

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ**

Curso de Graduação de Ciência da Computação

Aron Scapinello Selhorst

**CONTROLADOR DE CADEIRA DE RODAS INTERATIVO PARA PORTADORES DE
NECESSIDADES ESPECIAIS UTILIZANDO CONCEITOS DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL.**

Chapecó – SC, 2013

ARON SCAPINELLO SELHORST

**CONTROLADOR DE CADEIRA DE RODAS INTERATIVO PARA PORTADORES DE
NECESSIDADES ESPECIAIS UTILIZANDO CONCEITOS DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL.**

Monografia apresentada à UFFS
como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Bacharel
em Ciência da Computação.
Orientador: Adriano Sanick Padilha

Chapecó – SC, 2013

SUMÁRIO

1. TEMA
2. PROBLEMATIZAÇÃO
3. QUESTÕES DE PESQUISA
4. OBJETIVOS
 - 4.1. OBJETIVO GERAL
 - 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
5. JUSTIFICATIVA
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
 - 6.1. PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS
 - 6.2. O OLHO HUMANO
 - 6.3. SINAIS BIOLÓGICOS
 - 6.4. ELETROOCULOGRAMA (EOG)
 - 6.5. SENSORES
 - 6.6. ELETRODOS
 - 6.7. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
 - 6.8. REDES NEURAIS
 - 6.9. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS
 - 6.10. REDES DE KOHONEN
 - 6.11. CONVERSÃO ANALÓGICO PARA DIGITAL
 - 6.12. SISTEMAS EMBARCADOS
 - 6.13. COMPONENTES ELETRÔNICOS
 - 6.13.1. RESISTORES
 - 6.13.2. CAPACITOR
 - 6.13.3. REGULADOR DE TENSÃO

6.13.4. MICROCONTROLADOR

6.13.5. MEMÓRIA

6.14. CADEIRA DE RODAS

7. PROTÓTIPO

8. METODOLOGIA

9. CRONOGRAMA

10. BIBLIOGRAFIA

1. TEMA

Interatividade entre Portadores de Necessidades Especiais e um protótipo de cadeira de rodas utilizando conceitos de Inteligência Artificial. Conforme a pessoa movimenta os olhos, o protótipo da cadeira de rodas irá movimentar para a direção de onde o olho está apontado. Essa movimentação da cadeira de rodas é controlada através de um sistema embarcado.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

Muitas pessoas hoje em dia, apresentam algum tipo de deficiência, seja ela física, auditiva, visual, entre outras. Essas pessoas, geralmente, apresentam muitas dificuldades para se locomover de um lugar para outro, e muitas dessas necessitam ajuda de outra pessoa que não apresentam nenhuma necessidade especial, para se locomover.

Mas apesar de haver muitos problemas e dificuldades para essas pessoas, surgem a cada dia, mais equipamentos auxiliares para a sua locomoção, como por exemplo ruas com calçadas especiais para deficientes visuais, equipamentos eletrônicos que auxiliam a melhoria da audição para deficientes auditivos, ou também cadeiras de rodas adaptadas para deficientes físicos.

Dentre os deficientes físicos, existem muitos em que não conseguem movimentar os membros inferiores e até mesmo os membros superiores. Devido a isso, essas pessoas necessitam de uma cadeira de rodas para se locomover, e geralmente, de outra pessoa que possa ajudá-lo a se movimentar.

O desenvolvimento de um equipamento que auxilie essas pessoas se locomoverem sozinhos e de baixo custo ainda é escasso. Mesmo com cadeiras de rodas motorizadas, ou até mesmo cadeiras de rodas adaptadas à diferentes tipos de terrenos, não conseguem atender algumas necessidades de certas pessoas com deficiência física, como por exemplo as que apresentam tetraplegia. Não se tem notícia de algo inovador que faça com que pessoas com deficiência física consigam se locomover sem a necessidade de outra pessoa e que seja de baixo custo.

Desta forma seria possível desenvolver um equipamento que fizesse com que pessoas com deficiência física conseguisse se locomover sem o auxílio de outra pessoa e de baixo custo ?

3. QUESTÕES DE PESQUISA

- Quais exemplos de Portadores de Necessidades Especiais que podem utilizar esse sistema?
- Não é possível adaptar os eletrodos em um óculos para colocação mais fácil dos sensores?
- Qual o custo total do projeto ? É de baixo custo ? É acessível ?
- Qual a técnica de IA que deverá ser utilizada para identificação “das vontades” do operador?
- Como podem ser instrumentados os sinais bioelétricos?
- Como será a Interface gráfica para calibração do sistema (identificação dos comandos para operadores distintos)?
- O que o sistema embarcado deve possuir para atender os requisitos de programação e controle do protótipo?
- Qual a dinâmica de locomoção de uma cadeira de rodas motorizada? Como realizar o controle dos motores de uma cadeira de rodas?

4. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema interativo entre Portadores de Necessidades Especiais e uma cadeira de rodas utilizando conceitos de Inteligência Artificial.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudo sobre as dificuldades de locomoção dos Portadores de Necessidades Especiais.
- Seleção da técnica de Inteligência Artificial mais adequada para interpretação dos sinais biológicos que define a “vontade” do PNE.
- Desenvolvimento de uma interface gráfica para a calibração do sistema.
- Desenvolvimento do sistema embarcado para implementação do controle do protótipo.
- Estudo do movimento da cadeira de rodas para implementação do controle.
- Avaliação do custo de implementação do projeto.

5. JUSTIFICATIVA

As pessoas Portadoras de Necessidades Especiais, são pessoas que sofreram alguma perda ou possuem alguma anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que faça com que não tenha capacidade suficiente no desempenho de atividades consideradas normais para pessoas que não possuem nenhum tipo de deficiência.

Segundo o decreto-lei nº 3.298 (BRASIL, 1999), existem 5 categorias de deficiências: deficiência física, auditiva, visual, mental e deficiência múltipla. O foco para esse projeto são as pessoas com deficiência física que são as pessoas que apresentam alteração completa ou parcial de um ou mais partes do corpo humano impossibilitando movimentação dessas partes. As pessoas com deficiência física geralmente utilizam uma cadeira de rodas para locomoção, porém algumas pessoas apresentam deficiências físicas onde não conseguem movimentar os membros superiores, como por exemplo a tetraplegia, fazendo com que não consiga movimentar-se sem um auxílio de outra pessoa. Com esse sistema essa movimentação sem essa pessoas auxiliar seria possível, devido a não precisar utilizar movimentos de membros superiores e sim apenas dos olhos.

