



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS - DCE
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MARCOS GOMES PRADO

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MAQUETE EXPERIMENTAL DE UM
GIROSCÓPIO SIMÉTRICO SIMPLES PARA O ESTUDO DA SUA
PRECESSÃO SOB A ATUAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2011

MARCOS GOMES PRADO

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MAQUETE EXPERIMENTAL DE UM
GIROSCÓPIO SIMÉTRICO SIMPLES PARA O ESTUDO DA SUA
PRECESSÃO SOB A ATUAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB,
para obtenção do título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Área de Concentração: Automação, Sistemas
Distribuídos, Educação a Distância.

Orientador: Ivanor Nunes de Oliveira.

Co-orientador: Roque Mendes Prado Trindade

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2011

MARCOS GOMES PRADO

**AUTOMATIZAÇÃO DE UMA MAQUETE EXPERIMENTAL DE UM
GIROSCÓPIO SIMÉTRICO SIMPLES PARA O ESTUDO DA SUA
PRECESSÃO SOB A ATUAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB,
para obtenção do título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Trabalho aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ivanor Nunes Oliveira (Orientador)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Roque Mendes Prado Trindade (Co-orientador)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Alzira Ferreira da Silva
Núcleo de Tecnologia Educacional – BA

DEDICATÓRIA

À Deus e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que sempre me manteve de pé, me dando força e coragem para enfrentar os desafios. Aos meus pais, Geminiano e Maria Madalena Prado que se preocuparam em me deixar um dos maiores legados que existe, que é o conhecimento. Aos meus orientadores Dr. Ivanor Oliveira e Dr. Roque Trindade, que me guiaram no desenvolvimento deste trabalho e aos professores Adilson Pereira, Wilton Lacerda e Douglas Chaves que também contribuíram para o desenvolvimento do mesmo.

Agradeço á todos os amigos e familiares que de alguma maneira contribuíram para a conclusão deste trabalho e alcance desta graduação. Milana, Doug, Sinthia, Mateus, Geu, Bruno, Hesdras, Hilário, Diogo, Elias, Jadson, Ramon, Gabriel, Dino, Elder, Walter, Jerfeson e Robson. Obrigado à todos.

EPIGRAFE

“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria.”

(Provérbios 9:10a)

RESUMO

Os Laboratórios de Física Geral da UESB são equipados com mais de quarenta experimentos científicos que dão suporte a execução de práticas e procedimentos referentes às atividades de ensino dos alunos do Curso de Licenciatura Plena em Física. Esse trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta para controle de um giroscópio simétrico simples, experimento laboratorial de física que envolve o estudo de forças relacionadas com a rotação de um disco em um eixo. A ferramenta desenvolvida terá suporte a captação de sinais através de sensores, tratamento desses dados e apresentação através de um computador para o usuário.

Palavras chaves: Educação à Distância, Precessão de um Giroscópio, Circuitos Eletrônicos, Java.

ABSTRACT

The Laboratories of General Physics of UESB are equipped with more than forty scientific experiments that support the implementation of practices and procedures relating to teaching of students of Full Degree in Physics. This work aims to develop a tool to control a single symmetric gyroscope, a physics laboratory experiment involving the study of forces related to the rotation of a disk on a spindle. The developed tool will support the capture of signals from sensors, processing and presentation of such data through a computer for the user.

Key Words: Distance Education, Precession of a gyroscope, Electronic Circuits, java.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2	MOTIVAÇÃO	15
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	OBJETIVO GERAL	15
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4	METODOLOGIA	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	GIROSCÓPIO	17
2.2	EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	23
2.	3MOTORES CC	24
2.3.1	MOTORES DE PASSO	24
2.3.2	MOTORES BRUSHLESS DC	26
2.4	MICROCONTROLADOR	26
2.5	ARDUINO	27
2.6	COMUNICAÇÃO SERIAL	28
2.7	USB	28
2.8	A LINGUAGEM JAVA	30
2.9	JAVASERVER FACE	31
3	INTERFACE ELETRÔNICA DE CONTROLE	32
3.1	DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO	32
3.1.1	MAQUETE EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA	32
3.1.2	EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO	33
3.2	ESQUEMA DA INTERFACE ELETRÔNICA	34
3.3	INTERFACE DE CONTROLE USB	35
3.4	PLACA DE CONTROLE DO MOTOR DE PASSO E SENSORES	35
3.5	PLACA DE CONTROLE DO MOTOR BRUSHLESS DC	38

4	DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA	39
4.1	MODELAGEM DO SISTEMA.....	39
4.2	ARQUITETURA LÓGICA DE COMUNICAÇÃO	40
4.3	API RXTX	41
4.4	APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA	42
5	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	48
5.1	CONCLUSÃO	48
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
	REFERÊNCIAS	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Giroscópio disposto sobre os três eixos cartesiano.....	20
Figura 2 - Giroscópio disposto sobre os eixos X e Z	21
Figura 3 - Giroscópio em ângulo agudo como o eixo Z.....	22
Figura 4 - Motor de Passo Bipolar	26
Figura 5 - Motor de Passo Unipolar	26
Figura 6 - Arduino	28
Figura 7 - Porta USB	30
Figura 8 - Maquete experimental automatizada	33
Figura 9 - Giroscópio com eixo inclinado	35
Figura 10 - Giroscópio em precessão	35
Figura 11 - Diagrama Arquitetural da Comunicação das Interfaces Eletrônicas.....	35
Figura 12 - Eletrônica para controle do motor de passo e sensores infravermelho.....	37
Figura 13 - Esquema lógico do circuito do motor de passo e sensores	39
Figura 14 - Diagrama de Casos de Uso do Sistema Cliente.....	40
Figura 15 - Arquitetura Lógica de Comunicação	41
Figura 16 - Página inicial da ferramenta	43
Figura 17 - Recorte do conteúdo do trabalho no. 8	44
Figura 18 - Página de autenticação da ferramenta.....	45
Figura 19 - Informações sobre o sistema e seu horário de funcionamento	46
Figura 20 - Página de controle do experimento laboratorial	47
Figura 21 - Recorte do conteúdo do relatório.....	48
Figura 22 - Página de cadastro de usuários	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sequência de acionamento do motor de passo	38
---	----

LISTA DE SIGLAS

API – Interface de Programação de Aplicações.
AVR – Família de Microcontroladores.
CC – Corrente Contínua.
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
DB9 – Conector Serial.
DMZ – Rede desmilitarizada.
EAD – Educação a Distância.
EEPROM – Memória Eletrônica.
FLASH – Memória Eletrônica Volátil.
GCC–AVR – Compilador.
GUI – Componente de Interface de Usuário.
IP – Protocolo de Internet.
JSF - Framework para Desenvolvimento Web.
NRZI – Padrão de Codificação para Transferência de Dados.
RMI – Invocação de Métodos Remotos.
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação.
TTL – Família de Circuitos Digitais.
UART – Controlador de entradas/saídas.
UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
UINFOR – Unidade Organizacional de Informática da UESB.
USB – Protocolo de Comunicação Serial.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A prática laboratorial de física é dividida em duas etapas: 1) a coleta de dados durante as medições dos parâmetros físicos e 2) elaboração dos resultados dos correspondentes experimentos de Física Geral. Sendo que, o computador tem sido usado apenas na segunda etapa para os cálculos, geração de gráficos e visualização de resultados.

Em meados de 2005 foi criado pelo professor Ivanor Nunes de Oliveira o Projeto de Automatização das Medições e da Elaboração dos Dados dos Experimentos de Física do Laboratório de Mecânica da UESB. Alguns alunos e professores, tanto da instituição como não, participam deste projeto visando desenvolver um trabalho de excelência e ao mesmo tempo pioneiro no país.

Tendo em conta que nos projetos técnicos de criação das maquetes experimentais originais e nas modificações inovadoras realizadas estavam previstas as adaptações de sensores e de circuitos eletrônicos para a realização de medições de diversas grandezas físicas, a proposta de automatização dos experimentos existentes constitui um salto qualitativo na modernização dos laboratórios.

O projeto tem o objetivo de adicionar o uso do computador em todo o âmbito da prática laboratorial, desde a coleta dos dados até a análise dos resultados. Dessa forma o processo será realizado de forma integrada, mais segura e dinâmica no tocante a alguns erros que podem acontecer, principalmente durante a coleta de dados. E a automatização das medições e da elaboração dos dados do experimento de física, também proporcionará mais tempo aos estudantes para: a complementação das aulas teóricas, o aprofundamento dos conhecimentos de métodos e técnicas do experimento, o estudo de aparelhos de pesquisa científica e familiarização com os mesmos, dominar diferentes métodos de pesquisa experimentais, dominar métodos matemáticos e gráficos dos resultados obtidos e também a avaliação das medições realizadas(OLIVEIRA 2005).

Os Laboratórios de Física da UESB são equipados com mais de quarenta experimentos científicos que dão suporte a execução de práticas e procedimentos referentes às atividades de ensino dos alunos do Curso de Licenciatura Plena em Física. Poucos são os experimentos que

possuem componentes eletrônicos, mas como fruto do projeto de automatização, dois já disponibilizam seu controle e manipulação de dados por meio do computador.

Este trabalho tem como finalidade tornar possível o controle do experimento Giroscópio Livre, que já é existente no Laboratório de Física Mecânica da UESB, por meio do computador.

1.2 MOTIVAÇÃO

Para a modernização dos Laboratórios de Física Geral existentes na UESB foi criada uma linha de pesquisa cadastrada no CNPq com o objetivo de automatizar os experimentos didáticos desenvolvidos nesta instituição pública de ensino superior. Tendo como base este contexto, propomos o desenvolvimento de uma ferramenta para o controle do experimento Giroscópio Livre. A automatização destes experimentos virão auxiliar também o Curso de Licenciatura em Física, modalidade de Ensino à Distância implantado na UESB. Este curso tem como finalidade a capacitação de professores da rede pública do ensino médio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é criar uma ferramenta de software que realize o controle do experimento Giroscópio Livre do Laboratório de Física Mecânica da UESB, bem como a manipulação os dados obtidos através do experimento.

1.3.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

- Desenvolver uma interface eletrônica de comunicação entre o experimento laboratorial e o software de controle;
- Criar um programa que manipule a parte eletrônica da maquete automatizada

1.4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto primeiramente foi feito um estudo das tecnologias de hardware e software para automação. Com base nos estudos levantados, foram avaliadas e escolhidas as mais adequadas para o trabalho. Utilizando as tecnologias selecionadas foram construídas as interfaces de hardware e software.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GIROSCÓPIO

Segundo Resnich e Halliday (2003) um giroscópio simples consiste de uma roda que é presa a uma haste e está livre para girar em torno do eixo da haste.

