

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Informática  
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação**

**Gerson Mauri Dallegrave de Almeida  
Leandro Chernij  
Lucas Salomão Spolaore**

**Apuê: Uma Plataforma Web para Educação de  
Ciências Experimentais baseada em Tecnologias  
Livres**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**CURITIBA  
2014**

**Gerson Mauri Dallegrave de Almeida  
Leandro Chernij  
Lucas Salomão Spolaore**

**Apuê: Uma Plataforma Web para Educação de  
Ciências Experimentais baseada em Tecnologias  
Livres**

Trabalho de Conclusão de Curso do Bacharelado em Sistemas de Informação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação.

**Orientador:** Prof. Dr. Leonelo Dell Anhol Almeida

**CURITIBA  
2014**

## RESUMO

ALMEIDA, Gerson M.D. de; CHERNIJ, Leandro; SPOLAORE, Lucas S.; Desenvolvimento de uma plataforma web para práticas laboratoriais de ciências experimentais utilizando tecnologias livres. 2014. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

Este trabalho descreve a especificação, projeto e desenvolvimento de uma plataforma web destinada à educação de ciências experimentais e composta somente por tecnologias livres. Essa plataforma, denominada Apuê, permite que alunos e professores interajam remotamente com experimentos científicos reais acoplados ao sistema. Ao final do desenvolvimento foi conduzido um estudo de caso com alunos e, a partir dos resultados obtidos, constatou-se que é possível desenvolver uma solução de baixo custo capaz de se tornar uma alternativa para a demanda por soluções que consigam, de maneira efetiva, criar uma extensão das aulas laboratoriais por meio da Internet.

**Palavras-chave:** Educação a Distância, Laboratório Remoto, Tecnologias Livres, Ciências Experimentais.

## **ABSTRACT**

ALMEIDA, Gerson M.D. de; CHERNIJ, Leandro; SPOLAORE, Lucas S.; Development of a web platform for laboratory classes of experimental sciences using free technologies. 2014. Monograph (Bachelor of Information Systems). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

This document describes the specification, project and development of a web platform for experimental sciences education and based only on free technologies. This platform, called Apuê, allows students and teachers to remotely interact with physical scientific experiments coupled to the system. At the end of the development, a case study was conducted with students and, the obtained results indicate that it is possible to develop a low cost solution capable of being an alternative to the lack of solutions that manage to, in an effective way, create an extension of laboratory classes through the Internet.

Keywords: Distance Learning, Remote Laboratory, Free Technologies, Experimental Sciences.

## **AGRADECIMENTOS**

Sabendo que este documento é resultado de uma trajetória que antecede a entrada na UTFPR, seria justo que nenhum agradecimento fosse negligenciado ou esquecido. Portanto, agradecemos primeiramente a todos que contribuíram e influenciaram direta, ou indiretamente, em nossa formação como alunos, filhos e cidadãos.

Agradecemos também aos alunos e professores que participaram dos testes e questionários aplicados, os quais provaram ser de grande valia para os resultados encontrados a partir deste trabalho; ao professor Rodrigo Ricetti, cujo material generosamente cedido ao projeto foi determinante para o desenvolvimento do mesmo; ao aluno e colega Washington Máverick, pelas contribuições.

Gostaríamos ainda de agradecer, em especial, ao professor Leonelo Dell Anhol Almeida cujo auxílio, contribuições teóricas e técnicas, e, principalmente, companheirismo foram essenciais para a elaboração deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do Projeto.....	16
Figura 2 - Arduino UNO .....	22
Figura 3 - Integração Middleware/Arduino/Experimento. ....	30
Figura 4 - Escolha de funcionalidades entre os alunos do ensino médio presencial e ensino médio EAD.....	37
Figura 5 - Escolha de funcionalidades entre os alunos do ensino superior e professores sobre as funcionalidades disponíveis aos alunos. ....	38
Figura 6 - Caso de uso Aluno .....	44
Figura 7 - Caso de uso Professor .....	45
Figura 8 - Caso de uso Professor e Experimento .....	46
Figura 9 - Experimento de força centrípeta.....	47
Figura 10 - Arduino com o <i>Shield</i> e suas conexões.....	49
Figura 11 - Esquemático do circuito.....	50
Figura 12 - Estrutura tradicional de uma aplicação no Sakai.....	56
Figura 13 - Estrutura do módulo Apuê no Sakai .....	57
Figura 14 - Tela principal do Apuê.....	59
Figura 15 - DER do Banco de Dados.....	62
Figura 16 - Diagrama tecnologias utilizadas .....	63
Figura 17 - Mapa Agendar Experimento .....	64
Figura 18 - Mapa Execução do Experimento .....	65
Figura 19 - Mapa Professor Cadastrando Experimento .....	66
Figura 20 - Diagrama de Sequência .....	67
Figura 21 - Diagrama de Componentes do Sistema como um todo .....	68
Figura 22 - Diagrama de Classes da camada Controller. ....	69
Figura 23 - Diagrama de Classes da camada Model.....	70
Figura 25 - Tela Inicial de Agendamento de Sessão .....	72
Figura 26 - Tela de Agendamento de Experimento .....	72
Figura 27 - Tela Inicial de Cadastro de Experimento .....	72
Figura 28 - Tela de Cadastro de Experimento .....	73
Figura 29 - Tela Inicial de Cadastro de Dados de Entrada e de Saída .....	73

Figura 30 - Tela de Cadastro de Dados de Entrada .....	74
Figura 31 - Tela de Cadastro de Dado de Saída .....	75
Figura 32 - Tela Inicial de Cadastro de Gráfico.....	75
Figura 33 - Tela Inicial de Cadastro de Gráfico.....	76
Figura 33 - Gráfico do resultado do pré-teste manuseio da plataforma .....	83
Figura 34 - Gráfico do resultado do pós-teste sobre a qualidade dos gráficos	84
Figura 35 - Gráfico do resultado do pós-teste em relação a simplicidade da interface da plataforma .....	86
Figura 36 - Diagrama Caso de Uso - Aluno/Professor - Controles Gerais..	105
Figura 37 - Diagrama Caso de Uso - Aluno – Funcionalidades LMS.....	107
Figura 38 - Diagrama Caso de Uso - Professor – Funcionalidades LMS....	109
Figura 39 - Diagrama de Caso de Uso - Aluno - Controle do Experimento	112
Figura 38 - Diagrama de Caso de Uso - Aluno - Visualizar Experimento ...	112
Figura 41 - Diagrama Caso de Uso - Aluno - Acompanhando Experimento	113
Figura 42 - Diagrama Caso de Uso - Dois Alunos Utilizando o Experimento	115
Figura 43 - Diagrama Caso de Uso - Professor - Montando Experimento..	117
Figura 44 - Primeira parte dos diagramas de classes.....	130
Figura 45 - Segunda parte dos diagramas de classes.....	131
Figura 46 - Terceira parte dos diagramas de classes .....	132
Figura 47 - Quarta parte dos diagramas de classes .....	133
Figura 48 - Quinta parte dos diagramas de classes.....	134
Figura 49 - Sexta parte dos diagramas de classes .....	135
Figura 50 - Sétima e última parte dos diagramas de classes .....	136
Figura 51 - Orbita - exemplo da segunda lei de Newton.....	137
Figura 52 - Gráfico da equação da reta .....	139
Figura 53 - Gráfico da equação da reta com o cálculo do coeficiente angular	139
Figura 54 - Ilustração da plataforma rotacional.....	141
Figura 55 - Plataforma Rotacional Calibrada .....	143
Figura 56 - Massas Orbitantes e Suspensas .....	143
Figura 57 - Massa orbitante “M” e suspensão “m” posicionadas. ....	144
Figura 58 - Pastilha nivelada e massa ajustada.....	145
Figura 59 - Nivelando pastilha e movendo pilar lateral .....	146

Figura 60 - Massa suspensa colocada e sistema em equilíbrio.....	147
Figura 61 - Medindo o Raio.....	147
Figura 62 - Mola voltando ao estado original. ....	148
Figura 63 - Caixa de controle.....	149
Figura 64 - Plataforma girando massa alinhada. ....	150
Figura 65 - Plataforma girando, massa e pastilha alinhadas. ....	150



## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

Quadro 1 - Quadro comparativo entre trabalhos já existentes.....25

Tabela 1 - Funcionalidades analisadas e suas abreviações.....37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AJAX** *Asynchronous Javascript and XML.*
- API** *Application Program Interface.*
- CLE** *Collaborative Learning Environment.*
- COTED** *Coordenação de Tecnologia na Educação.*
- DAFIS** *Departamento Acadêmico de Física.*
- DAO** *Data Access Object.*
- DER** *Diagrama de Entidade Relacionamento.*
- EaD** *Educação a Distância.*
- EPC** *Ensino por correspondência.*
- GNU** *GNU is not Unix.*
- HTML5** *Hypertext Markup Language, versão 5.*
- HTTP** *Hypertext Transfer Protocol.*
- IDE** *Integrated Development Environment.*
- JEE** *Java Platform, Enterprise Edition.*
- JAX-WS** *Java API for XML Web Services.*
- JDBC** *Java Database Connectivity.*
- JPA** *Java Persistence API.*
- JDK** *Java Development Kit.*
- JRE** *Java Runtime Environment.*
- JSON** *JavaScript Object Notation.*
- MIT** *Massachusetts Institute of Technology.*
- MVC** *Model View Controller.*
- POJO** *Plain Old Java Objects.*
- SGBD** *Sistema Gerenciador de Bancos de Dados.*
- SOA** *Service Oriented Architecture.*
- W3C** *World Wide Web Consortium.*

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	Justificativa .....	13
1.2	Objetivo Geral .....	14
1.3	Objetivos Específicos.....	15
1.4	Organização do Documento .....	16
<b>2</b>	<b>LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>17</b>
2.1	Importância e dificuldade das Práticas Laboratoriais .....	17
2.2	EaD.....	18
2.3	Arduino .....	20
2.4	Estado da Arte.....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1	Levantamento de requisitos .....	28
3.2	Plataformas tecnológicas.....	28
3.2.1	Plataforma Web .....	28
3.2.2	Controlador Arduino .....	30
3.2.3	Arduino .....	31
3.3	Desenvolvimento do projeto.....	31
3.4	Estudo de caso avaliativo .....	32
<b>4</b>	<b>RECURSOS DE HARDWARE E SOFTWARE.....</b>	<b>33</b>
4.1	Recursos de Hardware .....	33
4.2	Recursos de Software .....	33
<b>5</b>	<b>PLATAFORMA APUÊ.....</b>	<b>35</b>
5.1	Coleta de dados para desenvolvimento da plataforma .....	35
5.1.1	Resultados.....	36
5.1.2	Discussão .....	39
5.2	Projeto de Software .....	40
5.2.1	Requisitos Não Funcionais .....	40

5.2.2	Requisitos Funcionais .....	41
5.3	Casos de usos.....	43
5.3.1	Caso de uso Aluno e Professor .....	44
5.3.2	Caso de uso Professor e Experimento.....	46
5.4	Hardware.....	46
5.4.1	Experimento de força centrípeta .....	46
5.4.2	Arduino .....	48
5.4.2.1	Hardware.....	48
5.4.3	Software de controle do experimento .....	50
5.5	Software.....	51
5.5.1	JSON .....	51
5.5.2	Gráficos Highstock .....	52
5.5.3	Streaming de Vídeo.....	52
5.5.4	Spring MVC.....	54
5.6	Criação do Módulo Apuê como Componente do Sakai.....	54
5.6.1	Interface de Visualização e Controle do Experimento .....	58
5.6.2	Banco de Dados .....	59
5.6.3	Diagrama Geral de Tecnologias e Componentes .....	62
5.6.4	Licença.....	63
5.6.5	Mapas .....	64
5.6.6	Diagrama de Sequência.....	67
5.6.7	Diagrama de Componentes.....	68
5.6.8	Diagrama de Classes .....	68
5.6.9	Interfaces Gráficas do Apuê.....	71
6	ESTUDO DE CASO.....	77
6.1	ROTEIRO.....	77
6.2	PAPÉIS.....	77
6.3	QUESTIONÁRIOS .....	78
6.4	ANOTAÇÕES DOS OBSERVADORES .....	81
6.5	ANÁLISE DOS VÍDEOS.....	81
7	CONCLUSÃO .....	83

7.1	Discussão .....	83
7.2	Desafios .....	88
7.2.1	Banco de Dados .....	88
7.2.2	Streaming de Vídeo.....	89
7.2.3	Adaptação do experimento para a plataforma .....	89
7.3	Trabalhos futuros .....	89
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA OS ALUNOS .....	97
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA OS PROFESSORES.....	100
	APÊNDICE C – CASOS DE USO .....	105
C.1	Diagrama Aluno/Professor Controles Gerais .....	105
C.2	Diagrama Aluno – Funcionalidades LMS.....	106
C.3	Diagrama Professor – Funcionalidades LMS .....	109
C.4	Diagrama Aluno Utilizando o Experimento.....	111
C.5	Diagrama Aluno Visualizando o Experimento.....	112
C.6	Diagrama Aluno Acompanhando o Experimento.....	113
C.7	Diagrama Dois Alunos Utilizando o Experimento .....	115
C.8	Diagrama Professor Montando Experimento .....	117
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE .....	119
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE PÓS-TESTE .....	121
	APÊNDICE F – CÓDIGO FONTE DO ARDUINO.....	124
	APÊNDICE G – CÓDIGO FONTE DA TELA PRINCIPAL DO APUÊ .....	127
	APÊNDICE H – DIGRAMA DE CLASSES DO APUÊ.....	130
	ANEXO A DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	137

## 1 INTRODUÇÃO

A realização de atividades práticas, dentro de laboratórios, provou-se uma ferramenta desejável para o apoio do aprendizado de disciplinas como, por exemplo, a Física, a Química e a Biologia. (MARINELI e PACCA, 2006). A interatividade e a dinâmica proporcionadas pelas atividades experimentais contribuem à atratividade das aulas tornando-as mais significativas para os alunos e, conseqüentemente, resultando em um melhor aprendizado dos conceitos transmitidos durante as aulas teóricas. Dessa maneira, o aluno pode fazer a conexão dos conhecimentos teóricos previamente adquiridos com a prática, fato que pode ser associado com a aprendizagem significativa de Ausubel, onde os conhecimentos que serão adquiridos são associados a conhecimentos já existentes dos alunos (AUSUBEL et. al, 1978).

Partindo dessa perspectiva e contextualizando com a atual situação das instituições de ensino médio e superior no Brasil, podemos destacar alguns dos obstáculos encontrados pela ciência experimental: limitações de espaço físico dentro das instituições de ensino; escassez de recursos para aquisição e manutenção de laboratórios e equipamentos de qualidade (ANDES-SN, 2012); quantidade limitada de profissionais capacitados para elaborar e conduzir as práticas laboratoriais (BEREZUK e INADA, 2010).

Com o intuito de colaborar para suprir essas limitações do ensino presencial, promover maior alcance e disseminação do conhecimento, surge o conceito de Educação à Distância (EaD) (LLAMAS, 1986). Com o advento da EaD é possível não só transpor as barreiras físicas, impostas pelas salas de aula, como também incluir aqueles grupos sociais que, em condições normais, não teriam acesso à educação, por exemplo, pessoas economicamente desfavorecidas e habitantes de localizações distantes das instituições de ensino. (PETERS, 2006).

Todos esses benefícios ampliaram-se quando, na década de 1990, popularizou-se a Internet. Entretanto, após a disponibilização da EaD em um ambiente virtualizado, determinadas modalidades de aula – práticas e experimentais, por exemplo – ficaram debilitadas. Uma solução para tentar minimizar essa carência são as simulações virtuais de experimentos

científicos, porém, apesar de oferecerem um ambiente análogo aos laboratórios, não são capazes de proporcionar a mesma experiência de uma prática conduzida em um laboratório real, uma vez que possuem resultados pré-determinados e baixa interatividade entre os estudantes (HANSON, 2009).

Dessa maneira este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma, baseada na Web e tecnologias livres, para a realização de práticas laboratoriais – montadas em um espaço físico – de maneira que possam ser visualizadas, controladas e seus resultados analisados remotamente, independente da localização geográfica dos participantes das práticas.

Adicionalmente ao experimento realizado no estudo de caso deste projeto, a plataforma proposta provê funcionalidades para que novos experimentos possam ser adicionados a ela. Essas atividades acarretam em contribuições à sociedade, por ser uma solução de custo reduzido e com capacidade de servir ao público-alvo remotamente, e à área científica, sendo esta na esfera da educação, a qual poderá utilizar laboratórios remotos para suprir a falta de laboratórios experimentais e recursos, e da computação, com uma opção para diminuir distâncias geográficas e facilitar a disseminação da educação pelo meio da internet.

### **1.1 Justificativa**

Partindo das motivações previamente descritas, pode-se ainda destacar que existem alguns estudos relacionados ao tema deste trabalho e que, no entanto, possuem limitações quando comparados às aulas experimentais presenciais. Este trabalho visa repensar tais limitações de maneira a se apropriar das novas tecnologias disponíveis e oferecer uma experiência à distância mais interativa e natural. Algumas das limitações relevantes são:

- I. Simulações virtuais dos experimentos: Os resultados obtidos são sempre independentes aos fatores externos, que podem interferir nos

experimentos reais, como umidade relativa do ar, temperatura ou erros operacionais;

“Se as simulações são usadas no lugar do trabalho experimental, onde incertezas podem vir a acontecer, então a simulação é fundamentalmente inapropriada uma vez que os resultados são pré-determinados”<sup>1</sup> (HANSON *et al*, 2009, p.331, tradução);

- II. Ausência de uma plataforma consolidada e de fácil uso e, principalmente, baixo custo para aquisição e manipulação de dados: Conhecimentos avançados de eletrônica ou proficiência em programação não deveriam ser requisitos para docentes interessados em elaborar práticas laboratoriais, dessa maneira, mais tempo seria investido na área de conhecimento do experimento e menos na configuração do ambiente;
- III. Uso de programas de terceiros para a interface da aplicação: Dentre os trabalhos encontrados todos fazem uso de programas de terceiros na implementação do programa cliente da solução, forçando o participante a adquirir ou instalar software;
- IV. Interatividade limitada: Soluções disponíveis apresentam baixa interatividade, o que empobrece a experiência do participante durante a experimentação e, conseqüentemente, impacta no processo de aprendizado como um todo (LEITE, SILVA e VAZ, 2004).

Assim, o trabalho proposto visa minimizar essas limitações, oferecendo uma alternativa mais viável e eficaz do que as soluções existentes para a experimentação científica à distância.

## **1.2 Objetivo Geral**

Prover alunos e professores da rede de ensino médio e/ou superior de uma solução de baixo custo e baseada em tecnologias livres, com a finalidade de interagir remotamente com experimentos científicos adaptados

---

<sup>1</sup> Tradução livre

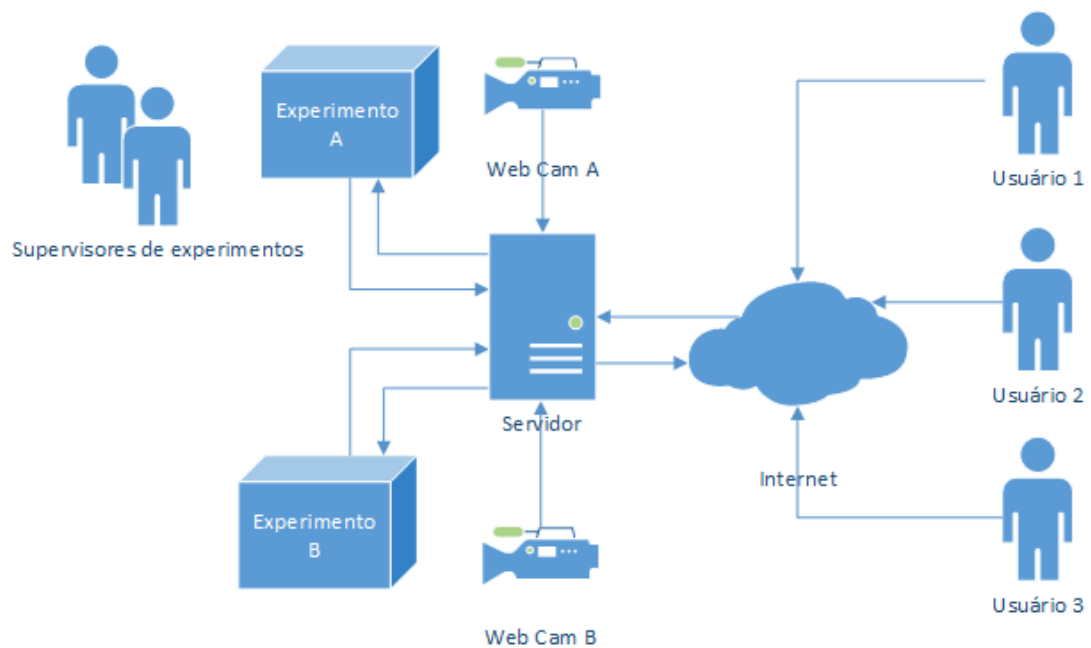


a um hardware, de maneira a possibilitar que eles sejam controlados e analisados pelos participantes da atividade, proporcionando uma maior interatividade entre as partes.

### **1.3 Objetivos Específicos**

O trabalho em questão visa à integração, mediada por computador e Internet, de experimentos científicos, realizados dentro de laboratórios, com computadores servidores capazes de captar dados e controlar, em tempo real, os componentes físicos que compõem o experimento assistido (e.g., rotacionar um servo-motor para redirecionar um laser). Para tanto, serão utilizadas tecnologias livres tanto para aquisição e manipulação dos dados quanto para a distribuição desses na camada Web. Pensando no princípio da reutilização será utilizada uma biblioteca responsável pela comunicação entre os componentes físicos, encarregados de manipular fisicamente o experimento e os computadores servidores, que enviam e recebem dados da Internet. Dessa maneira, o produto final não será restrito a um único experimento, o que facilita sua reutilização e montagem em outras aplicações, respeitando as limitações da biblioteca de comunicação.

Essa plataforma proporciona aos participantes a possibilidade de controle, via Web, do experimento e permite a manipulação de componentes-chave do mesmo, como por exemplo, a velocidade da rotação de um motor no laboratório. Todas essas ações provenientes dos participantes resultarão em mudanças no comportamento do experimento que, por sua vez, são visualizadas, em tempo real, por espectadores remotos da experiência. Paralelamente, no lado do servidor da aplicação, foram desenvolvidos serviços que, ao serem adicionados por requisições dos usuários, alteram o comportamento dos componentes físicos envolvidos no experimento. A Figura 1 apresenta uma visão geral da plataforma desenvolvida.



**Figura 1 - Diagrama do Projeto**  
Fonte: Autoria própria

Com o intuito de validar a proposta, adequamos um experimento de Física existente e o integramos fisicamente à plataforma desenvolvida. Por meio de componentes eletrônicos, que são remotamente comandados, como sensores e motores, o experimento é capaz de executar todos os testes necessários para obter uma prova de conceito do trabalho apresentado. Finalmente, realizamos um estudo de caso, com alunos do ensino superior.

#### **1.4 Organização do Documento**

O presente documento está organizado em sete capítulos:

- Introdução;
- Levantamento Bibliográfico e Estado da Arte;
- Método de pesquisa;
- Recursos de hardware e software;
- Plataforma Apuê;
- Estudo de caso;
- Conclusão.

## **2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E ESTADO DA ARTE**

Esta seção está organizada em quatro tópicos, sendo o primeiro relacionado à importância e à dificuldade de ministrar aulas laboratoriais, a segunda parte sobre a EaD no Brasil, em seguida sobre a plataforma de prototipagem chamada Arduino e, por último, algumas soluções disponíveis no mundo.

### **2.1 Importância e dificuldade das Práticas Laboratoriais**

Não é de hoje que as atividades experimentais adquiriram uma importância no ensino de Ciências. Há muito tempo essas atividades tornaram-se essenciais para alunos desenvolverem um aprendizado eficiente e estruturado, pois neste formato de aula existe a possibilidade de utilizarem e manusearem, de forma correta, os equipamentos e materiais; de presenciarem fenômenos químicos e físicos e organismos biológicos, além de terem a oportunidade de avaliar e obter suas próprias conclusões a partir dos resultados obtidos com as experiências realizadas.

Todas essas atividades contribuem de forma positiva para o desenvolvimento do aluno, por desenvolverem seu raciocínio e o interesse em solucionar problemas (BEREZUK e INADA, 2010). Além desses fatores, para Marineli e Pacca (2006) a diferença entre as aulas teóricas das aulas nos laboratórios didáticos é por estar presente o referencial empírico, *i.e.*, aquilo que é real, organizado especificamente para a experimentação, de maneira a interligar o conteúdo teórico com o experimento.

Mesmo com toda essa importância, as aulas laboratoriais nem sempre são uma realidade na vida dos alunos, pois grande parte das escolas não possuem materiais didáticos, por conta dos custos elevados e, até mesmo, espaço físico para preparar e montar os equipamentos referentes aos experimentos, para as aulas experimentais. Com todos esses problemas, por vezes, professores ficam impelidos a utilizarem somente abordagens teóricas de aula, impossibilitando que os alunos possam executar práticas científicas para avaliar os conceitos apresentados em sala de aula (HEINECK, VALIATI e ROSA, 2007).

Diante das barreiras encontradas pra o desenvolvimento de práticas em laboratório, uma plataforma Web para realização de experimentos torna-se uma alternativa atrativa para possibilitar uma maneira de acesso a essas práticas laboratoriais.

## **2.2 EaD**

Segundo o “Glossário de termos de EAD”, desenvolvido pela Equipe de ensino a distância do Centro de Computação da Unicamp (CCUEC) em julho de 2007, a Educação a Distância (EQUIPE DE ENSINO A DISTÂNCIA DO CENTRO DE COMPUTAÇÃO - CCUEC, 2007):

“é a modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos.”.

Deve-se observar que a EaD tem sua origem datada desde muito antes da invenção e popularização dos meios computacionais. No Brasil a EaD passou por diversos meios de comunicação, como por exemplo a Educação por Correspondência (EPC), a qual tem-se conhecimento, no país, em 1904 através de representantes de instituições provenientes da América do Norte (BRASIL, 1980). A Educação a Distância adaptou-se também ao rádio, tendo como uma das iniciativas o Projeto Minerva, o qual ocorreu no início da década de 70 e no curto período de um ano alcançou mais de 170 mil alunos (NISKIER, 2000). Também existiram iniciativas televisivas vinculadas ao EaD, entre elas podemos citar: os telecursos disponibilizados pelas Fundações Bradesco, Padre Anchieta e Roberto Marinho (Paraná *et al.*, 2010).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e sua vinculação com a EaD, é interessante abordar o assunto referente ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que engloba uma categoria de softwares voltados ao aprendizado, os quais utilizam-se Tecnologias de Informação e de

Comunicação (TICs) e também da Internet (EQUIPE DE ENSINO A DISTÂNCIA DO CENTRO DE COMPUTAÇÃO - CCUEC, 2007). Também, em inglês, existe o termo LMS (*Learning Management System*), o qual pode ser definido como: “Sistema de gerenciamento de aprendizagem, software que automatiza ações administrativas e dados sobre usuários e cursos” (Retirado do “glossário de termos de EAD” da EQUIPE DE ENSINO A DISTÂNCIA DO CENTRO DE COMPUTAÇÃO - CCUEC, julho 2007). A relação entre os conceitos AVA e LMS nem sempre é clara. Por vezes os conceitos são tratados como sinônimos (FILHO *et al.*, 2011) e, em alguns, são elencadas algumas diferenças entre eles (EQUIPE DE ENSINO A DISTÂNCIA DO CENTRO DE COMPUTAÇÃO - CCUEC, 2007). No contexto deste projeto consideramos os termos como sinônimos, pois não observamos a necessidade de tal distinção. Como exemplos destes conceitos pode-se citar:

I. TelEduc: Pela definição da página *web* da ferramenta

“O TelEduc é um ambiente para a criação, participação e administração de cursos na Web. Ele foi concebido tendo como alvo o processo de formação de professores para informática educativa, baseado na metodologia de formação contextualizada desenvolvida por pesquisadores do NIED (Núcleo de Informática Aplicada à Educação) da Universidade Estadual de Campinas.” (NIED-UNICAMP, acesso em 2013);

O TelEduc segue as normas da GNU *General Public License* para casos de redistribuição e modificação. (NIED-UNICAMP, acesso em 2013).

II. Moodle: Segundo seu próprio *website*, o Moodle, trata-se de uma “plataforma de aprendizado” ou “*learning plataform*” (MOODLE, 2014). Tal ferramenta disponibiliza diferentes maneiras de utilização, seja para cursos inteiramente *online*, até o complemento de cursos presenciais. O Moodle pode ser redistribuído e modificado de acordo com as normas da GNU *General Public License* (MOODLE, 2014).

- III. E-proinfo: O E-proinfo visa atender às necessidades de cursos à distância e também traz a possibilidade de complementação de cursos presenciais, além de dar suporte a projetos educacionais (E-PROINFO, acesso em 2013).
- IV. Sakai Collaborative and Learning Environment (CLE): Segundo o seu próprio *website*, o Sakai CLE, além de outras funcionalidades, pode também ser utilizado como LMS ([sakaiproject.org](http://sakaiproject.org), acesso em 2014).

Uma vez abordado o tema, pode-se ter uma ideia da situação da EaD no Brasil através de dados disponibilizados pelo Inep (Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) no “Resumo Técnico Censo da Educação Superior de 2010”, o qual apontou que as matrículas de graduação no ensino a distância apresentavam um número já superior a 900 mil em 2010. Referente aos tipos de cursos ofertados na modalidade da EaD, foram encontrados os seguintes dados: 25% das matrículas são referentes a cursos tecnológicos, 29% bacharelados e 46% licenciaturas.

No âmbito de utilizar novas tecnologias em prol da EaD, este trabalho visa integrar hardware livre, tal como o Arduino, e software livre, para que alunos e professores que tenham interesse nas aulas práticas possam reutilizar e adaptar livremente o projeto proposto.

### **2.3 Arduino**

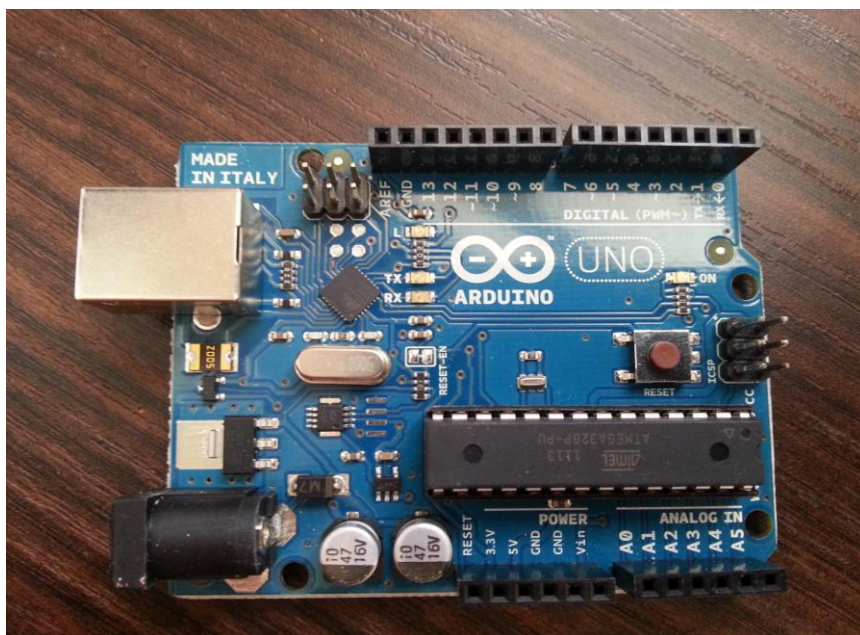
Voltado para um público com pouco conhecimento na área de desenvolvimento de protótipos eletrônicos, o Arduino surge como uma solução de prototipagem de baixo custo, baseado em hardware livre, para a criação de ferramentas mais acessíveis, flexíveis e de fácil uso.

Primeiramente, é interessante entender que o conceito de hardware livre é análogo ao conceito de software livre, sendo necessário disponibilizar, além de todo o código-fonte que o controla, todos os diagramas e esquemas de construção e leiaute, juntamente com a lista de materiais utilizados na confecção do hardware. Com essas informações é possível reproduzir todo o hardware por conta própria, assim expandido as opções para adquirir o equipamento desejado (DAVIDSON, 2004).

O desenvolvimento do Arduino teve início em 2005, na Itália, com a intenção de baixar os custos de projetos que necessitavam de sistemas de prototipagem – pois os que estavam disponíveis na época possuíam um custo elevado para serem adquiridos –, além de deixarem disponíveis todas as informações de como montar o hardware, o que viabiliza que o Arduino possa ser alterado conforme as necessidades dos usuários.

O Arduino é composto por um microcontrolador, pinos de entrada e saída de sinais digitais e analógicos, entrada de alimentação, uma interface USB ou serial, regulador linear de 5 volts e outros itens. Para desenvolver toda a lógica do sistema é utilizada a linguagem C ou C++, em uma *Integrated Development Environment* (IDE) baseada na linguagem de programação Java. Tarefas simples que envolvem entradas e saídas requerem algumas linhas de codificação e poucos materiais de eletrônica adicionais para serem funcionais (AUSILIO, 2011).

Outra vantagem é a existência de várias comunidades de desenvolvedores na Web, tendo como principal referência o próprio fórum do website do Arduino (ARDUINO, acesso 2013a). No fórum, é possível encontrar tutoriais de eletrônica e programação, desde os mais básicos até avançados, projetos completos e livres, os quais podem ser utilizados e modificados para outros propósitos, e seções para tirar dúvidas e discutir com outros usuários. Com todas essas opções disponíveis para consultar e obter informações torna-se mais fácil e prático desenvolver projetos utilizando esse hardware. A Figura 2 é uma imagem de um dos modelos existentes do Arduino.



**Figura 2 - Arduino UNO**  
Fonte: Autoria própria



## **2.4 Estado da Arte**

Existem outros trabalhos que também abordaram a área das experimentações remotas, buscando incluí-las na EaD (e.g. TORRE, SÁNCHEZ E DORMIDO, 2009; SOUZA E COSTA FILHO, 2001). Assim sendo, nessa seção serão enumeradas as soluções existentes que mais se aproximam do escopo do projeto, e categorizadas diante de suas funcionalidades e diferenciais. Por fim, será possível caracterizar as contribuições de cada solução e as oportunidades de investigação científica.

A literatura consultada foi analisada por meio de um quadro comparativo, segundo os critérios:

- I. Uso de Aplicações Ricas para Internet: Faz referência ao uso, ou não, de aplicações ricas para Web na solução (e.g., *Asynchronous Javascript and XML (AJAX)*, *Java Applets*, *Flash* e *HTML5*). Essa característica é importante para plataformas de EaD pois, conforme citado na introdução do projeto, a interatividade afeta diretamente a experiência de aprendizado do participante;
- II. Sincronismo Cliente-servidor: Refere-se à capacidade da aplicação Web enviar e receber dados de, ou para, um servidor Web assincronamente, sem a necessidade de interferir no estado atual da interface do usuário. Essa funcionalidade pode oferecer uma experiência na Web mais interativa para o participante;
- III. Realidade da experimentação: Diferencia as soluções em que são disponibilizados experimentos em locais físicos, como laboratórios, das que simulam sua prática virtualmente. Apesar de simulações virtuais oferecerem uma alternativa interessante para a realização de práticas remotamente, o controle de experimentos reais à distância provê ao participante uma experiência final mais próxima da presencial;
- IV. Software Livre e Gratuito: Indica se a solução é composta inteiramente de software livre e gratuito em seu sistema, o que favorece a redução de custos e favorece a extensibilidade da solução;

- V. Hardware Livre e Gratuito: Do mesmo modo que no item anterior, indica se todo o hardware utilizado na solução é livre e gratuito;
- VI. Transmissão de vídeo em tempo real: Critério sobre a disponibilização ao participante de transmissões de vídeo em tempo real do experimento que está sendo manipulado, o que propiciar ao participante o acompanhamento visual e/ou auditivo da execução da prática dentro do laboratório;
- VII. Foco em Extensibilidade: Este critério de comparação indica se a solução oferece recursos para, além de permitir o acoplamento de diferentes experimentos à plataforma subjacente (extensibilidade), abstrair o processo de estender a plataforma, minimizando o esforço e conhecimentos específicos necessários para tal, como programação e eletrônica;
- VIII. Padrões Web: Condiz com o uso de tecnologias recomendadas pelo *World Wide Web Consortium (W3C)*, tornando dispensável a instalação, ou execução, de software de terceiros no cliente (e.g., *Adobe Flash Player* e *Java Runtime Environment*).

Para melhor apresentar as características e divergências intrínsecas aos projetos analisados, os dados estão dispostos sob o formato de um quadro comparativo (ver Quadro 1).