Segundo dados do IBGE (2010), uma amostra do censo demográfico de 2010, mostra que 22064 pessoas na região sul não conseguem se locomover, sendo 4633 residem em Santa Catarina, 125893 tem grande dificuldade de locomoção, sendo 26438 residentes em Santa Catarina e 271236 tem alguma dificuldade de locomoção, sendo 56960 residentes em Santa Catarina.

Um sistema como esse ainda não foi encontrado, existem sistemas semelhantes como protótipos de interação com Portadores de Necessidades Especiais e o computador. Esse sistema será de baixo custo, fazendo com que todos possam ter acesso. Outro fator importante é a de fácil utilização, devido a fácil colocação dos pequenos sensores utilizados. Com esse sistema, Portadores de Necessidades Especiais que dependem de outras pessoas para se locomover, conseguirão por si só se locomover, fazendo com que tenham mais independência e melhorando o bem estar social.

Neste contexto, será desenvolvido um sistema embarcado de baixo custo, mais especificamente, um sistema integrado à um protótipo de uma cadeira de rodas para Portadores de Necessidades Especiais que apresentam deficiência física, utilizando técnicas de Inteligência Artificial, fazendo com que o Portador de Necessidade Especial consiga se locomover sem depender de outra pessoa, proporcionando um bem estar social.

6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1. PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS

Portadores de necessidades especiais são pessoas diferentes das outras devido a impossibilidade ou disfunções físicas, sensoriais, orgânicas ou mentais que faça com que não tenham capacidade suficiente no desempenho de atividades consideradas normais para pessoas que não possuem nenhum tipo de deficiência.

Segundo o decreto-lei nº 3.298 (BRASIL, 1999), existem 5 categorias de deficiências, deficiência física, auditiva, visual, mental e deficiência múltipla. A deficiência física é aquela em que as pessoas apresentam alteração completa ou parcial de um ou mais partes do corpo humano impossibilitando a movimentação dessas partes. Geralmente, as pessoas que possuem deficiência física utilizam uma cadeira de rodas para se locomover. Alguns exemplos de deficiência física são a paraplegia, paraparesia, tetraplegia, tetraparesia, monoplegia, monoparesia, triplegia, triparésia, entre outras.

A deficiência auditiva é a deficiência onde faz com que a pessoa seja incapaz de compreender a fala pelo ouvido, pode ser congênita ou adquirida, completa ou parcial. A deficiência visual é a perda ou redução da capacidade visual em ambos os olhos e que não possa ser melhorada ou corrigida com tratamento, cirurgia ou uso de lentes. A deficiência mental é aquela onde a pessoa tem a redução da capacidade intelectual e apresenta dificuldades ou atraso em seu desenvolvimento neuropsicomotor. Existem também a deficiência múltipla que é a associação de duas ou mais deficiências citadas anteriormente.

A deficiência não é uma doença e síndromes de origem genéticas não são contagiosas. Algumas pessoas, principalmente crianças, portadoras de necessidades especiais podem necessitar de escolas especiais e em algumas escolas, algumas adaptações devem ser feitas para facilitar a integração dos educandos com necessidades especiais.

Segundo dados (IBGE, 2010), uma amostra do censo demográfico de 2010, mostra que 22064 pessoas na região sul não conseguem se locomover, sendo 4633 residem em Santa Catarina, 125893 tem grande dificuldade de locomoção, sendo 26438 residentes em Santa Catarina e 271236 tem alguma dificuldade de locomoção, sendo 56960 residentes em Santa Catarina.

6.2. O OLHO HUMANO

Os olhos são os órgãos responsáveis pela visão do ser humano, onde capturam a luz e a cor. A luz é capturada pela retina, que é uma superfície parabólica de tecido vivo formados por células fotorreceptoras de luz e transformam essa energia luminosa em impulsos nervosos onde são levados ao cérebro. No cérebro, tem então o início do processo de análise e interpretação que nos permite reconstruir as cores, distância, movimentos e as formas geométricas.

O olho, também conhecido como globo ocular, por ter um formato arredondado parecido com um globo, fica acondicionado dentro de uma cavidade óssea e protegido por músculos. Segundo RAMOS (2006), o olho humano é formado por: córnea, íris, pupila, cristalino, retina, esclera e nervo ótico, conforme a figura 1.

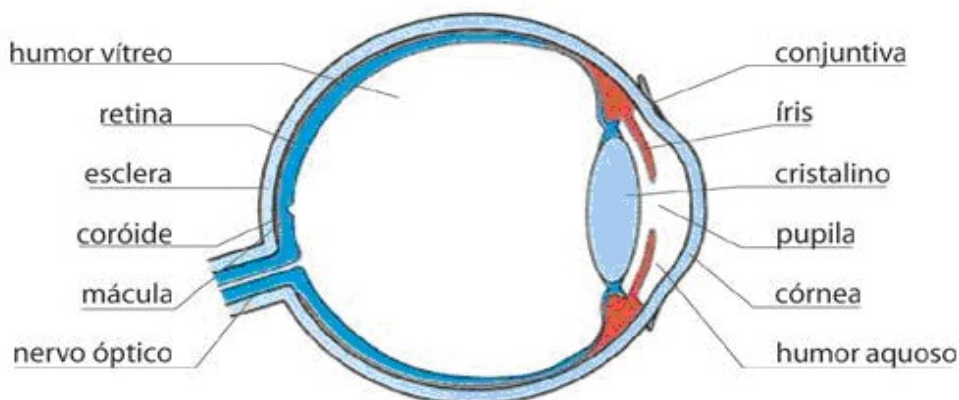


Figura 1: As partes do olho humano.

Fonte: DR. VISÃO(2006).

- **Íris:** Camada visível e colorida do olho, localizada logo atrás da córnea. A cor da íris é determinada pela cor do tecido conjuntivo e das células de pigmento. Existem dois músculos na íris, o músculo dilatador que torna a íris menos e, conseqüentemente, a pupila fica maior permitindo que mais luz entre no olho, e o músculo esfíncter, que deixa a íris maior e, conseqüentemente, a pupila menor, permitindo que menos luz entre no olho.
- **Esclera:** É a camada fibrosa externa do olho com coloração branca. É a estrutura que dá forma ao globo ocular.