Quando o eixo de rotação do giroscópio está imóvel, então o seu momento angular \vec{L} é igual a

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} , \quad (1)$$

onde I é o momento de inércia em relação ao eixo de rotação e os vetores \vec{L} e $\vec{\omega}$ coincidem pela direção entre si e o eixo do giroscópio. Contudo, é particularmente interessante o movimento do giroscópio livre, cujo eixo de rotação por si pode virar e tomar qualquer direção no espaço (isto é garantido pela construção, por exemplo; na “suspensão do eixo Cardan“). Com isto, um dos pontos do eixo do giroscópio, geralmente, permanece imóvel (ele, às vezes, é chamado ponto de apoio do giroscópio).

O movimento do giroscópio, como de qualquer corpo sólido, é descrito pela equação fundamental da dinâmica do movimento de rotação (consequência da segunda lei de Newton):

$$\dot{\vec{L}} = \frac{d \vec{L}}{dt} = \sum \vec{M}_i , \quad (2)$$

onde $\sum \vec{M}_i$ é a soma dos momentos das forças externas que atuam no giroscópio. Deve-se

notar que, para o giroscópio livre, a igualdade (1) não tem lugar e os vetores \vec{L} e $\vec{\omega}$ já não coincidem entre si pela direção e não estão dirigidos ao longo do eixo de simetria. Por exemplo, se o eixo do giroscópio em torno do qual ocorre a sua rotação com velocidade angular $\vec{\omega}$ também gira em torno do eixo perpendicular a ele com velocidade angular Ω , então $\vec{L} = I_N \vec{\omega} + I_P \vec{\Omega}$, onde I_N e I_P são os momentos de inércia perpendicular e longitudinal em relação ao seu eixo). Em geral, I_N e I_P são diferentes (por exemplo, para

um disco de massa m e raio R , $I_p = \frac{1}{2}mR^2$ e $I_N = \frac{1}{4}mR^2$) e, por isso, \vec{L} não é paralelo ao vetor resultante (instantâneo) da velocidade angular $\vec{\omega} + \vec{\Omega}$. Contudo, para o giroscópio, sempre cumpre-se a condição: $|\vec{\omega}| \gg |\vec{\Omega}|$. Geralmente, para o giroscópio, $I_p > I_N$ e a segunda parcela na expressão para \vec{L} pode ser desprezada em comparação com a primeira. Tendo em conta isto, vamos considerar que a igualdade (1) cumpre-se também para o giroscópio livre, ou seja; o vetor \vec{L} está dirigido ao longo do eixo de rotação com velocidade angular $\vec{\omega}$ mesmo se este eixo varia devagar a sua posição no espaço. Nisto consiste a aproximação principal da teoria do giroscópio.

A equação (2) pode ser escrita novamente da seguinte maneira:

$$\Delta \vec{L} = \vec{M} \Delta t, \quad (3)$$

onde $\Delta \vec{L}$ é a variação do momento angular durante um intervalo de tempo pequeno Δt e \vec{M} é o momento resultante das forças externas.

Se $\vec{M} = 0$, então $\Delta \vec{L} = 0$, ou seja; $\vec{L} = \text{const}$. De acordo com (1) isto significa que o eixo do giroscópio conserva a sua direção no espaço e a velocidade angular da sua rotação $\vec{\omega}$ mantém o seu valor. Tal é o caso do giroscópio equilibrado que ocorre quando o ponto de apoio do giroscópio coincide com o seu centro de gravidade (o peso é compensado pela reação do apoio) e o momento das forças de atrito é compensado pelo momento de rotação do motor elétrico.

A equação (3) ajuda a entender o comportamento “incomum” do giroscópio durante a atuação neste de forças externas (Oliveira, 1998).

2.1.1 Atuação de Forças de Curta Duração

Supondo que no giroscópio equilibrado atue uma certa força durante um intervalo de tempo curto (golpe, empurrão), isto é, $\Delta t \rightarrow 0$. Neste caso, de (3) segue que $\Delta \vec{L} = 0$, ou seja $\vec{L} = \text{const}$. Isto significa que o eixo do giroscópio praticamente não muda a sua posição

e durante as interações de curta duração mesmo que sejam de forças grandes ele comporta-se como resistisse às tentativas de mudar o valor e a direção do seu momento angular \vec{L} . Notemos que, se o giroscópio não gira ($\omega = 0$), então tal interação (um golpe) simplesmente cria uma rotação uniforme do eixo do giroscópio com certa velocidade angular pequena Ω com a qual o eixo poderá afastar-se livremente da sua posição inicial (comportamento comum de acordo com a lei da inércia). Desta maneira, a notável “estabilidade” do giroscópio está relacionada com a sua rotação rápida em torno do seu eixo (com a existência de um momento angular grande $\vec{L}_o = I_p \vec{\omega}$ no momento inicial) (Oliveira, 1998).

2.1.2 Ação Estacionária de Força

Se $\vec{M} = const$. em (3) então, em instantes iguais de tempo Δt , o vetor \vec{L} irá variar de valores iguais $\Delta \vec{L}$. Desta maneira, se o início deste vetor for colocado num ponto fixo (ponto de apoio), então o seu extremo e, também juntamente com ele, o extremo do eixo do giroscópio, ao longo do qual, aproximadamente, está dirigido o vetor \vec{L} , irá mover-se uniformemente. Notemos que com $\omega = 0$, ou seja; $\vec{L} = 0$, o extremo do eixo do giroscópio não moveria uniformemente sob a ação de uma força constante, mas com aceleração constante. Tal rotação uniforme do eixo do giroscópio, sob a ação de um momento de forças constante, chama-se precessão regular.

Outra propriedade notável da precessão (além da ausência de aceleração) é que a variação do momento linear $\Delta \vec{L}$ (movimento do eixo do giroscópio) não ocorre na direção da força aplicada, mas na direção do seu momento \vec{M} , ou seja; perpendicularmente a \vec{F} (pois, $\vec{M} \perp \vec{F}$). Desta maneira, o giroscópio comporta-se como se não submetesse à força e move-se numa direção “estranha”.

Para se obter uma relação quantitativa, vejamos mais detalhadamente a precessão regular do giroscópio livre não equilibrado sob a ação de um momento constante da força de gravidade. Por simplicidade, tomemos um giroscópio com forma de um disco uniforme fixado num eixo, como mostra a Fig. 1.

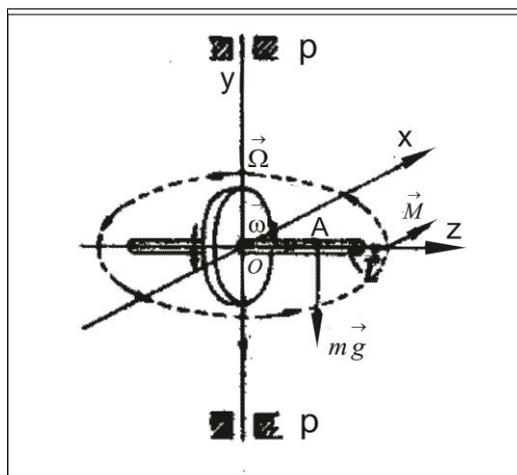


Figura. 1 - Giroscópio disposto sobre os três eixos cartesianos.

Supondo que o eixo do giroscópio gire inicialmente com velocidade angular $\vec{\omega}$ dirigida horizontalmente (o seu momento angular $\vec{L}_o = I_p \vec{\omega}$ possui, aproximadamente, a mesma direção). Vamos tomar o eixo OZ nesta direção num sistema de coordenadas fixo com centro no ponto de apoio O . A construção do giroscópio livre deve permitir a rotação do seu eixo OZ em torno de dois outros eixos OX e OY (por exemplo, os rolamentos P na Fig. 1 permitem a rotação em torno do eixo vertical OY).

Vamos aplicar uma força constante mg , dirigida verticalmente para baixo, a um certo ponto A do eixo do giroscópio (por exemplo, vamos pendurar neste ponto uma carga de massa m). O momento \vec{M} desta força é igual ao produto vetorial $m \vec{g} \times \vec{OA}$ e está dirigido ao longo do eixo OX (pela regra do parafuso de rosca direita).

De acordo com a equação (3), o incremento $\Delta \vec{L}$ do vetor \vec{L} tem a mesma direção, isto é; perpendicularmente ao plano da Fig. 1, pois $\vec{L} \parallel \vec{OZ}$, $\Delta \vec{L} \parallel \vec{M} \parallel \vec{OX}$. Como $\Delta \vec{L} \perp \vec{L}_o$, este incremento não pode modificar o comprimento do vetor \vec{L} e muda somente a sua direção, ou seja; gira o vetor \vec{L} . Juntamente com ele, gira também o eixo do giroscópio e conseqüentemente também o braço OA da força $m \vec{g}$. Por isso, a condição $\Delta \vec{L} \perp \vec{L}$ conserva-se em todos os momentos de tempo. Como resultado, o vetor \vec{L} , permanecendo constante em módulo, gira uniformemente em torno do eixo OY , de forma que o seu extremo descreve uma circunferência no plano xOz (Fig. 2).

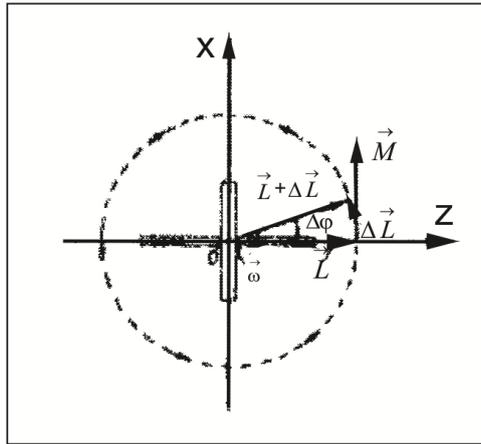


Figura 2: Giroscópio disposto sobre os eixos Y e Z.

A velocidade angular desta rotação Ω é igual, por definição $\Omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$, onde $\Delta\varphi$ é o ângulo no qual o vetor \vec{L} gira durante um intervalo de tempo pequeno Δt . Da Fig. 2 vê-se que medindo-se em radianos $\Delta\varphi = \frac{\Delta L}{L}$, pois com $\Delta\varphi \rightarrow 0$ a ajustadora do ângulo $\Delta\varphi$ tende para o segmento tangente a ΔL . Desta maneira,

$$\Omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta L}{L}}{\Delta t} = \frac{M\Delta t}{L\Delta t} = \frac{mgd}{I_p\omega}. \quad (4)$$

onde nós utilizamos (3) e (1) para ΔL e L e também introduzimos a representação $d = OA$ para a distância do ponto de apoio até o ponto de aplicação da força de gravidade (braço da força mg). No que se refere a direção do vetor $\vec{\Omega}$, então da Fig. 1 vê-se que ele está dirigido ao longo do eixo OY , ou seja $\vec{\Omega} \parallel OY$.

