

# SISTEMA EMBARCADO FUZZY PARA CONTROLE E MONITORAMENTO

ILAIM COSTA JUNIOR

*Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Juiz de Fora*  
*E-mail: ilaim.costa@ufjf.edu.br*

JOÃO PAULO CATTANI

*Pontifícia Universidade Católica do Paraná*  
*E-mails: jp\_cattani@ig.com.br*

**Abstract**— This paper presents a fuzzy embed system project for control and monitoring. For this will be present the foundations, terminologies and the main architectures of fuzzy controllers, as well as the operation of micro-controllers, making possible the application of this technology in the development of a Fuzzy Embedded Intelligent System for control and monitoring of a incubator, where it's effectiveness can be verified in the charge balance in control and monitoring applications.

**Keywords**— Fuzzy Systems, Embebed Systems, Intelligent Systems

**Resumo**— Este artigo apresenta o projeto de um sistema embarcado fuzzy para controle e monitoramento. Para isso são apresentados os fundamentos, terminologias das principais arquiteturas de Controladores fuzzy, bem como o funcionamento dos Microcontroladores, possibilitando a aplicação desta tecnologia no desenvolvimento de um Sistema Inteligente Fuzzy embarcado para controle e monitoramento de uma chocadeira. Com isso poderá ser constatada a eficácia dos controladores fuzzy no balançamento de carga em aplicações de controle e monitoramento.

**Palavras-chave**— Sistemas Fuzzy, Sistemas Embarcados, Sistemas Inteligentes

## 1 Introdução

A Lógica Fuzzy tem como objetivo criar um sistema que permite representar conhecimentos complexos, incertos, contraditórios e incompletos de uma maneira matemática e lógica (Campos, 2004). Em meados dos anos 80, a Lógica Fuzzy foi utilizada para projetar controladores fuzzy. A partir daí houve um grande progresso da área, com aplicações em controle do funcionamento automático de trens, controle de processos petroquímicos, controle de centrais termo-nucleares, dentre outros (Campos, 2004). Com base no desenvolvimento destas aplicações foi possível a criação de sistemas baseados em regras utilizando variáveis lingüísticas para atuarem nos controladores (Uniube, 2004).

As Expressões Lingüísticas são típicas da natureza humana para tomar decisões, como por exemplo, “está muito rápido então diminuir a velocidade”. Assim, sistemas inteligentes fuzzy são sistemas baseados em conhecimento onde, um especialista humano cria uma base de conhecimento na forma de Expressões Lingüísticas.

Neste contexto, os modelos baseados na Lógica Fuzzy tentam modelar diretamente como o controle de determinado processo poderia ser solucionado por um ser humano. Estes Sistemas Inteligentes para controle de processos, surgiram da observação de que um ser humano é capaz de controlar sistemas complexos, de uma maneira satisfatória e

respeitando objetivos muitas vezes contraditórios, com apenas um modelo qualitativo, experimental e adaptativo do sistema.

Neste trabalho são investigados os fundamentos, terminologias e arquiteturas de Sistemas Inteligentes Embarcados baseados na Lógica Fuzzy bem como o funcionamento dos Microcontroladores. No final é apresentada a aplicação desta tecnologia no desenvolvimento de um Sistema Inteligente Embarcado Fuzzy para controle e monitoramento de uma chocadeira, onde é constatada a sua eficácia no controle e monitoramento.

## 2 Justificativa

Na incubação de ovos a temperatura é o principal fator que estimula a multiplicação celular do embrião, ou seja, o desenvolvimento do embrião. Nesse sentido melhorar a precisão da temperatura pode melhorar as taxas de eclosão de ovos. Atualmente, a maioria dos controladores de temperatura de chocadeiras é feita por meio de termostatos de boa precisão, contudo, estes mecanismos não possuem nenhum controle da potência dissipada nas resistências das chocadeiras, assim cada vez que um termostato aciona uma resistência, esta começa a funcionar com a potência máxima.