- **Pupila:** A pupila é um orifício onde permite e regula a entrada da luz e está localizada entre a córnea e o cristalino e no centro da íris. A pupila, por ser um orifício, não tem cor, porém tem uma aparência de cor preta, pois internamente o olho não contém luminosidade. O tamanho da pupila é controlada pela dilatação e constrição involuntária da íris. O ato da diminuição do diâmetro da pupila é chamado de miose, e o aumento do diâmetro da pupila é chamado midríase.
- **Cristalino:** O cristalino a lente dos olhos, é biconvexa e gelatinosa, possuindo grande elasticidade que diminui progressivamente com a idade. É formado por três partes: Fibras do cristalino, Cápsula do cristalino e Epitélio subcapsular. O cristalino atua como uma lente, participando dos meios refrativos do olho, sendo capaz de aumentar o grau para focalização de imagens mais próximas.
- **Retina:** É a membrana que preenche a parede interna em volta do olho, que recebe a luz focalizada pelo cristalino. Contém fotorreceptores que transformam a luz em impulsos elétricos, que o cérebro interpreta em imagens. Existem dois tipos de receptores: os bastonetes e os cones. Os bastonetes detectam o nível de luminosidade e os cones as cores.
- **Córnea:** É a primeira estrutura do olho que a luz atinge. A córnea constitui de seis camadas de tecido transparente e resistente: Epitélio, Membrana de Bowman, Estroma, Camada de Dua, Membrana de Descemet e Endotélio. A camada mais externa, o Epitélio, possui a capacidade regenerativa muito grande e se recupera rapidamente de lesões superficiais. As outras camadas mais internas são as que proporcionam uma rigidez e protegem o olho de infecções.
- **Nervo ótico:** É o nervo responsável pela transmissão dos impulsos elétricos do olho para o centro de processamento do cérebro, onde então é interpretado em imagens.

Existem também outras partes importantes no olho, como o humor vítreo, coróide, mácula, humor aquoso, conjuntiva. O olho ainda apresenta, as pálpebras, sobrancelhas, os cílios, glândulas lacrimais e alguns músculos oculares, todos com funções importantes para o funcionamento do olho.

6.3. SINAIS BIOLÓGICOS

Com o atual estágio de desenvolvimento da eletrônica, é possível explorar as diversas atividades elétricas do corpo humano. Algumas vezes, há a necessidade de monitorar os sinais biológicos do corpo humano, tais como sinais de batimento cardíacos (ECG), sinais de contrações e distensões musculares (EMG), sinais do pensamento (EEG) e os sinais oculares (EOG). Para as pessoas com necessidades especiais os sinais EMG, EEG e EOG podem ser utilizados para a melhoria da qualidade de vida dos mesmos. Para o nosso caso, será utilizado os sinais EOG, pois são sinais que são extraídos de forma mais fácil através de apenas alguns sensores e com apenas a movimentação do olho é possível a interação entre o usuário e o protótipo.

6.4. ELETROOCULOGRAMA (EOG)

Eletrooculograma são pequenos sinais elétricos que são gerados entre a córnea e a retina que são proporcionais ao ângulo dos olhos em relação a cabeça. Dessa forma, conhecendo o ângulo da cabeça é possível saber para onde o indivíduo está olhando.

Existem alguns problemas com a captação dos sinais de EOG. Primeiramente, os sinais registrados são raramente determinísticos, inclusive para o mesmo indivíduo em diferentes experimentos. Existe vários fatores que podem acarretar nesse problema, como por exemplo o modo de rotação e movimentação do globo ocular, a movimentação da pálpebra, movimentos de cabeça, a não colocação dos eletrodos no local correto, influência da iluminação, entre outros.

Sinais de Eletrooculograma são fáceis de serem captados, por isso esse sinal foi o escolhido, pois apenas com a movimentação do olho é possível fazer a interação entre o usuário e a cadeira de rodas.

6.5. SENSORES

O corpo humano é provido de cinco sentidos, sendo esses o olfato, paladar, tato, audição e visão. São através desses cinco sentidos que transmitem ao cérebro uma série de sensações importantes. Os sentidos funcionam o tempo todo como verdadeiros informantes do mundo exterior. Os sensores fazem a ligação entre o mundo externo e o cérebro humano.

Sobre sensores, FUENTES (2005), afirma que:

Sensor é um dispositivo que converte uma grandeza física de qualquer espécie em outro sinal que possa ser transmitido a um elemento indicador, para que este mostre o valor da grandeza que está sendo medida ou que seja inteligível para o elemento de comparação de um sistema de controle (FUENTES,2005).

Os sensores apresentam diversas características, algumas delas são: Sensibilidade, Linearidade, Faixa de Atuação.

- **Sensibilidade:** É a relação entre o sinal elétrico entregue na saída e a grandeza física medida.
- **Linearidade:** É o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior o grau de linearidade, mais preciso é a resposta do sensor ao estímulo.
- **Faixa de Atuação:** É o intervalo de valores em que o sensor pode ser usado. A amplitude dos sinais necessariamente vai ter um valor máximo e um valor mínimo, que vão determinar os limites máximos e os limites mínimos da grandeza.

Segundo FUENTES(2005), os sensores podem ser classificados de duas formas de acordo com a natureza do sinal de saída: sensores discretos ou sensores analógicos.

- **Sensores Discretos:** São utilizados para monitorar a ocorrência ou não de um determinado evento. Apresentam em uma saída dois estados distintos como ligado ou desligado.
- **Sensores Analógicos:** São utilizados para monitorar uma grandeza física em uma faixa contínua de valores estabelecidos entre os limites mínimo e máximo.

Outra forma de classificação dos sensores é separando em sensores de contato e sensores sem contato. Sensores de contato são sensores que devem necessariamente encostar no objeto, porém esse tipo de sensor podem sofrer avarias pois se desgastam mais rapidamente. Já sensores sem contato, são sensores que não precisam necessariamente encostar fisicamente no objeto, mantendo uma certa distância e então não sofrendo avarias, fazendo com que sejam mais duradouros e confiáveis.

6.6. ELETRODOS

Os eletrodos são usados para a captação de sinais elétricos, onde no nosso caso, captar sinais de EOG. Para a captação desses sinais elétricos, são utilizados eletrodos de superfície.

Eletrodos de superfície são dispositivos colocados na pele que servem então para medir a atividade elétrica. Esses eletrodos podem ser utilizados para descobrir se há problemas nos músculos e nervos. No nosso caso, será utilizado para captar os sinais EOG.

O eletrodo de superfície foi escolhido por serem de baixo custo, de fácil colocação e retirada, pois são como adesivos, por não prejudicar a pele, músculos ou nervos e por serem descartáveis. Os eletrodos utilizados devem ser de boa qualidade e compostos pelos elementos químicos Ag/AgCl (Prata/Prata Cloro).

