital: Diálogos Contemporâneos*. Cruz das ALmas: Ed. UFRB, 2018.
- BEOM, D.-H. S. Y.-J. S. H. C. K. Smartphones as smart pedagogical tools: Implications for smartphones as u-learning devices. *Computers in Human Behavior*, v. 27, n. 6, p. 2207–2214, 2011.
- BRASIL. *Constituição da república federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. *Base nacional comum curricular*. Brasília, DF: Ministério da educação, 2017.
- BRASIL. *lei nº 9394/1996*. Brasília, DF: Brasília, 2018.
- CARDOSO, A. de L.; BARRETO, L. S.; MELO, G. R.; MASCARENHAS, R. M.; PEREIRA, W.; SANTO, E. E. Pocket labs: a proposal to experimentatio in science and technology. In: *Proceedings of EDULEARN15 conference*. Barcelona: [s.n.], 2015. v. 1, p. 5093–5099.
- CARDOSO, A. de lima; BARRETO, L. S.; SANTO, E. E. Objeto virtual de aprendizagem para experimentação numa dimensão m-leraning. In: *Educação e tecnologias na sociedade digital*. Tirso, Portugal: wh!tebooks, 2019.
- DIAS-TRINDADE, S.; CARVALHO, J. R. de. *História, tecnologias digitais e mobile learning: ensinar História na era digital*. [S.l.]: Imprensa da Universidade de Coimbra/-Coimbra University Press, 2019.
- GERSTEIN, J. Moving from education 1.0 through education 2.0 towards education 3.0. *Experiences in Self-Determined Learning*, p. 83–98, 2014.

- GOMES, M. J. E-learning: reflexões em torno do conceito. Universidade do Minho. Centro de Competência do Projecto Nónio Século XXI, 2005.
- HAESBAERT, R. Da desterritorialização à multiterritorialidade. *Boletim Gaúcho de Geografia*, v. 29, n. 1, 2005.
- HWANG, T.-T. W. Y.-J. C. G.-J. Ubiquitous computing technologies in education. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, v. 5, n. 4, p. 1–4, 2007.
- LAB, P. *Foldable Spectrometry Starter Kit*. 2017. Disponível em: <<https://publiclab.org/notes/abdul/10-19-2016/foldable-paper-spectrometer-instructions>>.
- LEMOS, A. *Ciberespaço e tecnologias móveis: processos de territorialização e desterritorialização na cibercultura*. Livro da XV COMPÓS. Porto Alegre: Sulina, 2007.
- LIU, G.-J. H. G.-Z. A key step to understanding paradigm shifts in e-learning: towards context-aware ubiquitous learning. *British Journal of Educational Technology*, v. 41, n. 2, p. E1–E9, 2010.
- MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.
- MUROFUSHI, J. E.; BARRETO, M. A. Educação 4.0 na engenharia: percepção dos docentes de 3 universidades brasileiras. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 15255–15266, 2019.
- PIAGET, J. *Seis Estudos de psicologia*. Rio de Janeiro: Forense, 1969.
- PUNCREOBUTR, V. Education 4.0: New challenge of learning. *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, v. 2, n. 2, 2016.
- QUINTA, M. R.; LUCENA, F. N. de. Problemas e soluções em u-learning e a adaptação de conteúdo de objetos de aprendizagem para diferentes dispositivos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2010. v. 1, n. 1.
- RUSHBY, N. Editorial. *British Journal of Educational Technology*, v. 36, n. 5, p. 709–710, 2005.
- SCHIRLO, S. de Carvalho Rutz da S. A. C. Teoria da aprendizagem significativa de ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. *Imagens da educação*, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2010.
- TSENG, S. Y. T. O. S.-S. Context-aware and ubiquitous learning. *Educational Technology & Society*, v. 11, n. 2, p. 1–2, 2008.
- VALENTE, J. A. *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em revista*, Curitiba, ed. especial, n. 4, p. 79–97, 2014.