As grandezas provenientes do domínio do mundo real, captadas por sensores, dispositivos computadorizados ou mesmo provenientes de outros segmentos do processo de controle geralmente são incertas ou contraditórias (FAGUN-

DES, 2004). A Lógica Fuzzy permite a criação de sistemas sem modelos matemáticos complexos, isto porque os Sistemas *Fuzzy* utilizam termos lingüísticos e podem utilizar o conhecimento de especialistas. Nesse sentido, pode-se ter uma maior aproximação do pensamento do especialista melhorando a forma de controle e monitoramento de uma chocadeira, fazendo com que a intervenção humana seja diminuída drasticamente e a temperatura permaneça estável através do balanceamento de carga, onde será utilizada apenas a carga necessária para manter a chocadeira na temperatura desejada, sem ocorrer variações. Assim tem-se um menor gasto de energia e melhores condições de incubação dos ovos, objetivando uma melhor produção a um custo reduzido onde estes podem ser obtidos de forma mais viável e competitiva. Nesse sentido este trabalho tem como justificativas:

- Uma melhor distribuição de carga nas resistências de aquecimento da chocadeira;
- Maior precisão e estabilidade da temperatura de incubação;
- Representação do conhecimento de um especialista através de regras de inferência;
- Aumento da porcentagem de eclosão;
- Redução da intervenção humana no sistema.

### 3 Ambiente de Incubação

A incubação artificial de ovos é o processo onde as condições naturais de incubação de ovos são simuladas por mecanismos de controle chamadas incubadoras ou chocadeiras. Uma chocadeira mantém a temperatura e umidade constantes necessárias para a eclosão dos ovos. O equipamento também faz a virada automática dos ovos, que na natureza é realizada naturalmente pelas fêmeas. Para a incubação bem sucedida de ovos as condições mencionadas anteriormente devem ser realizados com grande precisão, onde segundo o manual de uso manutenção e reposição de chocadeiras da (PREMIUM ECOLOGICA LTDA, 2004) deve-se observar:

**Temperatura:** O controle da temperatura de incubação é um fator crítico para determinar o sucesso de uma ninhada. A maioria das aves possui uma temperatura de incubação entre 37,5 e 38,0°C, podendo sofrer variações entre  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  não causando nenhum dano ao processo de incubação.

**Umidade:** O controle de umidade é muito importante para a incubação de ovos, pois é por meio dela que o metabolismo de cálcio e o desenvolvimento do embrião são regulados adequadamente. O padrão ideal de umidade relativa para o período de incubação da maioria das aves é de 50 a 60% e no período de nascimento (três últimos dias) é de 65 a 70%.

**Virada dos ovos:** A virada dos ovos deve ser feita no mínimo 3 vezes ao dia, para que o embrião

fique na posição adequada e para que o embrião não nasça grudado na casca.

A Tabela 1 descreve detalhadamente o ambiente de incubação para diversos tipos de aves.

Tabela1. Tabela Operacional de Incubação de Aves

	Período de incubação (dias)	Temperatura de Incubação (°C)	Umidade Relativa (Termômetro Úmido)	Temperatura de eclosão nos três últimos dias (°C)	Umidade na eclosão nos três últimos dias (Termômetro Úmido)
Galinha	21	37,7	28,0 a 30,0	37,8	30,0 a 32,0
Codorna	17	37,8	29,0 a 31,0	37,8	31,0 a 33,0
Ganso	28/34	37,6	33,0 a 34,0	37,8	35,0 a 36,0
Pavão/Peru	28	37,6	28,0 a 30,0	37,8	30,0 a 31,0
Angola	28	37,8	28,0 a 31,0	37,8	32,0 a 34,0
Pato/Marrecó	28/30	37,6	31,0 a 32,0	37,8	32,0 a 34,0
Faisão	23/28	37,8	28,0 a 31,8	37,8	30,0 a 32,0
Perdiz Brasil	19/21	37,7	29,0 a 31,0	37,8	31,0 a 33,0
Perdiz Chukar	23/24	37,8	28,0 a 31,0	37,8	31,0 a 33,0
Ema	35/42	36,0	28,0 a 30,0	36,5	31,0 a 33,0
Mutum	30	37,7	28,0 a 30,0	37,8	31,0 a 32,0
Pombo	17	37,8	28,0 a 30,0	37,8	30,0 a 32,0
Macucu	18	37,7	28,0 a 30,0	37,8	30,0 a 32,0
Avestruz	35/42	36,0	25,0 a 27,0	36,0	28,0 a 30,0

### 3.1 Chocadeiras Automatizadas

Atualmente, existem muitos modelos, preços e tamanhos de chocadeiras comerciais onde o controle de temperatura na grande maioria é feito através de termostatos. Nas chocadeiras são utilizados termostatos de alta precisão para que a temperatura não fique fora das condições normais de desenvolvimento dos embriões.