Vejamos agora um giroscópio cujo eixo, inicialmente, não está orientado horizontalmente e forma um ângulo α com a vertical (com $\alpha = \frac{\pi}{2}$ obtivemos a precessão estudada acima). Agora, vamos considerar o caso em que o ponto de apoio O não coincide com o centro de gravidade do giroscópio C , isto é; a precessão não é criada por uma carga suplementar de peso mg , mas pelo peso do próprio giroscópio m_1g , onde m_1 é massa do

giroscópio (Fig. 3) (Oliveira, 1998).

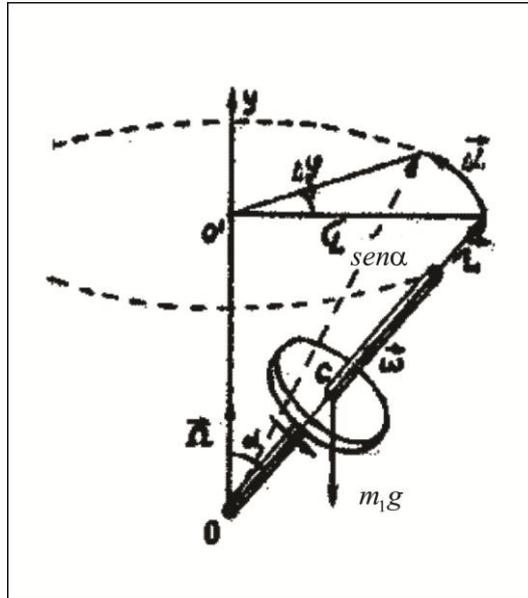


Figura 3: Giroscópio em ângulo agudo com o eixo Z.

Como no primeiro caso, a força peso m_1g é equilibrada pela reação do apoio no ponto O , mas o momento desta força \vec{M} , agora é igual a $m_1gd \sin \alpha$, pois o braço da força é a distância de O até a reta ao longo da qual atua m_1g (e não até o ponto de aplicação desta força). Como antes, representamos por d a distância OC do ponto de apoio ao centro de gravidade. Como o momento da força de gravidade, como antes, está dirigido perpendicularmente ao plano da figura e $\Delta \vec{L} \parallel \vec{M}$ de acordo com (3), nós novamente temos $\Delta \vec{L} \perp \vec{L}$, ou seja; $|\vec{L}| = const ..$ O fato do comprimento do vetor $\vec{L} \approx I_p \vec{\omega}$ ser constante significa que o eixo do giroscópio deve descrever um côneus com vértice no ponto de apoio O . O extremo do vetor \vec{L} , com isto, irá mover-se por um círculo com centro no ponto O' e não no ponto O como na Fig. 1. Como se vê na Fig. 3, o raio deste círculo é igual a $L \sin \alpha$.

A velocidade angular de precessão Ω , como antes, é a velocidade angular de rotação do extremo do vetor \vec{L} , coincidente com a velocidade angular de rotação do eixo do

giroscópio. Como se sabe, $\Omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$, onde o ângulo de giro $\Delta \varphi$ do extremo do vetor \vec{L} num

intervalo de tempo pequeno é igual a : $\Delta \varphi = \frac{\Delta L}{L \sin \alpha}$. Utilizando (3) e (1), obtemos:

$$\Omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{L \Delta t \sin \alpha} = \frac{M \Delta t}{L \Delta t \sin \alpha} = \frac{m_1 g d \sin \alpha}{I_p \omega \sin \alpha} = \frac{m_1 g d}{I_p \omega},$$

(5)

que coincide pela forma com (4) (Oliveira, 1998).

2.2 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Segundo Belloni(2003) a EAD é uma forma organizada de aprendizagem baseada na separação física entre os alunos e os que estão envolvidos na organização de sua aprendizagem. Essa forma de ensino proporciona ao aluno o acesso à informação a qualquer tempo, não importando as fronteiras geográficas.

O ensino a distância não é algo novo, pois vem sendo realizado há muito tempo e utiliza como meios de comunicação o correio, o rádio e a TV(Schlemmer, 2005). A revolução tecnológica, gerada pela utilização dos microcomputadores e posteriormente da Internet, fez com que a EAD ganhasse novos meios de comunicação e novos paradigmas, como o alto poder de iteração entres as partes.

Eliane Schlemmer reconhece que a Internet, juntamente com as demais tecnologias da informação e comunicação (TICs), estão revolucionando as formas de ensinar e de aprender. Afirma também que por meio da Internet é possível disponibilizar a informação necessária no momento certo, de acordo com o interesse de cada indivíduo. E que os meios com os quais se interagem atualmente são distintos, de forma que as metodologias antes utilizadas pela educação a distância já não podem oferecer o mesmo potencial que esses novos meios oferecem.

Segundo Schlemmer(2005):

A EAD consiste, então, em um processo que enfatiza a construção e a socialização do conhecimento, assim como a operacionalização dos princípios e fins da

educação, de modo que qualquer pessoa, independente do tempo e do espaço, possa tornar-se agente de sua aprendizagem, devido ao uso de materiais diferenciados e meios de comunicação que permitam a interatividade (síncrona ou assíncrona) e o trabalho colaborativo/cooperativo.

Esse novo ambiente, utilizado como meio de comunicação pela EAD, não apenas disponibiliza informação para o aluno, mas também possibilita ao mesmo a chance de interação, aumentando assim a troca de informação entre as partes envolvidas no processo.

A educação a distância beneficia principalmente aqueles indivíduos que não podem frequentar uma instituição de ensino convencional, presencial, e que possuem pouco tempo disponível para dedicar a seus estudos, afirma Maria Luiza Belloni.

Apesar do preconceito ainda existente, atualmente há muito mais compreensão de que a EAD é fundamental para o país. Existe mais de 200 instituições de ensino superior atuando de alguma forma em EAD. O crescimento exponencial dos últimos anos é um indicador sólido de que a EAD é mais aceita do que antes afirma Moran(2010).

2.3 MOTORES CC

Motores CC são transdutores elétricos alimentados por corrente contínua. No presente trabalho são utilizados dois motores para a confecção da maquete do giroscópio. Um motor Brushless DC para manter o giro do disco e um motor de passo para a mudança de ângulo do eixo de rotação do último.

2.3.1 Motores de Passo

Os Motores de passo são dispositivos mecânicos eletromagnéticos que podem ser controlados digitalmente através de um hardware específico ou através de softwares.(MESSIAS 2006).

Esse dispositivo é um transdutor que converte energia elétrica em movimento controlado através de pulsos, o que possibilita o deslocamento por passo, onde passo é o menor deslocamento angular(Leite, 2008).

Várias características distintas há entre esses dispositivos. Valor da resistência interna, tensão suportada, valor de ângulo por passo, torque, são algumas delas. O ângulo de rotação que é definido por cada passo do motor pode variar de 90° à $0,72^\circ$, sendo que cada motor

possui um ângulo de rotação fixo.

Esses motores são bastante utilizados onde se necessita de precisão, como impressoras, scanners, plotters e outros dispositivos. Existem duas classes principais de motores de passo: bipolar e unipolar.

O motor de passo bipolar, como visto na figura 4, caracteriza-se por possuir duas bobinas isoladas uma da outra. Essa característica provê um maior torque, mas necessita de um circuito de controle diferente e mais complexo do que é usado em motores de passo unipolar.

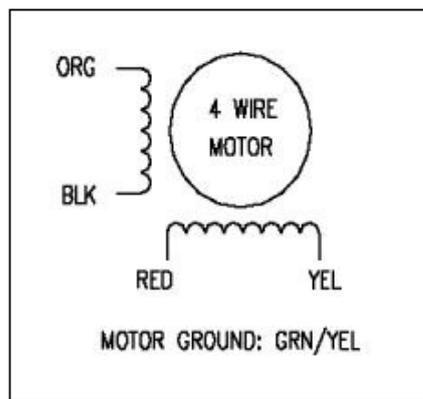


Fig. 4 - Motor de Passo Bipolar

O motor de passo unipolar (figura 5) é composto de duas bobinas as quais possuem um *center-tape* entre seus enrolamentos. Para o seu controle é necessário a variação das tensões nos terminais das bobinas em uma sequência específica.

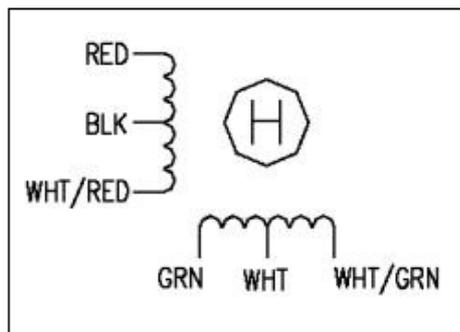


Fig. 5 - Motor de Passo Unipolar

2.3.2 Motores Brushless DC

Motores Brushless DC (BLDC motores, motores BL), são alimentados por corrente contínua e possuem sistemas de comutação eletrônica, ao invés de comutadores mecânicos e escovas. A corrente de torque e tensão para as relações de velocidade de motores BLDC são lineares.

Sendo usado em discos rígidos, dispositivos médicos, aeromodelismo, entre outros, tem como característica principal o suporte à altas rotações. Seu controle é baseado em motores trifásicos devido a necessidade de três fases alternadas para manter o motor em rotação.

2.4 MICROCONTROLADOR

Segundo Zango(2005), um microcontrolador é um componente que possui microprocessador, memória e periféricos no mesmo encapsulamento. Os mesmos começaram a ser fabricados a partir da década de 80, e a família 8051, fabricada pela Intel, se destacou como um dos padrões. Esses componentes são usados na produção de dispositivos eletrônicos em larga escala, desde simples relógios digitais de pulso até grandes robôes industriais.

Os microcontroladores são utilizados objetivando substituir circuitos eletrônicos complexos, visto que, os primeiros disponibilizam um conjunto de funções em um só encapsulamento.

Para esse trabalho foi escolhido o microcontrolador da família AVR, fabricado pela Atmel. Essa escolha se deu pelo fato da vasta gama de documentação existente sobre o mesmo e por funções específicas disponíveis nesse componente.

O AVR é uma linha de microcontroladores baseados na arquitetura RISC produzidos pela Atmel. Possuem memória de programa tipo FLASH, memória EEPROM, oscilador interno e um número elevado de portas de entradas/saídas. Um de seus diferenciais está na fato de poder executar uma instrução por pulso de clock. O AVR utilizado no projeto é o Atmega168, o qual está atuando como núcleo de uma interface de controle de código aberto denominada Arduino.

2.5 ARDUINO

Arduino, apresentado na figura 6, é um projeto de circuito de código aberto, baseado em microcontrolador da indústria Atmel. Uma placa física em código aberto baseada em um circuito de entradas/saídas simples. É também um ambiente de desenvolvimento do software Arduino.