6.7. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O ser humano é o único ser que tem a capacidade de compreender, perceber, prever e manipular um mundo muito maior e mais complexo que ele próprio, e durante muitos anos ele tenta entender como conseguimos ter essa capacidade. Para isso, a Inteligência Artificial tenta não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes.

A Inteligência Artificial surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, para impulsionar a indústria bélica. Com o passar dos anos, muitas outras linhas de estudos surgiram, uma delas é a biológica, que estudam o desenvolvimento de métodos capaz de imitar as atividades cerebrais humanas. Hoje em dia, a Inteligência Artificial está sendo muito pesquisada, sendo utilizadas em programas de computador, jogos, aplicativos de segurança para sistemas informacionais, robótica, programas utilizados na medicina, entre outros.

Existem várias técnicas pertencentes à Inteligência Artificial. Dentre essas técnicas, as principais são as Redes Neurais (RNA), que se preocupam, principalmente, com a teoria de aprendizagem, a Lógica Fuzzy que se preocupam com a imprecisão e os Algoritmos Genéticos (AG), que se preocupam com a busca e otimização baseados nas formas de evolução natural e na genética. (PADILHA, 2000).

6.8. REDES NEURAIS

O cérebro humano é composto por aproximadamente cerca de 10 bilhões de neurônios, que são as células que formam o nosso cérebro. Esses neurônios estão ligados uns aos outros através de sinapses, e juntos forma uma grande rede, chamada de Rede Neural. É através dessa rede que é feito o processamento e armazenado todas as informações cerebrais. Um conjunto extremamente complexo de neurônios formam o nosso sistema nervoso. A comunicação nos neurônios é feita através de estímulos ou impulsos.

Os neurônios são compostos basicamente por três partes, os dendritos, o corpo celular e o axônio, conforme a figura 2.

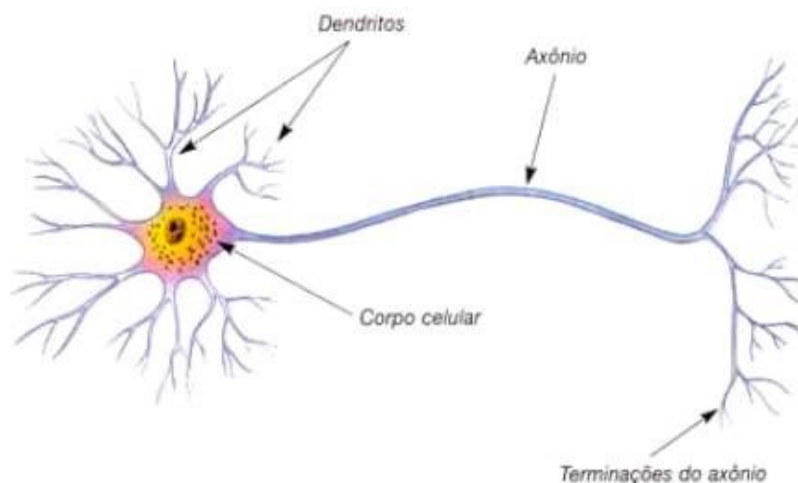


Figura 2: Partes do neurônio.

Fonte: PACKTER(2005).

- **Dendritos:** São os prolongamentos dos neurônios que captam as informações através dos estímulos nervosos transmitidos pelos outros neurônios ou do próprio ambiente.
- **Corpo Celular:** Também chamado de Soma, é toda a estrutura do neurônio. O corpo celular é responsável por coletar e combinar as informações vindas dos outros neurônios, ou seja, os processamento das informações.

- **Axônio:** É constituído de uma fibra tubular, e é responsável na distribuição das informações processadas aos outros neurônios ou células do corpo.

6.9. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Através dos neurônios biológicos e do nosso sistema nervoso, surge então, a inspiração para a criação de uma rede neural artificial. Para isso, é visto um sistema computacional que imita os comportamentos dos neurônios naturais e então possibilita que a rede aprenda de forma similar a esses neurônios através de troca de informações formando uma rede neural artificial. Existem, basicamente, duas formas de treinamento para as redes neurais, o treinamento supervisionado e o não-supervisionado.

O treinamento supervisionado é o mais comum dentre as RNAs, sendo chamado de Supervisionado pois a saída desejada que a rede deve resultar é fornecida por um supervisor externo. A rede tem sua saída corrente comparada com a saída desejada, onde então o supervisor calcula o erro da resposta atual. A cada padrão de entrada, é comparado a resposta desejada com a resposta calculada, e os pesos das conexões são ajustados para diminuir o erro. Um exemplo de RNA que utiliza treinamento supervisionado é a Multilayer Perceptron.

No treinamento não-supervisionado, não há um supervisor para acompanhar o processo de aprendizagem. Para esse tipo de treinamento, são apresentados à rede apenas os padrões de entrada, onde é criada classes ou grupos automaticamente a partir das similaridades encontradas nesses padrões. Um exemplo de RNA que utiliza o treinamento não-supervisionado é as redes de Kohonen.

É utilizado redes neurais nesse estudo para que seja possível efetuar um treinamento de um sistema, para que o mesmo consiga movimentar um protótipo de uma cadeira de rodas através dos dados recebidos de sensores.

6.10. REDES DE KOHONEN

As redes de kohonen foram desenvolvidas por Tuevo Kohonen em 1982. Essa RNA é baseada em auto-organização e apresenta características de aprendizado adaptativo do cérebro humano. São do tipo feedforward, ou seja, reage a mudanças no ambiente para sempre manter um estado do sistema. O aprendizado da rede de kohonen é não-supervisionado, e é uma rede de duas

camadas amplamente conectadas através das sinapses, onde todos os neurônios da camada de entrada são conectados à todos os neurônios da camada de saída. A figura 3 demonstra uma rede de kohonen.

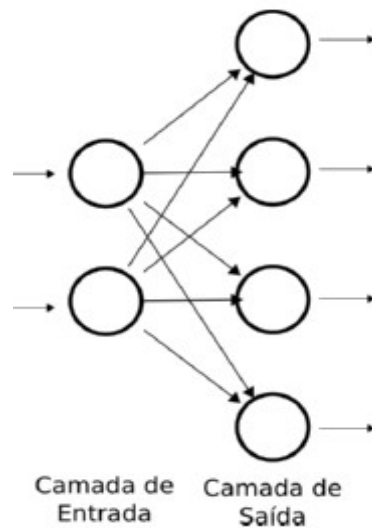


Figura 3: Estrutura de uma rede de kohonen.