Solução	Aplicação Rica	Sincronismo	Software	Hardware	Vídeo	Extensibilidade	Padrões Web
LabNet	Sim	Assíncrona	Livre	N.D.	N.D.	Não	Sim
Desenvolvimentos em hardware e software para experimentos de física via Web	Não	Síncrona	Proprietário	Livre	Não	Não	Sim
ReLOAD	Sim	Assíncrona	Proprietário	Proprietário	Sim	Sim	Sim
FisL@bs	Sim	Síncrona	Proprietário	N.D.	Sim	Sim	Não
Um Ambiente para a Prática Remota de Aulas Laboratoriais de Física	Não	Assíncrona	Livre	N.D.	Sim	Não	Não
WEBLAB	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Sim	Sim	N.D.
Apuê	Sim	Assíncrona	Livre	Livre	Sim	Sim	Sim

**Quadro 1 - Quadro comparativo entre trabalhos já existentes**  
**Fonte: Autoria própria.**

É importante destacar que são poucos os trabalhos – “Desenvolvimentos em Hardware e Software para Experimentos de Física” (SANTOS, 2006) e “Um Ambiente para a Prática Remota de Aulas Laboratoriais de Física” (OLIVEIRA *et al.*, 2009) - que se preocuparam em garantir o baixo custo da solução final, por meio do uso de softwares gratuitos e componentes físicos relativamente acessíveis, porém, percebe-se que estes deixaram de explorar a comunicação assíncrona e aplicações ricas para internet, o que potencialmente limita a interatividade entre a plataforma Web e o participante ou, ainda, a comunicação entre os participantes. Uma alternativa para essas soluções seria, talvez, explorar os recursos introduzidos na primeira especificação completa do HTML5, introduzida em 17 de dezembro de 2012 (W3C, 2012). Assim, por se tratar de uma tecnologia ainda incipiente, esses trabalhos não puderam usufruir de seus recursos, pois o HTML5 não estava disponível no momento em que foram desenvolvidos.

Outro destaque a ser feito é referente às soluções ReLOAD (HANSON *et al.*, 2009) e FisL@bs (TORRE, SÁNCHEZ E DORMIDO, 2009), detalhadas nas linhas 3 e 4 (ver quadro 1), que fizeram uso de uma solução de mercado chamada LabView, uma ferramenta que facilita a integração de sistemas com hardware possibilitando seu controle e medições. Entretanto, uma licença dessa ferramenta pode custar de R\$ 3000,00 à R\$ 9000,00, dependendo da sua versão e recursos disponíveis, encarecendo significativamente o custo de aquisição ou reprodução da solução em instituições de ensino públicas. Portanto, apesar desses trabalhos baseados no LabView terem adicionado funcionalidades relevantes como a extensibilidade da plataforma, o custo de aquisição da plataforma torna-se uma barreira a sua ampla adoção.

Por fim, os trabalhos publicados do LabNet (SOUZA E COSTA FILHO, 2001) e WEBLAB (JUNIOR *et al.*, 2008) carecem de detalhes de implementação e desenvolvimento, pois as poucas informações disponíveis tornam difícil a análise de aspectos como custo e licenças de hardware;

consequentemente a reprodução das plataformas fica debilitada ou mesmo inviável.

Outros dois trabalhos recentes também abordam o tema. Guimarães *et al.* (2013) propuseram uma prática laboratorial de uma experiência envolvendo um pêndulo, o qual foi totalmente configurado para ser controlado remotamente, através de uma página web e que inclui transmissão de vídeo. Porém essa proposta é voltada somente para esse experimento, não sendo extensível a outros. O segundo trabalho, de Lucena, Santos e Silva (2013), trata-se de um programa de simulação de um laboratório de química para apresentar as reações químicas e outras peculiaridades que ocorrem em laboratórios. Ambos os trabalhos diferem, apesar de soluções interessantes, não atendem plenamente os critérios considerados nesta pesquisa.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Considerando a pesquisa demonstrada nos capítulos anteriores sobre as necessidades e condições dos laboratórios de ciências, a situação da EaD no Brasil e as soluções existentes atualmente, neste capítulo é apresentada a maneira que este trabalho foi elaborado ao longo do tempo. Esta seção está organizada nos seguintes tópicos: levantamento de requisitos, plataformas tecnológicas, desenvolvimento do projeto e estudo de caso.

#### **3.1 Levantamento de requisitos**

A primeira etapa para o início do desenvolvimento do projeto está relacionada ao levantamento de requisitos necessários para atender o público-alvo. Para tal quesito, além de utilizar a revisão de literatura para o embasamento primário do levantamento de requisitos, foi elaborado um questionário para professores e alunos das áreas científicas responderem, além de conversar pessoalmente com professores de física. Inicialmente, tivemos contato com os professores do departamento acadêmico de Física (DAFIS-UTFPR) para realizar a coleta de dados para os requisitos, além de conversar com uma professora do ensino médio, a coleta de dados, juntamente com os resultados e a discussão do questionário são apresentados na seção 5.1. Os questionários completos estão nos Apêndices A e B.

#### **3.2 Plataformas tecnológicas**

Nesta seção serão descritas as diferentes camadas que compõem o projeto, qual seu papel individual e dentro do sistema, tecnologias utilizadas.

##### **3.2.1 Plataforma Web**

A camada Web do trabalho proposto foi desenvolvida como uma extensão de uma solução LMS já existente. A plataforma Sakai *Collaboration Learning Environment* (CLE) é uma suíte de software livre criada para a EaD em um ambiente virtual e colaborativo. Além de livre e gratuito, o Sakai possui uma extensa base de usuários (com quatro milhões de participantes),

uma grande comunidade ativa (SAKAI COMMUNITY) e desenvolvida em Java, mesma linguagem empregada no restante do trabalho (*middleware* e aplicação Web) e de maior domínio dos participantes do projeto. A principal vantagem em se usar uma solução pronta de LMS é evitar o desenvolvimento de uma grande quantidade de funcionalidades, comumente encontradas em sistemas de EaD, que não fazem parte do escopo do projeto (e.g., controle de usuários, avaliações, fóruns de discussões, calendários acadêmicos, compartilhamento de arquivos, entre outras).

A plataforma Web é o ponto de entrada para os participantes dos experimentos remotos. Ela é responsável pelo controle de acesso de usuários e agendamento de aulas de laboratório, e provê recursos para que alunos e professores possam reservar horários para a utilização dos experimentos. Durante a execução das práticas, que poderão ser assistidas em grupo, o controle da experimentação é delegado à somente um participante por vez. Componentes visuais, como botões e campos para entrada de dados (e.g., campos para velocidade ou frequência), são disponibilizados na interface de usuário, permitindo que a interação entre participante e experimento aconteça efetivamente. Assim, é possível que um participante possa ativar, desativar ou controlar a intensidade da rotação de um motor elétrico remotamente, por exemplo. É importante destacar que toda a interface preza pelas tecnologias padrão da Web, definidas pelo W3C, inclusive a transmissão do vídeo exibido ao participante, em tempo real, da experimentação. A plataforma é construída sobre o *framework* JEE (*Java Platform, Enterprise Edition*) e é integrada com uma camada controladora do Arduino, descrita na próxima seção.

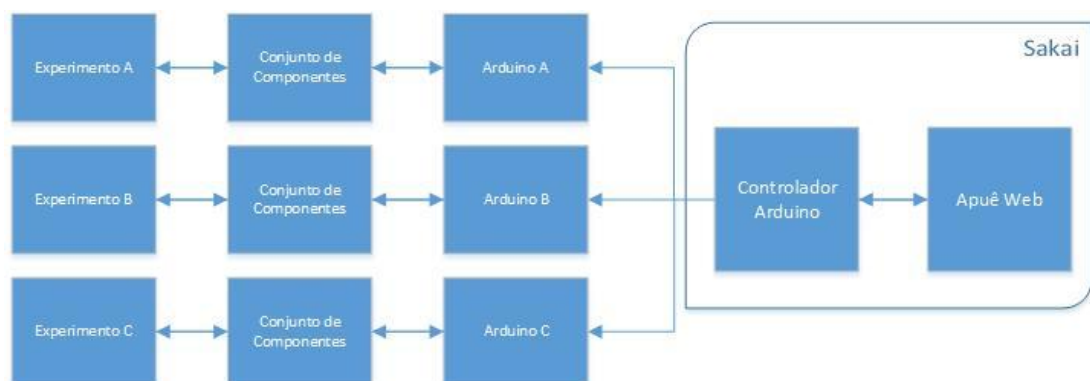
Para que a transmissão de vídeo dos experimentos seja possível, foi configurado no mesmo servidor do Sakai, mas podendo ser um servidor exclusivo para essa finalidade, uma aplicação capaz de captar o vídeo de câmeras, gravar os experimentos, e disponibilizá-los na Web, em tempo real ou sob a demanda do usuário.

Para a persistência dos dados da solução é utilizado o Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD) gratuito e de código aberto,

MySQL<sup>2</sup>. Apesar de não ser um dos SGBDs mais sofisticados, o MySQL é um SGBD relacional leve, de configuração relativamente simples e de alta performance. O MySQL, é, também, um dos SGBDs mais frequentemente suportados pelos LMS, assim como o PostgreSQL<sup>3</sup>.

### 3.2.2 Controlador Arduino

Neste projeto, o usuário faz requisições que passam por uma camada controladora do Arduino que, até certo ponto, atua como um software *middleware* - trata-se de um sistema, o qual possibilita o trabalho em conjunto de diferentes dispositivos e softwares (Encyclopædia Britannica, acesso em 2013). Em seguida, estas informações são repassadas para ao Arduino, o qual está controlando o experimento e retorna respostas ao *middleware*. Estas, por sua vez, são processadas e apresentadas aos usuários. Esta organização permite o isolamento da comunicação, pois todo o processamento dos dados obtidos é feito no *middleware*, além de que os resultados deste processamento podem ser facilmente distribuídos entre os diversos usuários que estarão acompanhando o experimento. A Figura 3 representa a integração realizada no projeto.



**Figura 3 - Integração Middleware/Arduino/Experimento.**  
Fonte: Autoria própria.

A biblioteca RXTX é utilizada para a comunicação entre a plataforma Java, utilizada no *middleware* e a placa Arduino, através da porta serial utilizando o protocolo RS-232. Esta biblioteca foi escolhida por ser um

<sup>2</sup> [www.mysql.com](http://www.mysql.com)

<sup>3</sup> [www.postgresql.org](http://www.postgresql.org)



software livre, o qual pode ser redistribuído ou modificado sob os termos da GNU *Lesser General Public License* (JARVI, 2006), por possuir também a capacidade de se comunicar com a IDE do Arduino, além de ser oficialmente documentada pela comunidade do Arduino (ARDUINO, acesso em 2013b).

### **3.2.3 Arduino**

Com a finalidade de realizar as funções de coleta de dados e controle dos equipamentos acoplados à prática laboratorial, foi utilizada a plataforma de prototipagem denominada Arduino, a qual serve como uma ponte de comunicação entre os componentes físicos do experimento científico e o servidor do *middleware*.

A coleta de dados da prática laboratorial – por exemplo, a velocidade de um objeto, a distância percorrida, o tempo decorrido e outros – é realizada por meio de componentes eletrônicos (*e.g.*, sensores, motores, dentre outros) interligados aos pinos de entrada e saída do Arduino, o qual, através de uma porta serial, envia os dados recebidos para o *middleware*, por meio de uma programação desenvolvida juntamente com a biblioteca RXTX.

De maneira análoga, dados podem ser enviados do *middleware* para o Arduino permitindo, por exemplo, ligar e desligar um sensor ou motor, aumentar ou diminuir a rotação de um determinado motor, etc.

### **3.3 Desenvolvimento do projeto**

A partir dos requisitos levantados, nos questionários encontrados nos Apêndices A e B, pelo projeto foi possível dar início à modelagem e especificação de design do sistema, consistindo em um detalhamento mais técnico da arquitetura e implementação, desenvolvidas para a plataforma Apuê.

Após o término da modelagem, ocorreu a distribuição de atividades aos membros da equipe de TCC. Inicialmente cada membro ficou com uma liderança em uma das três grandes principais áreas do projeto: a parte Web, a comunicação entre a parte Web e o Arduino, e a adaptação do Arduino ao experimento já existente. Mesmo com líderes nas áreas, existiram vários

momentos que dois ou todos os membros interagiram na mesma área para auxiliar no término de cada etapa definida, deste modo cada membro tem a responsabilidade de conhecer todo do projeto. A parte que mais tomou tempo e determinação da equipe está relacionada com o desenvolvimento Web do projeto, devido às peculiaridades e às integrações de várias tecnologias nessa camada. Além desses fatores, o projeto está inserido em um projeto maior fomentado pela Coordenação de Tecnologia na Educação (COTED) que abrange a produção de recursos educacionais digitais dentro da UTFPR, assim contamos com a ajuda de um membro extra na equipe que nos auxiliou na elaboração do Anexo A que fez parte da explicação da experiência e dos conhecimentos físicos necessários para o entendimento da experiência.

### ***3.4 Estudo de caso avaliativo***

A avaliação da qualidade do projeto foi realizada com alunos da UTFPR, devido à praticidade de poder estabelecer um local para deixar os equipamentos montados e devido à concentração das pessoas interessadas em participar. O estudo consistiu em uma aula experimental e expositiva para demonstrar ao grupo de alunos as funcionalidades da plataforma Web, possibilitando ao grupo utilizar essas funções para executar o experimento científico escolhido.

Como o nosso público-alvo são alunos e professores, a importância de utilizar esse grupo para avaliar o projeto é relevante, pois estes podem nos fornecer informações para possíveis correções, melhorias e sugestões.

## 4 RECURSOS DE HARDWARE E SOFTWARE

Para a realização do projeto foi necessária a utilização de algumas ferramentas, tanto de hardware como de software para o desenvolvimento da plataforma Apuê.

### 4.1 Recursos de Hardware

Para a implementação e funcionamento da plataforma proposta foram utilizados os seguintes recursos:

- I. Arduino UNO;
- II. Componentes eletrônicos necessários (*cabos, protoboard, resistores, transistores e motores DC*) para fazer a aquisição de dados;
- III. Cabo USB para conexão entre o servidor e o Arduino;
- IV. Material do experimento proposto;
- V. Um computador a ser usado como servidor Web, *i.e.*, conectado a uma rede;
- VI. *Webcam* para filmar o experimento.

Com exceção do experimento proposto, o qual foi emprestado por um professor de Física da UTFPR, os demais recursos de hardware foram adquiridos, ou já eram de posse dos membros da equipe responsável pela implementação do projeto.

### 4.2 Recursos de Software

A implementação e funcionamento da plataforma proposta envolveu os seguintes recursos:

- I. JEE: este disponível gratuitamente pela Oracle<sup>4</sup>;
- II. Web Services: utilizada a *Java API for XML Web Services (JAX-WS)*, esta encontrada no *website*<sup>5</sup> da plataforma;

---

<sup>4</sup> [www.oracle.com/index.html](http://www.oracle.com/index.html)

<sup>5</sup> [Jax-ws.java.net](http://jax-ws.java.net)

- III. LMS Sakai;
- IV. SGBD MySql;
- V. Eclipse: disponível no próprio website<sup>6</sup> da ferramenta;
- VI. RXTX: disponível para download na *Wiki*<sup>7</sup> desenvolvida para o próprio software;
- VII. ARDUINO IDE: este disponível para download no *website*<sup>8</sup> da ferramenta;
- VIII. Microsoft Visio: adquirido através do Dream Spark<sup>9</sup>;
- IX. Microsoft Project: adquirido através do Dream Spark;
- X. Nodejs<sup>10</sup>: aplicação servidor para distribuir o vídeo;
- XI. FFmpeg<sup>11</sup>: utilizado para capturar a imagem da *webcam*, converter para mpeg1 video e enviar para Nodejs;
- XII. Websocket<sup>12</sup>: protocolo para enviar os dados do Nodejs à aplicação cliente;
- XIII. JPA<sup>13</sup>: utilizado com o Hibernate;
- XIV. SpringMVC<sup>14</sup>: utilizado para desenvolver a plataforma Apuê;
- XV. Apache Tomcat<sup>15</sup>: servidor web para hospedar a plataforma;
- XVI. SVN<sup>16</sup>: utilizado para adquirir o Sakai para desenvolvedores;
- XVII. Maven<sup>17</sup>: utilizado para realizar *deploy* da aplicação Apuê no Apache Tomcat;
- XVIII. JSP<sup>18</sup>: utilizado para o desenvolvimento das páginas da plataforma;
- XIX. HTML5<sup>19</sup>;

---

<sup>6</sup> [www.eclipse.org](http://www.eclipse.org)

<sup>7</sup> [http://rxtx.qbang.org/wiki/index.php/Main\\_Page](http://rxtx.qbang.org/wiki/index.php/Main_Page)

<sup>8</sup> [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

<sup>9</sup> Parceria entre a UTFPR e a Microsoft

<sup>10</sup> <http://nodejs.org/>

<sup>11</sup> <http://www.ffmpeg.org/>

<sup>12</sup> <http://www.websocket.org/>

<sup>13</sup> <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/tech/persistence-jsp-140049.html>

<sup>14</sup> <http://projects.spring.io/spring-framework/>

<sup>15</sup> <http://tomcat.apache.org/download-70.cgi>

<sup>16</sup> <http://subversion.apache.org/>

<sup>17</sup> <http://maven.apache.org/>

<sup>18</sup> <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/jsp/index.html>

<sup>19</sup> <http://www.w3.org/TR/html5/>

## 5 PLATAFORMA APUÊ

Conforme fora descrito, nas seções 2 e 3, o projeto será modularizado em basicamente três camadas funcionais, com papéis distintos:

1. Plataforma web;
2. Controlador Arduino (Middleware);
3. Plataforma de hardware;

Cada um desses módulos já foram descritos resumidamente em relação à suas funcionalidades específicas e comunicação com os demais módulos. Antes de começar o desenvolvimento propriamente dito da plataforma, realizamos uma coleta de dados com os alunos e professores, como mencionado anteriormente, conforme os questionários apresentados nos apêndices A e B. Após a coleta deu-se início a modelagem da plataforma web, escolha das tecnologias para suprir as necessidades do escopo, adequação do experimento para funcionamento remoto e o desenvolvimento de toda a obra.

Nesta seção serão abordadas essas funcionalidades, incluindo requisitos e casos de uso, seguindo a Análise Orientada a Objetos, de modo à especificar detalhadamente cada uma delas.

### ***5.1 Coleta de dados para desenvolvimento da plataforma***

Os questionários foram aplicados em um colégio da rede estadual do ensino médio, com alunos do segundo ano, em uma instituição de educação a distância e em uma universidade federal, com alunos de vários períodos. Ao todo a pesquisa envolveu 63 participantes, sendo 26 alunos do ensino médio presencial, 14 alunos do ensino médio a distância, 20 alunos do ensino superior e 3 professores, sendo um mestre e dois doutores. Todas essas instituições estão localizadas na cidade de Curitiba, no estado do Paraná.

As primeiras questões dos questionários, este localizado no APÊNDICE A – Questionário para os alunos, eram destinadas a entender o perfil do participante em relação às práticas laboratoriais e ao acesso a Internet. Com os resultados, percebe-se que o acesso a Internet está presente todos os

dias na vida de quase todos os entrevistados. Por outro lado, 84% dos alunos do ensino médio afirmou que não tem aulas laboratoriais, mas gostariam de ter esse tipo de aula, pois grande parte desses alunos considera, no mínimo, relevante ter essa experiência. Questionados sobre o fato de conhecer algum software aplicado para EaD, 96% dos alunos do ensino médio presencial responderam que não tiveram contato com esse tipo de ferramenta, enquanto no ensino superior, 80% dos entrevistados já tiveram contato, em especial, com a ferramenta Moodle. Porém, os participantes também observaram que o Moodle não oferece recursos para práticas laboratoriais. A possibilidade de visualizar o experimento remotamente foi bem aceita pelos participantes, sendo 75% aceito pelos participantes do ensino médio, 90% aceito pelos participantes do ensino superior e 100% aceito pelos professores participantes. Sobre a extensibilidade da plataforma, a grande maioria dos alunos do ensino médio gostaria de adaptar os experimentos da maneira que quisessem ou até mesmo criar novos experimentos para serem adicionados. O mesmo foi observado com os alunos do ensino superior e professores.

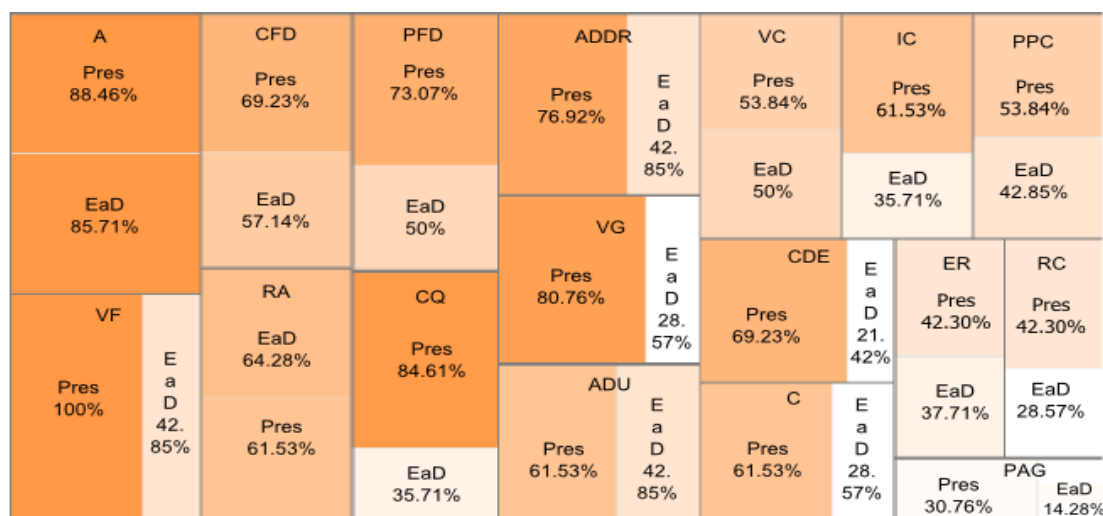
### **5.1.1 Resultados**

Para demonstrar os resultados coletados sobre as funcionalidades que seriam interessantes para compor uma plataforma para práticas laboratoriais remotas, foi escolhido o modelo de visualização introduzido por Shneiderman (1992). Neste modelo, cada retângulo possui o nome de um requisito avaliado e dentro desse retângulo existe a divisão entre os grupos de participantes analisados. Quanto maior for o retângulo, maior importância foi dada ao item, pelos entrevistados. Quanto mais escura a cor nos retângulos dos grupos, maior foi a importância do item para este grupo. O valor da porcentagem é apresentado dentro dos retângulos dos grupos e tem por objetivo facilitar a visualização da importância do item para o grupo, pois em alguns casos a tonalidade da cor é muito semelhante. Para facilitar a visualização da Figura 4 e Figura 5, os nomes das funcionalidades foram abreviados conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Funcionalidades analisadas e suas abreviações.**  
**Fonte: Autoria própria.**

	Função		Função		Função
A	Assistir o experimento	CQ	Criar questionários	PFD	Participar de fórum de discussão
ADU	Agendar data para a utilização	ER	Enviar relatórios	RA	Requisitar acesso aos experimentos
ADDR	Armazenar dados dos experimentos realizados	IC	Inserir comentários	RC	Requisitar controles do experimento
C	Controlar o experimento	PAE	Permitir Acesso ao Experimento	VC	Ver cálculo de erros
CDE	Cadastrar novos experimentos	PAG	Publicar anúncios gerais	VF	Ver formulas
CFD	Criar fórum de discussão	PPC	Permitir passar o controle do experimento	VG	Ver gráficos
CGU	Cadastrar grupo de usuários				

Na Figura 4, foram analisadas as escolhas feitas, pelos alunos do ensino médio presencial (retângulos com a abreviação “Pres”) e pelos alunos do EaD (retângulos com a abreviação “EaD”), referentes às funcionalidades que devem ser ofertadas aos próprios alunos. Aqui podemos observar que houve certa concordância entre os alunos em algumas das funcionalidades propostas para estarem presentes. Observamos isto nas opções Assistir o experimento (A), Requisitar acesso aos experimentos (RA) e Criar fórum de discussão (CFD). Em contrapartida, alguns aspectos não foram tão aceitos por um dos grupos, como a função Ver gráficos (VG), que apresentou uma diferença de mais de 50% nas respostas. Por último, algumas funcionalidades tiveram baixa aceitação por ambos os grupos como, por exemplo, Publicar Anúncios Gerais (PAG).



**Figura 4 - Escolha de funcionalidades entre os alunos do ensino médio presencial e ensino médio EAD**

Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 apresenta a análise das escolhas feitas pelos professores e alunos, do ensino superior, para definir quais funcionalidades devem ser ofertadas aos alunos. Aqui podemos observar que houve certa concordância entre alunos e professores na grande maioria das funcionalidades propostas para estarem presentes. Observamos isto em Ver Gráficos (VG), Ver Cálculos (VC), Inserir Comentários sobre o Experimento (IC), Participar de Fórum de Discussão. (PFD), e Ver Fórmulas (VF). A maior diferença entre as respostas está em Agendar data para a utilização do experimento (ADU), onde 100% dos professores entrevistados concordam que esta funcionalidade deve estar presente para os alunos, enquanto apenas 20% dos alunos partilham da mesma opinião.

VG Alu 100%	VC Alu 100%	IC Prof 100%	RA Prof 100%	RC Prof 100%	Alu 50%	ADU Prof 100%
Prof 100%	Prof 100%	Alu 95%	Alu 75%	Alu 20%		
VF Alu 100%	PFD Alu 100%	ER Prof 100%	A Alu 100%	CDE Prof 66.66%	Alu 20%	CFD Alu 50%
Prof 100%	Prof 100%	Alu 90%	Prof 66.66%	PAG Prof 66.66%	Alu 20%	PAE Alu 35%
						Prof 33.33%
						Prof 33.33%
						CGU Prof 33.33%
						Alu 30%
						CQ Alu 25%
						PPC Alu 15%

Figura 5 - Escolha de funcionalidades entre os alunos do ensino superior e professores sobre as funcionalidades disponíveis aos alunos.

Fonte: Autoria própria.

Referente à pesquisa das funcionalidades que devem ser ofertadas aos professores, há uma concordância entre grande parte dos professores e dos alunos, tais como Publicar Anúncios Gerais (PAG), Criar Questionários (CQ), Cadastrar Experimentos (CDE), Permitir Passar Controle do Experimento (PPC), Agendar Data para a Utilização do Experimento (ADU), Ver Gráficos (VG), e Enviar Relatórios Corrigidos (ERC). Todos estes requisitos tiveram alta percentagem tanto de alunos, quanto de professores, acima de 90%. A maior diferença de respostas, surpreendentemente, está em A (Assistir experimento), onde apenas 85% dos alunos concordaram que



o professor deve ter acesso a esta funcionalidade, enquanto que apenas 33.33% dos professores concordaram que os professores devem ter tal requisito.

Além desses dados coletados, dois dos três professores demonstraram um interesse maior em relação ao projeto. O primeiro professor, ao conhecer os detalhes do projeto, ficou interessado pelos potenciais benefícios do aumento do acesso aos experimentos, sem a necessidade de presença dos alunos no laboratório. O professor inclusive pediu uma cópia do projeto para leitura e se dispôs a colaborar com a configuração dos experimentos junto à plataforma. Já o segundo professor destacou alguns cenários onde este tipo de plataforma tem mais relevância. São eles: experimentos que possam oferecer algum risco para práticas presenciais; experimentos caros como, por exemplo, os que envolvem alguns tipos de laser. Por fim o professor sugeriu que a validação da plataforma fosse realizada por meio de experimentos de ótica, pois segundo ele, são de fácil visualização. No entanto, também destacou que há de se procurar experimentos que ofereçam níveis interessantes de interação, dado que muitos experimentos somente envolvem a ativação de interruptores.

Sobre os alunos entrevistados, a grande maioria dos alunos do ensino médio demonstrou grande interesse pela possibilidade realizar experimentos científicos através do computador, até pelo fato de que esses alunos não tinham aulas práticas por falta de recursos financeiros da escola, para compra de equipamentos e manutenção do laboratório existente na instituição. Os alunos do ensino superior também demonstraram um grande interesse sobre a plataforma, pois perceberam que era uma maneira mais prática para difundir práticas laboratoriais e atingir o maior número de usuários, com um custo relativamente baixo.

### **5.1.2 Discussão**

**Ensino médio presencial e a distância.** As opiniões mais divergentes dentre os grupos de participantes foram as entre os alunos do ensino médio. A figura 4 apresentou a comparação entre as respostas desses alunos. Sobre a possibilidade de visualizar gráficos e fórmulas, os alunos do EAD

não demonstraram tanto interesse em ter essas funcionalidades quanto os outros entrevistados. Tantos os alunos do ensino médio presencial, como os do superior e professores foram enfáticos sobre a importância de tais funcionalidades. Isso leva a discussão sobre as possíveis causas de tal diferença como, por exemplo, a maneira como as aulas de ciências são conduzidas nesses cursos.

**Passividade em sala de aula.** Os alunos de ensino médio tiveram grande aceitação para a função de visualizar o experimento, mas foram receosos com a possibilidade de controlar o mesmo, pois menos da metade dos alunos demonstraram interesse. Pode-se tentar justificar esse fato talvez pelo medo de danificar o experimento ou pela passividade com que as aulas são conduzidas. Esse receio também foi presenciado ao visualizar os dados dos alunos do ensino superior, onde ocorreu a preferência por professores controlarem o experimento. Também, para a funcionalidade de agendar experimentos notou-se o desejo dos professores em estimular o uso das plataformas pelos alunos e, por outro lado, alunos apontaram entender que essa seria uma funcionalidade restrita aos professores. Um efeito positivo esperado com as ciências experimentais é o estímulo à iniciativa por parte dos alunos.

## **5.2 Projeto de Software**

Por meio dos levantamentos de requisitos já mencionados previamente (Estado da Arte, questionários e entrevistas), foram identificados os requisitos do projeto, separados em funcionais e não-funcionais.

### **5.2.1 Requisitos Não Funcionais**

Os requisitos não-funcionais identificados foram:

1. Baixo custo da solução final: o sistema, para ser reproduzido e implantado, deve exigir poucos recursos financeiros da parte interessada, uma vez que será destinado a instituições de ensino em que, geralmente, esses recursos são limitados.

2. Qualidade de vídeo: a qualidade final da transmissão de vídeo, do experimento, deve ser suficiente para permitir a visualização nítida do mesmo pelos participantes do sistema.
3. Independência de software adicional: o sistema não deve exigir a instalação de software de terceiros no computador do usuário para que seja possível utilizá-lo.
4. Tempo de resposta aceitável: o tempo de resposta resultante entre o controle do experimento e a visualização não pode ser alto a ponto de prejudicar a experiência do participante.
5. Tecnologias livres: A plataforma é composta de diversos componentes de hardware e software. Todos esses componentes devem ser livres, pois, além de ser um dos diferenciais propostos inicialmente pelo projeto, terá impacto diretamente na extensibilidade da plataforma.
6. Extensibilidade: A plataforma desenvolvida deverá ser extensível, permitindo acoplamento de outros experimentos, além do proposto nesse projeto como prova de conceito.

### **5.2.2 Requisitos Funcionais**

Da mesma maneira, os requisitos funcionais identificados foram:

1. Visualizar o vídeo do experimento remotamente: permite visualizar, por meio de uma transmissão de vídeo em tempo real, o experimento sendo acompanhado pelo participante.
2. Controlar o experimento remotamente: permite controlar um experimento remotamente, por meio de uma interface de usuário gráfica, alterando seu estado e comportamento.
3. Criar sessão de experimento: referente à possibilidade de criar uma sessão em torno de um experimento acoplado, permitindo mais de um participante simultâneo.
4. Controlar sessão de experimento: o sistema deverá realizar o controle sobre as sessões de experimentos, determinando qual participante está controlando e quais estão assistindo. Uma restrição é que

somente um dos participantes poderá controlar o experimento, enquanto vários outros podem visualizá-lo.

5. Visualizar os dados do experimento: o sistema deverá fornecer aos participantes de uma sessão de experimento, dados que estão sendo coletados nos componentes eletrônicos (e.g., sensores infravermelho, sensores de luminosidade, giroscópio) do mesmo.
6. Funcionalidades de LMS: conforme citado, a plataforma Web foi integrada a um LMS, com o intuito de se herdar todas as funcionalidades comumente encontradas nessa categoria de sistemas. Os requisitos relacionados ao LMS são:
  - a. Autenticação de participantes: os participantes deverão possuir um usuário e senha para se autenticarem na plataforma ou poderão criá-lo caso não possuam.
  - b. Postar informações globais: os participantes, dependendo do perfil, poderão colocar anúncios gerais para os demais participantes do sistema visualizarem.
  - c. Criar tarefas: os participantes, dependendo do perfil, podem alocar tarefas e atividades para outros participantes realizarem, definindo regras e prazos de conclusão.
  - d. Blog: os participantes podem criar e gerenciar blogs dentro do sistema, para divulgar informações.
  - e. Calendários de atividade: o sistema permite aos participantes criar eventos e consultá-los no calendário.
  - f. Chat: o sistema permite que vários participantes conversem virtualmente, por meio de salas de “bate-papo”, onde podem interagir e trocar informações.
  - g. Fóruns de discussão: participantes podem criar tópicos e assuntos e discutir em grupo sobre os mesmos.
  - h. Compartilhamento de arquivos: o sistema permite a transferência e compartilhamento de arquivos entre participantes.

- i. Glossário: permite criar e editar glossários de termos para os participantes.
- j. Boletim de notas: o sistema permite que notas de atividades sejam lançadas, gerenciadas e visualizadas, para participantes.
- k. Notícias: o sistema permite a divulgação de notícias para participantes.
- l. Organizar e armazenar materiais: o sistema permite organizar e hospedar recursos para disponibilizar aos participantes materiais didáticos.
- m. Visualizar diretório de usuários: o sistema permite aos participantes visualizarem os demais usuários cadastrados no sistema, com informações e fotos.
- n. Provas e questionários: o sistema permite a criação e realização de provas, questionários e testes de conhecimento.
- o. *Wiki*: permitir aos participantes criar, editar e colaborar em páginas organizadas sob o formato *wiki*.

### **5.3 Casos de usos**

Nessa seção demonstramos dois casos de uso, sendo um para ilustrar o acesso dos alunos e professores na plataforma (ver Figura 6), e o outro a configuração do experimento na plataforma, realizada pelo professor (ver Figura 8). Para mais casos de uso do projeto, consultar o Apêndice C no final do documento.

### 5.3.1 Caso de uso Aluno e Professor

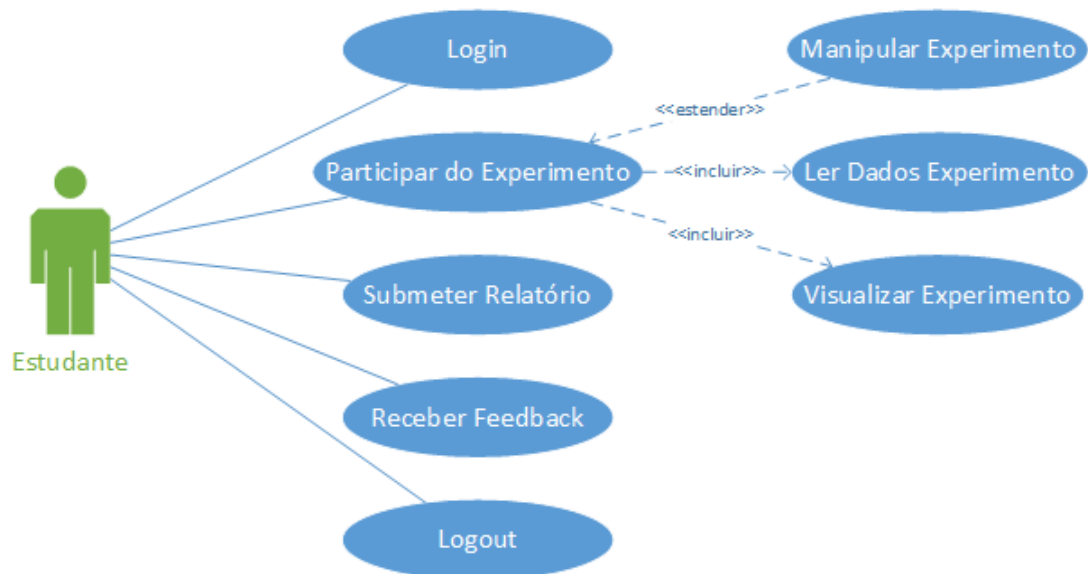
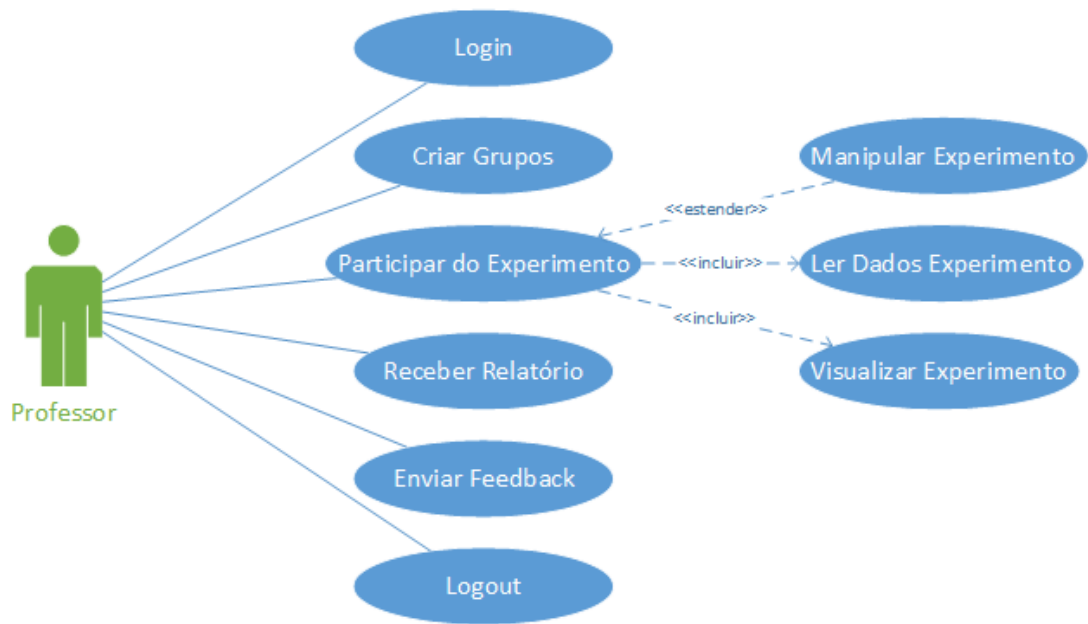


Figura 6 - Caso de uso Aluno  
Fonte: Autoria própria.