Essa interface de hardware provê uma forma simplificada de se trabalhar com dispositivos eletrônicos e a comunicação entre eles, suportando uma programação de alto nível. O microcontrolador, núcleo do Arduino, tem suporte a comunicação serial UART TTL. Esse suporte é utilizado para a troca de dados, que podem ser o programa que será executado ininterruptamente ou mensagens, entre o computador e a placa. Através de um conversor FT232RL é possível manter essa comunicação diretamente com a interface USB do computador ao invés de apenas com a porta serial comum(DB9).

Por ser um projeto totalmente de código aberto o Arduino já possui varias derivações, como Freeduino, Sanguino e Roboduino. Além disso, o número de trabalhos e documentos relacionados ao assunto que são disponibilizados pela Internet cresce velozmente mostrando o quanto essa placa esta sendo utilizada. No trabalho proposto essa interface de hardware será utilizada para a comunicação entre o circuito de controle do giroscópio e o computador.

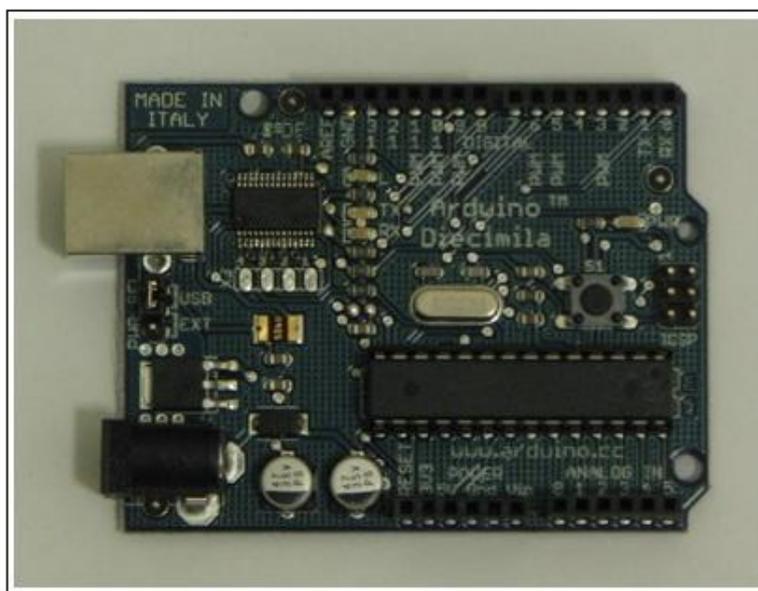


Fig.6 – Arduino.

2.6 COMUNICAÇÃO SERIAL

A maioria das mensagens digitais são mais longas que alguns poucos bits. Por não ser prático nem econômico transferir todos os bits de uma mensagem simultaneamente, a mensagem é quebrada em partes menores e transmitida sequencialmente. A transmissão bit-serial converte a mensagem em um bit por vez através de um canal. Cada bit representa uma parte da mensagem. Os bits individuais são então rearranjados no destino para compor a mensagem original. Em geral, um canal irá passar apenas um bit por vez. A transmissão bit-serial é normalmente chamada de transmissão serial, e é o método de comunicação escolhido por diversos periféricos de computadores(Canzian, 2010).

Andrade e Oliveira(2006) afirmam que o tráfego de bits é realizado por intermédio de dois canais físicos de transferência de dados, um para envio(Tx) e outro para recebimento(Rx). Quando se provê uma comunicação entre transmissor e receptor ambos devem concordar em determinados aspectos, como:

- **bits por segundo (Boud Rate):** significa a velocidade com a qual os bits são transmitidos serialmente.
- **bits de dados (Character Length):** é o número de bits de um caractere. Esse campo é tipicamente selecionado para 8 bits.
- **paridade (Parity):** é um bit configurado em 0 ou 1, para assegurar que o número total de bits 1 no campo de dados é par ou impar.
- **bit de parada (Start and Stop Bits):** bit que determina início e fim de bloco.
- **controle de fluxo (Flow Control):** pode ser feito por hardware e software. A negociação por hardware usa linhas de controle para transmitir o sinal e receber as condições. O DSR(Data Set Ready), DTR(Data Terminal Ready), CTS(Clear to Send) e RTS(Request to Send) são o padrão de negociação por hardware da comunicação serial. Há também o software para controle de fluxo dos sinais: XON e XOFF, que habilita ou desabilita a transmissão.

2.7 USB

A partir de 1995 foi desenvolvida, por um consórcio de empresas formado por organizações como a Intel, Microsoft e Philips, o padrão Universal Serial Bus (USB). É uma

tecnologia que veio facilitar a conexão dos mais diversos tipos de dispositivos aos computadores, dispensando o uso de um tipo específico de conector e pinagem para cada aparelho. (AXELSON, 2005).

A porta USB(figura 7) usa a abordagem “plug and play”, a qual o computador reconhece automaticamente o dispositivo ao ser conectado sem a necessidade de reinício do sistema. Mas para que isso ocorra é necessário que a placa-mãe e o sistema operacional sejam compatíveis com o padrão USB. As versões do Windows, a partir da versão 98, e usuários Linux, com kernel partir do 2.4, já contam com suporte à tecnologia USB. (AXELSON, 2005).

O cabo USB possui 4 fios, sendo dois para transferência de dados e os restantes para transporte de energia. O fio Vbus (cor vermelha) possui 5 V, sendo o fio positivo, enquanto que GND (cor preta) possui 0 V. Os fios D+ (cor verde) e D- (cor branca) são responsáveis pela transferência de dados usando a codificação NRZI(No Return to Zero Inverted). Esses fios se encontram entrelaçados, com o intuito de minimizar interferências(Universal Serial Bus Specification, 2000).

O padrão USB, atualmente 3.0, possui velocidade máxima para transferência de dados de 4.8Gbps. Mas por ser uma tecnologia nova os dispositivos 2.0 com velocidade máxima de 480Mbps são os mais encontrados no mercado.

Por não ser uma tecnologia de domínio público, os fabricantes de equipamentos eletrônicos que utilizam essa tecnologia necessita comprar uma licença. Algumas empresas emprestam sua licença(VENDOR ID) para pequenos desenvolvedores de aplicações que utilizam seus chips. Uma outra alternativa para desenvolvimento de aplicações que utiliza da tecnologia USB é usar conversores Serial-USB. O sistema é desenvolvido com base na comunicação Serial, e uma interface de hardware fica encarregada de transformar esse fluxo de dados de forma que seja entendido pelo padrão USB.

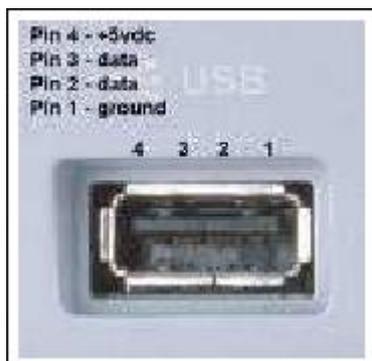


Figura 7 - Porta USB

2.8 A LINGUAGEM JAVA

Java é uma linguagem de programação desenvolvida na década de 90 pelo programador James Gosling, na empresa Sun Microsystems. Para o desenvolvimento dessa linguagem, baseou seu projeto nas duas linguagens de implementação mais utilizadas até aquele momento, C e C++, removendo os recursos mais confusos e complexos existentes nelas. (DEITEL e DEITEL, 2005).

O propósito inicial do desenvolvimento de Java foi para funcionar em processadores de eletrodomésticos. Os projetistas de sistemas de controle desses processadores, descontentes com linguagens convencionais de programação, como C, propuseram a criação de uma linguagem específica para uso em processadores de aparelhos domésticos, como geladeiras e torradeiras. Todo o descontentamento dos projetistas residia no fato de que programas escritos e compilados em C são fortemente dependentes da plataforma para a qual foram desenvolvidos. Como o ramo de eletro-eletrônicos está em constante evolução, a cada novo liquidificador lançado no mercado com um novo processador embutido, um novo programa deveria ser escrito e compilado para funcionar no novo compilador, ou então, na melhor das hipóteses, para reaproveitar o antigo programa, no mínimo ele teria de ser re-compilado para o novo processador.(Silveira, 2003).

Em meados de 1993, pode-se perceber que os projetos propostos não eram economicamente viáveis e não se via um grande futuro no desenvolvimento de aparelhos que suportassem essa nova linguagem. Justamente nessa época a World Wide Web estava em seu nascimento, trazendo um novo horizonte para a Internet. Com o lançamento do primeiro browser do mercado, o *Mosaic*, ocorreu à equipe de desenvolvimento da Sun que uma linguagem independente de plataforma, segura e robusta, como a que estava sendo desenvolvida para eletrodomésticos, caberia como uma luva para uso na Internet, uma vez que, um aplicativo gerado nessa linguagem poderia rodar nos diversos tipos de computadores ligados na Internet, rodando qualquer sistema operacional de PCs rodando OS/2 a estações RISC rodando AIX Unix, ou SparcStations rodando Solaris, os programas escritos nessa linguagem que viria a ser conhecida por Java seriam o modelo para qualquer aplicativo Web.(Silveira, 2003).

2.9 JAVASERVER FACES

JavaServer Faces é uma tecnologia do mundo de Java EE e é desenhado para simplificar o desenvolvimento de aplicações Web.

JSF torna fácil o desenvolvimento através de componentes de interface de usuário (GUI) e conecta esses componentes a objetos de negócios. Também automatiza o processo de uso de JavaBeans e navegação de páginas.(Gonçalves, 2007).

O Framework JSF é baseado no paradigma MVC(Model-View-Controller) de desenvolvimento e design, o qual tenta dividir a aplicação em três partes distintas. A parte de Model(Modelo) é composta pela representação dos dados do programa. A View(Apresentação) tem como finalidade disponibilizar de forma visual as informações ou dados e a terceira parte, Controller(Controle), é responsável por gerenciar a comunicação entre o Modelo e a Apresentação.

3 INTERFACE ELETRÔNICA DE CONTROLE

3.1 DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO

3.1.1 Maquete Experimental Automatizada

A figura 8 mostra a maquete experimental automatizada, que é constituída pelas seguintes partes: 1) pedestal em forma de disco; 2) eixo central fixados verticalmente na base; 3) aro concêntrico com o eixo central; 4) disco de alumínio preso a um 5) motor Brushless DC; 6) par de eixos cilíndricos na direção do eixo geométrico do giroscópio; 7) circuito eletrônico de controle; 8) mola responsável por posicionar o giroscópio na posição de repouso após a execução do experimento; 9) fio de nylon; 10) motor de passo e 11) par de sensores de velocidade.