No treinamento da rede de kohonen, os pesos sinápticos são inicializados automaticamente com valores de baixa amplitude. Quando é apresentado um sinal de entrada, deve verificar qual o neurônio será o vencedor, ou seja, qual o neurônio será ativado de acordo com os valores apresentados nos neurônios da camada de entrada. Para o neurônio vencedor, será feito um ajuste nos pesos sinápticos e os outros neurônios permanecerão com os valores inalterados. Existem também uma variação, onde os pesos sinápticos dos neurônios vizinhos podem ser ajustados formando regiões para a rede de kohonen.

Para saber qual o neurônio é o vencedor, deve verificar a distância euclidiana desses neurônios. O neurônio que apresentar a menor distância euclidiana de saída será considerado o neurônio vencedor. A figura 4 mostra a fórmula para calcular a distância euclidiana, onde n é o número de entradas da RNA e o W_{ij} são os pesos sinápticos da entrada i ao neurônio j .

$$d_i = \sum_{i=1}^n (w_{ij} \cdot x_i)^2$$

Figura 4: Fórmula distância euclidiana.

Depois que sabemos qual o neurônio com a menor distância euclidiana, o próximo passo é identificar a vizinhança desse neurônio, ou seja, verificar os neurônios próximos ao neurônio vencedor e com isso realizar o ajuste nos pesos sinápticos desses neurônios. A figura 5 mostra a fórmula da atualização dos pesos sinápticos dos neurônios vizinhos, onde $\eta(n)$ é o parâmetro de taxa de aprendizado e $\Lambda_i(x)(n)$ é a função de vizinhança centrada em torno do neurônio vencedor $i(x)$.

$$w_j(n+1) = \begin{cases} w_j(n) + \eta(n)[x(n) - w_j(n)] & j \in \Lambda_{i(x)}(n) \\ w_j(n) & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Figura 5: Fórmula de atualização dos neurônios vizinhos.

A taxa de aprendizagem começa com um valor relativamente alto, porém durante o processo de aprendizagem ela vai diminuindo, sendo que o valor inicial de $\eta(n)$ é definido por escolha. A figura 6 mostra como é especificada a taxa de aprendizagem.

$$\eta(n) = \eta_0 \left(1 - \frac{n}{T} \right)$$

Figura 6: Taxa de aprendizagem.

Na fórmula da taxa de atualização, n significa qual a iteração do treinamento atual, T significa qual o número total de iterações que o treinamento deve ser feito. Deve ser também especificado o tamanho da vizinhança e podem também decrescer conforme as iterações.

6.11. CONVERSÃO ANALÓGICO PARA DIGITAL

A conversão analógica para a digital é uma parte importante para sistemas que precisam captar sinais vindos da natureza, pois é com essa conversão que é feito um sinal desconhecido para um sinal onde é possível ser analisado e interpretado por sistemas.

De acordo com SICA (2006), um conversor analógico-digital, também conhecido como ADC (*Analog/Digital Converter*), é um dispositivo eletrônico capaz de gerar uma representação digital a partir de uma grandeza analógica, normalmente um sinal representado por um nível de tensão ou intensidade de corrente elétrica.

A conversão analógica para digital é diferente da conversão digital para a analógica. A conversão analógica para a digital é a conversão de um sinal recebido de uma grandeza física, e então transformado para sinais analógicos, onde são representados em uma faixa entre 0 e 1. Já a conversão digital para a analógica, é a conversão de um sinal digital, os zeros e uns, para uma grandeza física. A conversão ADC há algumas perdas de sinais, para isso existem técnicas para reduzir essa perda, como por exemplo o anti-aliasing.

Um exemplo de conversão analógico para digital é quando é realizado a captação de sinais bioelétricos de uma pessoa, e então, um sistema computacional quer utilizar esses sinais para realizar alguma tarefa, como por exemplo a nossa movimentação do protótipo da cadeira de rodas.

6.12. SISTEMAS EMBARCADOS

Antigamente, os primeiros sistemas computacionais pesavam toneladas, pois eram compostos de diversas válvulas e transistores, consumiam uma grande quantidade de energia e era necessário diversas pessoas para operá-las. Mas com o passar dos anos, e com o avanço da tecnologia, surgiram sistemas com uma capacidade de cálculos muito maior e com um tamanho muito reduzido. Essas novas tecnologias podem ser vistas como sistemas embarcados, sistemas embutidos ou sistemas dedicados.

Segundo SANTOS (2011), entendem-se por sistema embarcado, aqueles sistemas desenvolvidos com o propósito específico e por tanto que não requerem uma plataforma física genérica, ou seja, são sistemas responsáveis por executarem tarefas de maneira contínua e específica.

Os sistemas embarcados já podem ser encontrados em diversos equipamentos eletrônicos, como por exemplo, televisores, celulares, microondas, carros, câmeras digitais, entre outros.

Os sistemas embarcados diferem de computadores. Um computador é uma plataforma passível de upgrade, ou seja, podem ser adicionados novas placas ou recursos, e também, a instalação de novos aplicativos para satisfazer as necessidades do usuário. Já em um sistema embarcado, é uma plataforma onde não se pode adicionar novas placas ou recursos, ou seja, é projetado única e exclusivamente para desempenhar determinada função. Porém ainda existam sistemas embarcados capazes de instalarem novos aplicativos, como os celulares mais modernos.

Existem alguns sistemas embarcados comerciais, conhecidos também como hardwares comerciais. Alguns desses hardwares são open-source, ou seja, com o sistema disponível para

download e gratuito. Alguns exemplos de hardwares comerciais são: arduino, raspberry, kits placa de circuitos comerciais, entre outros. Na figura 7 é possível visualizar uma placa arduino.

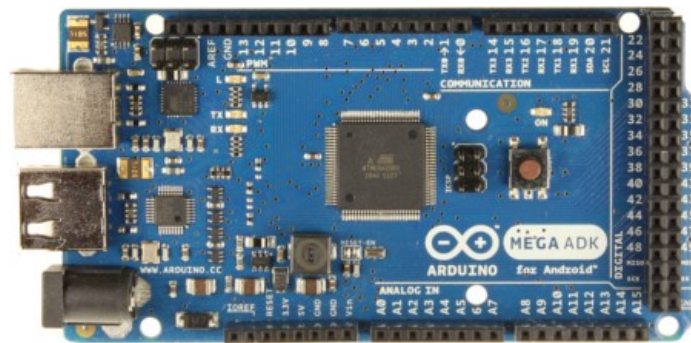


Figura 7: Arduino.

Fonte: ARDUÍNO (2011).