As chocadeiras comerciais são compostas por um ambiente com isolamento térmico, geralmente madeira ou isopor, uma resistência elétrica para o aquecimento, um termostato, um controlador de umidade e um mecanismo de virada dos ovos.

## 4 Controle Baseado em Lógica Fuzzy

Através de uma base de conhecimentos, é possível criar um controle baseado na Lógica Fuzzy, onde segundo (Campos, 2004), não é necessário a utilização de modelos analíticos completos do sistema, pois permite generalizar e inferir dentro do universo de referência de cada variável de controle. (Tourino, 2000), divide a estrutura de um controlador fuzzy em quatro blocos funcionais principais:

- Interface de *fuzzyficação*: a interface de *fuzzyficação* converte sinais de entrada em valores fuzzy, através das funções de pertinência contidas na base de conhecimento;
- Base de conhecimento: são todas as funções de pertinências e base de regras definidas por um especialista;
- Regras de inferência: através de relações as regras de inferência determinam as relações entre os conjuntos *antecessores* e *conseqüentes*;
- Interface de *defuzzyficação*: a interface de *defuzzyficação* converte a saída fuzzy obtida de um sistema e converte em um valor discreto para uma ação de controle.

A Figura 2 abaixo descreve os blocos funcionais e o funcionamento de um controlador fuzzy.

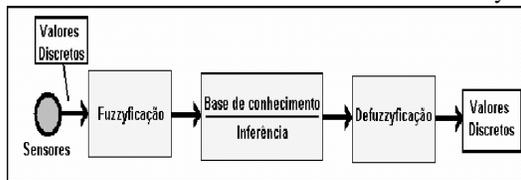


Figura 2. Funcionamento de um Controlador Fuzzy

Através de controladores fuzzy é possível reduzir o tempo de desenvolvimento de controladores para um sistema complexo. Isto porque as regras de um controlador fuzzy nascem da experiência de especialistas ao invés de modelos matemáticos. Assim os controladores fuzzy podem controlar e operar automaticamente processos complexos, não-lineares e com multivariáveis.

## 5 Implementação de um Controlador Fuzzy para Controle da Temperatura de Chocadeira

Para o desenvolvimento do controlador foi utilizada uma placa controladora que realiza o processamento lógico dos dados; foi projetada uma placa de acionamento das resistências e uma placa transdutora; e também foi projetada uma chocadeira caseira em uma caixa de isopor onde esta será o ambiente de incubação. A Figura 3 mostra como é a ligação das placas no sistema de controle da temperatura da chocadeira. A placa transdutora através de um sensor faz a leitura da temperatura dentro da chocadeira convertendo a temperatura em sinais elétricos analógicos, a placa controladora converte esses sinais analógicos em sinais digitais para que se possa processar esse valor. Após o processamento dos dados é enviado um sinal de controle para a placa de acionamento das resistências que controla a potência dissipada nas resistências.

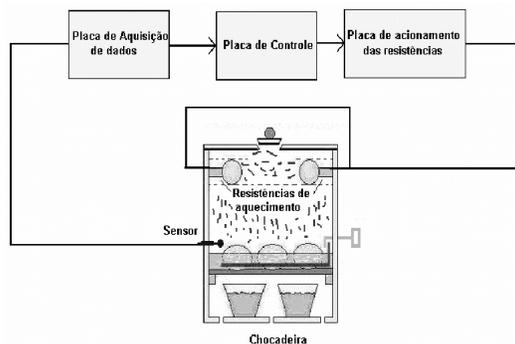


Figura 3. Sistema da Chocadeira

### 5.1 Dados Técnicos da Chocadeira

Os componentes utilizados para a montagem da chocadeira foram:

- Caixa de Isopor com 29 cm (largura) x 45 cm (comprimento) x 40 cm (altura) com uma tampa na

parte superior de 3 cm x 3cm e 12 furos com 1cm de diâmetro na parte inferior;

- Bandeja para colocação dos ovos deve ter 25 cm x 35 cm e ser posicionada a 9cm de altura dentro da caixa;
- Grade para rolagem dos ovos de 22 cm x 27 cm;
- Bocais de lâmpadas com lâmpadas 220Volts 60W;
- Recipiente para água e 16 cm x 22 cm x 6 cm;
- Visor de vidro.