Ao acessar a plataforma Web o aluno deverá se autenticar. Após a autenticação, o aluno poderá acessar as funcionalidades existentes na plataforma, de acordo com o conjunto de permissões atribuídas a ele. Algumas das funcionalidades providas pela plataforma Web são: escolher o experimento a ser utilizado, submeter o relatório do experimento ao professor e receber o *feedback* do relatório enviado. Na sessão do experimento, é possível controlar algumas funções disponíveis da prática laboratorial, as quais serão definidas de acordo com cada experimento, além de poder analisar os resultados obtidos da execução do experimento. Excluindo o caso de uso “participar do experimento”, todos os outros recursos são providos pelo LMS Sakai.



**Figura 7 - Caso de uso Professor**  
Fonte: Autoria própria.

O caso de uso do professor é semelhante ao do aluno, porém, neste caso o professor é quem recebe os relatórios dos alunos e envia os *feedbacks*. Além dessas opções, existe a possibilidade de criar grupos em que é selecionado um experimento e os alunos que poderão participar dessa prática. O caso de uso “criar grupos” também é provido pelo LMS Sakai.

### 5.3.2 Caso de uso Professor e Experimento

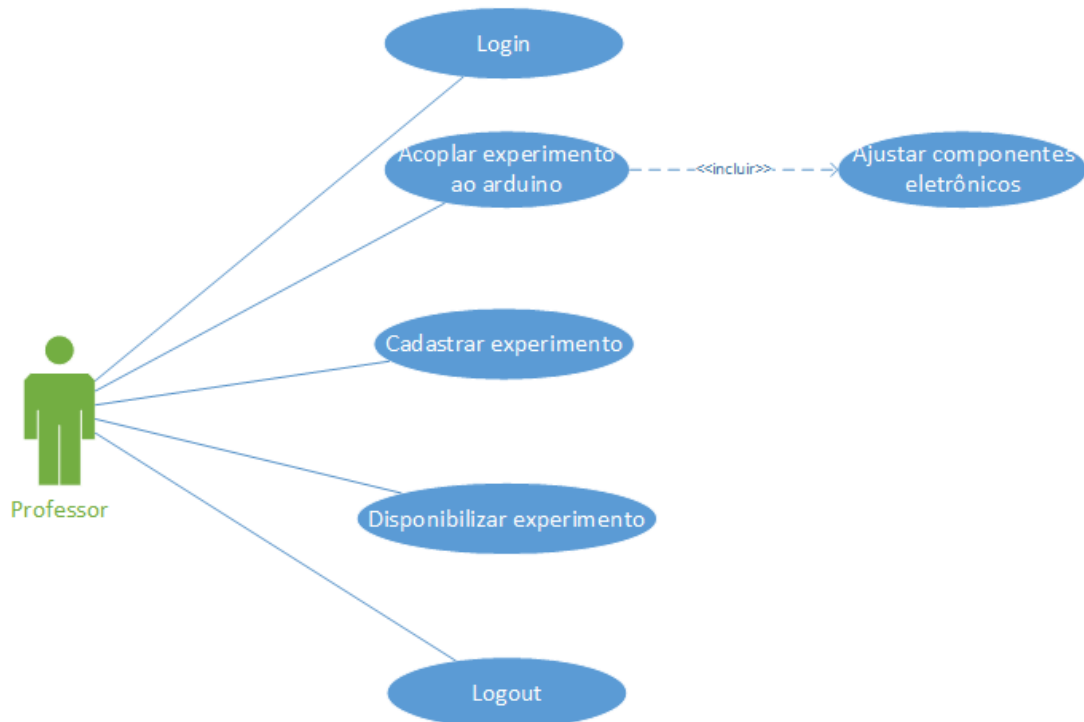


Figura 8 - Caso de uso Professor e Experimento  
Fonte: Autoria própria.

Nesse caso de uso, é visto que o professor pode acoplar um experimento científico ao Arduino, realizando os devidos ajustes dos equipamentos para a captura dos dados, além de poder cadastrar o experimento na plataforma Web, assim, disponibilizando o acesso da prática laboratorial para os alunos e outros professores.

## 5.4 Hardware

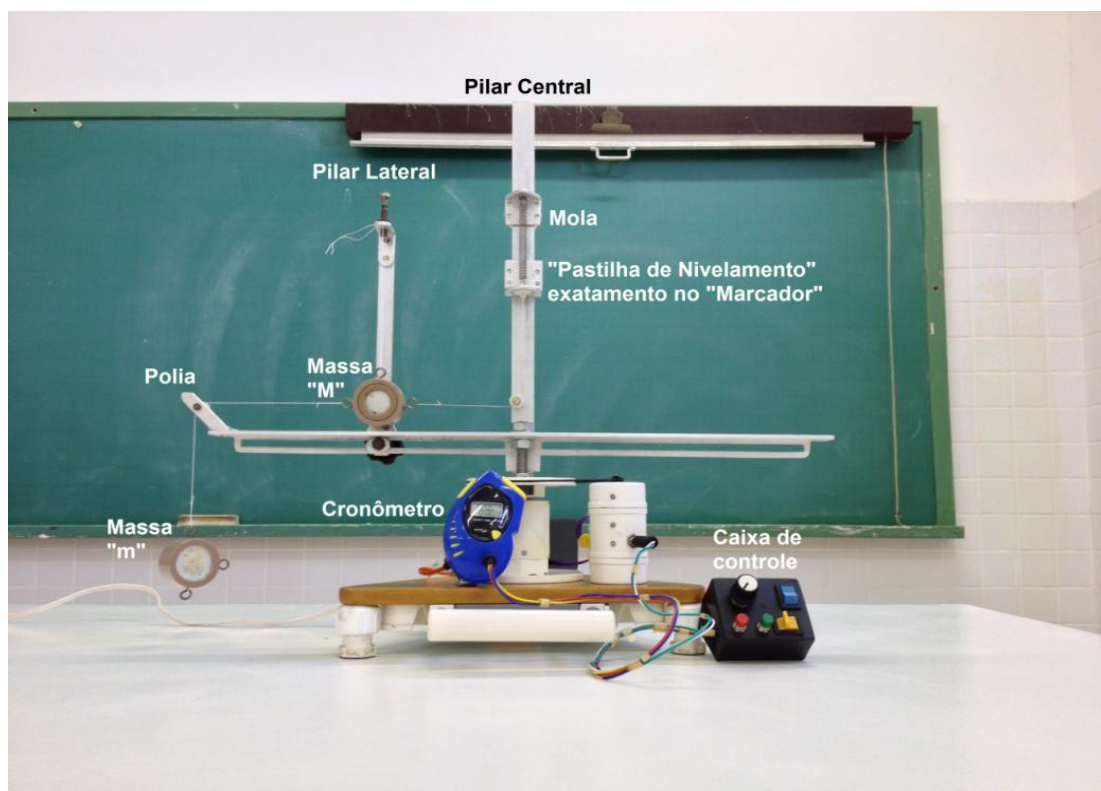
Esta seção aborda a adaptação do experimento e o desenvolvimento do esquemático de ligação dos componentes do experimento com o Arduino.

### 5.4.1 Experimento de força centrípeta

Para demonstrar o funcionamento da plataforma Apuê, escolhemos como prova de conceito um experimento de Física relacionado com a segunda lei de Newton, conhecida como o princípio fundamental da dinâmica, e o adaptamos para funcionar com comandos provindos da plataforma. O experimento original consiste em uma plataforma rotacional que tem por objetivo principal estudar a equação da força centrípeta, a qual



representa “a força resultante que puxa o corpo para o centro da trajetória em um movimento curvilíneo ou circular” (PARANÁ, 2009), além de proporcionar estudos relacionados com o momento de inércia, velocidade e aceleração angular, torque, dentre outros. O experimento foi emprestado pelo professor Rodrigo Ricetti, DAFIS-UTFPR, e a Figura 9 mostra sua configuração original. Para maiores informações sobre o experimento, consultar o anexo A, desenvolvido pelo aluno Washington Máverick no final do trabalho.



**Figura 9 - Experimento de força centrípeta**  
Fonte: Autoria própria.

Como já mencionado anteriormente, a plataforma permite várias configurações de experimentos para serem executados, porém para automatizar todas as possibilidades, seria necessário um estudo mais detalhado e por isso optamos por escolher um dos possíveis experimentos e modifica-lo para ser acoplado na plataforma web. Como prova de conceito, escolhemos o experimento para determinar a massa de um objeto “m” qualquer que desloca a massa “M”, conforme a figura acima. Como a proposta visa não necessitar de intervenção presencial humana para o

funcionamento do experimento, foi decidido estabelecer uma massa “M” fixa, de um valor conhecido, e uma determinada configuração de alinhamento da plataforma (e.g., valor do raio entre os dois pilares, valor da massa M, valor da massa m), assim somente será necessário que o utilizador remoto do experimento controle a velocidade e o ligamento/desligamento da plataforma rotacional. Os dados que serão enviados do experimento para os usuários consistem no período (tempo de uma rotação do experimento) e a frequência (o inverso do tempo). As alterações necessárias para adequar o controle do experimento, para a web, ficaram concentradas na remoção da caixa de controle e do cronometro (vide Figura 9) e adequá-las para funcionar com o circuito desenvolvido para o Arduino.

### **5.4.2 Arduino**

Podemos dividir o desenvolvimento do Arduino em duas frentes, sendo a primeira referente à parte de hardware e a segunda referente ao software para captura e envio dos dados.

#### **5.4.2.1 Hardware**

Para o experimento de força centrípeta, utilizamos os seguintes componentes para realizar o controle dos dados:

- Ponte H L293D: É um circuito integrado que serve para controlar o sentido e a intensidade do funcionamento dos motores de corrente contínua (DC);
- Resistor de 10K Ohms para limitar a corrente da fonte para o circuito;
- Conector P2 fêmea e macho para conectar o sensor de rotação;
- Fios para realizar as diversas conexões;
- *Arduino Protoboard Shield* para acomodar os fios, conectores, a ponte H e o resistor;
- Motor DC de 9V, pertencente ao experimento;
- *Reed Switch*, pertencente ao experimento.

Após montado, o circuito do Arduino ficou com a aparência vista na Figura 10:

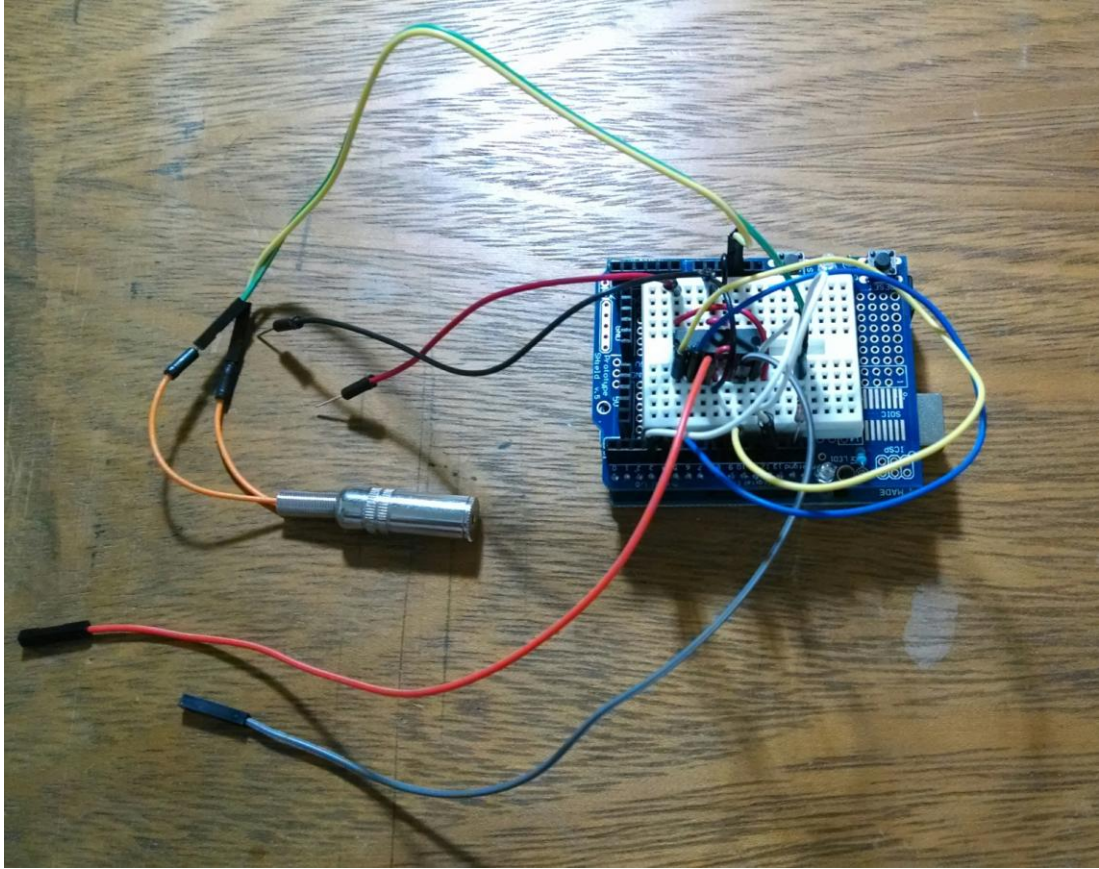


Figura 10 - Arduino com o *Shield* e suas conexões  
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 11 temos o esquemático do circuito exibido acima com a finalidade de tornar mais fácil o entendimento e a reprodução do mesmo. Esse esquema foi criado utilizando a ferramenta Fritzing<sup>20</sup>. No esquema, podemos dividir em duas partes, sendo que a primeira é o circuito que controla o *Reed Switch*, que utiliza os pinos GND, 13 e 5V, junto com o resistor de 10K Ohm; e a segunda parte, o circuito que controla o funcionamento do motor DC, o qual está interligado com o circuito integrado L293D. Este recebe alimentação da fonte externa, representada pelo conector de energia, e recebe as instruções do Arduino pelas portas 3, 4 e 7.

---

<sup>20</sup> <http://fritzing.org/home/>

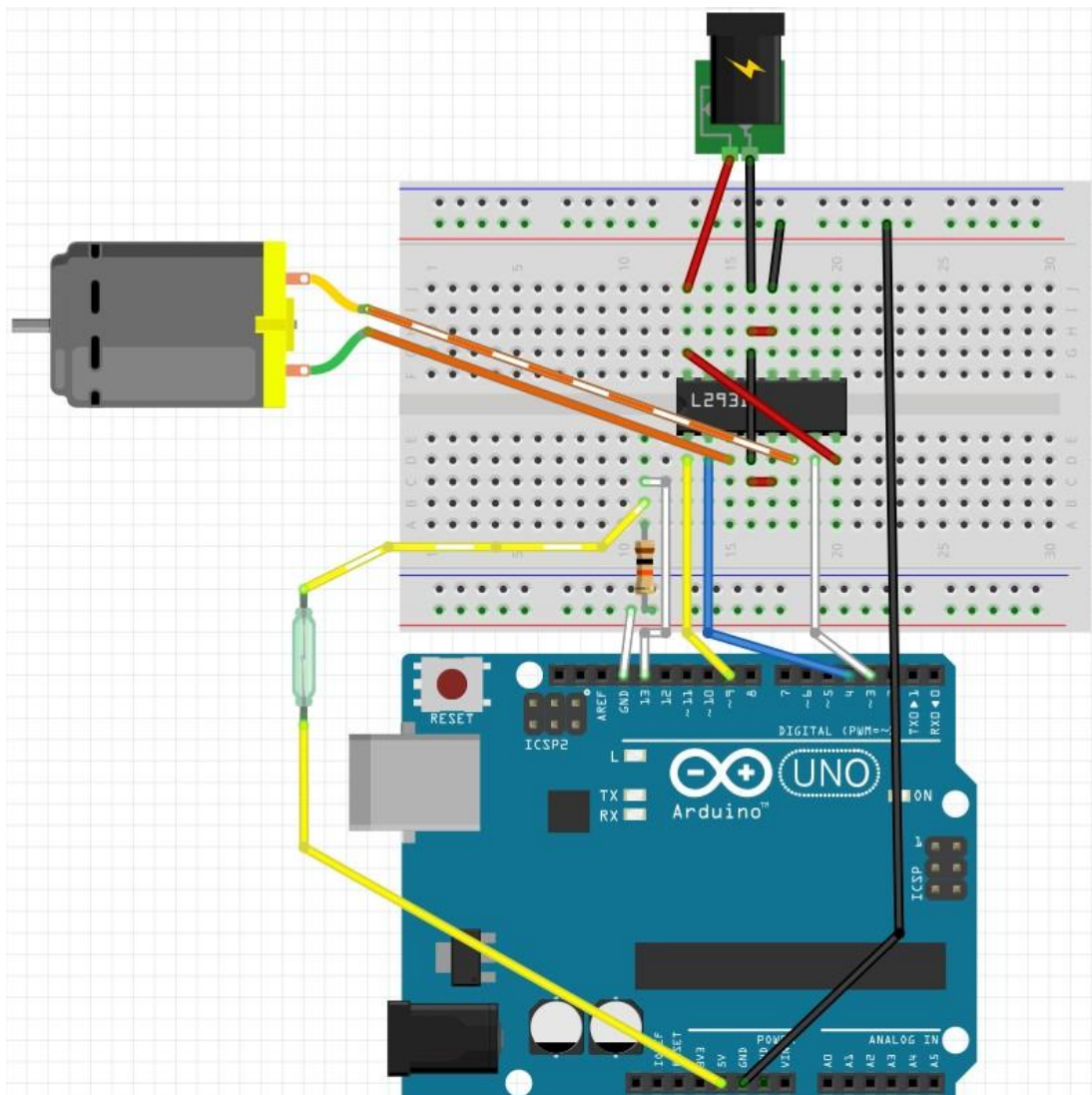


Figura 11 - Esquemático do circuito  
Fonte: Autoria própria.

### 5.4.3 Software de controle do experimento

Para realizar o envio dos comandos recebidos da camada de comunicação para o experimento, e para enviar os dados coletados do experimento para a camada de comunicação, elaboramos um código utilizando a notação aJSON. O aJSON tem por objetivo portar as mesmas funcionalidades da notação JSON, que será explicada na seção 5.5.1, para o Arduino (NOWOTNY, 2010), com a finalidade de comunicar-se com a plataforma web, a qual está usando o JSON para enviar e receber dados. O funcionamento do nosso protocolo consiste nas seguintes etapas:

- Plataforma web para Arduino: A plataforma web envia um objeto JSON contendo o nome da chave do dado de entrada

(e.g., velocidade) e o valor que iria atribuir a essa chave (e.g., 100), o qual é recebido pelo aJSON, através da porta serial, e decodifica o objeto para ser utilizado no código do Arduino, que por fim passa os valores para os respectivos componentes do sistema.

- Arduino para Plataforma Web: De maneira análoga, o Arduino recebe os dados dos componentes do experimento, os empacota em objetos JSON e os envia através da porta serial para a plataforma web, a qual exibe para o usuário os dados referentes a saída.

Com essa configuração de hardware e software elaborada para o controle do experimento, podemos agora partir para a explicação da camada de software da plataforma web. Para maiores informações e detalhamento do código utilizado no Arduino, consulte o Apêndice F – Código Fonte do Arduino.

## **5.5 Software**

Esta seção aborda os softwares utilizados para a construção da plataforma *web* Apuê, desde o banco de dados, passando pela parte de comunicação entre o Arduino e a Plataforma, a tecnologia de *streaming* de vídeo e as linguagens de programação utilizadas para a criação da interface de usuário.

### **5.5.1 JSON**

JSON (*JavaScript Object Notation*) é um formato de intercâmbio de dados entre duas linguagens, que pode trabalhar não somente com *JavaScript*, mas também como outras linguagens disponíveis no mercado e na comunidade, sendo as vantagens de utiliza-la, em relação a outros formatos de troca de dados como, por exemplo, o XML, estão relacionadas com a sintaxe simples de implementação, menor tamanho dos arquivos de troca e alto desempenho em aplicações. (JSON, acesso em 2014) O funcionamento de troca de dados pelo JSON consiste em criar ou um objeto contendo um atributo e um valor, ou um *array* de valores, que são

transmitidos de uma linguagem para outra. No desenvolvimento do Apuê, utilizamos esse formato em duas partes importantes. A primeira está relacionada com a comunicação de dados entre o Arduino e o servidor da plataforma, sendo que é utilizada junto com o protocolo de comunicação que foi desenvolvido para o projeto. Já a segunda parte está concentrada na tela principal da plataforma, sendo parte do AJAX que controla a exibição dos dados de saída, dos dados para a projeção dos gráficos e dos dados das entradas que são enviados para o servidor.

### **5.5.2 Gráficos Highstock**

Uma vez que, tanto os dados de entrada como os de saída, poderiam ser exibidos ao usuário em tempo real e que seria também necessário permitir o acompanhamento desses ao longo do tempo, optou-se por uma implementação *JavaScript* nomeada “*HighStock*”, permitindo a criação e exibição de gráficos bi-dimensionais (HIGHCHARTS JS, acesso em 2014). Essa biblioteca possui funções consideradas interessantes para o acompanhamento da projeção dos dados coletados durante o experimento, como a possibilidade de verificar o gráfico por inteiro ou, ainda, visualizar uma determinada região do gráfico, além da dinamicidade na geração do gráfico com a chegada dos dados de saída do experimento, tornando a visualização mais atrativa ao público. Ao longo da execução do experimento são enviadas requisições assíncronas AJAX, para receber atualizações de dados que serão então plotados, permitindo sua visualização e manipulação pelo usuário.

### **5.5.3 Streaming de Vídeo**

Para prover a exibição do vídeo do experimento em tempo real, realizamos uma junção de tecnologias com a finalidade de providenciar a melhor experiência em qualidade de vídeo com tecnologias novas, considerando a qualidade da imagem, a fluidez dos quadros e a latência entre a transmissão e o recebimento do vídeo após os dados de entrada serem modificados/inseridos. A estrutura desenvolvida consiste em usar um servidor com uma *webcam*, podendo ser a mesma máquina da plataforma

web ou uma máquina exclusiva para a captura e envio do vídeo, a qual envia a imagem através de um WebSocket até o cliente, que pode assistir o vídeo através de um navegador com suporte a HTML5. Essa solução foi baseada na solução que Dominic Szablewski disponibilizou no GitHub<sup>21</sup>, sob a Licença MIT. As tecnologias usadas para prover a visualização consiste nos seguintes itens:

- FFmpeg: É um *framework* de multimídia que consiste em acessar a *webcam* local, através das APIs DirectShow<sup>22</sup> ou VFWcap<sup>23</sup>, quando utilizando sistemas Windows, ou a API video4linux2<sup>24</sup>, quando utilizando sistemas Linux. Além do acesso, utiliza um arquivo para comprimir o vídeo adquirido, nesse caso a compressão utilizada é a mpeg1video<sup>25,26</sup>, e por último, publica o vídeo comprimido em uma URL de um servidor, no nosso caso no servidor Nodejs.
- Nodejs: é a aplicação servidor que utiliza a *engine* V8 JavaScript, desenvolvida pelo Google<sup>27</sup>. Esse servidor tem a função de receber o vídeo publicado pelo FFmpeg e o republica-lo em outra URL, utilizando-se da tecnologia de Websocket, para entregar os dados ao usuário, e o *codec* JSMpeg<sup>28</sup>, que decodifica o vídeo para mpeg1 e renderiza como um elemento Canvas do HTML5.

Com essa configuração, podemos disponibilizar os vídeos dos experimentos com uma boa qualidade de imagem e com atraso de aproximadamente 400ms na transmissão. Como a tecnologia de vídeo para o HTML5 ainda encontra-se no início de desenvolvimento, são poucas as soluções disponíveis e com bom funcionamento, além de ser suportado por todos os navegadores.

---

<sup>21</sup> <https://github.com/phoboslab/jsmpeg>

<sup>22</sup> [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd390351\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd390351(v=vs.85).aspx)

<sup>23</sup> [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd757708\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd757708(v=vs.85).aspx)

<sup>24</sup> <https://www.kernel.org/doc/Documentation/video4linux/v4l2-framework.txt>

<sup>25</sup> <http://www.di.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid279434.pdf>

<sup>26</sup> <http://www.mpeg.org/MPEG/video/mpeg-video-for-your-eyes.html>

<sup>27</sup> <https://code.google.com/p/v8/>

<sup>28</sup> <https://github.com/phoboslab/jsmpeg>

É importante relatar que, conforme comprovado por meio de uma prova de conceito realizada durante o desenvolvimento do trabalho, pode-se empregar como servidor de streaming um Raspberry Pi<sup>29</sup> (computador compacto de baixo custo). No entanto, devido à sua capacidade de processamento, é necessário utilizar resoluções moderadas na codificação do vídeo capturado pela câmera. Resoluções superiores a 320 por 240 pixels podem impactar na performance do streaming. O fato de ser uma solução cujo software e hardware são abertos, livres e de baixo custo tornam o Raspberry Pi uma ótima alternativa para esse componente da plataforma.

#### 5.5.4 Spring MVC

Spring MVC é um *framework* de código aberto desenvolvido para aplicações web Java baseado no modelo “*Model-View-Controller*” com o intuito de simplificar o desenvolvimento e os testes das aplicações. (SpringMVC, acessado em 2014) As vantagens de utilizar o Spring MVC estão relacionadas com a possibilidade de trabalhar com outros *frameworks*, uso de *annotations* (SpringMVC 3.0, acessado em 2014) que facilitam a interpretação das tarefas pelo compilador e evitam muitos casos de criação de arquivos XML de configuração, suporte a várias *Views Freemaker* como JSP e Velocity. A escolha de utilizar esse *framework* no projeto deu-se pelas vantagens citadas anteriormente, além de existirem módulos dentro do Sakai que já utilizam essa tecnologia.

#### 5.6 Criação do Módulo Apuê como Componente do Sakai

O *framework* Sakai faz uso da ferramenta Maven<sup>30</sup> para automação do processo de compilação, empacotamento e distribuição. Além dessas funcionalidades, o Maven provê ainda recursos para a criação de aplicações *template*, ou Maven Archetype<sup>31</sup>, permitindo produzir uma aplicação base a partir da linha de comando (MAVEN, 2014). Tendo em vista essas funcionalidades, Jennings desenvolveu um Maven Archetype para se gerar um módulo Sakai, com Spring MVC como *framework* web (JENNINGS,

---

<sup>29</sup> <http://www.raspberrypi.org/>

<sup>30</sup> <http://maven.apache.org>

<sup>31</sup> <https://maven.apache.org/guides/introduction/introduction-to-archetypes.html>



2012). Esse mesmo Maven Archetype foi empregado para a construção do “esqueleto” do Apuê, que posteriormente foi modificado para se adequar aos padrões introduzidos no Spring MVC 3. Entre essas: alterações de bibliotecas, arquivos de configuração e o formato de injeção de dependências de XML para Java *annotations*.

A aplicação base, gerada pela ferramenta de Jennings, segue a estrutura padrão proposta pelo Sakai (ZECKOSKI, 2007) - introduzida nas versões posteriores à 2.4 – e, portanto, possui quatro subprojetos Java, resultando na seguinte separação física:

1. *API*: contém interfaces Java, objetos da camada de modelo e arquivos de configuração do Hibernate.
2. *Implementação*: contém toda a implementação propriamente dita das interfaces declaradas em API, grande parte da lógica do projeto entra nessa camada, inclusive objetos de acesso a dados, *i.e.*, *Data Access Objects (DAO)*, e camadas de persistência.
3. *Pack*: agrupa arquivos específicos de configuração do módulo para o Sakai.
4. *Tool*: esse projeto mantém todo conteúdo referente à interface com usuário, páginas HTML, arquivos estáticos - *e.g.*, CSS, imagens, JavaScript – e arquivos de configuração.

A organização das camadas lógicas, contidas nesses subprojetos, e seus relacionamentos são representados na Figura 12.

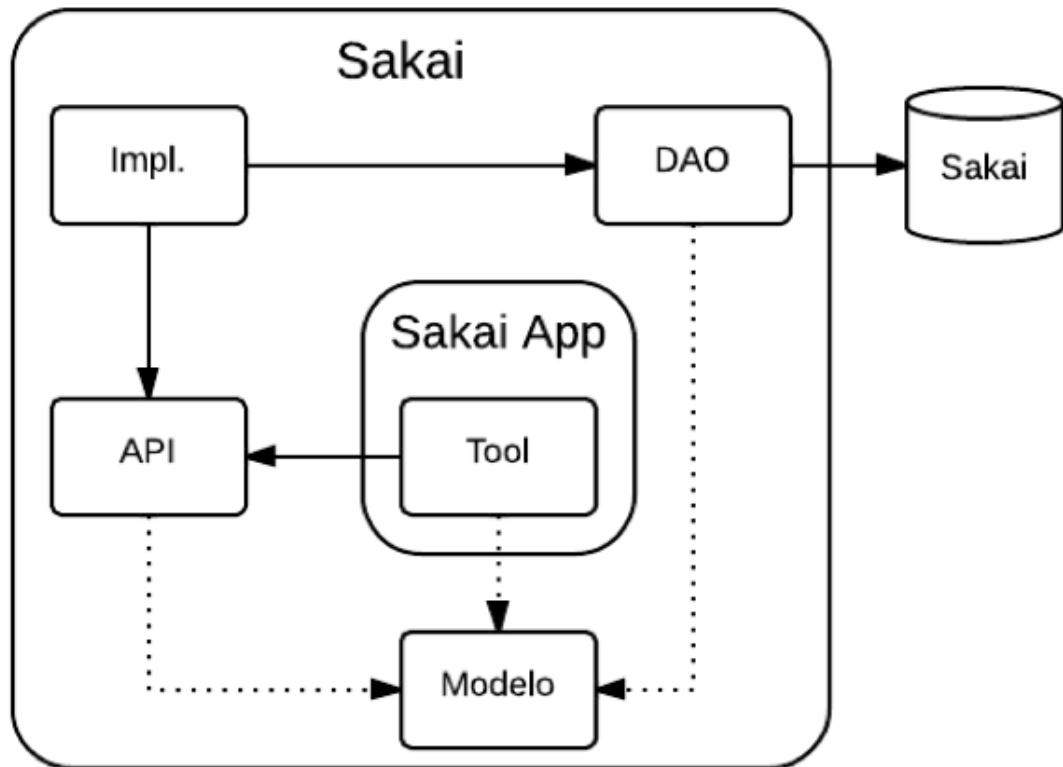


Figura 12 - Estrutura tradicional de uma aplicação no Sakai.  
Fonte: Autoria própria.

O motivo dessa separação é facilitar o processo de empacotamento e distribuição pelo Maven no Sakai, permitindo inclusive que camadas específicas da aplicação fiquem expostas para outros componentes do sistema, *e.g.*, API e bibliotecas compartilhadas (ZECKOSKI, 2007). Entretanto, durante a fase de desenvolvimento, esse modo de empacotar bibliotecas compartilhadas implica necessariamente em reiniciar o servidor JEE (Tomcat) a cada alteração, custando um tempo de aproximadamente 5 minutos por operação. Desse modo, visando acelerar o processo de desenvolvimento do Apuê, optou-se por uma estrutura diferente. Nessa estrutura o código, originalmente localizado nos subprojetos API e Implementação, foi movido para dentro do subprojeto *Tool*, conforme representado na Figura 13.

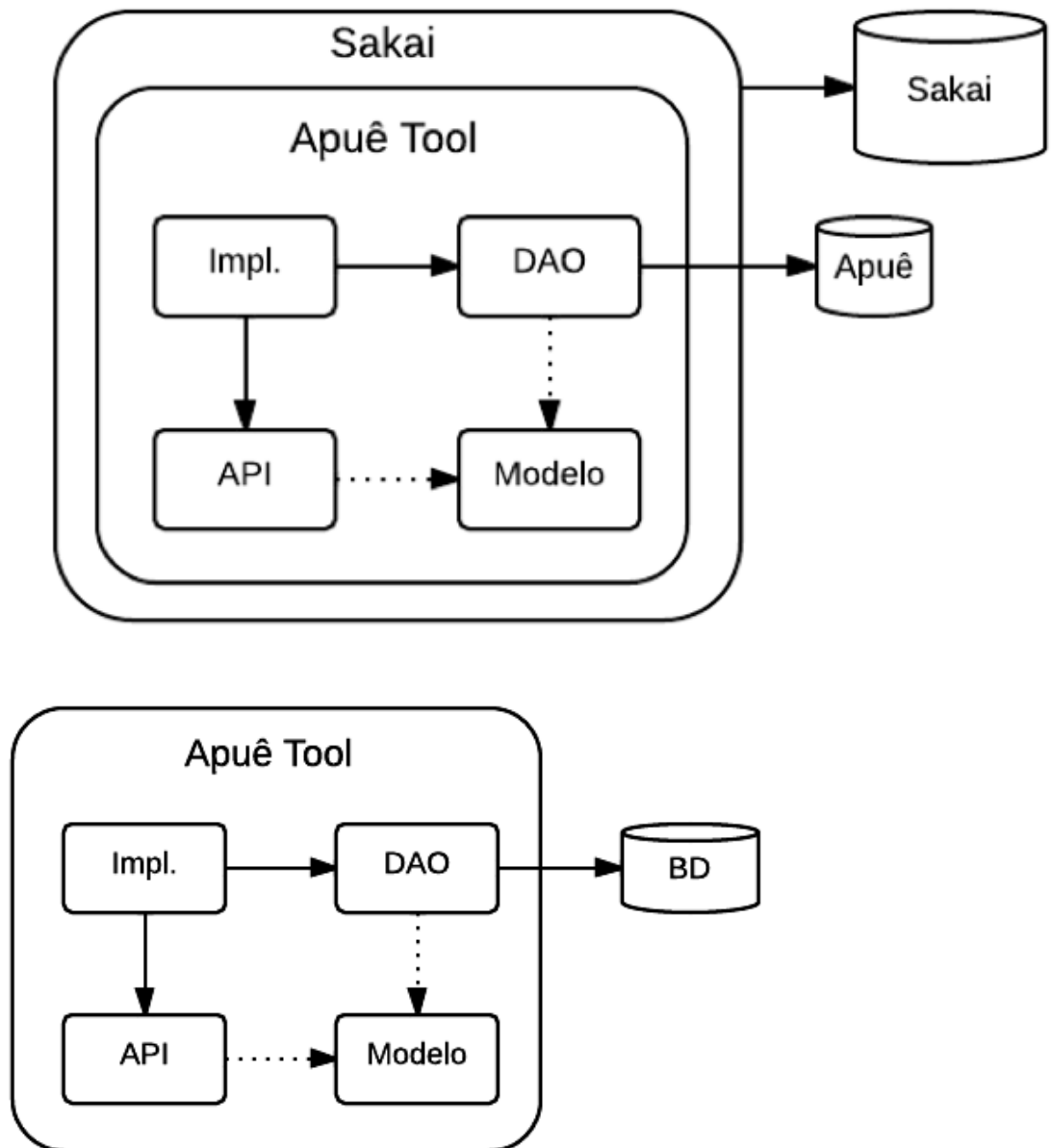


Figura 13 - Estrutura do módulo Apuê no Sakai  
Fonte: Autoria própria.