Segundo MORIMOTO (2007), os sistemas embarcados são formados por diversos componentes parecidos com os componentes de um computador pessoal, como por exemplo, processador, memória, dispositivos de armazenamento, interfaces e também alguns componentes que são frequentemente utilizados, como resistores, reguladores, microcontroladores, capacitores, transistores, conversores, entre outros.

6.13. COMPONENTES ELETRÔNICOS

6.13.1. RESISTORES

Resistores são componentes elétricos onde tem como principal função a limitação de corrente elétrica, ou também, a função de transformar energia elétrica em energia térmica, ou seja oferecendo resistência à passagem de elétrons. Os resistores são muito utilizados e estão presentes em diversos equipamentos como por exemplo eletrodomésticos, chuveiros elétricos, entre outros. A figura 8 mostra um desenho de exemplo de resistor.

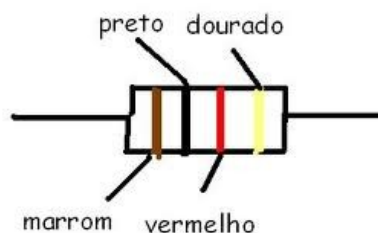


Figura 8: Desenho de um resistor.

Um resistor é basicamente fabricado de carbono. Existem resistores de quatro e cinco faixas, sendo que cada faixa apresenta uma cor. As cores representam as resistências do resistor. As três primeiras faixas servem para indicar o valor nominal de sua resistência e a última faixa, a porcentagem na qual a resistência pode variar seu valor nominal. Indicamos a, b, c para as três primeiras faixas respectivamente, e a última como T, sendo a taxa de tolerância. A equação para a saber a resistência do resistor é a seguinte:

$$R = (10a + b) * 10^c \pm T$$

Na tabela abaixo, é mostrado as cores com seus respectivos valores de resistência:

Preto	Marrom	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Cinza	Branco
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabela 1: Resistores: cores e seus respectivos valores.

6.13.2. CAPACITOR

Um capacitor é basicamente um componente elétrico que consegue armazenar energia. Com isso, ele tem como função, manter a corrente elétrica do circuito estável, amenizando algumas variações que possam danificar algum outro elemento desse circuito.

A propriedade que os capacitores tem de armazenar energia é denominado como capacitância. A sua capacidade de armazenar energia depende de alguns fatores como a área, a distância entre as placas e o material utilizado entre elas. A capacitância pode ser medida através da equação seguinte, sendo Q, a quantidade de carga, e V a diferença de potencial.

$$C = Q / V$$

6.13.3. REGULADOR DE TENSÃO

Todo sistema necessita de energia para seu funcionamento. A energia geralmente vem de uma fonte de alimentação, e esta energia deve ser estabilizada para então ser distribuída no circuito. Se essa energia sofresse mudanças, ou seja, sofresse picos de alteração, certamente o equipamento sofreria algum dano. Para isso, existe o regulador de tensão, que é um dispositivo elétrico com a finalidade manter a tensão de saída do circuito, sem que tenha alterações em seus níveis de tensão.

Existem diversos tipos de reguladores de tensão. O regulador LM7805 é um dos mais utilizados em sistemas embarcados, pois possui proteção contra altas temperaturas e curto-circuitos.

6.13.4. MICROCONTROLADOR

Microcontroladores são dispositivos eletrônicos designados para o controle de sistemas e aplicações que dispõem de pouco espaço e baixo custo e que podem ser programados para funções específicas.

Um microcontrolador é diferente de um processador, pois além dos componentes de um processador como os componentes lógicos e aritméticos, o microcontrolador integra componentes adicionais em sua estrutura interna, como memória de leitura e escrita, dispositivos de armazenamento de dados, conversores analógicos para digital, portas de comunicação, entre outros.

Existem diversos tipos de microcontroladores, dependendo do sistema que será integrado. Os microcontroladores mais comuns encontrados hoje em dia são os da AMCC, desenvolvidos pela IBM, os da Atmel, os da Intel e os da Microchip Technology que apresentam a família PIC. Segundo MORIMOTO (2007), dentre os microprocessadores mais utilizados até hoje estão o Z80 e o Motorola 68000, já para os dispositivos que necessitam de um alto desempenho de processamento estão os processadores ARM (*Acorn RISC Machine*), chips RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) de 32 bits.

6.13.5. MEMÓRIA

A memória tem com funcionalidade em um sistema, seja ele embarcado ou não, de guardar os dados, os quais serão utilizados na execução do programa. O que é mais levado em conta nas memórias, é a capacidade de armazenamento dos dados, que é medida em *bytes*, o tempo de latência, que é o tempo que a memória foi acionada para fazer algo até a conclusão desse pedido e se são voláteis ou não voláteis, ou seja, se os dados estarão armazenados mesmo sem energia ou somente com energia.

Existem diversos tipos de memórias que podem ser utilizadas em sistemas embarcados, como por exemplo a memória ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH, RAM.

- **ROM:** É uma memória somente para leitura dos dados, pois já vem programada de fábrica.
- **PROM:** É uma memória programada somente para leitura dos dados, e é programada pelo usuário uma única vez.
- **EPROM:** É uma memória onde pode ser gravada e regravada por meio de um equipamento que fornece as voltagens corretas dos pinos. Para apagar os dados deve iluminar o chip com raios ultravioletas. Não volátil
- **EEPROM:** É uma memória que pode ser gravada, regravada e apagada utilizando um equipamento que forneça as voltagens corretas em cada pino.
- **FLASH:** É uma variação do tipo EPROM. Pode ser gravada, regravada e apagada e é não volátil. Os dados podem ser modificados através de uma porta USB que fornecem 5v para alimentação.
- **RAM:** É uma memória volátil e que tem como funcionalidade carregar todo o programa antes da sua execução.,

6.14. CADEIRA DE RODAS

Uma cadeira de rodas é um equipamento muito importante para diversas pessoas que não conseguem se locomover sozinhas. Desde a Idade Média, as pessoas que se acidentavam ou que estavam doentes e que não conseguiam se locomover, eram carregadas nas costas por outras pessoas, ou até mesmo arrastadas. Com isso, as pessoas começaram a utilizar trenós e carrinhos de mão para movimentar essas pessoas. Após alguns anos, com o surgimento de novas tecnologias, as cadeiras de rodas passaram por diversas modificações e melhorias, trazendo então cadeiras elétricas motorizadas. Algumas mais sofisticadas tem a capacidade de subir escadas facilitando muito a movimentação de pessoas com deficiência física.

Segundo o Manual do Proprietário (FREEDOM), uma cadeira elétrica motorizada, apresenta dois motores de corrente contínua, com rotação reversível, 24 volts, com potência de 400W cada, que são acopladas à placas de sistema de redução de rotação de baixa manutenção.