Como dito foi projetada uma placa de acionamento das resistências, que consiste em um circuito que amplifica os sinais provenientes da placa de controle possibilitando o controle da potencia dissipada nas resistências de aquecimento da chocadeira.

O acionamento das resistências de aquecimento foi feita por meio de um circuito chaveador que responde ao sinal de entrada. Quando a entrada possui tensão positiva o circuito aciona as resistências de aquecimento, ou seja, o circuito de acionamento amplifica o sinal de entrada. Os transistores de acionamento foram os *TIP48* que suportam tensões de até 400V e cargas de até 60Watts. Como foram utilizadas 2 lâmpadas de 220V e 60W estas possuem resistência de 807 Ohms, como a tensão aplicada no coletor do transistor é de +180Volts, cada lâmpada dissipa de 0 a até aproximadamente 40W. Nesse sentido foi necessária a duplicação da etapa de disparo.

Como a tensão utilizada é alta, esta pode danificar os componentes da placa de controle. Assim foi necessário uma etapa para isolar o circuito chaveador do circuito controlador. Para isso foi utilizado de um optoacoplador que isola tensões superiores a 1000Volts.

### 5.2 Placa de Controle

A placa de controle é a etapa responsável pela lógica do sistema, onde os sinais analógicos provenientes da placa de aquisição de dados são convertidos em valores digitais que são processados. Após o processamento das informações é enviado um sinal de controle para a placa de acionamento das resistências. A placa de controle utilizada no projeto do controlador é uma placa de desenvolvimento da *Mosaico Engenharia Ltda* modelo *McLab 2*. Esta possui um microcontrolador *PIC16F877A* como objeto central.

A placa de desenvolvimento *McLab2* possibilita a gravação de software no próprio circuito e possui muitos recursos para o desenvolvimento de protótipos, pois oferece diversos recursos como:

LCD alfanumérico, *Displays* de leds de 7 segmentos, Teclas e leds, *Buzzer*, Memória serial EEPROM 24C04 (protocolo I<sup>2</sup>C), Comunicação serial RS232, Conversão A/D, Sensor de temperatura, Aquecedor, Ventilador, Tacômetro, Leitura de *jumpers*, Conector de expansão contendo 15 I/O, Botão

de *reset* manual, Gravação *in-circuit* compatível como gravador McFlash.

O objeto central da McLab2 é o microcontrolador PIC 16F877A, onde toda a lógica do controlador será programada. O PIC 16F877A possui:

8K de memória de programa, 368 bytes de memória de dados volátil (RAM), 256 bytes de memória de dados não volátil (E<sup>2</sup>PROM), 14 interrupções, 33 I/O's, 3 *timers* (2 de 8 bits, 1 de 16 bits), 2 *Capture/Compare/PWM*, 8 canais de conversão A/D com 10 bits cada.

### 5.3 Projeto do Controlador Fuzzy

Por possuir bom grau de precisão, para o controlador de temperatura será projetado um controlador PI-Fuzzy.

Para o controlador de temperatura PI-Fuzzy foram especificados 4 valores lingüísticos para o erro  $E(n)$  e 3 valores lingüísticos para a variação do erro  $\Delta E(n)$  e 5 valores lingüísticos para a variação de saída do sistema. As entradas  $E(n)$  e  $\Delta E(n)$  formam 12 possibilidades de combinações, ou seja, regras de controle. Para a saída do sistema foi considerado a variável  $P$  com 7 valores lingüísticos que representa a variação da potência dissipada nas resistências do controlador. As variáveis *fuzzy* de entrada e saída do controlador ficariam na seguinte forma:

$E$ : {GN, N, Z, P},  $\Delta E$ : { N, Z, P } e  $P$ : {GN,N,PN,Z,PP,P,GP}, onde:

GN = Grande Negativo, N = Negativo, PN = Pequeno Negativo, Z = Zero, PP = Pequeno Positivo, P = Positivo, GP = Grande Positivo.

Para uma melhor visualização do sistema, foi utilizada a ferramenta *Fuzzy Logic Tool Box* do software *MATLAB*.