Uma vez produzida a aplicação base foram realizadas algumas alterações para seguir com o desenvolvimento. Conforme citado anteriormente, o aspecto do projeto foi alterado para adequar-se aos padrões introduzidos na terceira versão do Spring MVC (a versão gerada pelo Maven Archetype correspondia à segunda). Essa alteração, apesar de simples a princípio, resultou em problemas de compatibilidade com a versão do Spring MVC do próprio Sakai, sendo necessário primeiramente atualizar

as dependências internas do Sakai para, em seguida, utilizar o framework em questão. Assim, fez-se necessário realizar o *checkout* e desenvolver para a versão ainda em desenvolvimento<sup>32</sup> do Sakai (*Trunk*), compatível com as dependências mencionadas.

### 5.6.1 Interface de Visualização e Controle do Experimento

Provavelmente as funcionalidades mais interessantes, e complexas tecnicamente, seriam as encontradas na interface de visualização e controle do experimento. Por esse motivo, nesta seção é explicada tecnicamente como essa interface foi desenvolvida.

Assim que o participante entra no módulo Apuê e um agendamento de sessão aberto é encontrado, inicia-se o processo de carregamento do experimento. Nessa etapa são buscadas, do banco de dados, as informações referentes somente ao experimento cadastrado, necessárias para a execução da sessão, *e.g.*, metadados de entrada e saída, URL do *websocket* para o *streaming* do vídeo e gráficos.

Assim, que as informações do experimento são buscadas e o usuário recebe o *response* com a página principal, inicia-se o processo de carregamento assíncrono dos dados da sessão, via AJAX. Em paralelo, o *websocket* de *streaming* é aberto e conectado ao servidor Node.js, permitindo o início da renderização do vídeo (indicado pelo número 1 na Figura 14) pela biblioteca JSMpeg, dentro da *tag canvas* HTML5. As requisições AJAX são temporizadas (invocadas a cada 1,5 segundos), permitindo a atualização quase que instantaneamente dos dados exibidos - técnica conhecida também como atualização AJAX periódica (KOGENT, 2008).

Com o propósito de evitar enviar muitas informações em uma única requisição, a interface na Figura 14 é atualizada por dois grupos de invocações AJAX:

---

<sup>32</sup> No momento de escrita desse documento a versão liberada para produção do Sakai encontra-se na 2.9

1. Atualização dos dados da sessão: responsável por receber as últimas alterações no usuário controlador (3), dados de entrada (4) e dados de saída (5).
2. Atualização dos dados nos gráficos: para cada gráfico (2) cadastrado no experimento é periodizada uma chamada AJAX, responsável por buscar atualizações de novos valores que serão adicionados na série do respectivo gráfico.

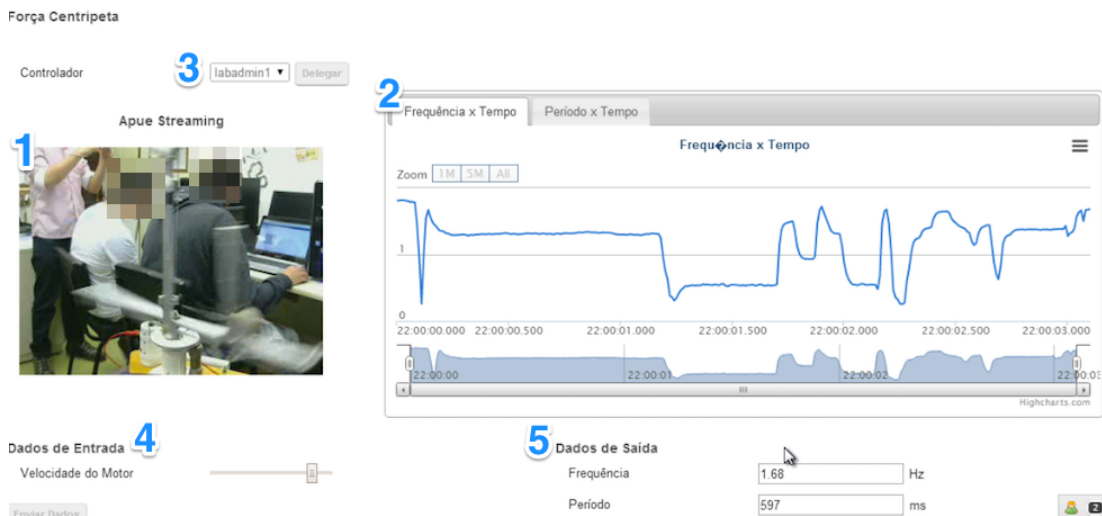


Figura 14 - Tela principal do Apuê

De maneira similar, quando um usuário, com controle do experimento, deseja enviar dados (4) ou delegar o controle para outro usuário (3), são criadas requisições AJAX que irão persistir essas ações no servidor.

### 5.6.2 Banco de Dados

O banco de dados escolhido para o desenvolvimento do Apuê foi o MySQL<sup>33</sup>, pois é o mesmo utilizado pelo Sakai (ZECKOSKI AND KIRSCHNER, 2013). A versão do MySQL escolhida foi a 5.1 Community Server, também foi escolhida por ser indicada na documentação de instalação Sakai (ZECKOSKI AND KIRSCHNER, 2013).

Para a criação do modelo físico do Apuê, foram modeladas nove tabelas, elas são:

<sup>33</sup> <http://www.mysql.com/>

- Experimento: Responsável por armazenar os dados dos experimentos, tais como a sua situação, nome, descrição e outros.
- Metadado: Tabela que serve de como descrição para os dados que são recebidos e enviados aos experimentos, um experimento pode ter muitos metadados cadastrados. Todos os metadados devem ser classificados como metadados de entrada ou saída.
- Metadado Saída: Refere-se a uma especialização dos metadados, estes provenientes dos sensores dos experimentos.
- Metadado Entrada: Refere-se a uma especialização dos metadados, estes provenientes dos usuários do sistema.
- Gráfico: Tabela responsável por armazenar as informações dos gráficos dos experimentos, sendo que um experimento pode ter vários gráficos. Cada gráfico possui dois metadados associados, referentes aos eixos x e y (eixos vertical e horizontal).
- Opção Metadado Entrada: Tabela responsável por guardar as opções de entrada, caso as formas de entrada sejam *widjets* como: *radio*; *combobox*; *checkbox*; entre outras. Ou seja, quando um dado de entrada possui opções previamente estipuladas por quem cadastrou o experimento.
- Sessão: Tabela responsável pelos agendamentos dos experimentos, cada agendamento deve estar vinculado a um experimento.
- Dado: Nesta tabela serão armazenados os dados provenientes das sessões. Todos os dados são descritos por metadados, sejam de entrada ou de saída.
- Sessão Grupo: Tabela responsável por armazenar os grupos de usuários que participam das sessões, sendo que vários grupos podem participar de uma mesma sessão.

O Sakai possui três possibilidades para a implementação da camada de acesso ao banco de dados (Zeckoski, acesso em 2014a), estas são: JDBC, ou Java Database Connectivity, API java que permite há linguagem trabalhar juntamente com bancos de dados SQL (ORACLE, acesso em 2014a); Spring JDBC, um *framework* que visa facilitar o uso do JDBC (ZECKOSKI, 2009a); por fim temos o Hibernate, a opção escolhida para o projeto.

Recomendado por Zeckoski (acesso 2014a), para trabalhar com o Sakai, o Hibernate ORM (Object/Relational Mapping) é um *framework* utilizado em bancos de dados relacionais (RED HAT, Acesso em 2014), como o próprio nome já diz. Para a implantação do Hibernate no Apuê, utilizou-se o processo de Engenharia Reversa, no qual entidades java, representantes das tabelas do banco de dados, são criadas a partir de um banco de dados previamente existente (JBOSS, acesso em 2014a). Juntamente com o Hibernate, foi utilizada a Java Persistence API<sup>34</sup> (JPA).

Uma vez decidido que o banco de dados usado pelo Apuê deveria permanecer separado da base de dados do Sakai, criou-se uma interface *SessionFactory* – interface responsável por mediar a comunicação com o banco de dados (JBOSS, acesso 2014b) – para a aplicação que estava sendo desenvolvida, tal como o Sakai recomenda para aplicações que possuem a base de dados externa (ZECKOSKI, 2009b). Os motivos, para manter a base de dados externa, se devem aos fatos de que: iria existir uma camada de *middleware* externa ao LMS; e também para minimizar a chance de alterar as tabelas nativas do Sakai em possíveis acidentes. A desvantagem desta abordagem está na impossibilidade de promover a integridade dos dados, presentes na base do projeto, que teriam relacionamentos com tabelas do banco de dados do Sakai. Para uma melhor compreensão das tabelas criadas, veja a Figura 15.

---

<sup>34</sup> <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/tech/persistence-jsp-140049.html>

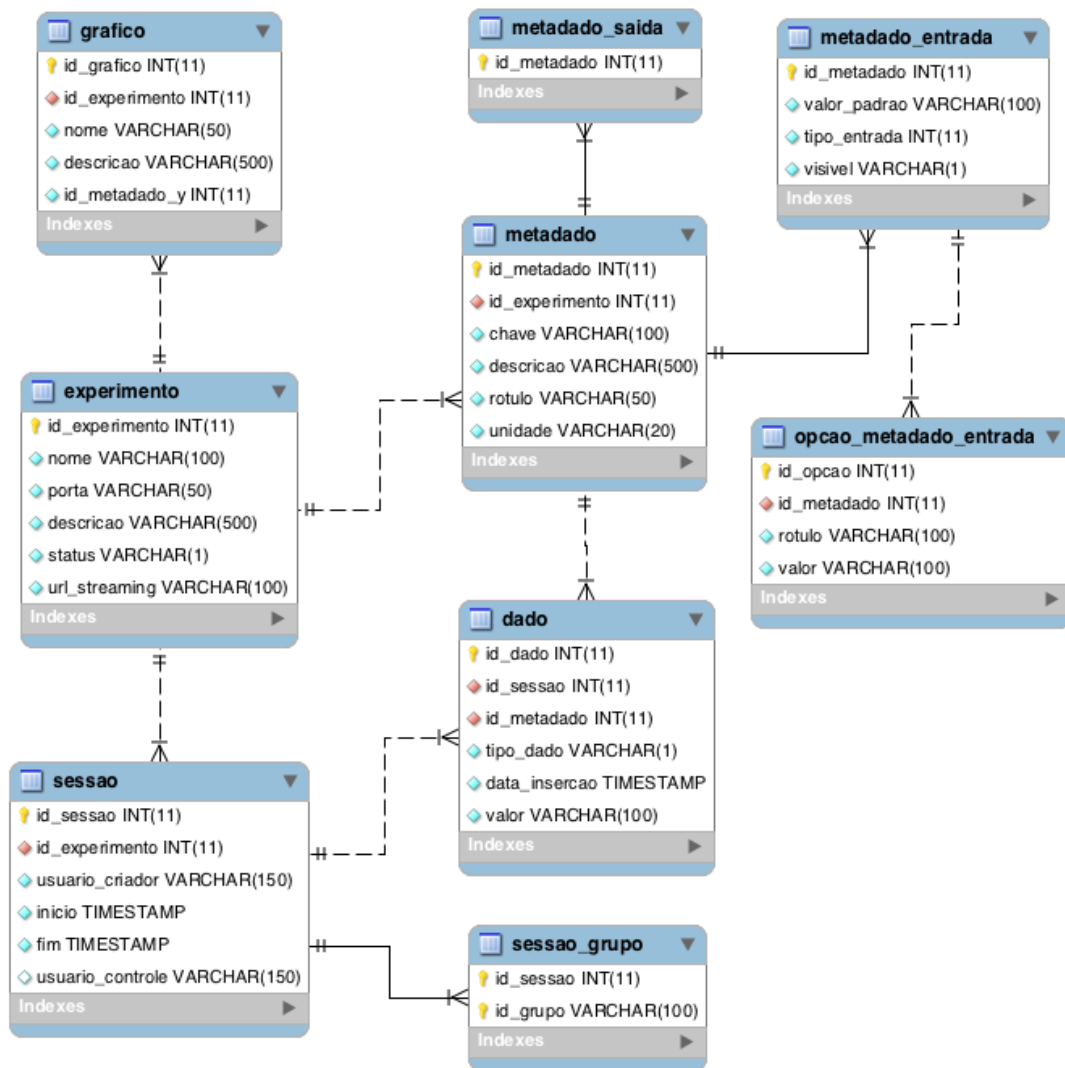


Figura 15 - DER do Banco de Dados  
 Fonte: Autoria própria.

### 5.6.3 Diagrama Geral de Tecnologias e Componentes

Para melhor visualizar os diversos componentes e tecnologias, detalhados anteriormente, da plataforma Apuê, a Figura 16 busca relacionar os principais elementos.



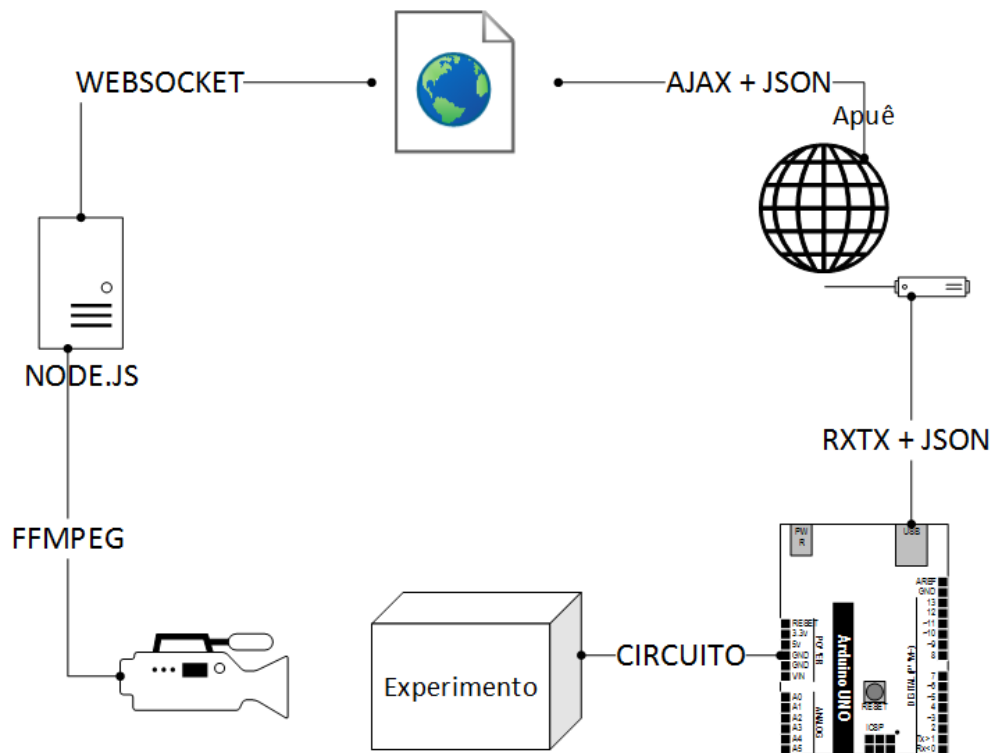


Figura 16 - Diagrama tecnologias utilizadas  
Fonte: Autoria própria.

#### 5.6.4 Licença

Para garantir e proteger a propriedade intelectual dos criadores do Apuê, além de prevenir uso indevido do mesmo, decidiu-se utilizar a licença do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Segue abaixo um resumo da licença, que pode ser encontrada no website “*Open Source Initiative*”(OPEN SOURCE INITIATIVE, acesso em 2014)

Em resumo, pode-se dizer que o Apuê e sua documentação são obtidos gratuitamente, de forma que qualquer entidade que tenha interesse em usar, modificar, misturar com outras implementações, publicar, distribuir, vender ou sublicenciar o Apuê, pode fazê-lo, de forma a respeitar as seguintes condições: o software, em seu estado atual, não oferece nenhum tipo de garantia, assim como os autores não podem ser responsabilizados, de nenhuma forma, por quaisquer reclamações ou danos infringidos.

### 5.6.5 Mapas

Essa seção tem por objetivo demonstrar de maneira geral como estão organizadas as ações da plataforma web.

A Figura 17 exemplifica o funcionamento da opção "agendar experimento" a ser apresentada na seção 5.6.9.

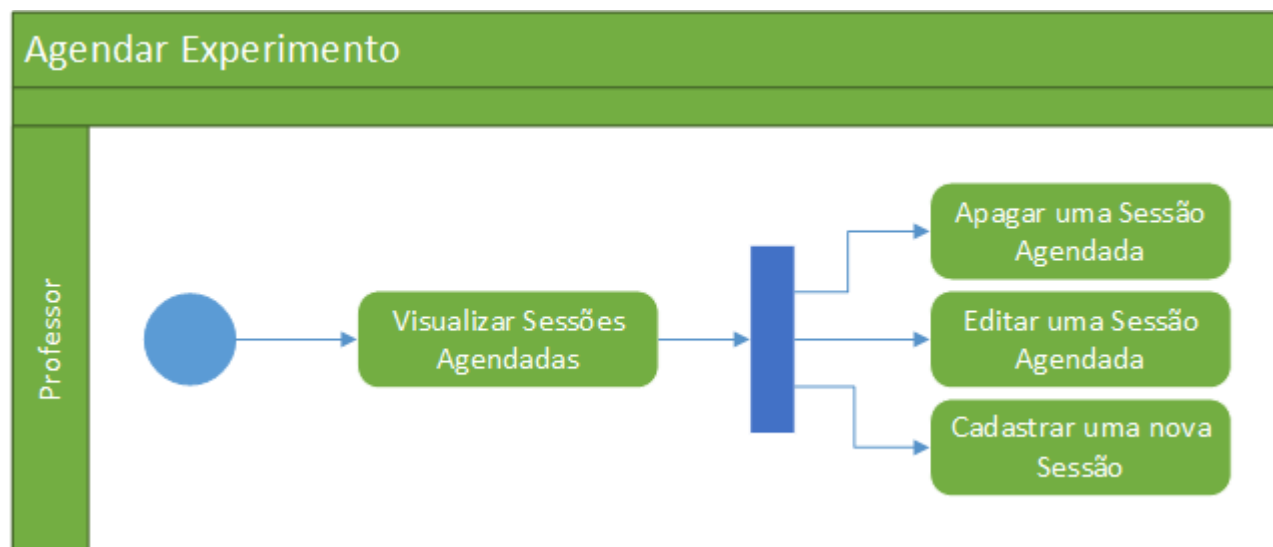


Figura 17 - Mapa Agendar Experimento  
Fonte: Autoria própria.

A Figura 18 exemplifica o funcionamento da execução do experimento a ser apresentada na seção 5.6.9.

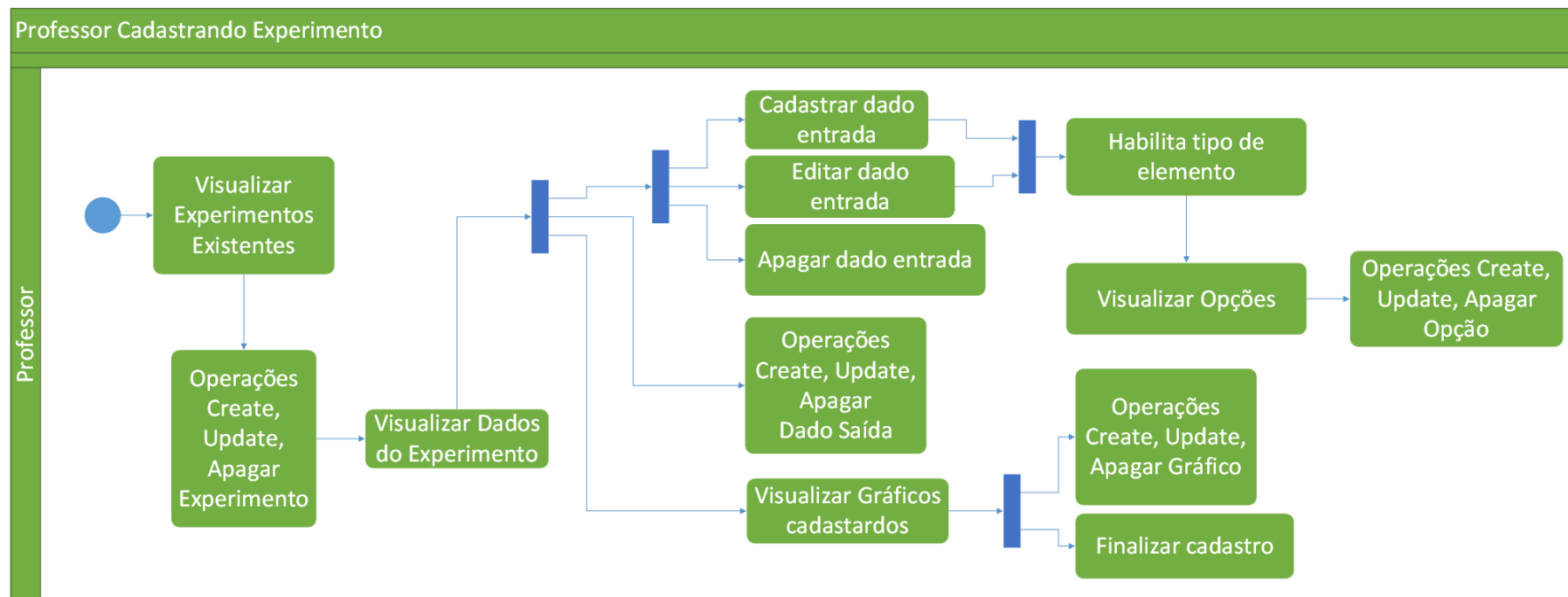


Figura 18 - Mapa Execução do Experimento  
 Fonte: Autoria própria.

A Figura 19 demonstra o funcionamento do cadastro do experimento para o professor a ser apresentada na seção 5.6.9.

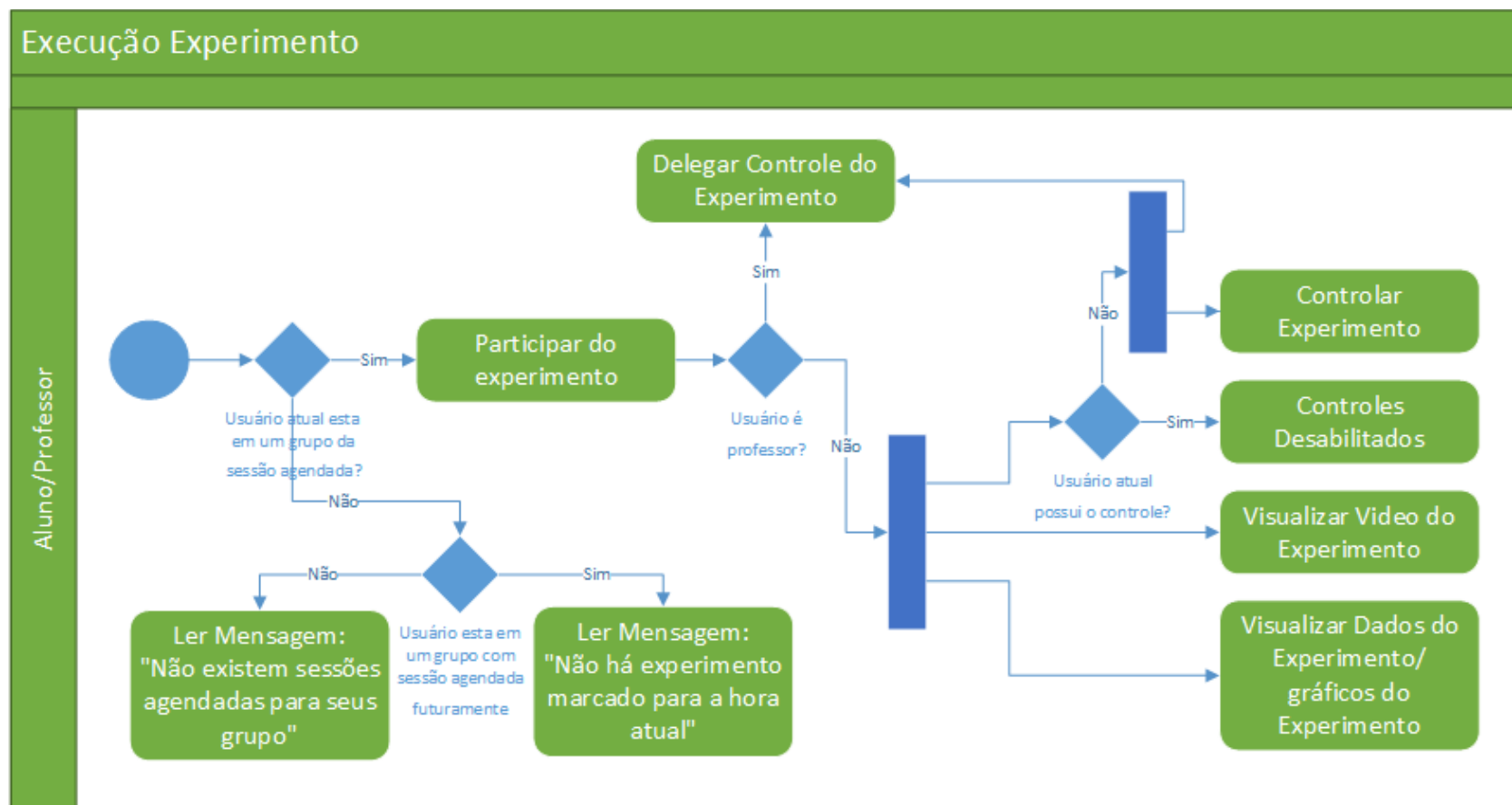


Figura 19 - Mapa Professor Cadastrando Experimento  
 Fonte: Autoria própria.

### 5.6.6 Diagrama de Sequência

Para exemplificar a sequência de ações entre o navegador, servidor web, Arduino e o servidor de vídeo, temos o seguinte diagrama de sequência na Figura 1Figura 20.

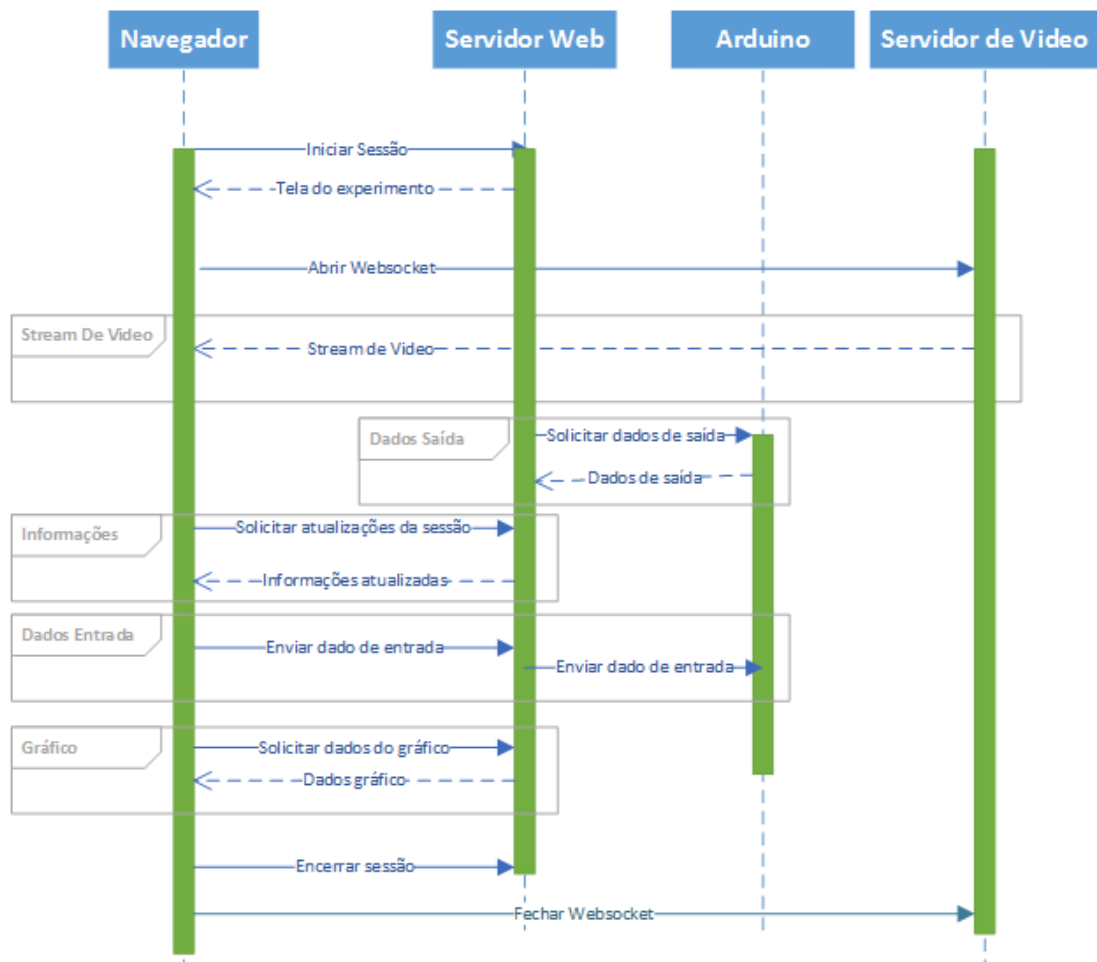


Figura 20 - Diagrama de Sequência  
 Fonte: Autoria própria.

### 5.6.7 Diagrama de Componentes

Nesta seção temos o diagrama de componentes do sistema, na Figura 21, para demonstrar a estrutura física da implementação desenvolvida.

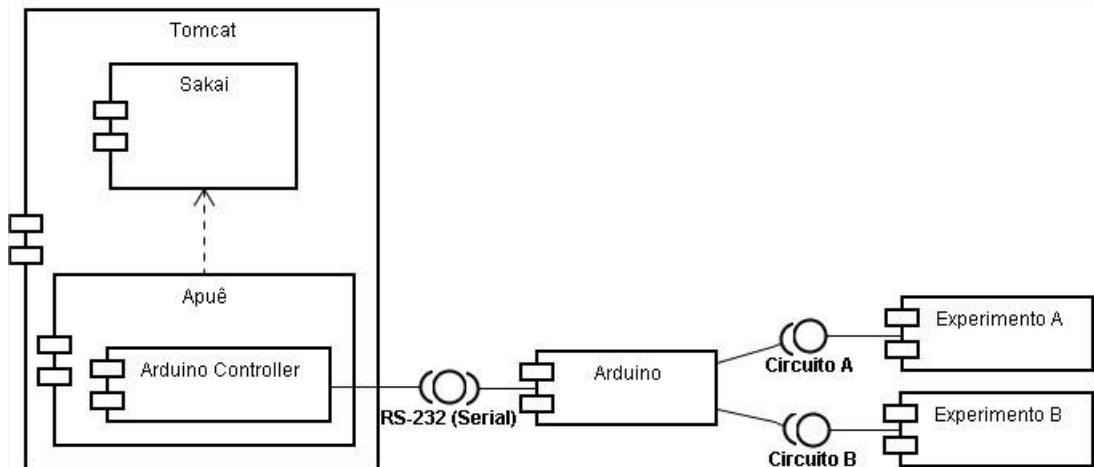


Figura 21 - Diagrama de Componentes do Sistema como um todo  
Fonte: Autoria própria.

### 5.6.8 Diagrama de Classes

Na Figura 22 encontra-se o diagrama de classes da camada de controle do Apuê. Essa camada é responsável principalmente por mapear, receber e responder requisições HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). Faz ainda validações de entrada, serialização e de-serialização dos objetos da camada de modelo caso necessário, e.g. JSON. Realiza operações de inserção, leitura, remoção e atualização de registros no banco de dados, por meio da camada de modelo. Entre as principais classes e seus papéis, podemos destacar:

1. SakaiProxy: Interface responsável por expor métodos de acesso às API's do Sakai, e.g., grupos, permissões, diretório de usuários.
2. ArduinoController: Classe responsável por toda a comunicação com o Arduino, via RXTX.

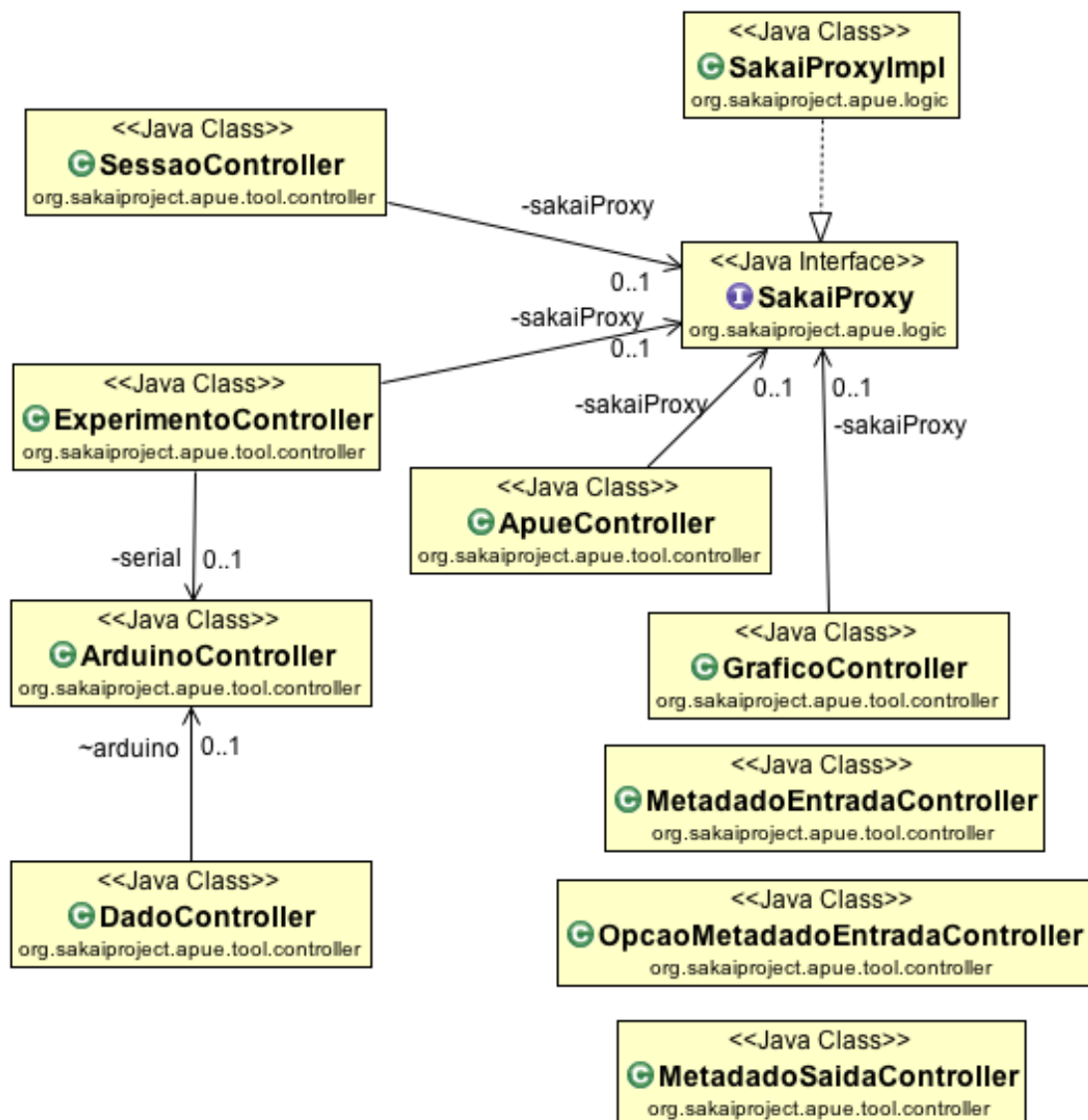


Figura 22 - Diagrama de Classes da camada Controller.  
 Fonte: Autoria própria.

A camada de modelo está representada pelo diagrama da Figura 23. Essa camada contém todas as classes que modelam os dados da aplicação Apuê e, na sua maioria, representam entidades JPA, que traduzem-se em tabelas do banco de dados. Conforme citado anteriormente, as entidades JPA e suas operações básicas foram geradas a partir do banco de dados – prática conhecida como engenharia reversa.

Os atributos e métodos foram omitidos nos diagramas de classes, as versões completas desses encontram-se no Apêndice H.