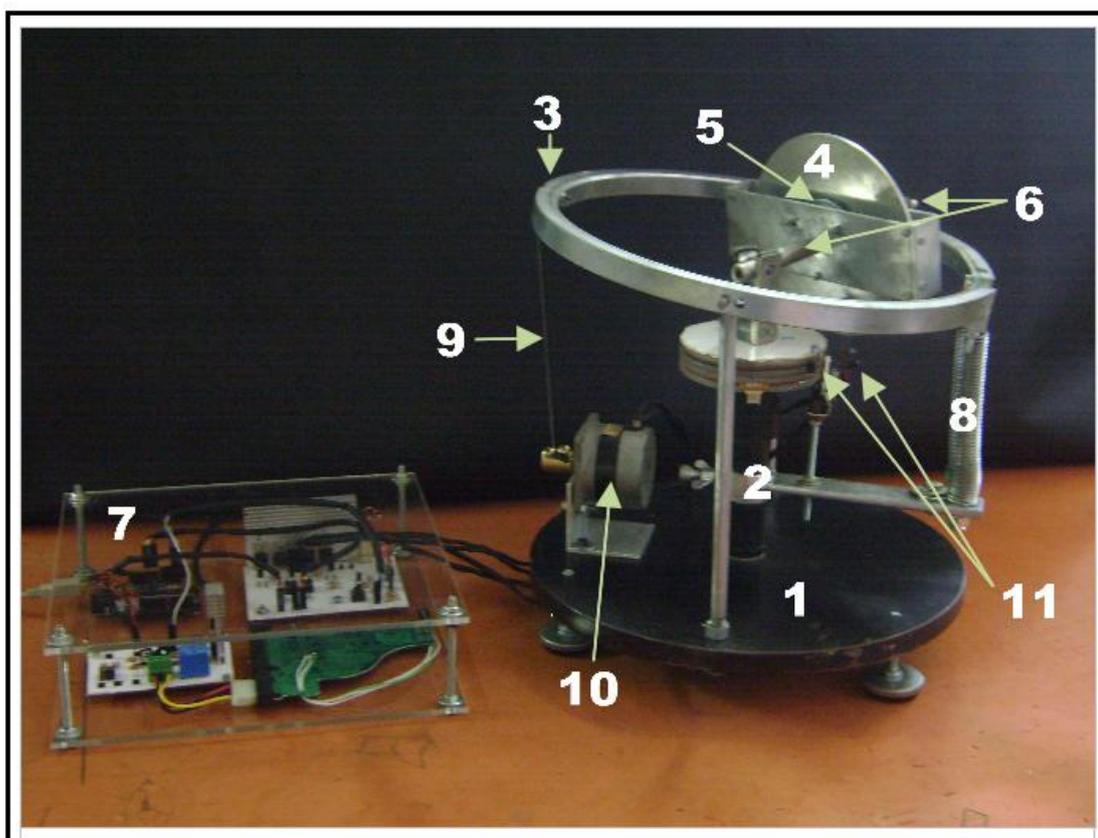


Figura 8 - Maquete experimental automatizada.

O pedestal em forma de disco possui fixo em seu centro um eixo que mantém o giroscópio suspenso, sendo que, o ultimo é constituído de um disco metálico preso em um motor. O motor citado está fixado em uma carcaça retangular que, por sua vez, possui dois eixos presos na direção do eixo geométrico do giroscópio. O sistema de inclinação do giroscópio é formado de um aro concêntrico com o eixo central, suspenso por duas hastes cilíndricas parafusadas na base. A suspensão do aro permite sua inclinação em torno de dois pinos fixados horizontalmente nas extremidades das hastes, inseridos em dois furos diametrais do aro. O motor do giroscópio é conectado ao circuito eletrônico de controle por meio de um sistema circular móvel fixado no eixo central do pedestal. O aro de apoio do eixo do giroscópio possui uma mola conectada em uma de suas extremidades e em um fio de nylon na extremidade oposta. O motor de passo, fixado na base, mantém preso em seu eixo de rotação a outra extremidade do fio de nylon, provendo a inclinação do aro. Dois sensores infravermelhos são utilizados para capturar a velocidade angular do giroscópio e do eixo de precessão. Os mesmos encontram-se fixados por intermédio de um parafuso preso em um suporte metálico, que está fixado ao eixo central formando um ângulo de 90 graus.

3.1.2 Execução do Experimento

Inicialmente, para execução do experimento, o circuito eletrônico será acionado. Após esse acionamento o motor do giroscópio iniciará sua rotação, alcançando alta velocidade angular, principiando a inclinação do arco, como visto na figura 9, em conjunto com o eixo do giroscópio por meio do motor de passo. Ao atingir determinada inclinação o motor de passo será desligado, fazendo com que o arco volte a sua posição de repouso por meio da mola presa em sua outra extremidade. O giroscópio por sua vez, permanecerá suspenso por um período de tempo girando em torno do seu eixo de precessão, como mostrado na figura 10.



Figura 9 - Giroscópio com eixo inclinado.



Figura 10 - Giroscópio em precessão.

As velocidades angulares capturadas pelos sensores infravermelhos são transmitidas para o computador e apresentadas ao usuário por meio de uma interface gráfica.

3.2 ESQUEMA DA INTERFACE ELETRÔNICA

O controle eletrônico da maquete é constituída por três circuitos independentes, a interface USB, o circuito controlador do motor de passo e sensores infravermelhos e o circuito controlador do motor Brushless DC. A primeira interface faz a conexão e o controle dos demais circuitos como mostrado na figura 11.

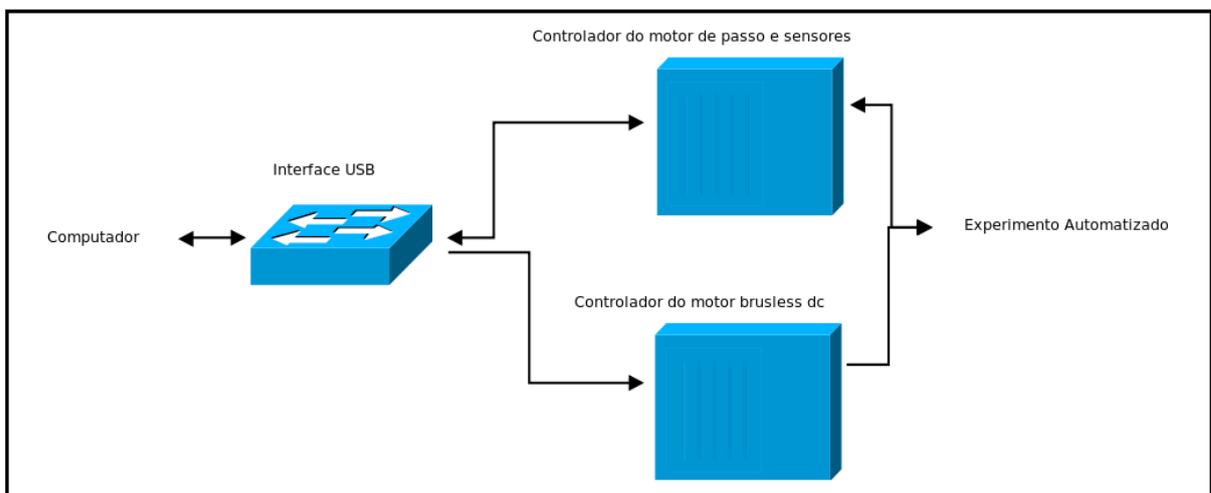


Figura 11 - Diagrama Arquitetural da Comunicação das Interfaces Eletrônicas.

3.3 INTERFACE DE CONTROLE USB

A comunicação com o computador se dá por meio de uma placa eletrônica baseada em um microcontrolador atmega168 e um conversor USB/Serial. Essa interface disponibiliza 14 pinos de entradas e saídas digitais, numerados de 0 à 13 e 6 entradas analógicas. Os pinos 0 e 1 serão usados para a troca de dados sendo configurados como Rx e Tx. Os pinos 2 e 3 são configurados para monitorar interrupções externas, sendo essas acionadas pelos sensores infravermelho. O pino 4 está configurado para o acionamento do motor Brushless DC e os pinos 8, 9, 10 e 11 são utilizados para emitir os sinais de controle para o motor de passo.

A alimentação de 5 volts necessária para o funcionamento correto da placa é mantido pela própria porta USB do computador, já que a ultima possui a tensão equivalente e suporta uma corrente máxima de 500 mA. O microcontrolador tem em seu interior um programa desenvolvido especificamente para o experimento que é responsável por monitorar a porta USB do computador, enviando e recebendo os dados referentes ao giroscópio. Além disso recebe e trata as interrupções geradas pelos sensores e gerar sinais elétricos para controle dos motores.

O firmware que se encontra no microcontrolador é desenvolvido sobre a linguagem Arduino, que é uma linguagem de alto nível. O programa desenvolvido sobre essa plataforma é compilado utilizando os programas GCC-AVR e o AVR-LIB, que geram o código equivalente para ser salvo no microcontrolador. Essa transferência pode ser feita por meio da própria placa de circuito do Arduino.

3.4 PLACA DE CONTROLE DO MOTOR DE PASSO E SENSORES

O motor de passo usado para mudar o ângulo de rotação do giroscópio e os sensores infravermelhos que captam a rotação do disco e do eixo de precessão, compartilham a mesma placa de circuito impresso(figura 12).