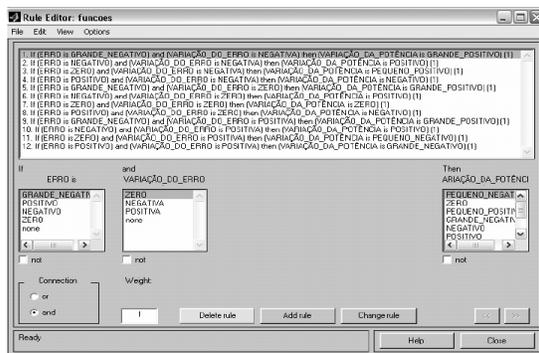


Figura 4. Base de Regras do Controlador PI-Fuzzy

Utilizando o auxílio da mesma ferramenta foi desenvolvida uma base de regras para o controlador onde é representada a resposta de controle do sistema. Essas regras são desenvolvidas utilizando o conhecimento empírico, podendo ser de um especialista na área. A Figura 4, nos mostra a base de regras do controlador. Pode-se perceber que as regras formam uma matriz tridimensional, assim podemos vi-

sualizar as regras do sistema em um gráfico 3D como mostra a figura 5.

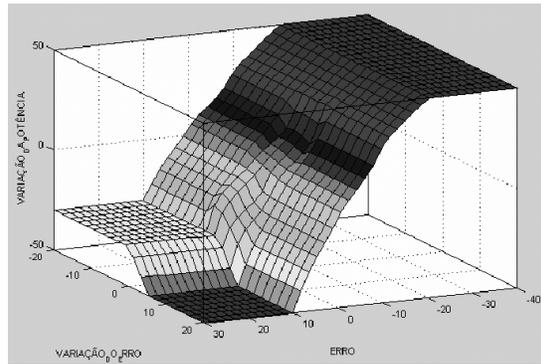


Figura 5. Gráfico das Regras de Controle

Na definição da regra composicional de inferência para o controlador em questão, foi optada pela composição mais comumente utilizada em sistemas de controle, a composição *max-min* definida pela equação 1:

$$\mu_B(u) = \max \{ \min[\mu_A(u), R(u, v)] \}$$

Equação 1

Com a etapa de inferência chega-se a um vetor *fuzzy* de controle, este deve ser convertido em valores discretos através de uma etapa de *defuzzificação* para que seja enviado um sinal de controle para o hardware que controla a temperatura.

O método de *defuzzificação* optado foi o Centro da Área, pois segundo (Shaw, 1999), é o melhor método para sistemas de controle em malha fechada. O método de *defuzzificação* é definido pela equação2:

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i \mu_s(u_i)}{\sum_{i=1}^N \mu_s(u_i)}$$

Equação 2

### 5.4 Software

O Software de controle contém toda a lógica do controlador. Este é embarcado no microcontrolador *PIC* da placa *McLab2*. Para realizar a gravação do programa no microcontrolador, foi utilizado uma placa de gravação *McFlash* da *Mosaico Engenharia Inc*, juntamente com o ambiente de desenvolvimento *MPLAB* da *Microchip*. Normalmente os microcontroladores são programados utilizando a linguagem *Assembly*, porém devido a portabilidade, e a possibilidade de dividir os programas em módulos a lingua-

gem escolhida para a programação do controlador foi a linguagem C. Após a codificação em C, o código é compilado através do Compilador PCW da CCS, este gera um arquivo.HEX que através do ambiente integrado MPLAB é gravado no microcontrolador PIC da placa de controle.

### 5.5 Microcontrolador PIC

Um microcontrolador é um componente que possui todos os periféricos dos microprocessadores comuns embutidos em uma só pastilha, ou seja, costumam apresentar em uma única pastilha memórias de dados e programa, canal serial, temporizadores, interfaces para displays, memória EPROM, PWM, entre outros, facilitando assim o desenvolvimento pequenos sistemas.

Os microcontroladores PIC utilizam a arquitetura Harvard onde a memória de dados está separada da memória de programa, possibilitando uma maior fluência de dados através da CPU e uma maior velocidade de execução em relação a arquitetura de Von Neumann dos microcontroladores tradicionais (SILVESTRE, 2003).