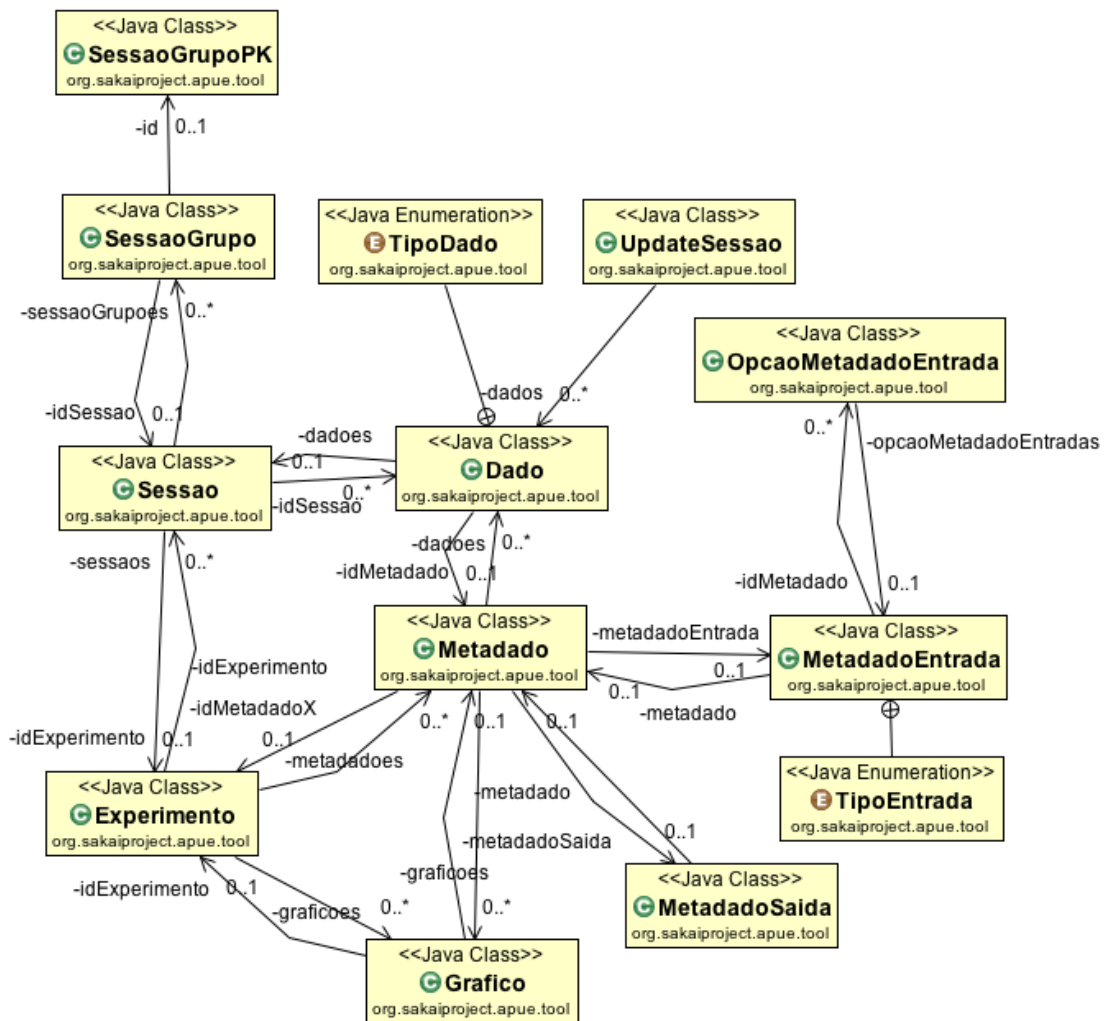


Figura 23 - Diagrama de Classes da camada Model  
 Fonte: Autoria própria.



### 5.6.9 Interfaces Gráficas do Apuê

O Apuê, quando visível aos usuários (professores e alunos), nada mais é do que uma série de páginas web, dentro do AVA Sakai, ou seja, é uma série de telas, as quais possibilitam a interação dos usuários.

A tela principal do Apuê possui três possibilidades de apresentação: a primeira opção trata-se da tela de utilização do experimento; a segunda trata-se de uma tela de aviso, explicando que o usuário não possui nenhuma sessão agendada; a terceira consiste em um aviso lembrando ao usuário a data de sua sessão, caso este usuário tenha uma sessão futura agendada. Em qualquer uma das telas de inicialização do Apuê existem opções, as quais possibilitam um professor inicializar o cadastro de um novo experimento ou de uma nova sessão de uso.

A Figura 14, apresentada na seção 5.6.1, demonstra a tela principal de um usuário que está utilizando o experimento, ou seja, este usuário possuía uma sessão agendada e estava utilizando a página no intervalo de tempo marcado para isto. Pode-se observar nesta tela: (1) o vídeo, transmitido em tempo real pelo servidor; (2) os gráficos construídos em tempo real, cada gráfico pertencente ao experimento pode ser visualizado quando sua aba é selecionada, também é possível escalonar o gráfico e exportá-lo para um arquivo; (3) o usuário que está no controle, logo ao lado do botão “Delegar”, no *widget select* (um usuário/aluno que está no controle do experimento pode escolher outro usuário presente no mesmo *select*); (4) também é possível alterar os dados de entrada, que possibilitam enviar comandos ao experimento, para tal, basta que o aluno movimente a barra logo acima do botão “Enviar Dados” (um *widget slider*) e pressione o botão; (5) os dados de saída, atualizados em tempo real, são apresentados em campos de texto.

Administration Workspace: Apue Lab

Agendar

Nome do Experimento	Usuario Criador	Inicio	Fim
Forca Centripeta	admin	18/02/14 22:00:00	18/02/14 23:00:00

[Editar](#) [Remover](#)

Voltar

**Figura 24 - Tela Inicial de Agendamento de Sessão**

A Figura 24 demonstra a tela inicial de agendamentos do experimento, aqui é possível: visualizar todos os agendamentos existentes; ir para a tela utilizada para a edição, de uma sessão previamente cadastrada, ou cadastro de uma nova sessão; apagar uma sessão previamente cadastrada.

Administration Workspace: Apue Lab

### Agendar Experimento

\* Experimento:

\* Grupo:

\* Inicio (dd/mm/aaaa hh:mm:ss)

\* Fim: (dd/mm/aaaa hh:mm:ss)

**Figura 25 - Tela de Agendamento de Experimento**  
Fonte: Aatoria própria.

A Figura 25 demonstra a tela de agendamento de um novo experimento, que também é utilizada na edição de um experimento previamente existente. Nela deve-se escolher um experimento e um grupo previamente cadastrados, e também as datas previstas para início e fim.

Administration Workspace: Apue Lab

Cadastrar Experimento

Nome	Porta	Descrição	Status	URL Streaming
Forca Centripeta		Plataforma Rotatoria	a	http://localhost

[Editar](#) [Remover](#)

Voltar

**Figura 26 - Tela Inicial de Cadastro de Experimento**  
Fonte: Aatoria própria.

A Figura 26 demonstra a tela inicial de cadastro de um novo experimento, aqui é possível: ir para tela utilizada para edição, de experimentos previamente cadastrados ou cadastro de novos experimentos; é possível apagar experimentos previamente cadastrados.

#### Administration Workspace: Apue Lab

##### Cadastrar Experimento

Nome do Experimento:

Descrição

URL da WebCam

Porta USB

Figura 27 - Tela de Cadastro de Experimento  
Fonte: Autoria própria.

A Figura 27 é referente à tela de cadastro, ou edição, de um experimento. É necessário informar o nome do experimento, uma descrição, uma URL onde será possível obter o *streaming* de vídeo e uma porta USB na qual o experimento que será cadastrado está conectado. Ao salvar os dados do experimento, automaticamente o usuário é direcionado para a tela inicial de cadastro de dados.

#### Administration Workspace: Apue Lab

Dados de entrada do experimento:

Chave	Descrição	Rotulo	Unidade	Visibilidade	Valor Padrão
Velocidade	espaco por tempo	V	m/s	t	0

[editar](#) | [remover](#)

Dados de saída do experimento:


Chave	Descrição	Rotulo	Unidade
distancia	espaco	S	metros
Tempo	tempo	t	s

[Editar](#) | [Remover](#)

[Editar](#) | [Remover](#)

Figura 28 - Tela Inicial de Cadastro de Dados de Entrada e de Saída  
Fonte: Autoria própria.

A Figura 28 mostra a tela em que são mostrados os dados cadastrados, tanto os dados de entrada, quanto os dados de saída. Aqui é possível: ir para a tela de cadastro e edição de dados de entrada e saída, no caso da edição é necessário ter dados previamente cadastrados; apagar dados de entrada e saída, previamente cadastrados. Após a conclusão das operações que podem ser feitas na página, clica-se em continuar para seguir para a tela inicial de cadastro de gráficos.

 **Administration Workspace: Apue Lab**

---

\* Chave

\* Rotulo

\* Descrição

\* Unidade

\*  
Visibilidade:  Visível  Invisível

Valor Padrão

\* Tipo do elemento:

**Figura 29 - Tela de Cadastro de Dados de Entrada**  
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 29 podem ser inseridos os dados necessários para o cadastro de descrições para os dados de entrada. Pode-se também criar valores padrões para estes dados, além de escolher a forma com que estes valores serão apresentados (tipo do elemento), para a escolha dos usuários.

**Administration Workspace: Apue Lab**

Chave

Rotulo

Descrição

Unidade

**Figura 30 - Tela de Cadastro de Dado de Saída**  
 Fonte: Autoria própria.

A Figura 30 demonstra a tela de cadastro para as descrições dos dados de saída, estes que são provenientes dos sensores do experimento, aqui os campos necessários são: chave, responsável por armazenar o nome que representa a descrição do dado; rótulo, nome que será apresentado para o usuário na tela do experimento; descrição, é a descrição literal do dado, o que representa de fato; unidade, representação da unidade de medida (metros (m), segundos (s)).

**Administration Workspace: Apue Lab**

**Gráficos**

Nome do Gráfico	Eixo X	Eixo Y	
Velocidade	Tempo	distancia	<a href="#">Editar</a>   <a href="#">Remover</a>
Velocidade	distancia	Tempo	<a href="#">Editar</a>   <a href="#">Remover</a>

**Figura 31 - Tela Inicial de Cadastro de Gráfico**  
 Fonte: Autoria própria.

A Figura 31 demonstra a tela inicial de cadastro de gráficos, aqui pode-se: ir para a tela utilizada para edição, caso já existam gráficos cadastrados, cadastrar um novo gráfico ou, ainda, apagar um gráfico previamente cadastrado. Ao terminar as operações referentes aos gráficos, clica-se em “Continuar”, desta forma estará concluído o cadastro de um novo experimento e este estará disponível no agendamento de uma sessão.

 Administration Workspace: Apue Lab

---

**Adicionar Gráfico**

\* Nome do Gráfico:

\* Descrição do Gráfico:

\* Eixo Y:

**Figura 32 - Tela Inicial de Cadastro de Gráfico**  
Fonte: Autoria própria.

A Figura 32 demonstra a tela utilizada para cadastro e edição de um gráfico, aqui pode ser escolhido um tipo de dado, previamente cadastrado, para assumir o eixo Y do gráfico. O eixo X será sempre o tempo.

## **6 ESTUDO DE CASO**

### **6.1 ROTEIRO**

Para a realização dos testes da plataforma Apuê foi criado um roteiro para conduzir uma aula experimental com o intuito de avaliar a utilização da solução com 8 alunos da UTFPR-CT, os quais foram divididos em 4 grupos de 2 alunos cada, sendo essa divisão feita para simular o uso da plataforma por dois usuários simultaneamente. Inicialmente o Apresentador descreveu a plataforma, desde o seu funcionamento até os conceitos físicos envolvidos no experimento. Em seguida foram distribuídos questionários pré-teste e os termos de consentimento livre e esclarecidos (TCLE). Após esta etapa os alunos executaram os testes em duplas, e foram ajudados por observadores quando demonstravam estar com dificuldades. Durante a sessão do experimento o papel de administrador/professor foi assumido por um facilitador, este poderia delegar o controle da plataforma a qualquer momento. Ao final dos testes cada aluno recebeu um questionário pós-teste para avaliar o uso do Apuê. Durante a realização dos testes as telas dos alunos foram gravadas, para análises futuras, e para o caso de algo ter passado despercebido pelos observadores.

### **6.2 PAPÉIS**

- **Facilitador:** Responsável pelo funcionamento e manutenção do Apuê durante os testes, também foi responsável por: agendar as sessões dos experimentos; criar usuários e grupos para as sessões; assumir o papel de administrador/professor, assim delegando o controle sempre que necessário.
- **Observadores:** Responsáveis por auxiliar os alunos, no caso de dúvidas ou dificuldades. Também tinham a responsabilidade de fazer anotações e inicializar o software para a gravação da tela.
- **Apresentador:** Responsável por apresentar: a plataforma; o experimento juntamente com os conceitos físicos envolvidos; os questionários pré e pós-teste e o termo de consentimento.
- **Responsável pela Mídia:** Responsável por fotografar e gravar os testes.

### **6.3 QUESTIONÁRIOS**

Inicialmente foi implementado um pré-teste com a intenção de analisar quais eram as expectativas dos alunos em relação à plataforma Apuê. Neste questionário haviam diversas perguntas para levantar desde informações sobre: a opinião dos alunos em relação as aulas laboratoriais no ensino da Física; a experiência dos alunos com ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), se já utilizaram algum software deste tipo, qual o AVA que foi utilizado, se este tinha recursos para práticas laboratoriais remotas e qual a relevância deste tipo de ferramenta; as expectativas, e opiniões, em relação a algumas das funcionalidades da plataforma proposta.

A ênfase deste questionário estava nas questões voltadas a conhecer as expectativas dos alunos, para que depois estas expectativas fossem comparadas com as respostas do questionário pós-teste. Em relação as expectativas, foi perguntado o que esperava-se perante a facilidade de uso do experimento e ao controle do mesmo. No que diz respeito a opinião dos usuários em relação a algumas das funcionalidades, perguntou-se qual era a visão destes sobre a construção dos gráficos e visualização dos vídeos, em tempo real.

O questionário de pré-teste pode ser visualizado no Apêndice D. Analisando primeiramente os pré-testes respondidos, pode-se observar que grande parte dos alunos, 87.5%, concordaram que as atividades laboratoriais são essenciais para o ensino/aprendizado, enquanto que 12.5% acreditam que estas atividades são relevantes no ensino. Também foi revelado que 50% dos alunos já tiveram contato com algum AVA e o mais conhecido destes foi o Moodle. Porém nenhum elemento do grupo de testes afirmou que o AVA já conhecido, tinha alguma ferramenta que possibilitasse práticas laboratoriais remotas.

Adentrando às questões relacionadas às funcionalidades do Apuê, pode-se observar que 87.5% dos alunos tiveram a expectativa de que a plataforma seria de fácil manuseio, sendo que alguns destes acreditaram que seria necessário algum tempo para ter uma boa compreensão da plataforma, e 12.5% acreditaram que o uso e compreensão não seriam tão



simples, seria necessário um tempo maior para se adaptar à plataforma. A maior parte dos alunos (75%) apontou que a visualização do vídeo seria essencial ou muito importante para o aprendizado, enquanto que 25% dos alunos não responderam esta questão. Já para os gráficos 87.5% dos alunos acreditaram que a construção em tempo real seria essencial ou muito importante para o aprendizado e 12.5% não responderam esta questão.

Foi criado também um questionário pós-teste, disponível no Apêndice E, para que os alunos pudessem retornar como foi sua experiência no uso do Apuê. Inicialmente houve perguntas com a finalidade de complementar algumas questões do pré-teste, estas referentes as expectativas em relação a plataforma e a visualização do vídeo. Em seguida foram feitas perguntas para que os alunos avaliassem a qualidade do vídeo e das informações dos gráficos. Também foram feitas perguntas aos usuários em relação: à percepção de perda ou ganho do controle do experimento; as informações e simplicidade da tela. Algumas das perguntas citadas acima foram feitas com base na Escala Likert, ou seja, foram montadas de forma que as pessoas possam se posicionar perante a uma afirmação, em diferentes graus de posicionamentos favoráveis ou não (SCHFFER,2004). Por fim foram efetuadas perguntas utilizando o Self-Assessment Manikin (SAM) para entender como os alunos se sentiram em relação à satisfação, domínio e motivação (BRADLEY e LANG, 1994).

Referente ao pós-teste, descobriu-se que a plataforma superou as expectativas de metade dos alunos, enquanto a outra metade dos participantes afirmou que a plataforma correspondeu a suas expectativas. Nenhum dos participantes considerou que a plataforma esteve abaixo de suas expectativas. Quando questionados mais especificamente quanto às expectativas em relação ao vídeo, em contraste ao que foi perguntado anteriormente no pré-teste, apenas 12.5% dos alunos afirmaram que a visualização do vídeo ficou abaixo da expectativa. A qualidade do vídeo foi considerada boa por todos os alunos, porém não ótima. A qualidade das informações do gráfico foi considerada boa ou ótima por 87.5% dos usuários, enquanto 12.5% a considerou ruim.

Um ponto delicado, que gerou muita expectativa nos desenvolvedores da plataforma, era a percepção que o usuário teria quando recebesse ou perdesse o controle do experimento. Apenas 25% dos alunos perceberam imediatamente que tinham recebido o controle, enquanto que 62.5% perceberam só após algum tempo, e 12.5% perceberam apenas com a ajuda do observador/facilitador. Referente à consciência do controle, 37.5% dos usuários perceberam imediatamente, enquanto que 25% perceberam apenas com a ajuda do observador/facilitador e 37.5% perceberam sozinhos após algum tempo.

Com relação às respostas dos comandos enviados ao experimento, 87.5% dos alunos afirmaram que estes ocorriam em tempo real ou com um ligeiro atraso, e 12.5% não responderam a esta questão. A tela do experimento foi considerada simples por 100% dos alunos, já com relação à quantidade de informações presente na tela, metade dos participantes achou que poderia ter mais informações, enquanto a outra metade afirmou que as informações, contidas na tela, eram suficientes.

No questionário de pós-teste, foram disponibilizadas questões para medir a satisfação, motivação e o domínio dos alunos perante a plataforma. Para tanto foi utilizado o artefato Self-Assessment Manikin (BRADLEY e LANG, 1994). Referente à satisfação, o nível de contentamento era diretamente proporcional a uma escala de um a dez, e todas as respostas variaram de 7 a 9. A motivação também era diretamente proporcional à escala de um a 10, as respostas foram um pouco variadas: 37.5% deram nota 5; 37.5% deram nota 7; 12.5% deram nota abaixo de 4; por último 12.5% dos usuários deram nota 8. Com relação ao domínio da plataforma, sendo este inversamente proporcional à escala de um a dez, a grande maioria dos usuários, 87.5%, do teste deram notas abaixo de 4, enquanto que apenas 12.5% dos participantes deram nota 5, ou seja, a grande maioria dos participantes se sentiu no domínio da ferramenta.

Ainda no pós-teste, os alunos poderiam complementar suas respostas anteriores e fazer comentários referentes ao Apuê. A seguir as principais respostas encontradas: *“Tive certa dificuldade no início para saber*

*(identificar) o ponto no qual a F.C [força centrípeta]. seria igual ao peso inicial de sustentação. Mas depois que entendi certinho foi uma boa experiência, tanto no controle, quanto fora do mesmo”; “Dificuldade de perceber a mudança de quem controla o experimento. Seria interessante adotar uma solução utilizando cores para tornar mais chamativo”.*

#### **6.4 ANOTAÇÕES DOS OBSERVADORES**

Com o intuito de registrar os aspectos mais importantes dos testes, os observadores/facilitadores, acompanharam os testes dos alunos, e fizeram anotações referentes: as maiores dificuldades encontradas; as maiores facilidades encontradas; as funcionalidades que mais chamaram a atenção; as funcionalidades que menos chamaram a atenção; e as reações dos alunos perante a plataforma.

Um dos fatos, que mais chamaram a atenção dos observadores, foi que 25% dos alunos tentaram inserir dados nos campos de dados de saída, campos estes destinados apenas a mostrar os dados provindos dos sensores da plataforma. O fato mais alarmante, constatado pelos observadores, foi que 62.5% dos usuários tiveram dúvidas ou não perceberam a perda ou ganho do controle do experimento, assim, demonstrando uma falha no mecanismo de consciência desenvolvido para informar ao usuário sobre a perda/ganho do controle. Foi constatado também que 62.5% não tiveram grandes problemas para utilizar os gráficos, e 75%, conseguiram efetuar mudanças na velocidade habilmente, ou seja, conseguiram compreender bem como funcionam os dados de entrada.

#### **6.5 ANÁLISE DOS VÍDEOS**

Foram gravadas as telas de todos os alunos/usuários que testaram o Apuê. Isto foi feito para o caso de algumas ações, terem passadas despercebidas pelos observadores. Então após os testes estes vídeos foram estudados e dois fatos não constatados antes despertaram grande interesse nos desenvolvedores. O fato que mais chamou a atenção foi que aparentemente vários alunos/usuários, cerca de 37.5%, estavam usando o gráfico quando perderam ou receberam o controle da plataforma e não

perceberam isto imediatamente (os dois elementos estão em locais opostos da tela do experimento). Houve outros casos de usuários que usaram os dados de entrada habilmente, porém após algum tempo usaram de novo e se esqueciam de pressionar o botão “Enviar Dados”.

## 7 CONCLUSÃO

### 7.1 Discussão

Inicialmente, analisando as respostas obtidas através do pré-teste, pode-se observar que as expectativas em relação a este tipo de plataforma eram bastante elevadas conforme a Figura 33, pois grande parte dos usuários, que fizeram o teste, acreditou que a plataforma seria de fácil manuseio, mesmo que fosse necessário um intervalo de tempo para melhor compreensão da plataforma. O resultado do pós-teste revelou que todos os usuários responderam que a plataforma, de modo geral, atendeu ou superou as suas expectativas, isto também foi observado nas anotações realizadas pelos observadores, mostrando que este requisito foi alcançado satisfatoriamente.

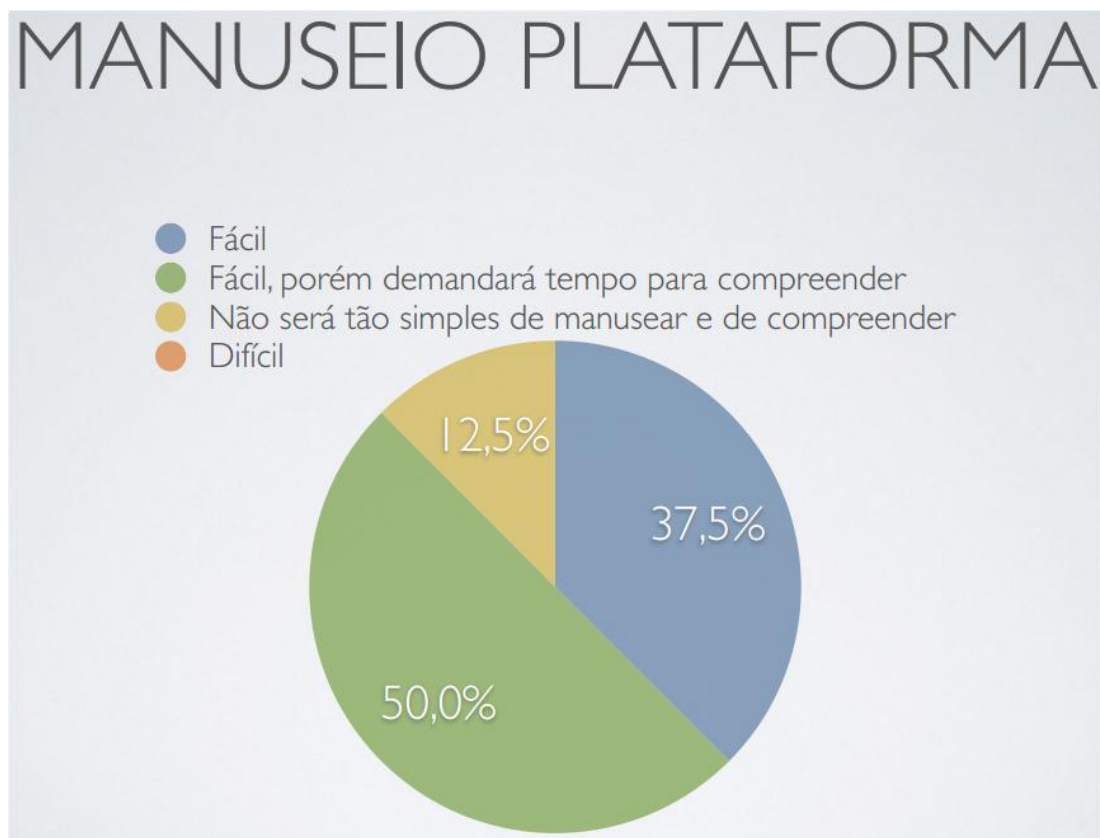


Figura 33 - Gráfico do resultado do pré-teste manuseio da plataforma  
Fonte: Autoria própria.

No pré-teste 62,5% dos usuários concordou que a visualização do vídeo seria importante para o aprendizado. Já no pós-teste, a maioria dos usuários respondeu que a plataforma atendeu ou superou as expectativas,

fato este positivo, pois a maioria dos alunos tinham boas expectativas perante a este requisito. Apenas 12,5% dos usuários respondeu que as expectativas não foram alcançadas.

Já quando questionados em relação à construção, em tempo real dos gráficos, observou-se que grande porcentagem, dos alunos, teve uma expectativa positiva no pré-teste, aqueles que não deram respostas positivas deixaram a questão em branco. Já no pós-teste, conforme a Figura 34, a grande maioria dos usuários avaliou positivamente os gráficos, apenas uma pequena parcela classificou o gráfico como “ruim”. Isto pode ter acontecido pela falta de compreensão dos gráficos, pois nas anotações dos observadores constatou-se que quase 40% dos usuários tiveram algum grau de dificuldade em manusear o gráfico. Porém não há muitas soluções plausíveis para esta questão, uma vez que foi utilizada e adaptada uma implementação JavaScript denominada Highstock para a construção dos gráficos.

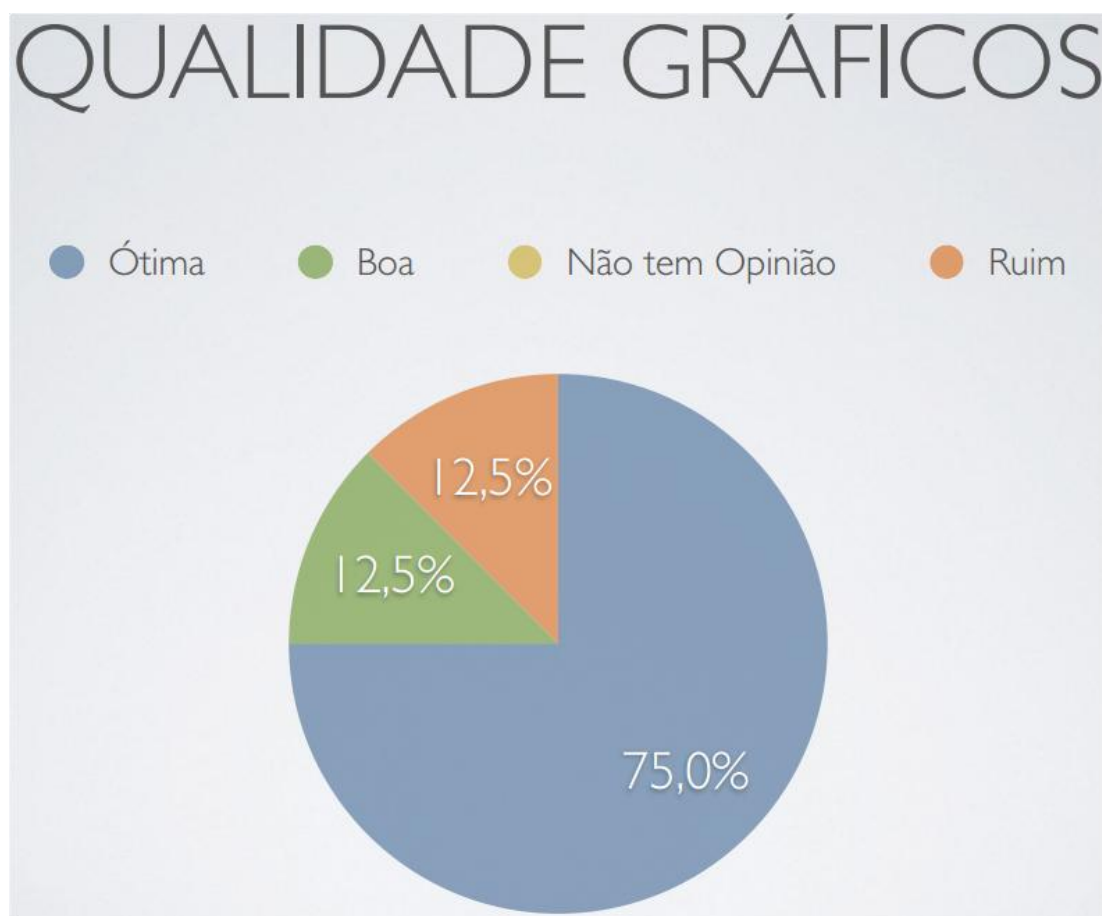


Figura 34 - Gráfico do resultado do pós-teste sobre a qualidade dos gráficos

**Fonte: Autoria própria.**

Quando questionados no pós-teste, quanto à qualidade do vídeo, todos os usuários responderam que a qualidade do vídeo era boa, porém não ótima, evidenciando que este requisito foi satisfatório, porém pode ser melhorado, talvez no tamanho da tela, na fluidez do *stream*, ou na qualidade da imagem. Existem várias alternativas que podem ser estudadas para efetuar melhorias neste requisito.

Segundo o pós-teste, no que se refere à aquisição, ou perda, do controle do experimento, menos da metade, dos usuários, percebeu imediatamente, quando aconteceu uma destas situações. A minoria percebeu com a ajuda de um observador e a maioria percebeu apenas após algum tempo. Já, segundo o que foi anotado pelos observadores, mais da metade dos usuários tiveram dúvidas ou não perceberam esta transição do controle. Durante o estudo dos vídeos observou-se também que muitos dos usuários estavam distraídos com os gráficos quando a transição de controle ocorreu, fato que pode ter colaborado para a falta de percepção. De qualquer forma pode-se concluir que a passagem de controle é realizada de forma sutil, evidenciando que é necessário criar um mecanismo que chame mais a atenção do usuário durante a transição do controle.

A tela do experimento apresentou-se satisfatória conforme a Figura 35, pois foi considerada simples por 100% dos usuários. Enquanto que as informações na tela dividiram opiniões, pois metade, dos usuários, decidiu que as informações eram suficientes, e a outra metade avaliou que poderiam ter mais informações. Isto mostra que a plataforma pode agradar a mais usuários se mais informações relevantes forem adicionadas na tela, talvez mais material teórico relacionado ao experimento.



**Figura 35 - Gráfico do resultado do pós-teste em relação a simplicidade da interface da plataforma**  
Fonte: Autoria própria.

Todos os usuários que responderam a questão sobre o tempo de resposta indicou que era imediato ou com um pequeno atraso. Houve também uma pequena percentagem de usuários que não respondeu esta questão. Com isto pode-se concluir que a atual resposta dos comandos está aceitável, talvez existam melhorias a serem feitas, porém deve-se ter cuidado, pois este ligeiro atraso pode ter sido confundido com o momento do motor, necessário para aumentar a velocidade.

Foram efetuadas três perguntas para que os alunos pudessem se posicionar emocionalmente perante a plataforma. Na primeira questão, mediu-se o grau de satisfação dos alunos, revelando que os alunos se sentiram satisfeitos ao utilizar o Apuê, o que é positivo para a plataforma. A segunda pergunta, que se referia à motivação, mostrou seus resultados bem divididos, pois metade dos usuários deram notas 5, ou um pouco abaixo disso, revelando que metade dos usuários não se sentiram muito motivados, porém a motivação também não foi tão baixa. Já a outra metade mostrou-se



bastante motivada, com notas 7 e 8. Indicando que talvez seja necessário criar uma forma de motivar mais os usuários.

No que diz respeito ao domínio da plataforma, as notas revelaram que a maior parte, dos usuários, se sentiu dominante perante o Apuê. Fato que pode ser considerado positivo, pois a dominância está relacionada com a interatividade da plataforma.

Em relação ao que foi percebido apenas nas anotações dos observadores, existiu um fato que não foi previsto, alguns usuários tentaram inserir dados nos campos dos dados de saída, os quais são exclusivamente usados para mostrar os dados provindos dos sensores do experimento. Isto ocorreu, muito provavelmente, devido ao fato de que os campos de saída foram apresentados com componentes mais comumente usados para a entrada de dados. Para resolver isto bastaria trocar os campos por outros mais adequados à finalidade.

No decorrer do trabalho ocorreram inúmeras dificuldades e desafios que confrontaram sua viabilidade. Provou-se um grande desafio técnico integrar todas as tecnologias necessárias para o funcionamento almejado da plataforma Apuê, pois algumas dessas ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento, *e.g.*, tag vídeo do HTML5. Outro desafio foi lidar com as curvas de aprendizagem encontradas pelos desenvolvedores perante as tecnologias e ferramentas utilizadas, pois grande parte destas eram desconhecidas ou não dominadas, o que pode ser visto também como um ponto positivo, pois promoveu a aquisição de novos conhecimentos. Porém nem todos os desafios foram encontrados apenas na parte implementação, pois até mesmo o levantamento de requisitos se mostrou desafiador no que se diz respeito em encontrar pessoas, que enquadrassem no público alvo, e estivessem dispostas a responder os questionários.

Porém, apesar dos desafios citados anteriormente, foi possível finalizar a plataforma mantendo o escopo da proposta inicial, *i.e.*, solução extensível, de baixo custo e baseada inteiramente em tecnologias livres. Quanto aos testes, observou-se que, de modo geral, a plataforma obteve um grau de aceitação positivo, por atender às expectativas dos usuários, ser de

fácil compreensão e que possui potencial como ferramenta para o ensino de ciências experimentais. Além disso, no decorrer de todo o trabalho, os desenvolvedores se depararam com diversas situações, experiências e aprendizados que foram muito interessantes, demandando interação com pessoas de diversas áreas de conhecimento, e.g., Física, Eletrônica, TI, além de professores e alunos do ensino médio e superior, de ambas as modalidades (presencial e a distância). Essa integração multidisciplinar resultou em uma rica experiência para os integrantes do trabalho, a qual será de grande valia no futuro.

As práticas de laboratório contribuem para o aprendizado dos alunos, no ensino das Ciências. Por esse motivo, a possibilidade de agregar a experiência dessas aulas em laboratório com todos os benefícios, previamente discutidos, de um LMS é potencialmente útil à comunidade científica e à sociedade. A descentralização geográfica, redução de custos, e maior alcance da educação são alguns dos benefícios provenientes dessa relação.

Assim, espera-se que, com o trabalho proposto, seja possível colaborar com uma solução contextualizada no cenário nacional voltada para as atuais condições de ensino no Brasil.

## **7.2 Desafios**

### **7.2.1 Banco de Dados**

Durante o desenvolvimento do banco de dados, as maiores dificuldades encontradas deveram-se ao uso da Hibernate, pois esta era inicialmente uma ferramenta pouco conhecida pelos participantes do projeto. Após várias pesquisas, optou-se por utilizar o Hibernate com Annotations, ao término desta etapa, passaram-se a realizar testes. Durante a realização dos testes de inserção e busca, percebeu-se um problema relacionado à inserção de dados em uma determinada tabela, onde duas chaves estrangeiras compostas eram originadas por uma chave primária composta. Após várias pesquisas na web procurando por outras pessoas que tiveram o mesmo problema, encontrou-se um caso muito parecido, porém sem

solução aparente. Então a equipe decidiu reestudar a documentação do Hibernate e foi descoberto que a ferramenta aconselha que não sejam implementadas chaves primárias compostas (RED HAT, LLC, acesso em 2014c).

A partir desta informação, foram alteradas várias tabelas no banco de dados, de forma que nestas, as chaves primárias compostas foram trocadas por chaves primárias artificiais.

### **7.2.2 Streaming de Vídeo**

A maior dificuldade nessa parte foi encontrar uma forma de transmitir o vídeo satisfatoriamente, sem atrasos e utilizando o HTML5 para isso. Algumas soluções testadas como a Stream-m<sup>35</sup> não foram satisfatórias para os propósitos, devido a uma grande latência no início da reprodução do vídeo no lado do usuário, e a taxa de quadros que também não atingiu o esperado, dificultando a visualização do experimento em movimento.

### **7.2.3 Adaptação do experimento para a plataforma**

Nessa fase do projeto, o problema ficou centrado em como reaproveitar os componentes já existentes e instalados no experimento para realizar a coleta de dados. Como era possível adquirir os dados necessários para podermos realizar o experimento remotamente, com o que estava disponível, recorreremos a engenharia reversa na caixa de controle e do *reed switch* para adequá-los ao Arduino.

## **7.3 Trabalhos futuros**

Apesar dos resultados positivos da plataforma relatados em seções anteriores, existem mudanças que poderiam ser realizadas no sistema, visando melhorar a experiência do usuário de modo geral. Nesta seção serão destacadas quais dessas mudanças foram identificadas ao longo do desenvolvimento, mas que infelizmente por diversos motivos não fizeram parte desse trabalho.

---

<sup>35</sup> <https://code.google.com/p/stream-m/>

Uma funcionalidade interessante seria permitir o cadastro de várias séries em um único gráfico, *e.g.*, período e frequência, (ao invés de somente um metadado como foi implementado) possibilitando melhor comparação entre os dados do experimento.

Uma limitação na reprodução do vídeo no cliente, devido o fato de utilizar o elemento Canvas do HTML5, é de que esse não permite que o áudio seja reproduzido, o que pode acarretar em limitações para experimentos que dependam de efeitos sonoros para um bom desempenho. Deste modo, surge a necessidade de encontrar outra maneira para renderizar o vídeo que suporte áudio, mas que mantenha a mesma qualidade de vídeo e de taxas de quadros por segundo.