7. PROTÓTIPO

O estudo realizado nesse projeto visa o desenvolvimento de um sistema para controlar uma cadeira de rodas através de sensores conectados à pele próximo aos olhos. Nesse sistema, basicamente, irá receber os sinais bioelétricos através dos sensores, condicioná-los, e então com esses sinais, realizar as movimentações da cadeira de rodas. A arquitetura do sistema está apresentada na figura 9.

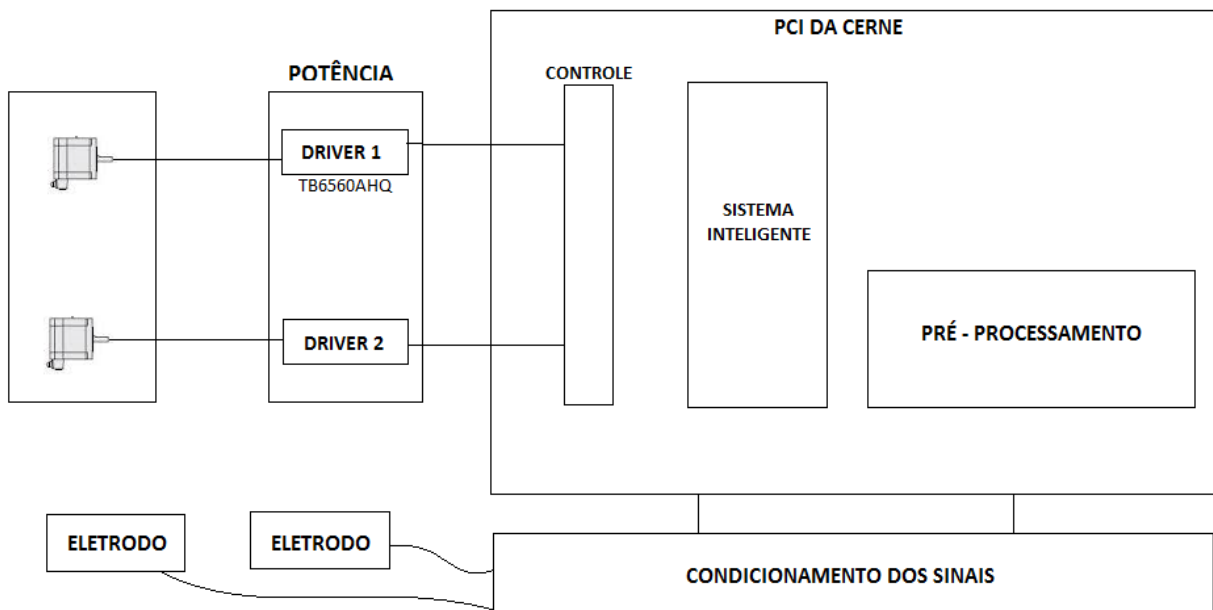


Figura 9: Arquitetura do protótipo.

Abaixo está detalhado cada uma das partes apresentadas na arquitetura proposta:

- **Condicionamento dos sinais:** A partir dos sinais recebidos dos eletrodos é realizado a amplificação desses sinais através do Amplificador de Instrumentação INA114. Como os sinais dos eletrodos são sinais que não são entendidos diretamente pelo sistema embarcado, é necessário então, a utilização de um amplificador de instrumentação para depois serem utilizados.
- **Pré-processamento:** Nessa etapa, os dados são preparados para serem utilizados posteriormente. Primeiramente, deve ser convertido os sinais recebidos do amplificador de analógico para digital, que pode ser feito por um ADC (*Analog/Digital Converter*). Após isso, esses dados são enviados para o sistema.

- **Sistema Inteligente:** Com os dados recebidos, e já convertidos para digital, entra em ação o sistema que irá movimentar a cadeira de rodas. Esse sistema utilizará conceitos de Inteligência Artificial para implementar as estratégias dos movimentos que podem ser realizados pela cadeira de rodas. A técnica de Inteligência Artificial que será utilizada é a de Kohonen, pois é baseada em auto-organização e apresenta características de aprendizado adaptativo do cérebro humano.
- **Potência:** O protótipo da cadeira de rodas terá dois motores de passo, mas para fazer com que esses motores funcionem, é necessário realizar um controle deles. Para isso, deve ser utilizados drivers para cada motor. O driver que realiza esse controle é o TB6560AHQ, e é fabricado pela Toshiba.
- **Controle:** Para que os drivers funcionem de maneira correta de acordo com as ações impostas pelo sistema inteligente, é necessário um meio de controle.
- **PCI da CERNE:** PCI é uma placa de circuito impresso, ou seja, uma placa que pode ser de fenolite, fibra de vidro, entre outros, que possuem em um ou nos dois lados a superfície coberta por uma película de cobre, prata, ouro, entre outros. Nessas placas são desenhadas pistas condutoras que representam o circuito onde serão colocados os componentes eletrônicos. Nessa PCI, contém o microcontrolador 18F4550, que possui características como 32 kW de memória de programa, 1536 bytes de memória de dados volátil, 31 pinos de entrada e saída e canais de conversão Analógico para digital com 10 bits cada. Na figura 10 é possível visualizar a placa

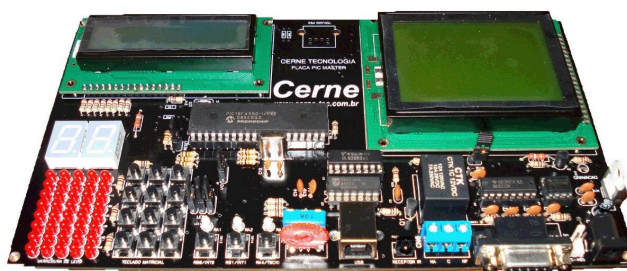


Figura 10: PCI da Cerne com microcontrolador PIC18F4550.

Fonte: CERNE.

Através dessa placa, será feito a conversão analógica para digital, e enviar esses sinais para o sistema que também estará integrado à placa. O controle dos drivers para a movimentação dos motores também serão feitos na placa.