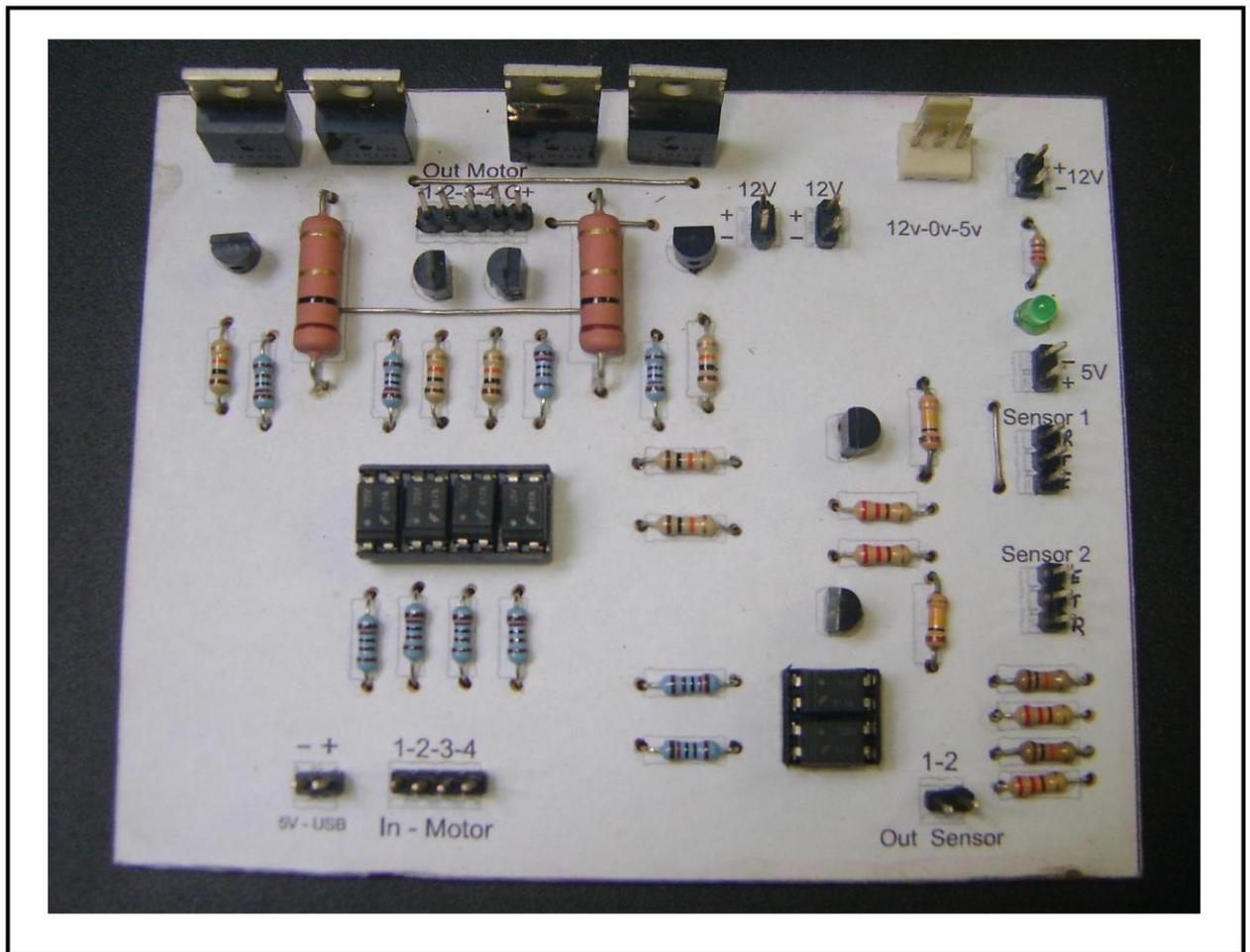


Figura 12 - Placa Eletrônica para controle do motor de passo e sensores infravermelho.

A placa está dividida em três módulos. O circuito de potência para controle do motor de passo unipolar, os divisores de tensão transistorizados para controle dos sensores infravermelhos e os acopladores ópticos para isolar os módulos já citados anteriormente da interface USB.

O circuito do motor de passo é constituído de quatro transistores BC337 e quatro TIP122, que trabalham em pares, onde cada BC337 está conectado à base de um TIP122 para controlar uma bobina específica do motor. Esses transistores foram escolhidos levando em consideração as características de tensão e corrente do motor em questão. O transistor de alta potência (TIP122) está configurado como porta inversora, quando sua base é polarizada pelo BC337, a bobina relativa a esse par de transistores é energizada, pois o comum do motor está conectado à tensão positiva do circuito.

Os motores de passos unipolares podem ser acionados utilizando sequências de bits para passo completo, uma ou duas bobinas do motor são alimentados por vez, ou meio passo, onde se intercala o acionamento de uma e duas bobinas na mesma sequência.

O motor utilizado no projeto é acionado com a sequência de meio passo, disponibilizando uma maior precisão, suavidade e torque.

Sequência em meio passo para acionamento do motor				
Passos	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Tabela 1: Sequência de acionamento do motor de passo

O circuito controlador dos sensores infravermelhos, como visto na figura 13, é constituído por um transistor configurado como chave inversora, com um divisor de tensão em sua base e um emissor de infravermelho. O terminal coletor do transistor está conectado a um resistor de 10k ohms, um resistor de 10k ohms forma o divisor de tensão juntamente com o fototransistor e no mesmo circuito, um emissor infravermelho com um resistor de 220 ohms como limitador de corrente.

O receptor infravermelho é um dispositivo eletrônico que permite a passagem de corrente quando há luz infravermelha incidindo sobre o mesmo. Os sensores utilizados no experimento atuam por reflexão e por corte de luz, sendo por reflexão o que captura a velocidade angular do disco e por corte o que captura a velocidade de precessão.

O acoplador óptico tem como finalidade isolar dois circuitos por meio de luz infravermelha. A placa de controle contém seis acopladores ópticos que isolam os seus módulos principais da interface USB que irá se conectar na primeira para controle por meio do computador. No interior de um acoplador óptico encontra-se um emissor e um receptor

infravermelho. Quando o emissor é acionado o receptor também é. Dessa forma o circuito que está conectado no emissor está separado daquele que se conecta ao receptor. Esse isolamento entre circuitos tem como finalidade a proteção, pois se ocorrer algum erro à nível de hardware em um dos circuitos, não afetará o outro.

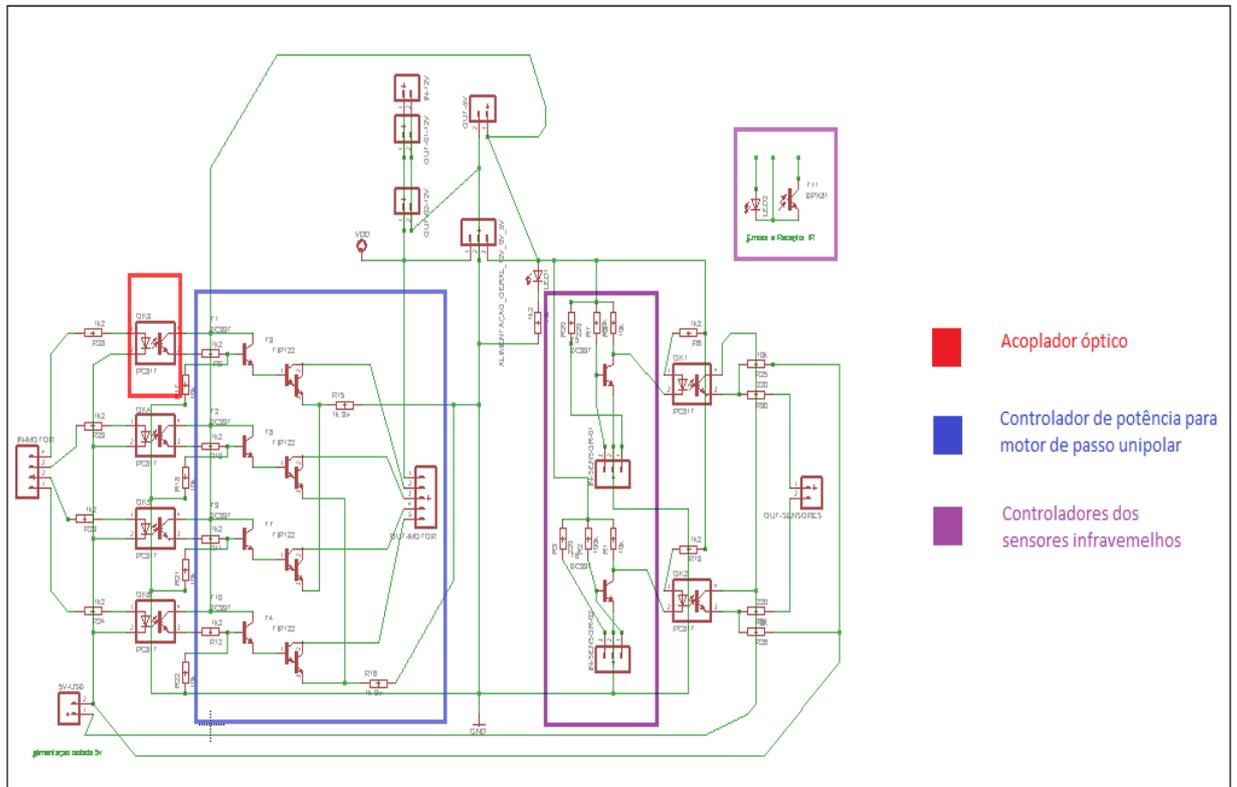


Figura 13: Esquema lógico do circuito do motor de passo e sensores

3.5 PLACA DE CONTROLE DO MOTOR BRUSHLESS DC

O motor Brushless DC, que é um motor comumente usado em HD's de computadores, é controlado provisoriamente por uma placa eletrônica de disco rígido baseada no circuito integrado de referência 23400278-002. Essa placa é alimentada com tensões de 5 e 12 volts, sendo que um circuito de chaveamento construído especificamente para a mesma, faz a conexão entre a interface de controle USB e a placa do motor Brushless DC.

4 DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA

O capítulo 4 descreve como foi desenvolvida a ferramenta de controle do giroscópio livre, experimento laboratorial de física, bem como suas características e funcionalidades. O sistema desenvolvido disponibiliza ao usuário, a realização do experimento, coleta de dados e geração de relatório.

4.1 MODELAGEM DO SISTEMA

A figura 14 mostra as funcionalidades da ferramenta por meio do diagrama de Casos de Uso. Essas funcionalidades são apresentadas por meio de relacionamentos de atores e casos de uso, sendo que, o ultimo representa uma unidade discreta da interação entre um usuário e o sistema.

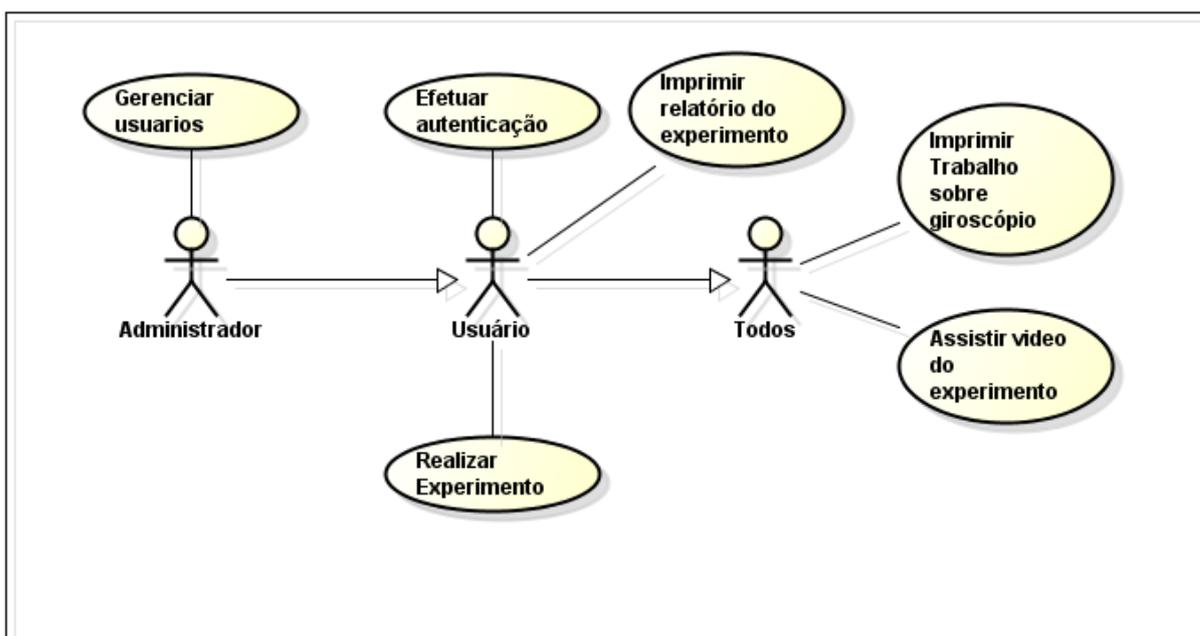


Figura 14: Diagrama de Casos de Uso do Sistema Cliente

O ator classificado como Todos constitui qualquer pessoa que não possui um cadastro no sistema. O mesmo possui o direito de visualizar e imprimir um documento a respeito da teoria do giroscópio e assistir à uma gravação do experimento em funcionamento.