Interessante destacar ainda que após os testes e questionários aplicados durante esse trabalho, notou-se que um requisito crítico para a experiência do usuário, durante o controle do experimento, é o tempo de resposta. Uma vez que o Apuê possui características de um sistema de tempo real, qualquer redução na latência pode trazer ganhos significativos para a plataforma. Assim, uma alternativa mais eficiente para as atualizações periódicas via AJAX, utilizadas na interface de controle de experimento, seria o uso de *websockets* para trocar dados com o servidor JEE. Essa abordagem removeria a latência introduzida pelos intervalos ociosos entre uma requisição AJAX e outra.

Adicionar um tempo máximo de vida para o experimento, como medida de segurança para os experimentos que não possam permanecer ligados por muito tempo (*e.g.* experimento que utiliza um feixe de raio laser).

Por fim, seria muito gratificante ter o Apuê instalado e utilizado, em universidades e escolas, como ferramenta para ensino de práticas laboratoriais. Esta plataforma ficará disponível no repositório de recursos abertos da UTFPR e pode ser utilizada por quem desejar.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDES – **Nota do andes porque os(as) professores(as) das instituições federais estão em greve.** 2012. Disponível em < <http://www.adusp.org.br/index.php/254-movimento-docente/universidades-federais/greve/1416-nota-do-andes-por-que-osas-professoras-das-instituicoes-federais-estao-em-greve> > Acesso em 10 de fev. 2013, 22:14.

ARDUINO. **Arduino Forum** Disponível em: < <http://arduino.cc/forum> > Acesso em: 03 de mar. 2013a, 14:41.

ARDUINO. **Arduino and Java** Disponível em: < <http://playground.arduino.cc/Interfacing/Java> > Acesso em 10 de março 2013b, 17:01.

AUSUBEL, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H., **Educational Psychology: A Cognitive View.** New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1978.

AUSILIO, Alessandro D'; **Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment.** 2011. Disponível em: < <http://link.springer.com.ez48.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.3758%2Fs13428-011-0163-z> > Acesso em 14 de mar. de 2013, 16:49

AUSILIO, Alessandro D'; **Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment.** 2011. Disponível em: < <http://link.springer.com.ez48.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.3758%2Fs13428-011-0163-z> > Acesso em 14 de mar. de 2013, 16:49

BRASIL . **Ensino por correspondência.** Brasília: SEPS 1980, 390 P.

BRADLEY, M. M., LANG, P. J.; **Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential.** 1994. Disponível em < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7962581> > Acesso em 09 de mar de 2014.

COSTA, Karla d. S.; FARIA, Geniana G. **EAD – Sua origem história, evolução e atualidade brasileira face ao paradigma da educação presencial.** Maio 2008. Disponível em < [www.abed.org.br/congresso2008/tc/552008104927AM.pdf](http://www.abed.org.br/congresso2008/tc/552008104927AM.pdf) > Acesso em: 14 de mar de 2013, 16:14.

DAVIDSON, Scott; **Open-source hardware.** 2004. Disponível em: < [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/glossario\\_termos\\_ead.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/glossario_termos_ead.pdf) > Acesso em: 14 de mar. de 2013, 16:30.

EQUIPE DE ENSINO A DISTÂNCIA DO CENTRO DE COMPUTAÇÃO - CCUEC **glossário de termos de EAD** 2007. Disponível em <

[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/glossario\\_termos\\_ead.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/glossario_termos_ead.pdf) > Acesso em: 14 de mar. de 2013, 17:10.

Encyclopædia Britannica. **Middleware** Disponível em: < <http://global.britannica-com.ez48.periodicos.capes.gov.br/EBchecked/topic/381519/middleware>> acesso em 10 de dez. de 2013, 11:46

E-PROINFO. **Conheça o e-ProInfo** Disponível em: < [http://eproinfo.mec.gov.br/fra\\_eProinfo.php?opcao=1](http://eproinfo.mec.gov.br/fra_eProinfo.php?opcao=1) > Acesso em 21 de fev. de 2013, 19:11.

FILHO, Ivanildo J. d. M.; GOMES, Alex S.; CARVALHO, Rosângela S.; MELO, Rosangela M. **Percepção social em EAD. Identificando necessidades para o LMS Amadeus.** Revista Brasileira de Informática na Educação, Volume 19, Número 3, 2011  
Disponível em: < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1263/1183> > acesso em 16 de mar. De 2013, 22:26

GRANDINI, Nádía A.; GRANDINI, Carlos R. **Os objetivos do laboratórios didáticos na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru.** 2004. Disponível em < [www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040101.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040101.pdf) >. Acesso em 10 de fev. 2013, 14:50.

GUIMARÃES, Vinícius S.; OLIVEIRA, Ivanor N. de; LOPES, Maísa S. S.; OLIVEIRA, Cláudio R. S. de; OLIVEIRA, Jeferson A.; REIS, Robson M.; **Um Ambiente para as Práticas Laboratoriais Remotas de Física: Estudo do Pêndulo Matemático.** 2013. Disponível em < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2212/2131> >. Acesso em 07 de mar. 2014, 8:56.

HANSON, Ben, CULMER, Peter, GALLAGHER Justin, PAGE Kate, READ Elizabeth, WEIGHTMAN Andrew, and LEVESLEY, Martin **ReLOAD: Real Laboratories Operated at a Distance**, IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES, VOL. 2, NO. 4, OCTOBER-DECEMBER 2009

HEINECK, Renato; VALIATI, Eliane R. A.; ROSA, Cleci T. W. d. **Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa.** 2007. Disponível em < > Acesso em 01 de mar. 2013, 22:55.

HIGHCHARTS JS. **What is Highstock?** Disponível em: <http://www.highcharts.com/products/highstock> Acesso em 25 de fev. de 2014, 00:33.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira . **Resumo Técnico Censo da Educação Superior 2010** – resumo técnico –

Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2012. 85p.; tab. Disponível em < [http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/resumo\\_tecnico/resumo\\_tecnico\\_censo\\_educacao\\_superior\\_2010.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/resumo_tecnico/resumo_tecnico_censo_educacao_superior_2010.pdf)> Acesso em 25 de fev. 2014.

KOGENT, Learning Solutions Inc.; **AJAX Black Book**. 2008. Dreamtech Press, p. 641-644.

W3C. **HTML5** Disponível em: < <http://www.w3.org/TR/html5/> > Acesso em: 03 de mar. 2013, 19:16.

JBOSS. **jboss.ORG: Community Documentation: Chapter 6. Controlling reverse engineering** Disponível em <<http://docs.jboss.org/tools/latest/en/hibernatetools/html/reverseengineering.html>> Acesso em 25 de fev. de 2014a, 00:21.

JBOSS. **org.hibernate Interface SessionFactory** Disponível em: < <http://docs.jboss.org/hibernate/orm/4.3/manual/en-US/html/ch01.html#tutorial-firstapp>> Acesso em 25 de fev. de 2014b, 00:22.

JARVI, Keani. **Intro**. Última modificação em 04 de fev. de 2006 as 16:52 Disponível em: <<http://users.frii.com/jarvi/rxtx/index.html>> Acesso em 10 de março de 2013.

JENNINGS, Mike; **Using The Sakai Maven Archetypes to Get Started Creating Tools**. 2012. Disponível em: < <https://wiki.jasig.org/download/attachments/52957838/Sakai%20Spring%20Maven%20Archetype.pdf> > Acesso em: 02 de mar. de 2014, 16:00.

JUNIOR, Fretz S.; GERMANO, José S. E.; ALMEIDA, Felipe d.; JUNIOR, Milton C.; **Weblab e os experimentos de calorimetria**. 2009

JSON. **Introducing JSON** Disponível em: < <http://www.json.org/> > Acesso em 23 de fev. de 2014.

LANG, Jillian; **Comparative Study of Hands-on and Remote Physics Labs for First Year University Level Physics Students**. 2012.

LEITE, Adriana C. S.; SILVA, Pollyana A. B.; VAZ, Ana C. B.; **A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II**. 2005

LLAMAS, Jose Luis Garcia - **El Estudio Empirico sobre el Rendimiento Academico en la Ensenanza a Distancia** - UNEDE - Madrid – 1986.

LUCENA, Guilherme L; SANTOS, Vandeci D. dos; SILVA, Afranio G.; **Laboratório virtual como alternativa didática para auxiliar o ensino de**

**química no ensino médio.** 2013. Disponível em < <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1427/2127> >. Acesso em 07 de mar. 2014, 08:44.

MARINELI, Fábio; PACCA, Jesuína L. de A. **Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física.** 2006. Disponível em < [www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060402.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060402.pdf) >. Acesso em 10 de fev. 2013, 22:35.

MAVEN. **Welcome to Apache Maven,** Última modificação em 28 de fev, de 2014 Disponível em: < <https://maven.apache.org/index.html> > Acesso em 02 de mar. de 2014, 15:37.

MOODLE. **About Moodle,** Última modificação em 28 de fev, de 2014 as 08:07 Disponível em: < <https://moodle.org/about/> > Acesso em 03 de mar. de 2014, 17:27.

NISKIER, Arnaldo. Educação a distância: a tecnologia da esperança: políticas e estratégias para a implantação de um sistema nacional de educação aberta a distância, 2, São Paulo: Loyola, 2000, 414 p, ISBN 85-15-01982-5.

NOWOTNY, M. **AJSON.** 2010 Disponível em: < <https://github.com/interactive-matter/aJson> > Acesso em: 03 de mar. 2014, 16:35.

OLIVEIRA, Cláudio R. S. d.; OLIVEIRA, Ivanor N. d.; PEREIRA, Adilson d. L.; SANTOS, Hélio L. d.; **Um Ambiente para a Prática Remota de Aulas Laboratoriais de Física.** 2009

OPEN SOURCE INITIATIVE. The **MIT License (MIT)** Disponível em: <<http://opensource.org/licenses/MIT>> Acesso em 25 de fev. de 2014, 00:27.

ORACLE. **Java SE Technologies - Database** Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/jdbc/index.html>> Acesso em 25 de fev. de 2014a, 00:11.

PARANÁ, Secretaria da Educação do; **Educadores Dia a Dia.** 2009 Disponível em: < <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mylinks/viewcat.php?cid=48&letter=F&min=30&orderby=titleA&show=10> > Acesso em 08 de mar de 2014

Paraná. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. Diretoria de Tecnologias Educacionais. P111 **Educação a Distância/Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação Diretoria de Tecnologias Educacionais** –Curitiba: SEED-PR, 2010.- p. – (Cadernos Temáticos) 2010. Disponível em <



[http://www.portugues.seed.pr.gov.br/arquivos/File/ead/educao\\_dist.pdf](http://www.portugues.seed.pr.gov.br/arquivos/File/ead/educao_dist.pdf) >  
Acesso em: 14 de mar. de 2013

PETERS, Otto. **Didática do Ensino a Distância**. São Leopoldo (RS): Editora Unisinos, 2006.

RED HAT. **Object/Relational Mapping** Disponível em:  
<<http://hibernate.org/orm/>> Acesso em: 24 de fev. 2014, 23:37.

RED HAT, LLC. **Hibernate: Community Documentation: Chapter 5. Basic O/R Mapping** Disponível em: ano for <  
<http://docs.jboss.org/hibernate/orm/3.3/reference/en/html/mapping.html#mapping-declaration> > Acesso em 25 de fev. de 2014c, 00:29.

Sakaiproject.org **Explore the Sakai CLE** Disponível em <  
<https://sakaiproject.org/> > Acesso em 25 de mar. De 2014, 15:30.

SANTOS, Leonardo G.; **Desenvolvimentos em hardware e software para experimentos de física via Web**. 2006.

SCHFFER, Carmen Cristina Rodrigues **Tecnologia computacional e desenvolvimento cognitivo: estudo de caso na formação de psicólogos/ Carmen Cristina Rodrigues Schffer** – São Paulo: Annablume; Belo Horizonte: FUMEC,2004. 172p.; 11,5 x 20 cm.

SpringMVC. Disponível em: <  
[http://www.cs.colorado.edu/~kena/classes/5828/s10/presentations/spring\\_mvc\\_final.pdf](http://www.cs.colorado.edu/~kena/classes/5828/s10/presentations/spring_mvc_final.pdf) >Acesso em 22 de fev. de 2014.

SpringMVC.3.0 Disponível em: <  
<http://docs.spring.io/spring/docs/3.0.x/reference/new-in-3.html> >Acesso em 22 de fev. de 2014.

SOUZA, C.P.; COSTA FILHO, J. T.; **Uma plataforma baseada na Web para ensino orientado a experimentos**. 2001

TANENBAUM, Andrew S.; STEEN, Maarten van. **Sistemas distribuídos: princípios e paradigmas**. 2. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2007. 402 p.

NIED-UNICAMP. Disponível em: < <http://www.teleduc.org.br/> > Acesso em 21 de fev. de 2013, 23:49.

ZECKOSKI, Aron. **Sakai Persistence and Hibernate refresher**. Disponível em:<<https://confluence.sakaiproject.org/download/attachments/44794033/SakaiPersistenceAndHibernate.ppt?version=1&modificationDate=1165268106000&api=v2>> Acesso em 25 de fev. 2014a, 00:06.

ZECKOSKI, Aaron. **Spring JDBC Info**. Última modificação em 27 de mai.de 2009a Disponível em: <<https://confluence.sakaiproject.org/display/BOOT/Spring+JDBC+Info>> Acesso em 24 de fev. 2014, 23:48.

ZECKOSKI, Aaron. **Persistence**. Última modificação em 04 de abr. de 2009b Disponível em:< <https://confluence.sakaiproject.org/display/BOOT/Persistence>> Acesso em 24 de fev. 2014, 23:50.

ZECKOSKI, Aaron, KIRSCHNER, Beth. **Development Environment Setup Walkthrough**. Modificado por Beth Kirschner em 02 de nov de 2013. Disponível em: < <https://confluence.sakaiproject.org/display/BOOT/Development+Environment+Setup+Walkthrough>> Acesso em 25 de fev. 2014, 00:01.

ZECKOSKI, Aaron. **Sakai Application (Tool) Structure**. Última modificação em 25 de ago. de 2007 Disponível em: < [https://confluence.sakaiproject.org/display/BOOT/Sakai+application+\(tool\)+structure](https://confluence.sakaiproject.org/display/BOOT/Sakai+application+(tool)+structure) > Acesso em 02 de mar. 2014, 16:15.

**APÊNDICE A – Questionário para os alunos**

Questionário com a finalidade de levantar informações relevantes à elaboração do projeto “**Uma Plataforma Web para Educação de Ciências Experimentais baseada em Tecnologias Livres**”

1. Você utiliza computador / notebook com acesso a internet?

Sim       Não

2. Qual a sua opinião sobre realizar atividades laboratoriais no ensino/aprendizagem de Física?

Essencial

Relevante

Indiferente

Pouco Relevante

Dispensável

3. Você já teve contato com algum tipo de ambiente visual de aprendizagem (AVA) voltado para a educação a distância?

Não       Sim.      Qual?\_\_\_\_\_

A minha opinião sobre esse tipo de ferramenta é:

Essencial

Relevante

Indiferente (ou nunca tive contato)

Pouco Relevante

Dispensável

Se a resposta anterior foi Sim, O AVA tinha recursos para práticas laboratoriais remotas?

Não       Sim.      Qual?\_\_\_\_\_

---

4. Qual sua opinião à respeito da possibilidade de visualizar experimentos em tempo real, através da transmissão de vídeo por uma câmera, para a realização das práticas de laboratório?

- Essencial
- Relevante
- Indiferente
- Pouco Relevante
- Dispensável

5. Durante uma prática laboratorial quais funcionalidades do experimento devem ser acessíveis aos professores? E aos alunos?

- |  |   |
|--|---|
| Assistir o experimento                       | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Controlar o experimento                      | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Permitir passar controle do experimento      | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Ver gráficos                                 | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Ver formulas                                 | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Ver cálculos de erros                        | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Inserir comentários                          | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Enviar relatórios                            | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Enviar relatórios corrigidos                 | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Criar questionários                          | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Criar grupo de usuários para os experimentos | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Requisitar acesso aos experimentos           | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Permitir acesso aos experimentos             | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Requisitar controle dos experimentos         | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Armazenar dados dos experimentos realizados  | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Criar fórum de discussão                     | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Participar de fórum de discussão             | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Cadastrar novos experimentos                 | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Publicar anúncios gerais                     | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Agendar data para utilizar o experimento     | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Outras sugestões? _____                      |   |
- 
-

6. Uma possibilidade para a plataforma que será criada é a extensibilidade (que é a capacidade de se adicionar ou adaptar experimentos na plataforma). Sobre esta característica você estaria interessado em:

Usar os experimentos já existentes, da maneira que eles estão.

Usar os experimentos já existentes e oportunamente adaptá-los às minhas necessidades

Adicionar novos experimentos (possivelmente envolveria o aprendizado de conceitos de programação de computadores)

7. Você conhece ou já teve contato/utilizou alguma plataforma de prototipagem livre como, por exemplo, o Arduino ou o BoardX?

Não Conheço     Conheço     Já Usei    Qual? \_\_\_\_\_

---

8. Qual a sua opinião referente a relevância do projeto para a comunidade em questão (no caso a Física)?

Essencial

Relevante

Indiferente

Pouco Relevante

Dispensável

Dê sugestões: \_\_\_\_\_

---

---

**APÊNDICE B – Questionário para os professores**

Questionário com a finalidade de levantar informações relevantes à elaboração do projeto “**Uma Plataforma Web para Educação de Ciências Experimentais baseada em Tecnologias Livres**”

Caso queira deixar seu nome e e-mail para contato posterior, utilize o campo abaixo:

Nome: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

1. Quais experimentos seriam mais interessantes, ou mais viáveis de serem controlados remotamente?

---

---

---

---

---

2. Dados de entrada do experimento: para os experimentos sugeridos anteriormente, dê sugestões de grandezas físicas que o usuário poderia controlar?

---

---

---

---

---

3. Dados de saída do experimento: para os experimentos sugeridos anteriormente, dê sugestões de grandezas físicas que o sistema poderia retornar ao usuário como resposta à execução do experimento?

---

---

---

---

---

4. Qual formato de apresentação seria interessante para exibir os dados retornados da execução do experimento? (e.g., gráficos, dados numéricos, cálculos de erro, vídeo).

---

---

---

---

---

---

5. Com que frequência você utiliza computador/notebook ?

- Nunca  
 Raramente (menos de 1x/semana)  
 Frequentemente (mais de 1x/semana)  
 Sempre (todos os dias)

6. Qual a sua opinião sobre realizar atividades laboratoriais no ensino/aprendizagem de Física?

- Essencial  
 Relevante  
 Indiferente  
 Pouco Relevante  
 Dispensável

7. Você já teve contato com algum tipo de ambiente visual de aprendizagem (AVA) voltado para a educação a distância?

- Não       Sim.      Qual? \_\_\_\_\_

A minha opinião sobre esse tipo de ferramenta é:

- Essencial
- Relevante
- Indiferente (ou nunca tive contato)
- Pouco Relevante
- Dispensável

Se a resposta anterior foi Sim, O AVA tinha recursos para práticas laboratoriais remotas?

- Não       Sim.      Qual? \_\_\_\_\_
- 

8. Qual sua opinião à respeito da possibilidade de visualizar experimentos em tempo real, através da transmissão de vídeo por uma câmera, para a realização das práticas de laboratório?

- Essencial
- Relevante
- Indiferente
- Pouco Relevante
- Dispensável

9. Durante uma prática laboratorial quais funcionalidades do experimento devem ser acessíveis aos professores? E aos alunos? Observação: você pode marcar quantos itens considerar apropriado (inclusive para uma mesma funcionalidade).

- |  |   |
|--|---|
| Assistir o experimento                     | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Requisitar controle dos experimentos       | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Permitir passar controle do experimento    | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Requisitar acesso aos experimentos         | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Permitir acesso aos experimentos           | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |
| Ver gráficos dos resultados do experimento | <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor |



Ver formulas utilizadas no experimento	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Ver cálculos de erros dos resultados do experimento	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Inserir comentários sobre o experimento	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Enviar relatórios	<input type="checkbox"/> aluno
Enviar relatórios corrigidos	<input type="checkbox"/> professor
Criar questionários	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Criar grupo de usuários para os experimentos	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Criar fórum de discussão	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Participar de fórum de discussão	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Cadastrar novos experimentos	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Publicar anúncios gerais	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor
Agendar data para utilizar o experimento	<input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> professor

Outras sugestões? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10. Uma possibilidade para a plataforma que será criada é a extensibilidade (que é a capacidade de se adicionar ou adaptar experimentos na plataforma). Sobre esta característica você estaria interessado em:

- Usar os experimentos já existentes, da maneira que eles estão.
- Usar os experimentos já existentes e oportunamente adaptá-los às minhas necessidades
- Adicionar novos experimentos (possivelmente envolveria o aprendizado de conceitos de programação de computadores)

11. Você conhece ou já teve contato/ utilizou alguma plataforma de prototipagem livre como, por exemplo, o Arduino ou o BoardX?

Não Conheço     Conheço     Já Usei    Qual? \_\_\_\_\_

---

12. Qual a sua opinião referente a relevância do projeto para a comunidade em questão (no caso a Física)?

Essencial

Relevante

Indiferente

Pouco Relevante

Dispensável

Dê sugestões: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## APÊNDICE C – Casos de uso

Nesta sessão serão detalhados os diagramas de caso de uso relacionado com o desenvolvimento da proposta.

### C.1 Diagrama Aluno/Professor Controles Gerais

Este diagrama tem por finalidade representar as funções gerais da plataforma Web. Adiante essas funções serão explicadas com mais detalhes.

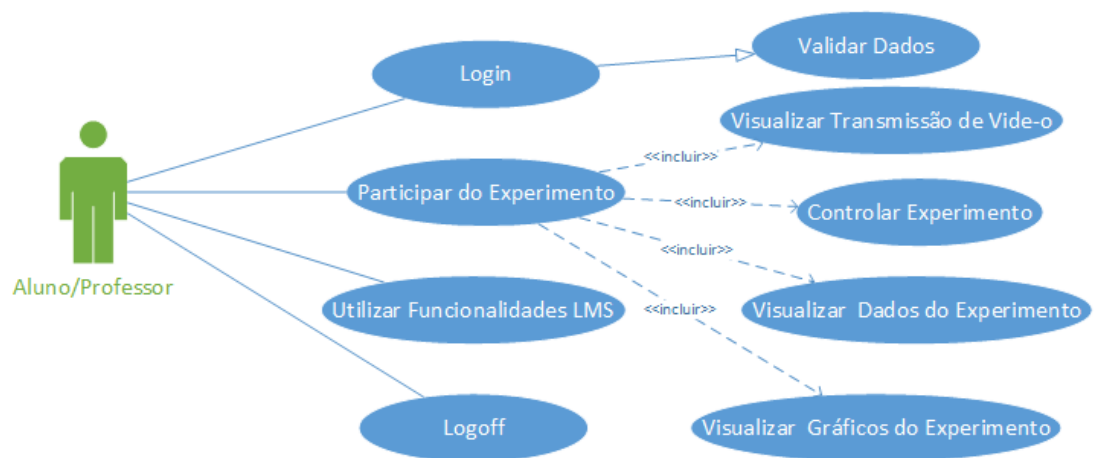


Figura 36 - Diagrama Caso de Uso - Aluno/Professor - Controles Gerais  
Fonte: Autoria própria.

Caso de Uso: Login.

Ator principal: Aluno/Professor

Pós-condições: O aluno/professor estará autenticado no LMS caso os dados forem validados pelo validar dados.

Caso de Uso: Participar do Experimento.

Descrição: Permite o usuário acessar o experimento.

Ator principal: Aluno/Professor.

Pré-condições: O aluno/professor deve estar autenticado no LMS e o experimento cadastrado.

Pós-condições: O aluno/professor terá acesso as funções de visualizar transmissão de vídeo, controlar experimento, visualizar dados do experimento e visualizar gráficos do experimento.

Caso de Uso: Utilizar Funcionalidades LMS.

Descrição: O usuário terá acesso as funcionalidades do LMS.

Ator principal: Aluno/Professor.

Pré-condições: O aluno/professor deve estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno/professor terá acesso a uma lista de funcionalidades do LMS.

Caso de Uso: Logoff.

Ator principal: Aluno/Professor.

Pré-condições: O aluno/professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno/professor será desconectado do LMS.

## **C.2 Diagrama Aluno – Funcionalidades LMS**

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que o aluno poderá executar no LMS.



**Figura 37 - Diagrama Caso de Uso - Aluno – Funcionalidades LMS**  
 Fonte: Autoria própria.

Caso de Uso: Participar de *chat* em tempo real.

Descrição: Permite o aluno acessar o *chat*.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno estar participando do *chat*.

Caso de Uso: Participar de Fóruns de Discussões.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS e existir um fórum de discussão.

Pós-condições: O aluno estar participando do fórum.

Caso de Uso: Compartilhar Arquivos.

Descrição: Permite ao aluno enviar e baixar arquivos.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno conseguir enviar ou baixar conteúdo.

Caso de Uso: Interagir em Rede Social.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno estar interagindo na rede social.

Caso de Uso: Fazer testes/provas.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS e ter um teste/prova para ele realizar.

Pós-condições: O aluno estar realizando o teste/prova.

Caso de Uso: Visualizar Noticia.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno visualizar noticia.

Caso de Uso: Visualizar notas.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno visualizar suas notas.

Caso de Uso: Acessar Wiki.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS e existir uma Wiki.

Pós-condições: O aluno acessar a Wiki.

Caso de Uso: Consultar Tarefas.

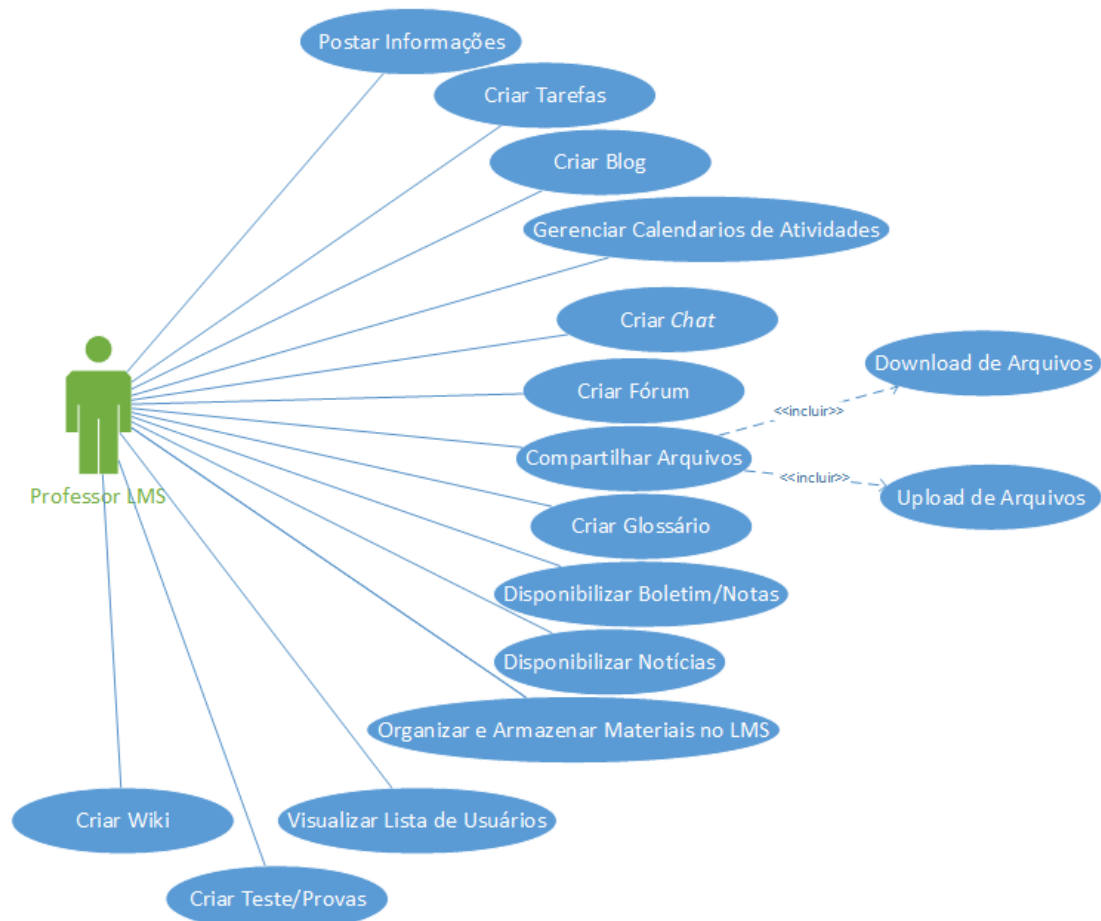
Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O aluno consultar suas tarefas.

### C.3 Diagrama Professor – Funcionalidades LMS

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que o aluno poderá executar no LMS.



**Figura 38 - Diagrama Caso de Uso - Professor – Funcionalidades LMS**  
 Fonte: Autoria própria.

Caso de Uso: Postar Informações.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: As informações serem postadas.

Caso de Uso: Criar Tarefas.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: As tarefas serem criadas.

Caso de Uso: Criar Blog.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O Blog ser criado.

Caso de Uso: Gerenciar Calendários de Atividades.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O professor gerenciar o calendário.

Caso de Uso: Criar *Chat*.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O *chat* ser criado.

Caso de Uso: Criar Fórum.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O fórum ser criado.

Caso de Uso: Compartilhar Arquivos.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O professor conseguir enviar ou baixar conteúdo.

Caso de Uso: Criar Glossário.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O glossário ser criado.

Caso de Uso: Disponibilizar Boletim/Notas.

Ator principal: Professor.



Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O boletim/nota ser disponibilizado.

Caso de Uso: Disponibilizar Notícias.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: As notícias serem disponibilizadas.

Caso de Uso: Organizar e Armazenar Matérias no LMS.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O professor conseguir organizar/armazenar materiais.

Caso de Uso: Visualizar Lista de Usuários.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O professor conseguir visualizar a lista de usuários.

Caso de Uso: Criar Teste/Prova.

Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: O teste/prova ser criado.

Caso de Uso: Criar Wiki.

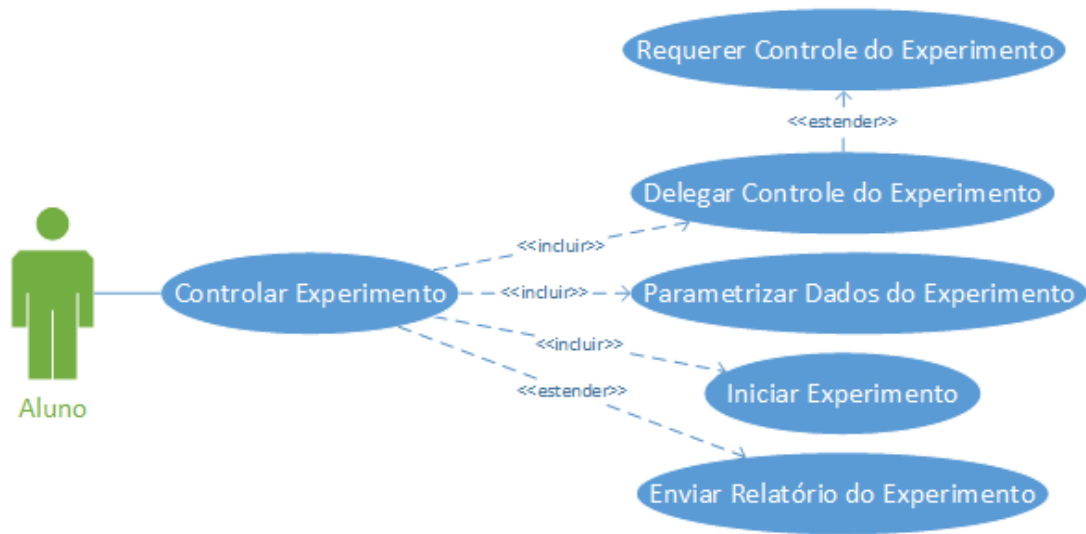
Ator principal: Professor.

Pré-condições: O professor estar autenticado no LMS.

Pós-condições: A Wiki ser criada.

#### **C.4 Diagrama Aluno Utilizando o Experimento**

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que os alunos poderão executar no controle do experimento.



**Figura 39 - Diagrama de Caso de Uso - Aluno - Controle do Experimento**  
 Fonte: Autoria própria.

Caso de Uso: Controlar Experimento.

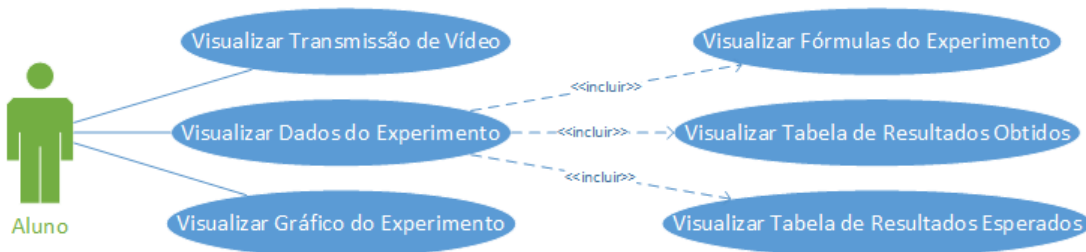
Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno deve estar autenticado no LMS e estar participando do experimento.

Pós-condições: O aluno controlar o experimento, podendo parametrizar dados do experimento, iniciar o experimento, enviar relatórios do experimento e delegar controle do experimento para outro usuário.

**C.5 Diagrama Aluno Visualizando o Experimento**

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que os alunos poderão executar na visualização do experimento.



**Figura 40 - Diagrama de Caso de Uso - Aluno - Visualizar Experimento**

Caso de Uso: Visualizar Transmissão de Vídeo.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno deve estar autenticado no LMS e estar participando do experimento.

Pós-condições: Visualizar a transmissão de vídeo do experimento.

Caso de Uso: Visualizar Dados do Experimento.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno deve estar autenticado no LMS e estar participando do experimento.

Pós-condições: O aluno poderá visualizar fórmulas do experimento, visualizar tabela de dados obtidos e visualizar tabela de resultados esperados.

Caso de Uso: Visualizar Gráficos do Experimento.

Ator principal: Aluno.

Pré-condições: O aluno deve estar autenticado no LMS e estar participando do experimento.

Pós-condições: O aluno poderá visualizar gráficos do experimento.

### C.6 Diagrama Aluno Acompanhando o Experimento

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que o aluno poderá executar ao acompanhar um experimento em execução.

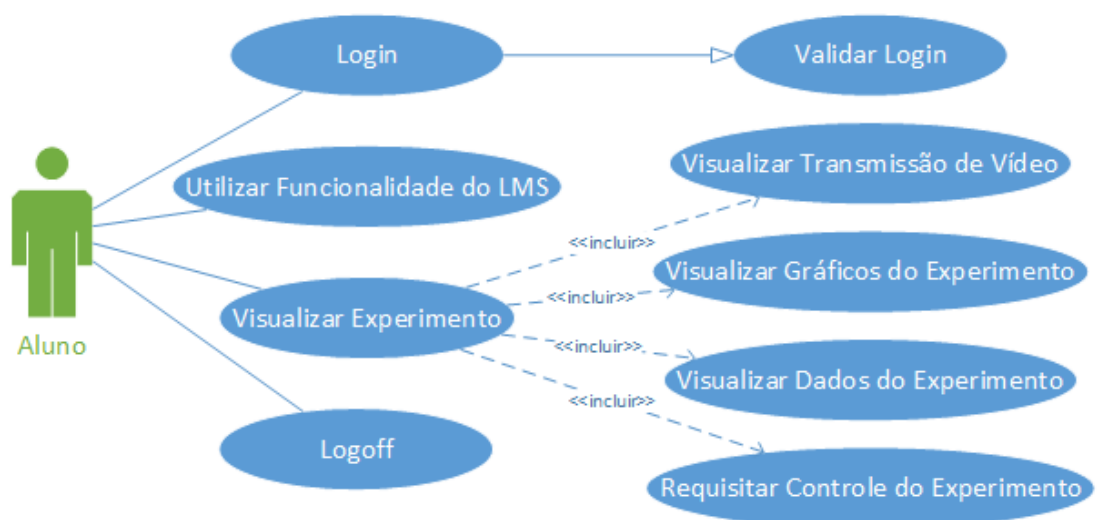


Figura 41 - Diagrama Caso de Uso - Aluno - Acompanhando Experimento

**Fonte: Autoria própria.**

Caso de Uso: Visualizar Experimento

Ator Principal: Aluno

Descrição: Este se trata do aluno que acompanha o que esta ocorrendo no experimento, porém não possui controle sobre o mesmo.

Pré-condição: Estar autenticado no sistema, participando do experimento e-  
outro usuário deve estar controlando o experimento.