8. METODOLOGIA

A primeira fase do trabalho de conclusão de curso será o estudo do comportamento dos Portadores de Necessidades Especiais através da leitura dos decreto-lei nº 3.298 (BRASIL, 1999). Será estudado paralelamente sobre a fisiologia do corpo humano através da leitura do livro Tratado de Fisiologia Médica (GUYTON, 1997). Em seguida, será feito um estudo sobre as técnicas de Inteligência Artificial através da leitura dos livros Inteligência Artificial Ferramentas e Teorias (BITTENCOURT, 2006) e Artificial Intelligence (LUGER, 2009). Com esse estudo irei fazer uma seleção da técnica de Inteligência Artificial que irá ser utilizado no sistema embarcado. Será realizado um estudo sobre eletrônica e robótica através dos materiais Sistemas Automáticos com Microcontroladores 8031/8051 (SICA, 2006), Entendendo Sistemas Embarcados (MORIMOTO, 2007), Protótipo de uma Interface Interativa para Portadores de Necessidades Especiais com o Computador Pessoal (PEDROTTI, 2010), paralelo a isso será feito um estudo sobre o comportamento de uma cadeira de rodas através do Manual do proprietário - Cadeiras de rodas motorizadas. Com esses estudos será construído o protótipo da cadeira de rodas.

Será pesquisado sobre os materiais eletrônicos que serão utilizados na construção do protótipo da cadeira de rodas, quais os custos, o que é cada componente e para que serve, será feito essa pesquisa através da procura em lojas que vendam esses componentes. Com esses valores calcularei o custo total desse sistema embarcado. Será também utilizado o Google Acadêmico para a pesquisa de conteúdos, sendo desde sobre os sinais biológicos, sobre o olho humano, até sobre a construção do protótipo.

A segunda fase do trabalho de conclusão de curso, será a procura de alguns hardwares comerciais para então, realizar uma comparação de custo versus benefícios entre o hardware que será utilizado na cadeira de rodas. Esses hardwares comerciais seriam hardwares livres, ou seja projetados e oferecidos da mesma forma que softwares livres, pois são de fácil procura e hardwares já bastante utilizados comercialmente.

Com essa pesquisa, irei verificar se esse sistema embarcado da cadeira de rodas terá um

custo baixo e com o desempenho adequado para a movimentação da cadeira de rodas feita por comandos que o usuário informará.

A terceira fase do trabalho será dividida em duas partes. A primeira parte irei fazer o estudo e o desenvolvimento do sistema de instrumentação, ou seja, como os sinais serão extraídos dos sensores e como serão instrumentados no sistema. A partir dessa instrumentação dos dados, será implementado os movimentos que o protótipo da cadeira de rodas irá realizar.

A segunda parte será o desenvolvimento do hardware para a movimentação dos motores da cadeira de rodas, ou seja, a construção do hardware que seja similar a uma cadeira de rodas motorizada e que seja capaz de realizar os movimentos requeridos.

Na quarta fase do trabalho, será feito então, a implementação da(s) técnica(s) de Inteligência Artificial. Nessa fase será importante saber quais as técnicas corretas a serem utilizadas no sistema, para que o sistema seja mais eficiente.

Com o hardware e o sistema desenvolvidos, então será feita a integração desse sistema, montando o sistema embarcado. Esse protótipo da cadeira de rodas deverá realizar todos os movimentos através dos sinais instrumentados no sistema. Com isso, será feito então uma análise do que foi proposto com o que foi desenvolvido, para então analisarmos o custo do projeto, o desempenho do sistema e se atendeu os requisitos propostos.

9. CRONOGRAMA

ATIVIDADES	MÊS					
	Set/2013	Out/2013	Nov/2013	Dez/2013	Jan/2014	Fev/2014
Término da Revisão Bibliográfica						
Pesquisa de materiais.						
Desenvolvimento do sistema de instrumentação.						
Desenvolvimento do hardware.						
Desenvolvimento do sistema.						
Revisão e considerações finais.						
Testes do projeto.						
Entrega do projeto.						

10. BIBLIOGRAFIA

- GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiologia Médica**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1997.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 3.298 de 20 de dezembro de 1999**. Brasília ,DF,1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3298.htm .Último acesso em 27 de junho de 2013.
- IBGE. **Amostra senso demográfico de 2010 de defecientes físicos**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=censodemog2010_defic. Último acesso em 27 de junho de 2013.
- BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial Ferramentas e Teorias**. UFSC, Florianópolis, 2006.
- LUGER, G. F. **Artificial Intelligence. Structures and Strategies for Complex Problem Solving**. University of New Mexico. USA, 2009.
- PADILHA, Adriano Sanick. **Controlador Neuro Fuzzy para Climatização em Aviário de frango de corte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de pós graduação de Engenharia Elétrica, 2000.
- SICA, Carlos. **Sistemas Automáticos com Microcontroladores 8031/8051**. Editora Novatec, 2006.
- ZELENOVSKY, R. MENDONÇA, A. **Arquitetura de Microcontroladores Modernos**. Disponível em: http://www.mzeditora.com.br/artigos/mic_modernos.htm. Acesso em 04 de Agosto de 2013.
- FREEDOM, Carbon. **Manual do proprietário - Cadeiras de rodas motorizadas**. Disponível em: http://www.freedom.ind.br/arquivos/produto/manual_br/cadeiras_motorizadas.pdf. Acesso em: 04 de Agosto de 2013.
- RAMOS, A. **Fisiologia da Visão - um estudo sobre o “ver” e o “enxergar”**. Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC, Rio de Janeiro, 2006.
- DR. VISÃO. **Conheça Olho**. 2006. Disponível em: <http://www.drvisao.com.br/conheca/O-Olho>. Acesso em: 20 de julho de 2013.

- FUENTES, Rodrigo C. **Apostila de Automação Industrial**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.
- PACKTER, L. **Neurociência. Elementos de Neurociência Farmacologia Psiquiatria**. 2005. Disponível em: <http://www.filosofiaadistancia.com.br/grava%C3%A7%C3%B5es%20agosto/Neuroci%C3%Aancias/Neuroci%C3%Aancia%20-%20apostila%20I.htm>. Acesso em 30 de julho de 2013.
- SANTOS, F. L. BEZERRA, R. M. S. NASCIMENTO, F. M. S. **Estudo de Redução do Consumo de Energia em Sistemas Embarcados de Tempo Real com Microcontroladores PIC**. Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica e Instituto Federal da Bahia. Salvador, 2011.
- ARDUÍNO. 2011. **Arduíno Projetos**. Disponível em: <http://www.arduino-projetos.com.br/>. Acesso em 30 de julho de 2013.
- CERNE. **PIC18f4550 com Display Gráfico com Touch Screen**. Disponível em: <http://www.cerne-tec.com.br/masterplus.htm>. Acesso em 30 de julho de 2013.
- PEDROTTI, L.A. **Protótipo de uma Interface Interativa para Portadores de Necessidades Especiais com o Computador Pessoal**. Monografia de Graduação. Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó, 2010.