O ator Aluno representa os alunos do Curso de Física e demais pessoas cadastradas no

sistema que possuem o direito de executar o experimento e de receberem, ao final da realização do mesmo, um relatório contendo os resultados obtidos.

O ator Administrador tem todos os privilégios do sistema. O mesmo é responsável por cadastrar os usuários e outros administradores no sistema e executar todas as funcionalidades disponibilizadas a um ator Aluno.

4.2 ARQUITETURA LÓGICA DE COMUNICAÇÃO

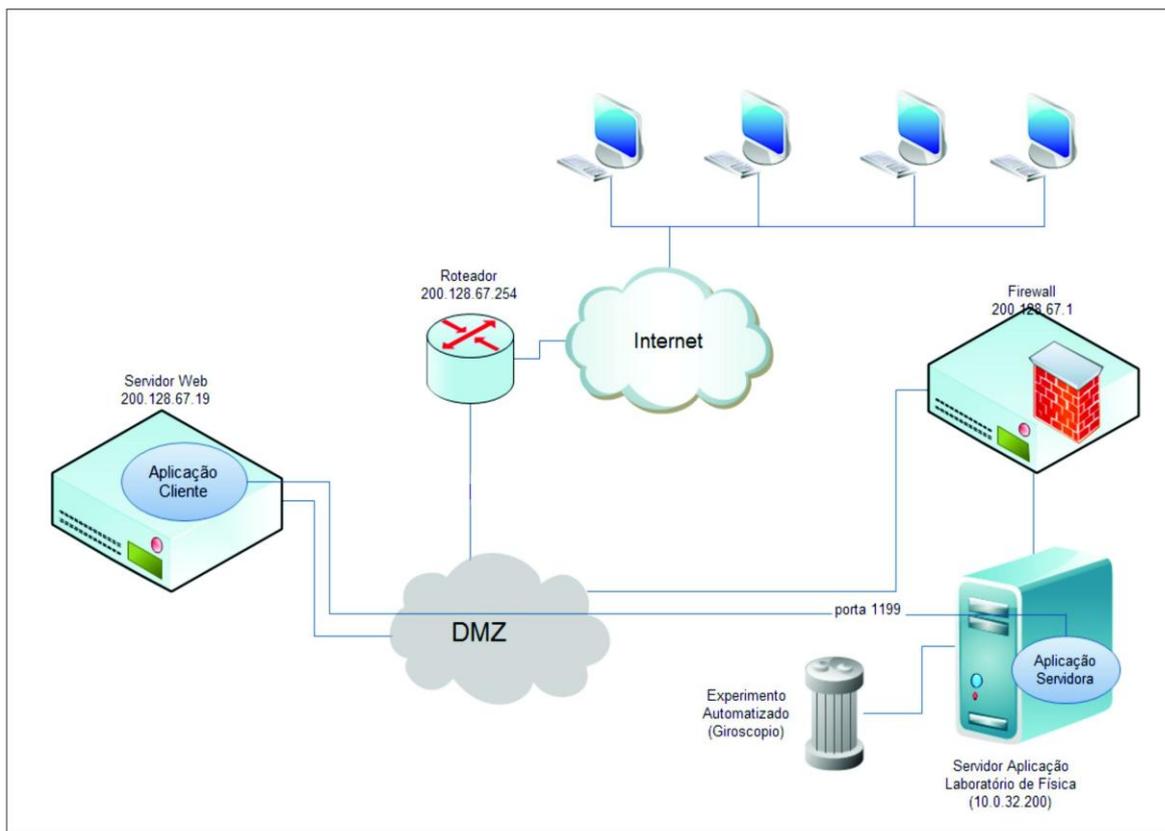


Figura 15: Arquitetura Lógica de Comunicação

Uma máquina que atua como servidor Web está localizada na UINFOR - Unidade Organizacional de Informática da UESB, e armazena a aplicação cliente, como visto na figura 15. Essa última tem a responsabilidade de disponibilizar uma interface gráfica para o usuário, manter comunicação com o banco de dados e realizar chamadas, por meio do protocolo de comunicação RMI, às funções implementadas no sistema servidor de aplicação.

No Laboratório de Física da UESB está localizado o computador que se conecta fisicamente ao experimento automatizado e que mantém disponível o sistema servidor de

aplicação, o qual implementa as funções de controle do giroscópio.

O sistema servidor e o sistema cliente se comunicam por meio do protocolo RMI, que disponibiliza, de forma transparente para o desenvolvedor, a troca de mensagens entre aplicações. Essa comunicação remota é implementada com o uso do framework Spring, o qual é integrado ao JavaServer Faces. Os arquivos `applicationContext.xml`, um do servidor de aplicação e outro do sistema cliente, são os responsáveis por configurar a conexão remota entre as aplicações. Esse arquivo armazena o número da porta e o nome do serviço que será disponibilizado pelo servidor de aplicação. No sistema cliente, que também é um servidor web, o arquivo armazena o endereço IP do computador que está disponibilizando o serviço, o número da porta e o nome do serviço.

Entre os dois computadores, localizados dentro da rede da UESB, encontra-se uma rede DMZ – Rede Desmilitarizada, que tem por objetivo separar e proteger a rede interna da Internet e um *firewall*, responsável por impedir o acesso não autorizado aos sistemas da instituição.

4.3 API RXTX

A linguagem Java possui uma grande vantagem em comparação à outras linguagens de programação por ser multiplataforma, onde a mesma compilação de um software pode ser utilizado em sistemas operacionais distintos. O resultado gerado pelo compilador java é um código intermediário que é interpretado pela máquina virtual java, à qual converte em código executável de máquina.

A arquitetura multiplataforma do Java é uma de suas grandes vantagens, mas cria uma complexidade quando o software precisa fazer chamadas à APIs nativas do sistema operacional ou se comunicar diretamente com o hardware. Para solucionar esse problema APIs específicas são desenvolvidas pela SUN e demais empresas envolvidas no projeto Java, como exemplo a RXTX.

A API RXTX disponibiliza funções para a comunicação serial e paralela com a vantagem de também ser multiplataforma. Para o correto funcionamento desta interface é necessário a manipulação de alguns arquivos específicos. Em plataforma Windows o arquivo `rxtxSerial.dll` deve ser copiado para a pasta System32 e para a pasta /bin da instalação do SDK e JRE. O arquivo `RXTXcomm.jar` precisa ser copiado para a pasta /lib da instalação do SDK e JRE.

Em ambiente Linux a mudança se faz do arquivo *rxtxSerial.dll* pelo arquivo *librxtxSerial.so* que também deve ser salvo na pasta /bin da instalação do SDK e JRE.

A configuração anterior possibilita a criação de objetos da classe SerialPort, que por sua vez oferece suporte ao controle de uma interface de hardware serial. Como o projeto utiliza uma interface USB, o objeto terá condições de enviar e receber dados através da mesma.

4.4 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA

O sistema cliente é disponibilizado à qualquer pessoa que tenha acesso à internet, oferecendo a visualização de uma animação do experimento em funcionamento, da documentação sobre a teoria do giroscópio e a opção de autenticação. Esse sistema se divide em dois módulos, o módulo administrador que possui autorização de cadastrar usuário ao sistema e manipular o experimento e o módulo usuário que disponibiliza o controle do experimento e geração de relatórios. A ferramenta pode ser acessada pelo site <http://girosoft.uesb.br>.



Figura 16 - Página inicial da ferramenta

O botão Início abre a página que contém o vídeo do experimento em execução, como mostrado na figura 16.

O botão Teoria carrega a página que contém a documentação da teoria sobre o experimento laboratorial giroscópio. Documentação esta mostrada em recorte na figura 17.

TRABALHO DE LABORATÓRIO No. 8
Organizado pelo prof. Dr. Ivanor Nunes de Oliveira
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Vitória da Conquista – BA

ESTUDO DA PRECESSÃO DO GIROSCÓPIO E MEDIÇÃO DA VELOCIDADE ANGULAR DA SUA ROTAÇÃO

1) OBJETIVO DO TRABALHO

Estudo das regularidades fundamentais da precessão regular de um giroscópio simétrico no campo gravitacional da Terra. Medição da velocidade angular do giroscópio com a ajuda da precessão.

2) RESUMO DA TEORIA

Chama-se giroscópio simétrico um corpo de revolução que gira rapidamente em torno do seu eixo geométrico. Esta rotação com grande velocidade angular ω ou é mantida por um motor elétrico ou ocorre por inércia (depois de uma aceleração antecipada).

$\vec{\omega}$

■ ■ ■

significa que o eixo do giroscópio deve descrever um cône com vértice no ponto de apoio . O extremo do vetor \vec{L} , com isto, irá mover-se por um círculo com centro no ponto O' e não no ponto como na Fig. 1. Como se vê na Fig. 3, o raio deste círculo é igual a $l \cdot \sin \alpha$.

A velocidade angular de precessão , como antes, é a velocidade angular de rotação do extremo do vetor \vec{L} , coincidente com a velocidade angular de rotação do eixo do giroscópio. Como se sabe, $\Omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$, onde o ângulo de giro $\Delta \varphi$ do extremo do vetor num intervalo de tempo pequeno é igual a : . Utilizando (3) e (1) , obtemos:

$$\Omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{l \Delta t \sin \alpha} = \frac{M \Delta t}{l \Delta t \sin \alpha} = \frac{m_1 g d \sin \alpha}{I_p \omega \sin \alpha} = \frac{m_1 g d}{I_p \omega} , (5)$$

que coincide pela forma com (4) .

Figura 17 - Recorte do conteúdo do trabalho no. 8.