Pós-condições: O experimento será visualizado em tempo real e os resultados do experimento serão mostrados ao termino deste.

Caso de Uso: Visualizar Transmissão do Experimento

Ator Principal: Aluno

Pré-condição: Entrar como visualizador na sessão de um experimento.

Pós-condição: O experimento será visualizado em tempo real.

Caso de Uso: Visualizar Gráficos do Experimento

Ator Principal: Aluno

Pré-condição: O experimento deve ter sido concluído.

Pós-condição: Serão apresentados os resultados do experimento na forma de gráficos.

Caso de Uso: Visualizar Dados do Experimento

Ator Principal: Aluno

Descrição: Serão apresentados, ao usuário, os dados do experimento, tais como: cálculos de erro; tempo de execução; dentre outros.

Pré-condição: O experimento deve ter sido concluído.

Pós-condição: O usuário poderá visualizar os dados obtidos através da execução do experimento.

Caso de Uso: Requisitar Controle do Experimento

Ator Principal: Aluno

Descrição: Um usuário, que não esteja controlando o experimento, pode solicitar o controle do experimento.

Pré-condição: Estar na sessão do experimento e não estar controlando o experimento.

Pós-condição: O aluno pode ou não adquirir o controle do experimento, dependendo da resposta do usuário que esteja controlando.

Ação: Utilizar Funcionalidade do LMS.

Ator Principal: Aluno.

Pré-condição: Estar cadastrado no sistema e estar autenticado no sistema.

Pós: Uma variada gama de utilidades, já ofertadas pelo LMS, estará disponível ao usuário.

### C.7 Diagrama Dois Alunos Utilizando o Experimento

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que os alunos poderão executar na parte do experimento.

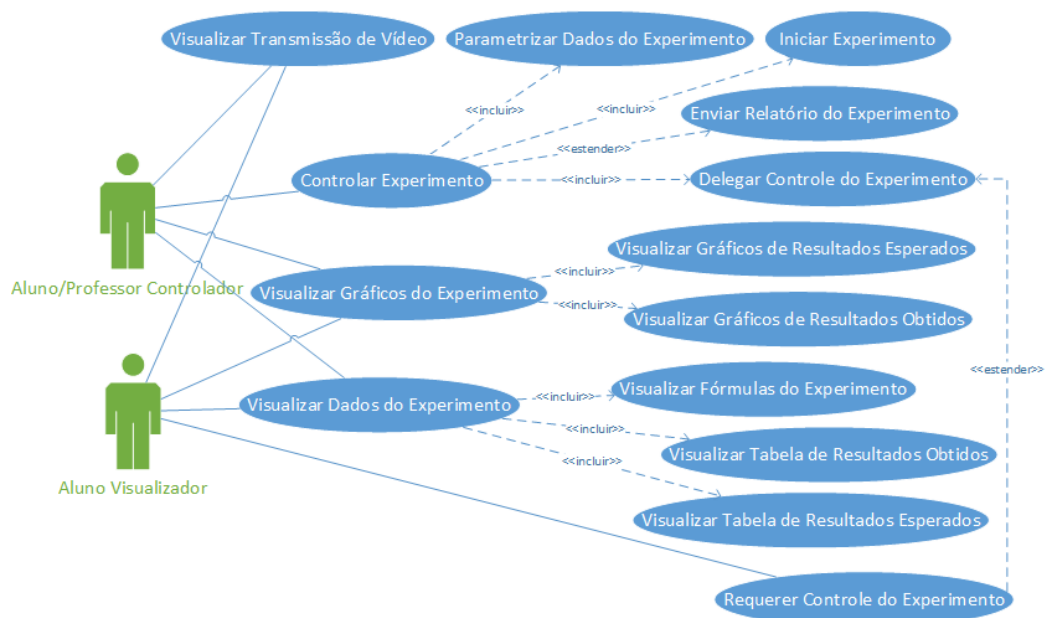


Figura 42 - Diagrama Caso de Uso - Dois Alunos Utilizando o Experimento  
Fonte: Autoria própria.

Caso de Uso: Visualizar Transmissão de Vídeo.

Ator principal: Aluno Controlador, Aluno Visualizador.

Pré-condições: Os alunos devem estar autenticados no LMS e estarem participando do experimento.

Pós-condições: Visualizar a transmissão de vídeo do experimento.

Caso de Uso: Controlar Experimento

Ator principal: Aluno Controlador.

Pré-condições: O aluno deve estar autenticado no LMS e estar participando do experimento

Pós-condições: O aluno controlar o experimento, podendo parametrizar dados do experimento, iniciar o experimento, enviar relatórios do experimento e delegar controle do experimento para outro usuário.

Caso de Uso: Visualizar Gráficos do Experimento.

Ator principal: Aluno Controlador, Aluno Visualizador.

Pré-condições: Os alunos devem estar autenticados no LMS e estarem participando do experimento.

Pós-condições: Os alunos poderão visualizar gráficos de resultados esperados e visualizar gráficos de resultados obtidos.

Caso de Uso: Visualizar Dados do Experimento.

Ator principal: Aluno Controlador, Aluno Visualizador.

Pré-condições: Os alunos devem estar autenticados no LMS e estarem participando do experimento.

Pós-condições: Os alunos poderão visualizar fórmulas do experimento, visualizar tabela de dados obtidos e visualizar tabela de resultados esperados.

Caso de Uso: Requerer Controle do Experimento.

Ator principal: Aluno Visualizador.

Pré-condições: Os alunos devem estar autenticados no LMS e estarem participando do experimento.

Pós-condições: O aluno irá aguardar a liberação ou rejeição para controlar o experimento.

### C.8 Diagrama Professor Montando Experimento

Este diagrama tem por finalidade representar as funções que os professores poderão executar no momento de montar o experimento.

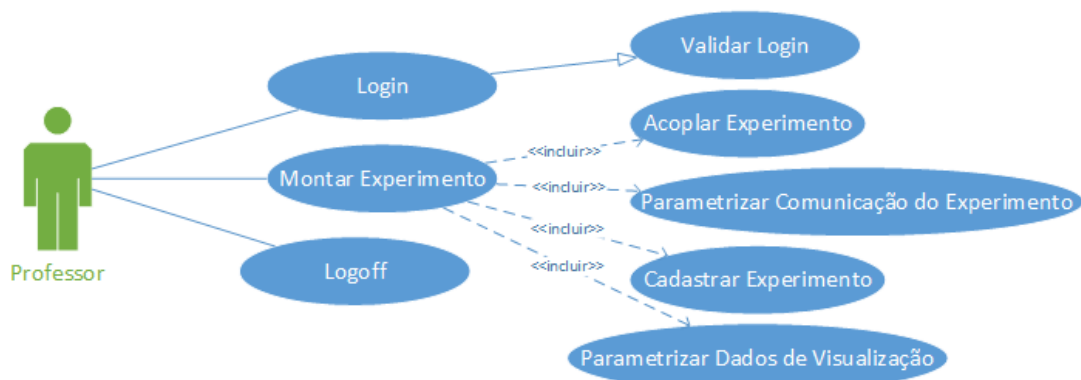


Figura 43 - Diagrama Caso de Uso - Professor - Montando Experimento  
Fonte: Autoria própria.

#### Caso de Uso: Montar Experimento

Descrição: Um professor pode acoplar novos experimentos a plataforma.

Pré-condições: O professor deve estar autenticado no sistema,

Pós-condições: Um novo experimento estará a disposição dos usuários.

#### Caso de Uso: Acoplar Experimento

Descrição: É preciso ligar fisicamente os componentes do experimento ao Arduino.

Pré-condições: O professor deve possuir todos os componentes, que saem do experimento, para conectar com o Arduino.

Pós-condições: O Hardware, do experimento estará acoplado ao Arduino, para que os dados sejam capturados.

#### Caso de Uso: Parametrizar o Middleware

Descrição: É necessário configurar o Middleware, para que este processe corretamente os dados do novo experimento.

Pré-condições: Ter conhecimento de qual experimento será acoplado a plataforma e ter conhecimento de quais são os dados que o Middleware vai receber.

Pós-condições: O Middleware estará corretamente adaptado para processar os dados recebidos, e enviá-los aos usuários.

#### Caso de Uso: Cadastrar Experimentos

Descrição: Cadastram-se os dados do experimento, tais como: nome; descrição; procedimentos; fórmulas utilizadas.

Pré-condições: Ter conhecimento de qual o experimento que será acoplado a plataforma e ter conhecimento da teoria envolvida no experimento.

Pós-condições: Os conceitos referentes ao experimento estarão disponíveis aos usuários.

#### Caso de Uso: Parametrizar Resposta

Descrição: Definir quais os dados, e de que maneira estes serão apresentados ao usuário.

Pré-condições: Conhecer o experimento que será acoplado a plataforma e conhecer qual o processamento que o Middleware dará os dados.

Pós-condições: O modo como os usuários irão visualizar a resposta estará disponível estará definido.



**Apêndice D – Questionário de pré-teste**

Questionário com a finalidade de pré-avaliação do projeto “Apuê: Uma Plataforma Web para Educação de Ciências Experimentais baseada em Tecnologias Livres”

1) Qual a sua opinião sobre realizar atividades laboratoriais no ensino/aprendizagem de Física

Essencial

Relevante

Indiferente

Pouco relevante

Irrelevante

2) Você já teve contato com algum tipo de ambiente virtual de aprendizagem (AVA) voltado para a educação a distância?

Não       Sim.      Qual? \_\_\_\_\_

Se a resposta anterior foi Sim, O AVA tinha recursos para práticas laboratoriais remotas?

Não       Sim.      Qual? \_\_\_\_\_

---

A minha opinião sobre esse tipo de ferramenta é:

Essencial

Relevante

Indiferente (ou nunca tive contato)

Pouco Relevante

Irrelevante

3) Qual sua expectativa referente a facilidade de uso da plataforma que será testada?

Fácil manuseio

Fácil, porém demandará um tempo para compreensão.

Não tão simples de manusear e de compreender (Necessário algum tempo para se acostumar).

De difícil compreensão e uso.

Observações: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4) Qual a sua opinião sobre a visualização, em tempo real, do experimento?

- Essencial para o aprendizado.
- Muito importante para o aprendizado.
- Pouco relevante para o aprendizado
- É irrelevante para o aprendizado.

5) Qual a sua opinião referente a construção dos gráficos em tempo real?

- Essencial para o aprendizado.
- Muito importante para o aprendizado.
- Pouco relevante para o aprendizado.
- É irrelevante para o aprendizado.

6) Qual sua expectativa perante ao controle do experimento?

- Será fácil e intuitivo.
- Será fácil, porém demanda de entendimento.
- Será necessário um tempo relativamente grande para a compreensão.
- Será complexo e pouco intuitivo.

## Apêndice E – Questionário de pós-teste

Questionário com a finalidade de pós-avaliação do projeto “**Apuê: Uma Plataforma Web para Educação de Ciências Experimentais baseada em Tecnologias Livres**”

1) Sobre a sua expectativa em relação a plataforma Apuê respondida anteriormente, você pode dizer que:

- Superou a minha expectativa
- Expectativa foi mantida
- Não atingiu a minha expectativa

2) Sobre a sua expectativa em relação a visualização do vídeo respondida anteriormente, você pode dizer que:

- Superou a minha expectativa
- Expectativa foi mantida
- Não atingiu a minha expectativa

3) A qualidade (fluidez e visibilidade da imagem, do vídeo) percebida durante a execução do experimento pode ser considerada:

- Ótima
- Boa
- Não tenho uma opinião sobre isso
- Ruim
- Péssima

4) A qualidade das informações dos gráficos exibidos durante a execução do experimento pode ser considerada:

- Ótima
- Boa
- Não tenho uma opinião sobre isso
- Ruim
- Péssima

5) Como você avalia a facilidade para perceber que o controle do experimento estava com você?

- Percebi imediatamente
- Percebi após algum tempo
- Percebi apenas com ajuda do Facilitador

6) Como você avalia a facilidade para perceber que o controle do experimento **já não** estava com você?

- Percebi imediatamente
- Percebi após algum tempo
- Percebi apenas com ajuda do facilitador.

7) Em relação ao controle do experimento, quando você executava alguma alteração nos dados de entrada, você percebia que a alteração:

- Ocorria em tempo real
- Ocorria com um ligeiro atraso
- Ocorria com um grande atraso
- Não ocorria
- Não percebi/dei atenção a esse fato

8) Em relação a tela do experimento, você considera que ela:

- É simples
- É um pouco confusa
- É muito confusa
- não percebi/dei atenção a esse fato

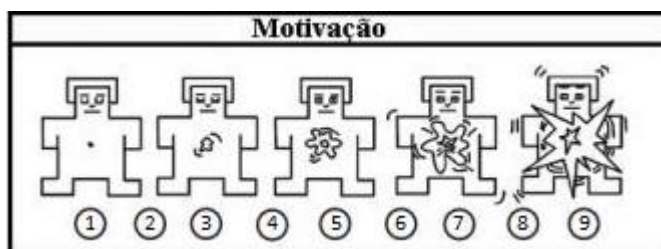
9) Em relação a quantidade de informações presentes na tela (gráfico, vídeo, dados de entrada e dados de saída), você considera:

- suficiente
- que poderia ter menos dados
- que poderia ter mais dados
- não percebi/dei atenção a esse fato

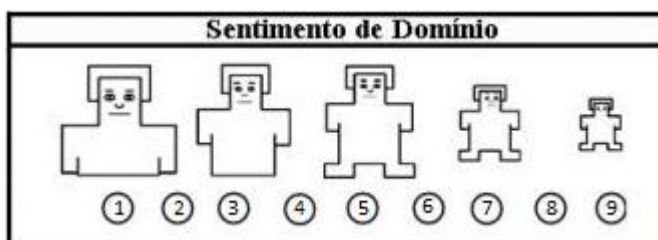
- 10) De acordo com a imagem assinale o nível de **SATISFAÇÃO** durante o uso do Apuê com que você mais se identifica. Pontuação baixa (infeliz, nervoso, insatisfeito) e pontuação alta (feliz, satisfeito, contente).



- 11) De acordo com a imagem a cima assinale o nível de **MOTIVAÇÃO** durante o uso do Apuê com que você mais se identifica. Pontuação baixa (calmo, relaxado, lento, sono) e pontuação alta (animado, nervoso, agitado)



- 12) De acordo com a imagem a cima assinale o sentimento de **DOMÍNIO** durante o uso do Apuê com que você mais se identifica. Pontuação baixa (no controle, dominante) e pontuação alta (influenciado, submisso, guiado)



- 13) Caso queira complementar as respostas anteriores, escreva aqui seus comentários sobre a experiência com o Apuê.

---



---

## Apêndice F – Código Fonte do Arduino

```
#include<stdlib.h>
#include <aJSON.h>

//variaveis de controle do motor
int motor1Pin1 = 3; // pin 2 on L293D
int motor1Pin2 = 4; // pin 7 on L293D
int enablePin = 9; // pin 1 on L293D
int motorSpeed = 50;

//buffers temporarios
char perBuf[6];
char freqBuf[6];

//passa endereco da porta serial para a lib aJSON
aJsonStream serial_stream(&Serial);

//variaveis do sensor de frequencia/periodo
int sensorPin = 12; // pino 12 para leitura do reed switch
int lastState = LOW;
unsigned long lastLapMillis;
//periodo em ms
unsigned long lapTime;
unsigned long timer;

void setup() {
    //configura como output os pinos do L293D
    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
    pinMode(enablePin, OUTPUT);
}
```

```
//configura como input o pino no reed switch
pinMode(sensorPin, INPUT);
lastLapMillis = millis();
timer = millis();

//inicializa comunicacao serial
Serial.begin(9600);
}

//cria mensagem de saida para o Apue em JSON
JsonObject *createMessage(unsigned long laptime) {
    JsonObject *msg = JsonObject.create();
    JsonObject.addStringToObject(msg, "periodo", itoa((int)laptime, perBuf, 10));
    JsonObject.addStringToObject(msg, "frequencia", dtostrf(1.0F/(laptime/1000.0F),
1, 2, freqBuf));
    return msg;
}

//realiza o parse da mensagem vinda do Apue em JSON
void processMessage(JsonObject *msg) {
    JsonObject* velocidade = JsonObject.getItem(msg, "velocidade");
    motorSpeed = atoi(velocidade->valuestring);
}

void loop() {
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW); // seta pino 2 no L293D com low
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH); // seta pino 7 no L293D com high

    //a cada 1 segundo verifica se tem dados de entrada na porta serial
    if(millis() - timer > 1000UL) {
        timer = millis();
        if (serial_stream.available()) {
```

```
    aJsonObject *msg = aJson.parse(&serial_stream);
    processMessage(msg);
    aJson.deleteItem(msg);
  }
}

//atualiza velocidade do motor
changeMotorSpeed(160 + motorSpeed/2);
//faz leitura do reed switch e envia ao Apue
readLapTimeInMillis();
}

//faz a leitura do sensor para calcular o periodo/frequencia
void readLapTimeInMillis() {
  int sensorState = digitalRead(sensorPin);
  if(sensorState != lastState) { //se a leitura atual for diferente da ultima
    lastState = sensorState;
    if(sensorState == HIGH) { //se estiver passando corrente no pino (ima
sobre reed switch)
      lapTime = millis() - lastLapMillis;
      lastLapMillis = millis();
      //envia mensagem em JSON para o Apue
      aJsonObject *msg = createMessage(lapTime);
      aJson.print(msg, &serial_stream);
      Serial.println();
      aJson.deleteItem(msg);
    }
  }
}

//altera a velocidade do motor
void changeMotorSpeed(int motorSpeed) {
  //altera a tensao de saida no pino enable do L293D
  analogWrite(enablePin, motorSpeed);
}
```



## Apêndice G – Código fonte da tela principal do Apuê

```

<script src="resources/js/highstock.js"></script>
<script src="resources/js/exporting.js"></script>
<script src="resources/js/jsmpg.js"></script>
<script src="resources/js/apue.js"></script>

<h3>${experimento.nome}</h3>
  <div id="info" class="information" style="opacity: 0;">&nbsp;</div>
  <p class="shorttext">
    <label for="usuarioControle">Controlador</label>
    <select id="usuarioControle">
      <c:forEach var="participante" items="${participantes}">
        <c:choose>
          <c:when test="${participante ==
sessaoGrupo.idSessao.usuarioControle}">
            <option selected="selected"
value="${participante}">${participante}</option>
          </c:when>
          <c:otherwise>
            <option
value="${participante}">${participante}</option>
          </c:otherwise>
        </c:choose>
      </c:forEach>
    </select>
    <input id="delegarButton" type="button"
value="Delegar"></input>
  </p>

  <div id="videoDiv">
    <h3>Apuê Streaming</h3>
    <canvas id="videoCanvas" width="320" height="240">
      <p>
        Please use a browser that supports the Canvas
        Element, like
        <a
href="http://www.google.com/chrome">Chrome</a>,
        <a
href="http://www.mozilla.com/firefox/">Firefox</a>,
        <a
href="http://www.apple.com/safari/">Safari</a> or Internet Explorer 10
      </p>
    </canvas>
  </div>

  <div id="graficosDiv">
    <ul>
      <c:forEach var="grafico"
items="${experimento.graficoes}">
        <li><a
href="#grafico${grafico.idGrafico}">${grafico.nome}</a></li>
      </c:forEach>
    </ul>
    <c:forEach var="grafico" items="${experimento.graficoes}">
      <div id="grafico${grafico.idGrafico}"
class="grafico"></div>

```

```

        </c:forEach>
    </div>

    <div id="dadosEntradaDiv">
        <h3>Dados de Entrada</h3>
        <form id="dadosEntradaForm">
            <c:forEach var="metadadoEntrada"
items="{metadadosEntrada}">
                <p class="shorttext">
                    <label
for="{metadadoEntrada.metadado.chave}">{metadadoEntrada.metadado.rotulo}
</label>

                    <c:choose>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 1}">
                            <input type="text"
id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"></input>
                        </c:when>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 2}">
                            <input type="range" min="0"
max="100" id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"></input>
                        </c:when>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 3}">
                            <select
id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
items="{metadadoEntrada.opcaoMetadadoEntradas}">
                                <option
value="{opcao.valor}">{opcao.rotulo}</option>
                            </c:forEach>
                        </select>
                        </c:when>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 4}">
                            <c:forEach var="opcao"
items="{metadadoEntrada.opcaoMetadadoEntradas}">
                                <input type="checkbox"
id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
value="{opcao.valor}">{opcao.rotulo}</input>
                            </c:forEach>
                        </c:when>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 5}">
                            <input type="number"
id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"></input>
                        </c:when>
                        <c:when
test="{metadadoEntrada.tipoEntrada == 6}">
                            <c:forEach var="opcao"
items="{metadadoEntrada.opcaoMetadadoEntradas}">

```

```

<input type="radio"
id="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
name="{metadadoEntrada.metadado.idMetadado}"
value="{opcao.valor}">{opcao.rotulo}</input>
    </c:forEach>
    </c:when>
    <c:otherwise>
        Tipo Entrada Invólido!
    </c:otherwise>
</c:choose>
</p>
</c:forEach>
</form>
<div class="act">
    <input id="enviar" type="button" value="Enviar
Dados"></input>
</div>
</div>

<div id="dadosSaidaDiv">
    <h3>Dados de Saída</h3>
    <c:forEach var="metadadoSaida" items="{metadadosSaida}">
        <p class="shorttext">
            <label
for="{metadadoSaida.metadado.chave}">{metadadoSaida.metadado.rotulo}</label>
                <input
id="{metadadoSaida.metadado.idMetadado}"></input>
                {metadadoSaida.metadado.unidade}
            </p>
        </c:forEach>
    </div>

    <input type="hidden" id="idSessao"
value="{sessaoGrupo.idSessao.idSessao}"/>
    <input type="hidden" id="usuarioLogado" value="{usuarioLogado}"/>
    <input type="hidden" id="labAdmin" value="{isLabAdmin}"/>

```

## Apêndice H – Diagrama de Classes do Apuê

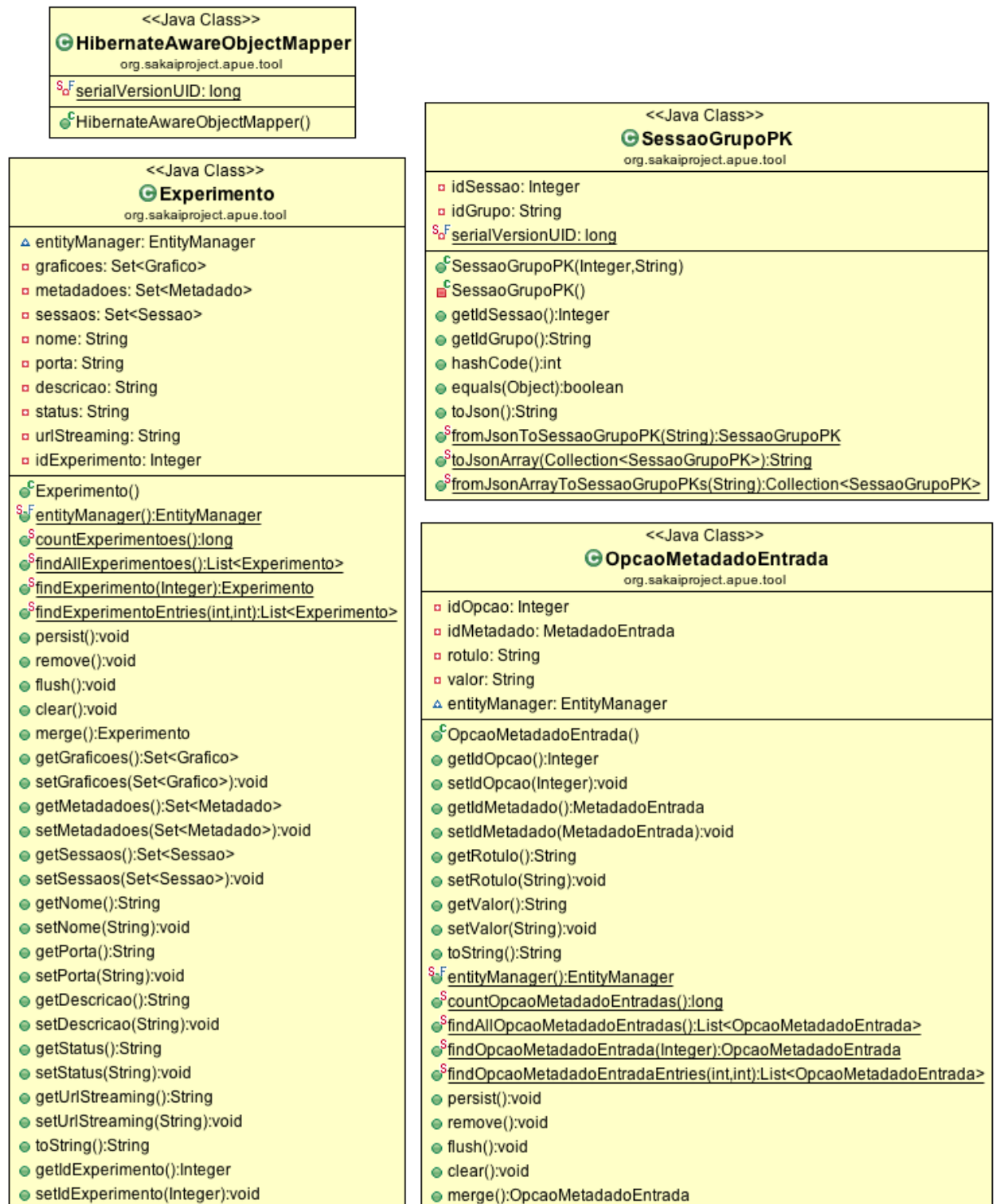


Figura 44 - Primeira parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.

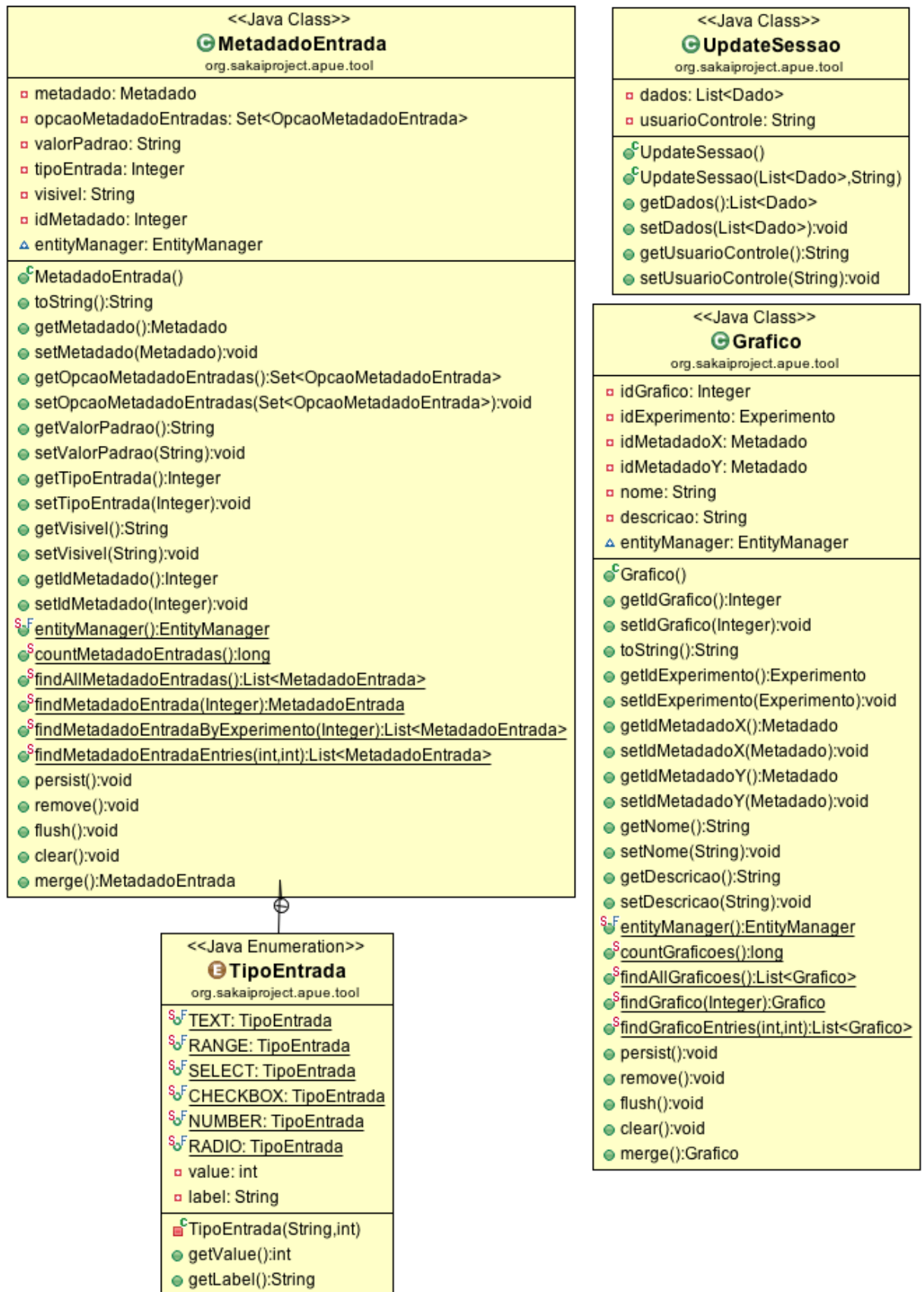


Figura 45 - Segunda parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.



Figura 46 - Terceira parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.



Figura 47 - Quarta parte dos diagramas de classes

Fonte: Autoria própria.

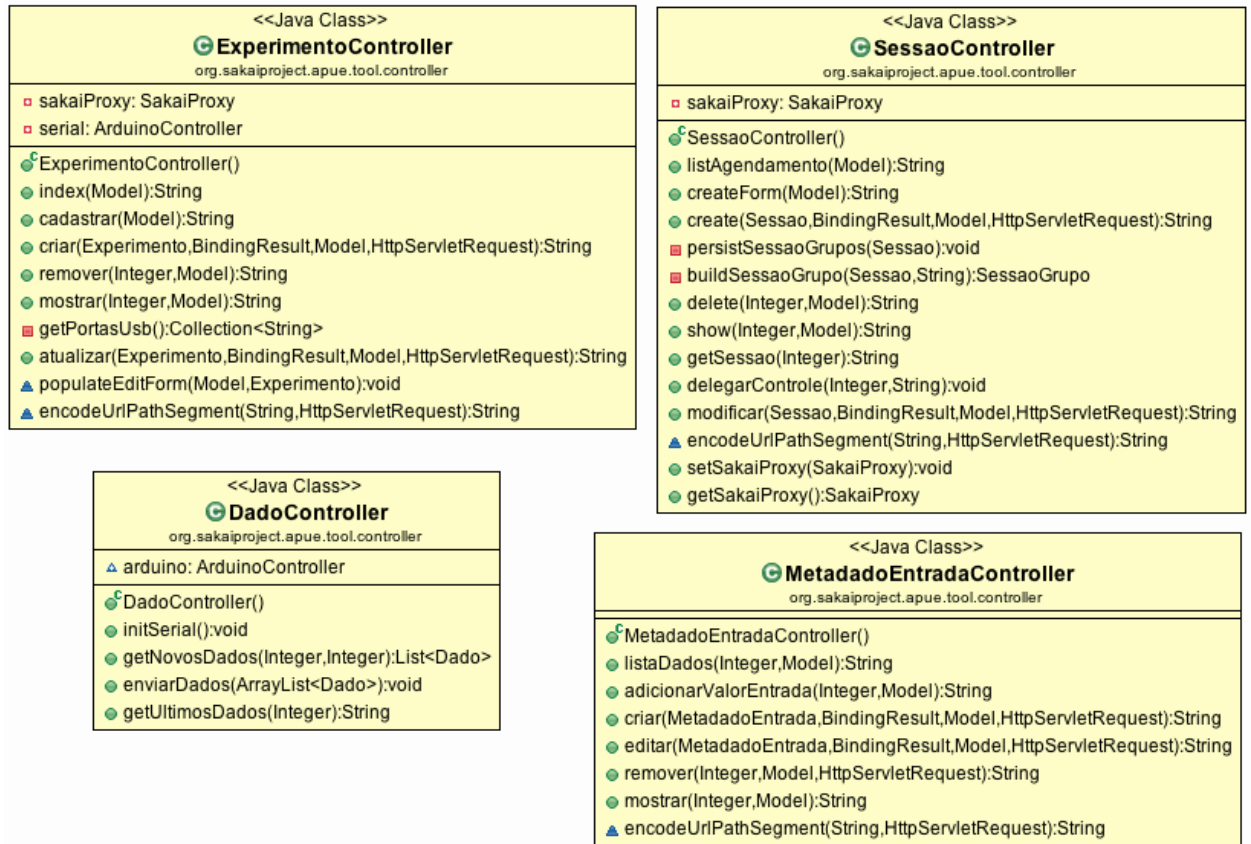


Figura 48 - Quinta parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.



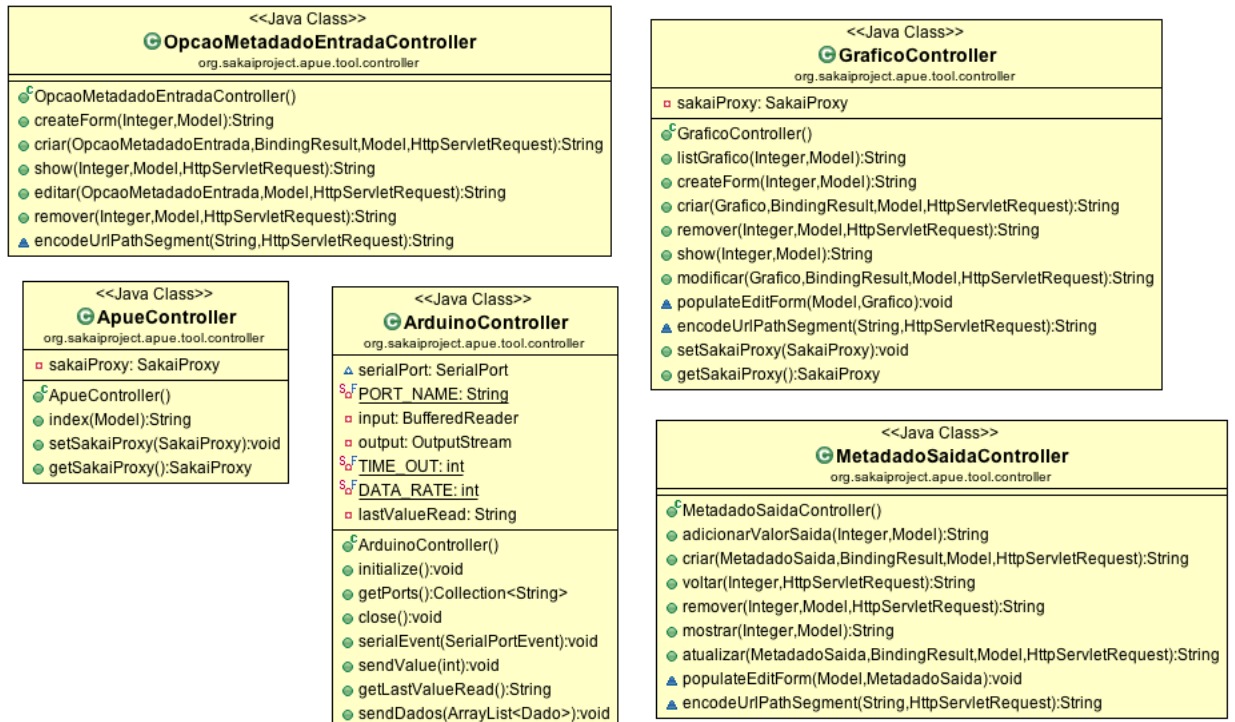


Figura 49 - Sexta parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.