Segundo (Matic, 2005), na arquitetura Harvard a separação da memória de dados da memória de programa, faz com que as instruções possam ser representadas por palavras de mais que 8 bits. O PIC16F877A, usa 14 bits para cada instrução, o que permite que todas as instruções ocupem uma só palavra de instrução.

Os microcontroladores com a arquitetura Harvard, também são conhecidos como microcontroladores RISC. Estes possuem um conjunto reduzido de instruções. Os microcontroladores PIC possuem 35 instruções enquanto que alguns microcontroladores CISC possuem até mais de 100 instruções.

## 6 Testes

Foram projetadas 2 chocadeiras idênticas onde foram implantados um controlador fuzzy e um controlador convencional regulados para manter a temperatura em 37,5°C. Com isso foi realizado diversos testes comparativos entre os controladores.

O teste da variação da temperatura é um teste que mede a capacidade da chocadeira de manter a temperatura constante. Para a realização deste teste foi necessário esperar estabilizar a temperatura das chocadeiras. Após a estabilização da temperatura das chocadeiras, foram monitoradas as temperaturas das chocadeiras ao longo de 1 hora, isto com um tempo de amostragem de 1 min. As Figuras 6 e 7 mostram os gráficos da variação da temperatura ao longo de 1 hora dos controladores fuzzy e convencional.

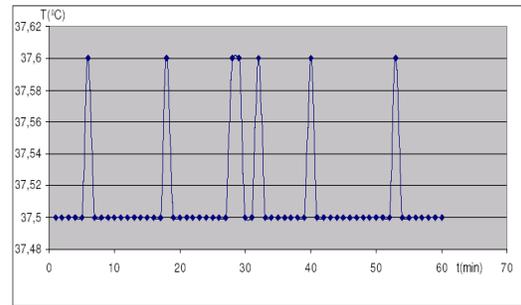


Figura 6 Chocadeira com Controlador Fuzzy

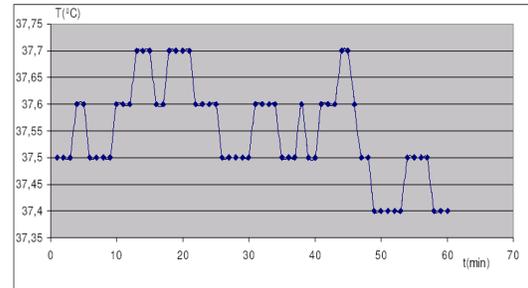


Figura 7 Chocadeira com Controlador Convencional

Para uma amostragem mais significativa foram escolhidos ovos de codorna para os testes de incubação, onde foram colocados 40 ovos em cada chocadeira e estes foram chocados durante um período de 16-17 dias à temperatura de 37,5°C.

Com a continuidade das medições constatou-se, após 24 horas, que o controlador fuzzy teve valor máximo de 37,6°C e mínimo de 37,4°C e o controlador convencional teve máximo de 38,0°C e mínimo de 37,3°C.

Tabela 2. Resultados da Experiência

Controlador da Temperatura	PI-Fuzzy	Convencional
<i>Ecloração Completa</i>	25	19
<i>Ecloração não Completa</i>	3	2
<i>Ovos Não-Fecundados</i>	6	13
<i>Embrões Mortos</i>	6	6

Ao décimo sexto dia, começou o processo de ecloração dos ovos, este processo durou até o décimo oitavo dia de incubação. As tabelas 2 e 3 mostram os resultados obtidos na experiência.

Tabela 3. Taxa de Eclosão da Experiência

Taxa de Eclosão	PI-Fuzzy	Convencional
Entre os Ovos	62,5%	47,5%
Entre os Ovos Fecundados	73,5%	70,3%
Entre todos os Ovos e Considerando os Ovos que os filhotes não conseguiram sair da casca	70%	52,5%
Entre os Ovos fecundados e Considerando os Ovos que os filhotes não conseguiram sair da casca	82,3%	77,8%

## 7 Conclusões

Nas experiências realizadas constatou-se a eficiência do controlador fuzzy em estabilizar a temperatura, uma vez que a mesma foi mantida em torno dos 37,5°C. Nas experiências realizadas a chocadeira com controlador *fuzzy* teve pequenas variações de  $\pm 0,1^\circ$  contra variações de  $-0,2$  e  $+0,5^\circ\text{C}$  do controlador convencional.