O botão Login abre a página(figura 18) que possibilita ao usuário se autenticar no sistema e ter acesso ao sistema servidor como usuário comum, maior parte alunos do curso de

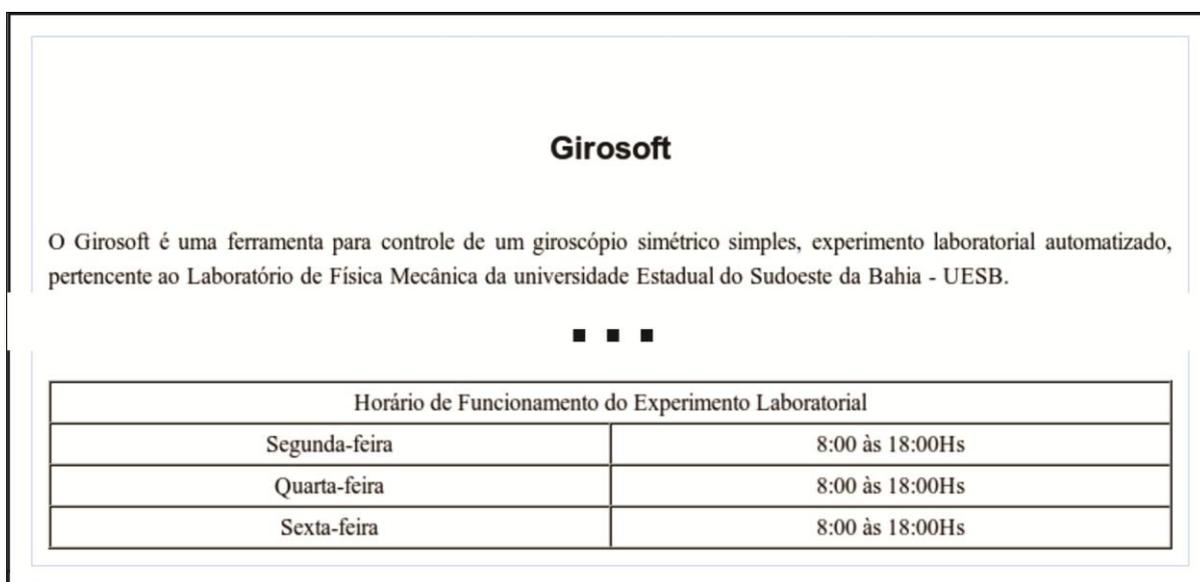
Licenciatura em Física, ou administrador, professores e técnicos laboratoriais. Essa autenticação é realizada por uma busca no banco de dados de usuários cadastrados.



The screenshot shows a web interface for 'Giroscópio Simétrico Simples'. The header features the title and subtitle 'CAPTURA DA PRECESSÃO SOB A ATUAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE'. Below the header is a navigation bar with 'Início' and 'Teoria' links, and 'Login' and 'Sobre' buttons. The main content area is titled 'ACESSO' and contains a login form with fields for 'Nome:' and 'Senha:', and an 'Ok' button.

Figura 18 - Página de autenticação da ferramenta

O botão Sobre carrega a página que contém uma breve explicação do sistema bem como os dias e horários de funcionamento. A figura 19 apresenta parte do conteúdo disponível nesta página.



The screenshot shows a page titled 'Girosoft'. It contains a paragraph describing the software as a tool for controlling a simple symmetric gyroscope experiment, located at the UESB laboratory. Below the text are three bullet points and a table titled 'Horário de Funcionamento do Experimento Laboratorial'.

Horário de Funcionamento do Experimento Laboratorial	
Segunda-feira	8:00 às 18:00Hs
Quarta-feira	8:00 às 18:00Hs
Sexta-feira	8:00 às 18:00Hs

Figura 19 - Informações sobre o sistema e seu horário de funcionamento

O módulo usuário disponibiliza a interface para o controle do giroscópio simétrico simples. Essa página(figura 20), que é acessada por meio do botão Experimento, apresenta alguns dados que possuem valores fixos do experimento, uma tabela que armazena os dados obtidos através da realização do experimento, uma imagem do giroscópio em seu ambiente laboratorial e os botões Executar e Relatório, que inicializa o experimento e gera o relatório respectivamente.

Dados do Giroscópio		
N°	Velocidade Angular do Disco - rad/s	Velocidade Angular de Precessão - rad/s
1	295.16	2.68
2	445.88	2.26

Figura 20: Página de controle do experimento laboratorial

Ao clicar no botão Executar, o sistema cliente, localizado na UINFOR, fará uma chamada remota à uma função que esta implementada no sistema servidor, que se encontra conectado fisicamente à maquete laboratorial automatizada. O experimento iniciará sua execução e após alguns segundos retornará os dados capturados pelos sensores.

A Figura 21 apresenta um recorte do conteúdo de um relatório gerado após a execução do experimento. O relatório, que pode ser impresso, disponibiliza as fórmulas matemáticas relacionadas ao experimento, os dados referentes à maquete e os valores obtidos por meio dos sensores.

Usuario: usuario

Relatório do Experimento Giroscópio Simétrico Simples

Tomando como base a equação que define a velocidade angular de precessão Ω do giroscópio temos:

$$\Omega = \frac{mgd}{I \omega}$$

Onde m é a massa em quilogramas do giroscópio, g a aceleração da gravidade, d a distancia em metros do ponto de apoio ao centro de massa do giroscópio, I o momento de inercia do disco e ω a velocidade angular em radianos por segundo do disco. O momento de inercia pode ser calculado por meio da fórmula:

■ ■ ■

Dados do Giroscópio		
Nº	Velocidade Angular do Disco - rad/s	Velocidade Angular de Precessão - rad/s
1	295.16	2.68
2	445.88	2.26

Observações:

Figura 21: Recorte do conteúdo do relatório

O módulo administrador, por exclusividade, disponibiliza a interface para o cadastro de novos usuários, sendo possível a escolha da categoria, podendo ser usuário comum ou administrador como visto na figura 22. As informações inseridas nos campos deste formulário serão salvas em um banco de dados e servirão para autenticação no sistema.



The image shows a web application interface for user registration. At the top, there is a blue header with the title "Giroscópio Simétrico Simples" and the subtitle "CAPTURA DA PRECESSÃO SOB A ATUAÇÃO DA FORÇA DE GRAVIDADE". Below the header is a navigation bar with tabs for "Início", "Teoria", "Experimento", and "Admin", along with "Sair" and "Sobre" buttons. The main content area is titled "Cadastro de Usuários" and contains a form with the following fields: "Nome Completo:", "Email:", "Instituição:", "Login:", "Senha:", and "Administrador:" with a checkbox. A "Salvar" button is located at the bottom of the form.

Figura 22: Página de cadastro de usuários

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÃO

A automatização deste experimento laboratorial auxiliará de forma significativa aos alunos dos cursos de Licenciatura em Física, modalidades presencial e a distância, na execução do experimento Giroscópio Livre. Neste trabalho foi desenvolvido os circuitos eletrônicos para o controle dos atuadores e sensores da maquete, bem como o sistema Web para a comunicação com a interface eletrônica, permitindo o controle do experimento por meio da Internet.

Por intermédio da automatização, todas as etapas da prática laboratorial a respeito do experimento giroscópio estão sendo controladas por um computador. Os sensores captam as velocidades angulares, tanto do disco como do eixo vertical, gerando um relatório com os valores captados. Valores esse, que são usados para o estudo da precessão do giroscópio simétrico simples.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo o propósito de disponibilizar a visualização do experimento laboratorial automatizado, propõe-se a criação de um servidor de vídeo. Esse servidor deverá manter comunicação com o sistema servidor de aplicação já existente, ampliando assim as características da ferramenta. Dessa forma o usuário poderá visualizar a execução do experimento em tempo real.

O circuito utilizado para o controle do motor do giroscópio é uma interface eletrônica fabricada para controles de discos rígidos que disponibiliza, além de outras funcionalidades específicas, uma conexão para motores Brushless DC de três fios. Sendo assim existe uma dependência de hardware. A confecção de um circuito exclusivo para o controle do motor Brushless DC é algo, à nível de hardware, que irá melhorar o controle da maquete, pois tornaria a interface eletrônica ainda mais independente e possibilitaria o controle da velocidade do motor.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Fernando Souza de; OLIVEIRA, André Schneider. **Sistemas Embarcados – Hardware e Firmware na Prática** 1ª. ed. São Paulo, SP: Érica, 2006.

AXELSON, Jan. **USB Complete - Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals**. 3ª ed. Madison: Lakeview Research, 2005.

BELLONI, Maria Luiza. Educação a Distância. 3ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

CAPUANO, Francisco G.; IDOETA, Ivan V. **Elementos de Eletrônica Digital**. 29ª. ed. rev. São Paulo, SP: Érica, 1998.

CANZIAN, Edmur. **Comunicação Serial - RS232**. Disponível em: <www.capriconsultorios.com/Aula4-Comun_serial.pdf> Acesso em 14 de Abr. 2010.

DEITEL, H. M. **Java Como Programar**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2003.

GONÇALVES, Edson. **Desenvolvendo Aplicações Web Com Jsp , Servlets , Javaserwer Faces , Hibernate , Ejb 3 Persistence**. Ciência Moderna, 2007

LEITE, Bruno Hermes da Fonseca da Costa et al. **Estudo do Motor de Passo e seu Controle Digital**. Disponível em: <<http://www2.eletronica.org/artigos/outros/estudo-do-motor-de-passo-e-seu-controle-digital/>> Acesso em: 28 de jun. 2010.

MELLISSET, David A. **Arduino** Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>> Acesso em: 28 de jun. 2010.

MORAN, José Manuel. **Avaliação do Ensino Superior a Distância no Brasil**. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/avaliacao.htm>>. Acesso em: 27 dez. 2010.

OLIVEIRA, Ivanor N. **Estudo da Preeceção do Giroscópio e Medição da Velocidade Angular da sua Rotação: Trabalho de Laboratório Nº 8**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, publicação interna, 1998.

_____, Ivanor N. **Projeto de automatização das medições e da elaboração dos dados dos experimentos de física do Laboratório de Mecânica da UESB.** Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2005.

RESNICH, Robert; HALLIDAY, David e KRANE, Kenneth S.. **Física 1.** 5ª ed. LTC, 2003.

SCHLEMMER, Eliane. Metodologias para a educação a distância no contexto da formação de comunidades virtuais de aprendizagem In: BARBOSA, Rommel Melgaço (Org.). **Ambientes Virtuais de Aprendizagem** Porto Alegre: Artmed, 2005. P. 29-49.

SILVEIRA, I. F. **Linguagem Java.** Disponível em:
<<http://www.infowester.com/lingjava.php>>. Acesso em: 27 Abr. 2010.

UNIVERSAL SERIAL BUS. Disponível em: <<http://www.usb.org>> . Acesso em: 14 Abr. 2010.

ZANGO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC16F628A/648A - Uma abordagem prática e objetiva.** 2ª ed. Érica, 2007.