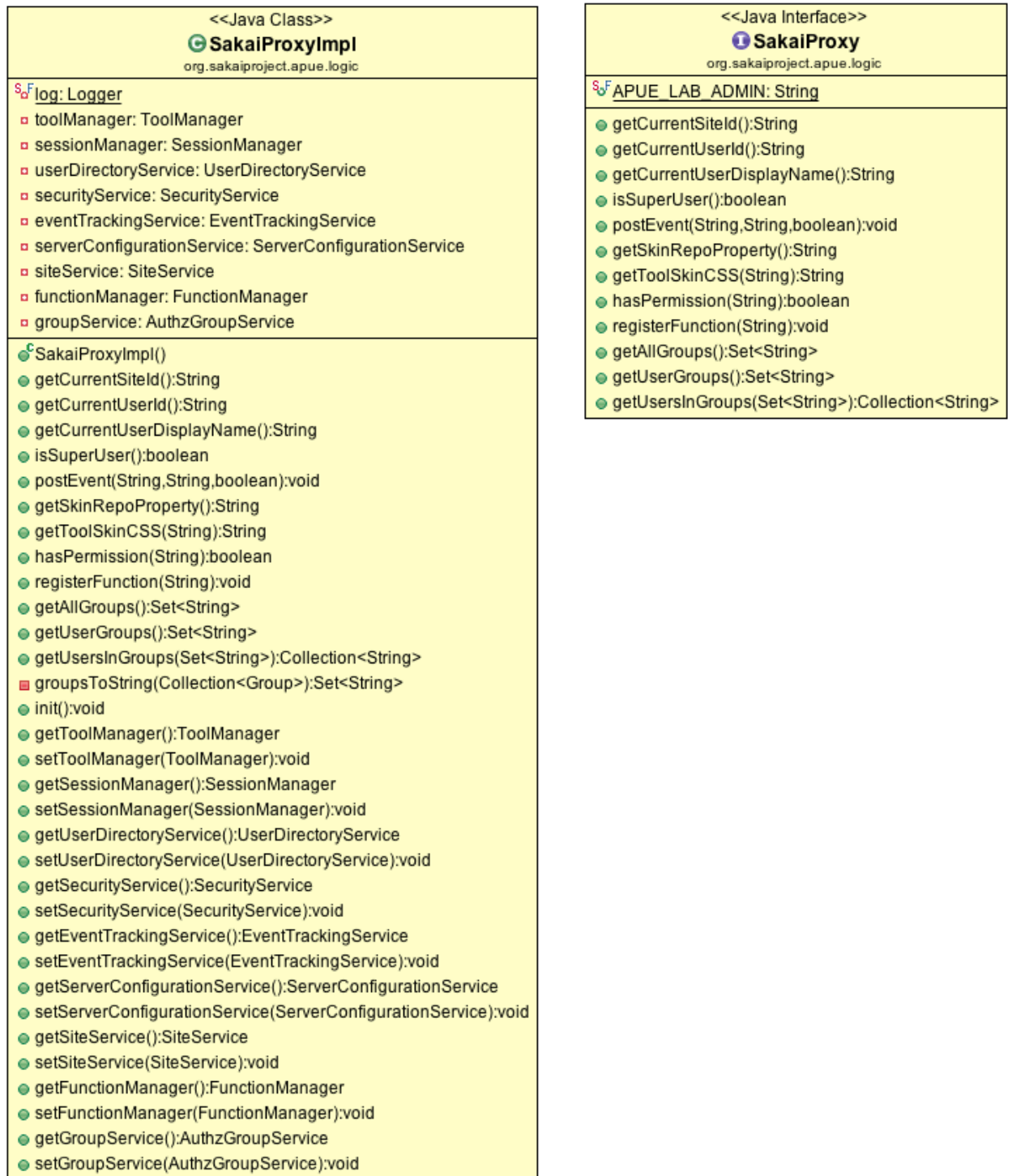


Figura 50 - Sétima e última parte dos diagramas de classes  
 Fonte: Autoria própria.

## Anexo A Descrição do Experimento

Plataforma rotacional para estudo do movimento circular e suas variáveis. A plataforma foi desenvolvida com o objetivo de estudar a dinâmica rotacional, mais precisamente a segunda lei de Newton aplicada à dinâmica rotacional.

### Segunda Lei de Newton

É a lei para análise das causas dos movimentos, relacionando as forças aplicadas a um ponto material da massa "m" constante e as acelerações que provocam. Sendo "FR" a soma vetorial (resultante) das forças aplicadas e a "a" a aceleração adquirida, sendo assim estabelece-se que a resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida: " $FR=m \cdot a$ ", significa assim que a força resultante "FR" produz uma aceleração "a" com a mesma direção e mesmo sentido da força resultante e suas intensidades são proporcionais.

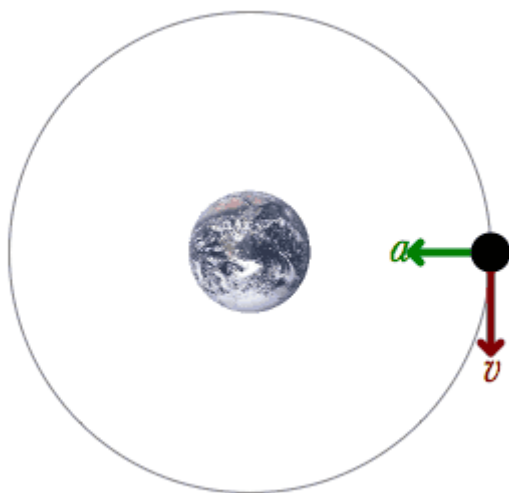


Figura 51 - Órbita - exemplo da segunda lei de Newton  
Fonte: Wikipédia, (Acesso em 2014)

Se uma força gera uma quantidade de movimento, uma força dupla gerará uma quantidade de movimento dupla, uma força tripla gerará uma quantidade de movimento tripla, quer a força seja impressa de uma vez e imediatamente, quer seja impressa gradual e sucessivamente.

A principal equação que se pode estudar com essa plataforma é a equação da força centrípeta, que “é a força resultante que puxa o corpo para o centro da trajetória em um movimento curvilíneo ou circular”.

Esse instrumento contempla não só o estudo da força centrípeta, mas sim toda a dinâmica rotacional, como: Momento de inércia, velocidade angular, aceleração angular, torque, dentre outros. Para isso basta fazer pequenas modificações e inserir outros módulos.

No módulo balança podemos calcular a massa de um corpo qualquer, conhecendo apenas a sua força centrípeta, basta substituir a massa que vai orbitar por qualquer objeto desde que preso no mesmo fio e fazendo as medições necessárias. Com isso é possível fazer analogia a uma balança.

O módulo a ser estudado nesta configuração do experimento envolve a força centrípeta, que basicamente consiste em escolher a massa que vai orbitar e escolher a massa que vai deixar suspensa para tracionar a mola (massa de comparação com a força centrípeta).

O Gráfico a ser produzido será o de Força centrípeta X Aceleração centrípeta. Neste caso sabe-se que o valor da força centrípeta será o mesmo da massa que será pendurada pelo fio de nivelamento (aquele ligado a pastilha de nivelamento) multiplicado pelo valor da gravidade. Chega-se a essa conclusão por conta da “Pastilha de Nivelamento” estar previamente ajustada sobre a influência da massa em questão (massa suspensa). Sendo assim, após retirada a tal massa e colocada a plataforma para funcionar, no momento em que a pastilha de nivelamento atingir o ponto anterior, a força centrípeta será igual ao peso da massa.

No módulo balança, se calcularmos o coeficiente angular no experimento anteriormente descrito, Força centrípeta X Aceleração centrípeta, saberemos o valor da massa que estava orbitando. Para fazer esse cálculo faremos o seguinte procedimento:

Considere os pontos  $A(x_A, y_A)$  e  $B(y_B, y_B)$ , esses formam uma reta “t” no plano cartesiano de inclinação  $\alpha$ ; Sendo  $X =$  força centrípeta e  $Y =$  aceleração centrípeta

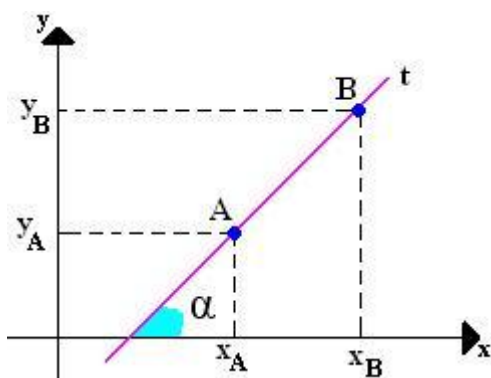


Figura 52 - Gráfico da equação da reta  
Fonte: MIRANDA, (Acesso em 2014)

Prolongando o segmento de reta, que passa pelo ponto A, paralelo ao eixo x formamos um triângulo retângulo BMA. E um ângulo equivalente ao da inclinação da reta.

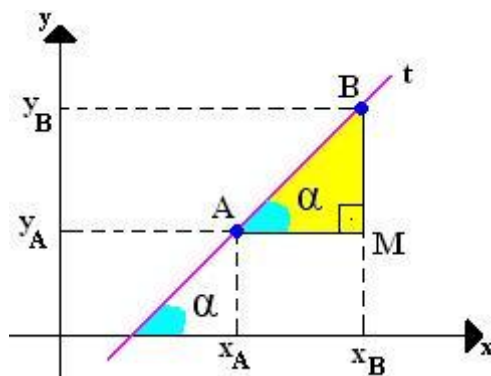


Figura 53 - Gráfico da equação da reta com o cálculo do coeficiente angular  
Fonte: MIRANDA, (Acesso em 2014)

Levando em consideração o triângulo retângulo BMA e o seu ângulo  $\alpha$ , teremos como cateto oposto a  $y_B - y_A$  e cateto adjacente  $x_B - x_A$ .

Sabendo que:

- O coeficiente angular de uma reta é o mesmo que a tangente do ângulo de inclinação.
- A função tangente é calculada pela razão do cateto oposto pelo cateto adjacente.

Assim, podemos concluir que o coeficiente angular ( $m$ ) de uma reta será calculado através da seguinte fórmula:

$$m = \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \quad \text{Ou simplesmente: } m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Dessa maneira, o experimento tem por maior objetivo sair de uma abstração da ação da força centrípeta para uma experimentação visual, na

qual é possível observar a ação da força centrípeta sobre uma partícula. Assim, é possível observar o corpo se afastando do centro da trajetória, o que frequentemente induz ao erro de pensar que se trata da ação da força centrífuga (que é a “força que se manifesta nos corpos em rotação e cujo efeito é o afastamento dos corpos do centro de rotação”). Esse raciocínio seria errôneo, pois deve-se levar em consideração que a massa está equilibrada pela tração na corda que está pendurada.

A tração na corda é igual à força que está sendo exercida sobre a mola de nivelamento pois, durante a preparação do experimento para se nivelar a pastilha, deforma-se a mola com um peso por meio da tração da corda que está ligada à mola. Assim que esse peso é retirado, a mola comprime e o corpo que girará virá para mais próximo do centro. Dessa maneira, procura-se uma velocidade de rotação que o leve de volta a posição onde ele estava quando a pastilha de nivelamento encontrava-se centralizada. Ao encontrar essa posição a força centrípeta será igual ao peso que foi removido após o nivelamento.

Tratando-se do equacionamento da força centrípeta temos o seguinte:

Tomaremos como base a equação da força:  $F=m*a$ , onde “F” é força, “m” é massa e “a” é a aceleração.

No entanto como se trata da dinâmica rotacional e a força desejada é a centrípeta temos que a aceleração centrípeta é  $a_c = \left(\frac{v^2}{R}\right)$ , onde “ac” é aceleração centrípeta,  $v^2$  é velocidade elevado ao quadrado e “R” o raio, sabendo que o raio é obtido medindo a distância entre o Pilar lateral e o Pilar central. Sendo assim, no passo seguinte teremos:  $F_c = m*\left(\frac{v^2}{R}\right)$ , sendo “F<sub>c</sub>” força centrípeta.

Sabemos que velocidade é espaço sobre o tempo, sendo circular o espaço é  $2\pi R$ , ficando a equação agora assim  $F_c = m * \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R}$ , onde “T” é o tempo e “ $2\pi R$ ” o comprimento da circunferência.

Agora refazendo a distribuição da fórmula de forma mais detalhada teremos o seguinte:  $F_c = m * \frac{4 * \pi^2 * R^2}{T^2} * \frac{1}{R}$ . Isso se dá já que a regra da transformação da divisão em multiplicação é que o numerador multiplica o inverso do denominador e como o denominador é apenas “R” seu inverso é  $\frac{1}{R}$ . Já a parte que antes era numerador agora transforma-se em uma fração própria, sendo agora feito a propriedade distributiva com o seu quadrado.

Reduzindo de forma mais simples a equação encontrada de forma a cortar incógnitas que se anulam, sendo assim o “R<sup>2</sup>” é anulado com o denominador “R” da segunda fração sobrando assim “R” no lugar de “R<sup>2</sup>” fazendo assim com que a primeira fração seja multiplicada apenas por 1 da segunda fração obtendo-se assim:  $F_c = m * \frac{4 * \pi^2 * R}{T^2} * 1$

E para uma melhor visualização podemos ainda deixá-la assim:

$$F_c = m * 4 \left( \frac{\pi}{T} \right)^2 * R$$

Quanto ao funcionamento da plataforma temos o seguinte esquema desenhado para uma melhor abstração e compreensão:

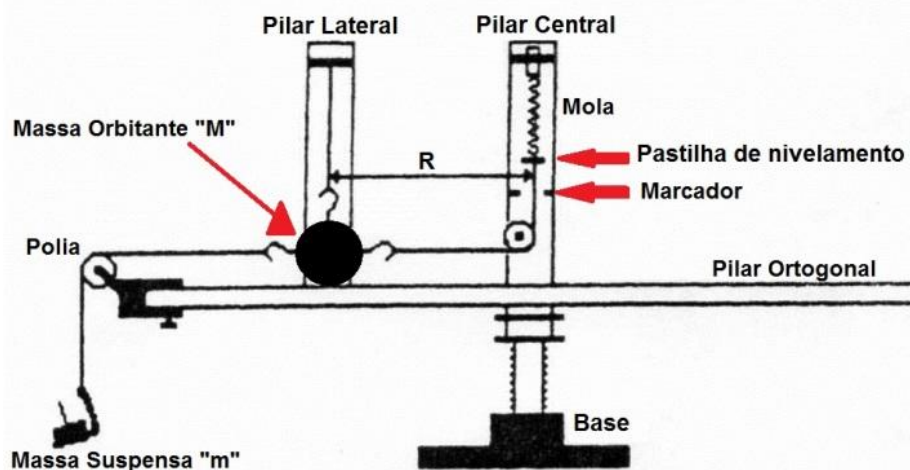


Figura 54 - Ilustração da plataforma rotacional

Fonte: Adaptado de HELMFELT, BASILIO, CANTU, BET e GIMENEZ (acesso em 2014).

O primeiro passo é equilibrar o sistema, pendurando um corpo (massa suspensa) na extremidade de um fio, ligando-o à massa orbitante. Em seguida, move-se o Pilar lateral para deixar o fio paralelo ao fio preso à mola de forma que a força da mola se iguale ao peso.

O segundo passo é tirar o corpo suspenso e ligar a plataforma – que não pode ser ligada enquanto o corpo estiver pendurado. Após ser ligada a plataforma, é regulada a velocidade até se obter o nível necessário para que a força se iguale novamente ao peso; isso ocorre quando a pastilha de nivelamento atingir novamente o mesmo nível em que o disco estava anteriormente quando a massa suspensa foi utilizada. Zera-se o cronômetro, (tal cronômetro está acoplado a um sensor na base e serve para contar o tempo de cada giro do pilar ortogonal, já que esse gira a plataforma como um todo), e começa-se a contar o tempo de um ciclo (um giro completo do Pilar ortogonal). São contadas dez voltas para obter-se uma média de tempo de um ciclo, com isso já é obtido o valor do tempo.

Para cálculo do gráfico de Força centrípeta X Aceleração centrípeta, o próximo estágio envolve a coleta dos dados do experimento e a aplicação nas formulas descritas anteriormente.

- Força centrípeta:  $F_c = m * 4\left(\frac{\pi}{T}\right)^2 * R$
- E aceleração centrípeta:  $A_c = 4\left(\frac{\pi}{T}\right)^2 * R$

Tendo em vista o entendimento teórico da formulação e do objetivo desse experimento, agora será apresentada a montagem e a coleta de dados considerando o experimento físico. A foto abaixo (Figura 55) apresenta o experimento físico assim como o nome de seus principais componentes.



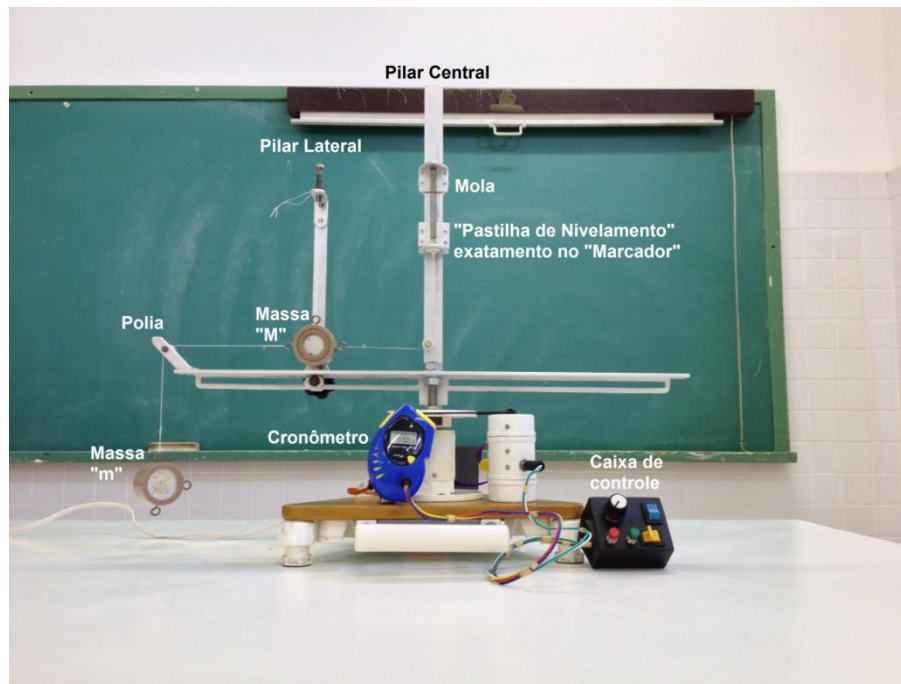


Figura 55 - Plataforma Rotacional Calibrada

Antes de partir para o funcionamento é necessário fazer alguns ajustes. Na plataforma Apuê o experimento já se encontra previamente ajustado. Os passos abaixo ilustram esse processo de ajuste.

Passo 1: colocar a base do experimento em uma superfície lisa e plana de maneira que não penda para nenhum dos lados.

Passo 2: escolher dentre as massas qual será a massa orbitante e qual será a massa suspensa. A Figura 56 - Massas Orbitantes e Suspensas mostra as massas à disposição para escolha.

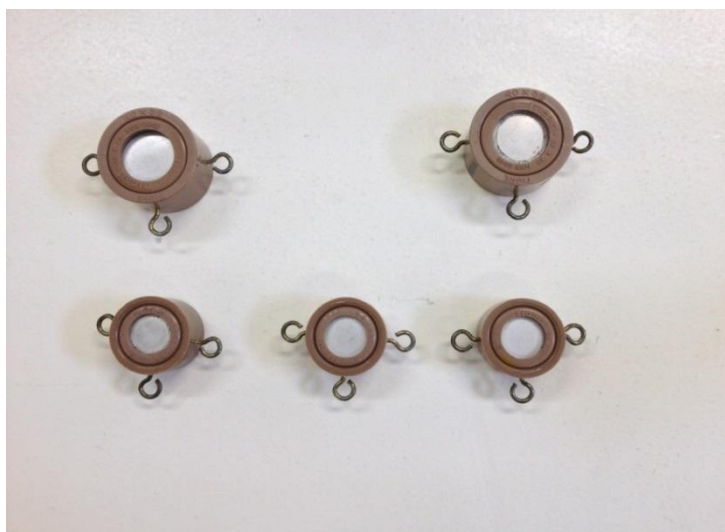


Figura 56 - Massas Orbitantes e Suspensas

Passo 3: após a escolha das massas, basta colocá-las em seus devidos lugares. A “massa orbitante” é colocada paralela ao Pilar lateral, conforme mostra a Figura 57, item Massa “M”. A massa suspensa é colocada logo abaixo da polia, conforme o item Massa “m”.

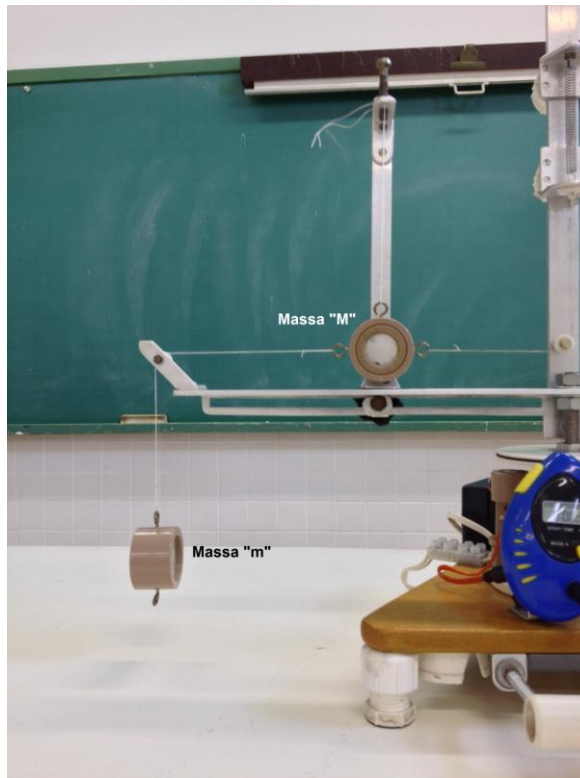


Figura 57 - Massa orbitante “M” e suspensa “m” posicionadas.

Passo 4: estando agora as massas em seus devidos lugares é a vez de se ajustar a mola. Esta deve ser esticada até que a “pastilha de nivelamento” esteja exatamente no mesmo nível que o marcador (conforme Figura 58). No entanto, essa etapa é a mais delicada, pois a pastilha deve permanecer no mesmo nível que o marcador após ser esticada, isso implica que todo o sistema de fios, pesos e pilar lateral devem ser ajustados. Para tanto, deve-se realizar o seguinte procedimento:

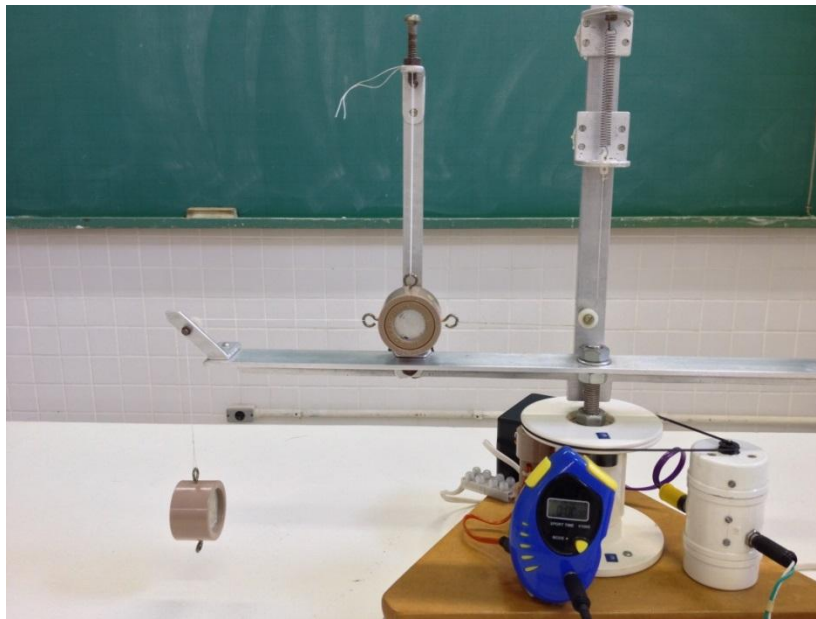


Figura 58 - Pastilha nivelada e massa ajustada.

Passo 4.1: segurando a massa “M” estica-se o fio que a conecta a mola até que a pastilha esteja nivelada. Faz-se isso de maneira que a linha após essa primeira polia permaneça paralela ao Pilar ortogonal, conforme a figura 56.

Passo 4.2: ainda segurando a massa “M” move-se o pilar lateral de forma que a massa “M” esteja bem centralizada e que a linha vertical que está presa entre esse pilar e a massa esteja também paralela e alinhada, conforme a Figura 59. É importante lembrar que diferentes massas provocarão diferentes alongamentos na mola e que, exatamente por isso, não se aplica o mesmo ajuste a todas as massas.



**Figura 59 - Nivelando pastilha e movendo pilar lateral**

Passo 4.3: Colocar a massa suspensa (massa “m”). Mesmo após soltar a massa “M”, devido à massa suspensa “m” exercer certa força, ela mantém o sistema em equilíbrio. Assim, a pastilha de nivelamento mantém-se alinhada ao marcador, à massa “M” mantém-se alinhada ao pilar lateral, e o fio que a suspende está paralelo ao pilar, conforme a Figura 62. Vale ressaltar que esse ajuste é delicado e sofre alterações, então pode ser que se faça necessário algumas outras pequenas alterações até que se ache o ponto de alinhamento certo.

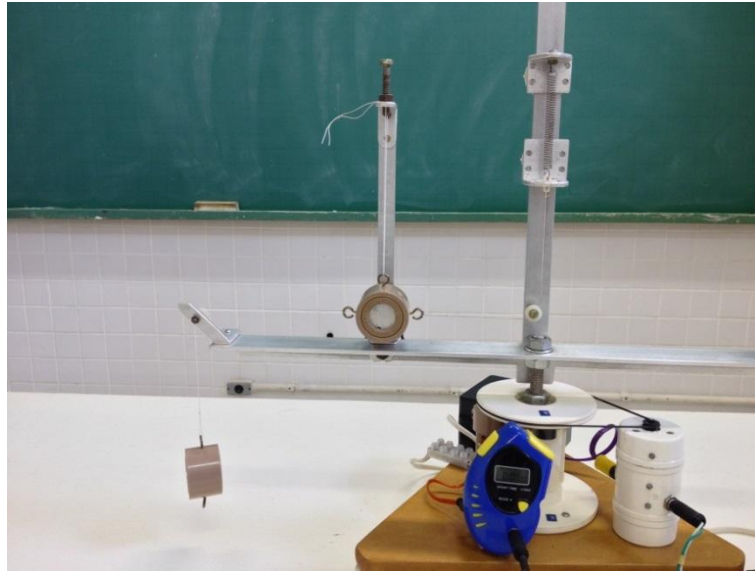


Figura 60 - Massa suspensa colocada e sistema em equilíbrio.

Passo 4.4: ainda, antes de iniciar a rotação, será necessária a coleta de outro dado muito importante para a aplicação tanto da força centrípeta como da aceleração centrípeta, que é o raio “R”. Este, por sua vez, deve ser medido com o auxílio de uma régua, que deve ser posicionada entre a linha vertical que passa pela primeira polia do Pilar central e a linha vertical que segura a massa orbitante (“M”) no Pilar lateral, tal como exemplificado pela Figura 61.



Figura 61 - Medindo o Raio.

Passo 4.5: estando a plataforma conforme descrita anteriormente pode-se retirar o fio e a massa suspensa (“m”). Com isso a mola voltará ao seu estado original e a massa orbitante (“M”) será deslocada em direção ao pilar central já que a força exercida pela massa “m” já não está presente no sistema, conforme a Figura 62. Agora é possível colocar a plataforma em funcionamento.

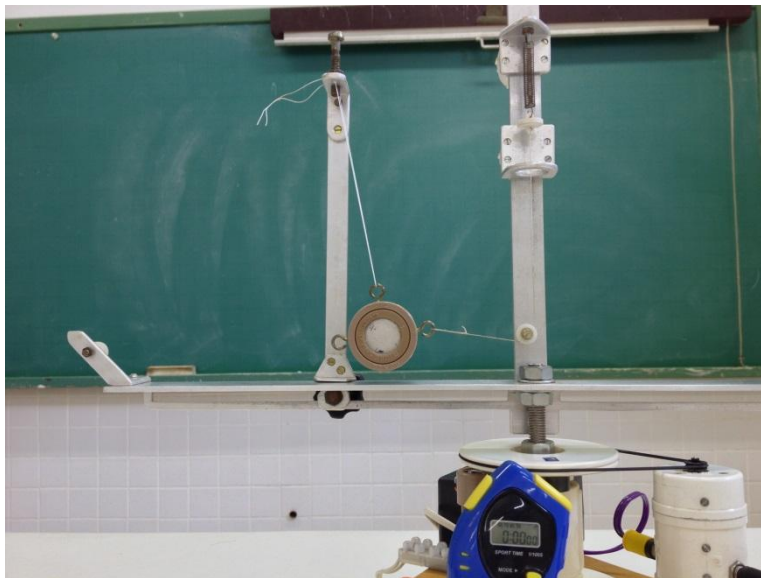


Figura 62 - Mola voltando ao estado original.

Passo 5: Agora que toda a plataforma está ajustada é o momento de ligá-la. À princípio liga-se o interruptor 1, que se encontra na caixa de controle juntamente com todos os outros botões, e que liga a plataforma à energia. Em seguida deve se observar se a massa orbitante é leve ou pesada, pois se for leve deve ser escolhida uma velocidade de rotação alta para que a mola sofra deformação suficiente para que a pastilha de nivelamento fique alinhada ao marcador. Já no caso de uma massa orbitante pesada, deve ser escolhida uma rotação mais baixa, pois há o risco de, em alta rotação, a mola deformar mais do que devia. A escolha da rotação se dá no interruptor 2, em que o ajuste corresponde a velocidade de rotação desejada, conforme mostra a Figura 63.

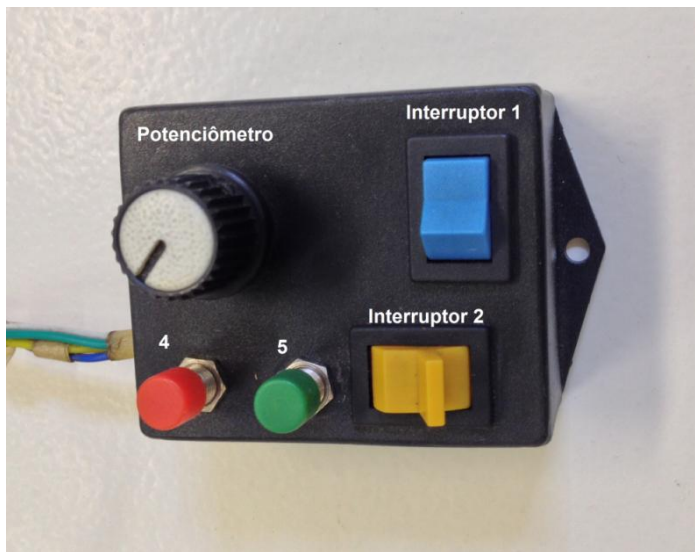


Figura 63 - Caixa de controle.

Passo 6: sabendo agora qual é a rotação desejada faz-se então um ajuste fino daquela rotação no potenciômetro, até que a pastilha de nivelamento fique alinhada exatamente com o marcador. O potenciômetro é acionado girando-o no sentido horário, para aumentar a velocidade. Esses ajustes são realizados até que se ache uma rotação tal que a pastilha de nivelamento volte para a posição que estava quando a massa suspensa (“m”) ainda estava no sistema, ou seja, até que a pastilha de nivelamento fique no mesmo nível que o marcador, conforme exemplificado na Figura 64 e Figura 65.

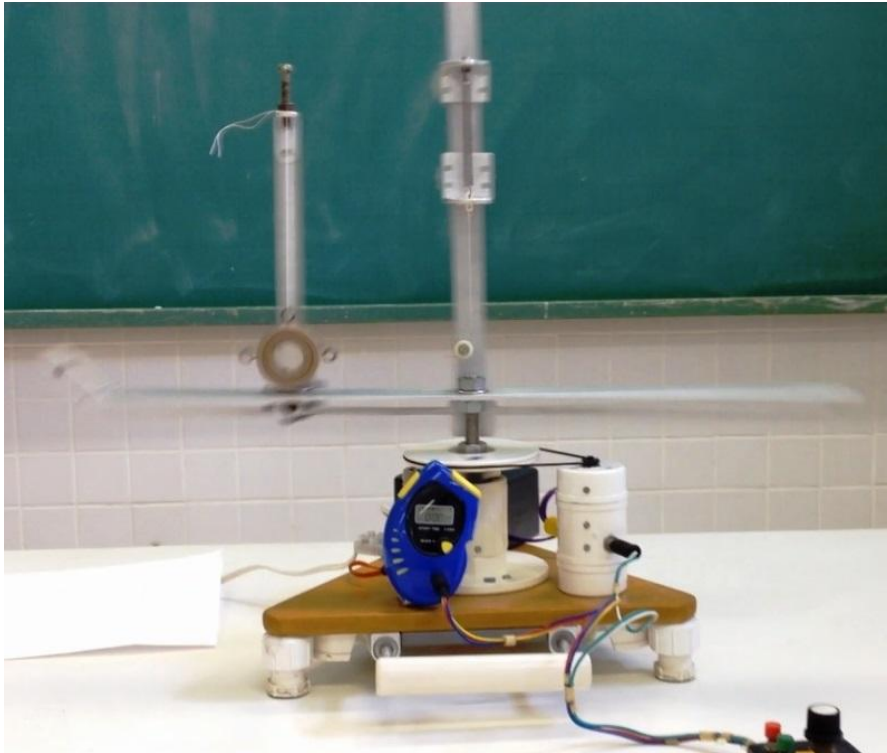


Figura 64 - Plataforma girando massa alinhada.

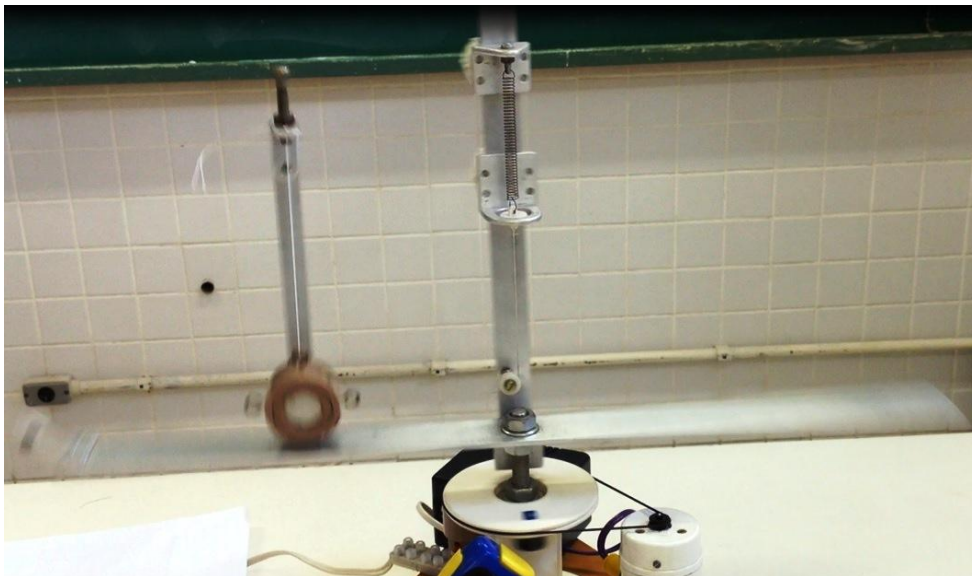


Figura 65 - Plataforma girando, massa e pastilha alinhadas.

Passo 7: Com a massa “M” orbitando e a pastilha de nivelamento alinhada ao marcador é o momento de coletar o tempo de rotação. Isso é feito da seguinte maneira: zera-se o cronômetro no botão reset que está sendo indicado pelo número 4, assim que se zera aperta e mantém pressionado o Push Button indicado pelo número 5 assim que se escuta o primeiro “bip” fica-se atento, logo que se escuta o segundo “bip” solta-se o



Push Button olhando o cronômetro estará indicado o tempo de uma rotação completa, realizado essa operação pelo menos três vezes somando os resultados e dividindo-se por três obter-se-á uma média de resultados mais preciso, isso se faz necessário pois entre uma rotação e outra o tempo pode ser alterado em alguns centésimos de segundo, assim fazendo a média a precisão geral do resultado é mais garantido, uma outra forma de obter um resultado ainda mais preciso é acumular com o *Push Button* pressionado uma média por exemplo de cinco rotações completas, no final da quinta soltá-lo e coletar o tempo obtido pelo cronômetro e dividi-lo por cinco, assim a margem de erro também será dividida por cinco.

Passo 8. Tendo agora todos os dados necessários para a aplicação das formulas, Raio (“R”) e tempo de uma rotação (“T”), pode-se agora plotar o gráfico com as medidas que estão sendo procuradas: Força centrípeta:  $F_c = m * 4\left(\frac{\pi}{T}\right)^2 * R$  e aceleração centrípeta:  $A_c = 4\left(\frac{\pi}{T}\right)^2 * R$ , sendo que a “m” tem valor previamente estabelecido.

## Fontes bibliográficas

HELMFELT, Manuel, BASILIO, Marianne, CANTU, Marlise, BET, Mayara, GIMENEZ, Miriam: **Plataforma rotacional – Forças do tipo centrípetas**. Disponível em < <http://dc203.4shared.com/doc/6fSXHXSm/preview.html> > Acesso em 10 de fev. 2014, 13:22.

MIRANDA, Danielle de: **Cálculo do coeficiente angular**. Disponível em < <http://www.mundoeducacao.com/matematica/calculo-coeficiente-angular.htm> > Acesso em 8 de fev. 2014, 15:28.

WIKIEPÉDIA. **Segunda lei de Newton**. Disponível em < [http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda\\_Lei\\_de\\_Newton](http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda_Lei_de_Newton) > Acesso em 8 de fev. 2014, 19:42.