Para uma melhor comparação, foi verificado que para pequenos criadores as taxas de eclosão a serem consideradas são de 82,3% para a chocadeira com o controlador fuzzy e 77,8% para a convencional, isto devido a possibilidade dos criadores ajudarem a eclosão de filhotes que não conseguem quebrar a casca. Para os grandes criadores as taxas de eclosão a serem consideradas são de 73,5% para a chocadeira com o controlador fuzzy e 70,3% para a convencional. Segundo (Suzuki, 2005), taxas de eclosão próximas a 80% são consideradas excelentes taxas de eclosão. O Controlador fuzzy teve um acréscimo na porcentagem de eclosão dos ovos provando ter a capacidade de melhorar as taxas de eclosão, contudo várias medidas deverão ser efetuadas para confirmação da melhora de eclosão.

Levando em consideração todas as experiências realizadas constatou-se que se as regras de controle fuzzy forem bem definidas, os controladores fuzzy tornam-se muito robustos em relação aos controladores convencionais, pois respondem melhor aos diversos distúrbios de um sistema. Dessa forma pode-se constatar as seguintes vantagens dos controladores fuzzy: uma melhor distribuição de carga nas resistências de aquecimento da chocadeira, onde somente a energia necessária para manutenção da temperatura foi utilizada; maior precisão e estabilidade da temperatura de incubação; melhor resposta a distúrbios do sistema; controle baseado em regras de inferência; melhor porcentagem de eclosão; redução da intervenção humana no sistema.

## Referências Bibliográficas

- Campos, M. M. et al.(2004) *Sistemas Inteligentes em Controle e Automação de Processos*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.
- Uniube.(2004) *Curso de Especialização Profissional em Automação de Processos Industriais*. Dispo-

nível em: < <http://www.uniube.br/institucional/proneitoria/propep/especializacao/automacao.php>>. Acesso em: 18 ago. 2004.

Fagundes, J. C. S.(2004) “*Uso Inteligente da Energia*”. Disponível em: < <http://www.guiafloripa.com.br/energia/entrevistas/fagundes.php> >. Acesso em: 30 ago, 2004.

BARRETO, Lívia Menna & ORGEL, Marco & TERRES, Michele. “*Sistema de Apoio à Decisão Lógica Fuzzy*”(2003).

GSI-Grupo de Sistemas Inteligentes. “*Lógica Difusa*”.Disponíveem:[[http://www.din.uem.br/ia/controlole/fuz\\_prin.htm](http://www.din.uem.br/ia/controlole/fuz_prin.htm)] acesso em setembro de 2004.

BITTENCOURT, Guilherme. “*Inteligência Computacional*”. Disponível on-line: [<http://www.das.ufsc.br/gia/softcomp/softcomp.html>] acesso em: outubro de 2004.

Müller, Daniel Nehme. “*Notas Sobre Lógica Fuzzy*”.Disponívelem:[<http://www.ulbra.tche.br/~danielnm/>] acesso: outubro de 2004.

Tanscheit, Ricardo. “*Lógica Fuzzy*”. Disponível on-line [<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/>] acesso: outubro de 2004.

SHAW, Ian S. & SIMÕES, Marcelo Godoy. “*Controle e Modelagem Fuzzy*”. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999.

SILVESTRE, César Augusto Pereira. “*Controle Inteligente da Qualidade da Água para Tanques de Água Doce*”, 2003.

Tourino, Sérgio Roberto Gonsalves. “*Guiagem do Robô Móvel XR4000 para Inspeção via Internet de Tubulações Industriais Soldadas*”.(2000) Disponível on-line: [<http://www.graco.unb.br/~tourino/xr4000f>] acesso: novembro de 2004.

Premiun Ecológica LTDA **Manual de uso Manutenção e Reposição de Chocadeiras e Acessórios**. Belo Horizonte-MG, Brasil, 2004.

SUZUKI, Décio. **Salvação dos filhotes**. Disponível on-line: <[http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=8908&tipo\\_tabela=produtos&categoria=codorna](http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=8908&tipo_tabela=produtos&categoria=codorna)> acesso: junho de 2005.

MATIC, Nebojsa. **Microcontroladores PIC**. Disponível em: < <http://www.mikroelektronika.co.yu/portuguese/product/books/picbook/00.htm> >. acesso: junho de 2005.