

# SISTEMA FUZZY PARA A INDICAÇÃO DA QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL NO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS

Antônio Eudson Costa Cabó<sup>1</sup>, Rommel Wladimir de Lima<sup>2</sup>, Dannel Cavalcante Lopes<sup>3</sup>, Emerson de Andrade Lima.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, *Campus* Limoeiro do Norte, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Mossoró, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, Brasil.  
{antonioeuc, rommel.lima, emersondeandradelima}@gmail.com  
daniel@ufersa.edu.br

**Resumo.** Sistemas inteligentes possuem a capacidade de tomar decisões de forma autônoma. No meio industrial, eles podem: aumentar a produtividade e a eficiência de seus processos. Dessa forma, este trabalho de pesquisa elaborou um sistema fuzzy para indicar a quantidade correta de combustível a ser adicionada durante o processo de sinterização em fornos da indústria de cerâmica vermelha, em função do monitoramento da temperatura interna. O sistema inteligente deste trabalho foi desenvolvido, testado e ajustado inicialmente em um simulador e depois em um forno de uma microempresa do setor cerâmico, onde ele provou ser capaz de tornar o processo de sinterização mais eficiente, elevando a qualidade de seus produtos.

**Palavras-chave:** Fuzzy, microcontrolador, cerâmica, forno.

## 1 Introdução

Segundo Baltzan e Phillips (2012) [1], os sistemas de Inteligência Artificial (IA) podem entender informações ambíguas ou contraditórias e até raciocinar para resolver problemas e tomar decisões de maneira eficaz, dessa forma, eles podem aumentar a produtividade industrial através do monitoramento de equipamentos e sensores e agir no ambiente, no qual está inserido, através de atuadores.

De acordo com Rezende (2005) [2], os sistemas inteligentes podem ser desenvolvidos segundo algumas técnicas e metodologias, podendo ser implementadas isoladamente ou em conjunto para melhorar a sua eficiência, entre essas técnicas, estão: aquisição de conhecimento, aprendizado de máquina, redes neurais, lógica fuzzy, computação evolutiva, agentes e multiagentes.

Dessa forma, esse trabalho de pesquisa elaborou um sistema fuzzy para ser utilizado para indicar a quantidade de combustível a ser adicionada, durante o processo de sinterização dos produtos cerâmicos, em fornos da indústria de cerâmica vermelha.

O sistema fuzzy foi inserido em um algoritmo juntamente com multiagentes. Para executar o programa foi adotada a plataforma Arduino.

Segundo Arduino (2013) [3], arduino é uma plataforma livre de prototipagem eletrônica baseada em software (programa) e hardware (arquitetura), além de estar aberta ao uso e contribuição de toda sociedade, essa plataforma pode perceber o ambiente ao seu redor através de sensores e atuar sobre ele por meio de atuadores.

De acordo com Fonseca e La Vega (2011) [4], o conceito do arduino surgiu na Itália, em 2005, com o objetivo de criar um dispositivo para controlar projetos e protótipos construídos de uma forma menos onerosa do que outros sistemas disponíveis no mercado.

Com base no que foi discutido, o propósito geral deste trabalho de pesquisa é tornar o processo de sinterização das indústrias de cerâmica vermelha mais eficiente, por meio da utilização de um sistema microcontrolado inteligente, destinado a conduzir o processo de fabricação em seus fornos com o objetivo de melhorar a qualidade de seus produtos.

Na indústria de cerâmica vermelha, o produto cerâmico é produzido por meio da sinterização. Segundo Rezende (2004) [5], nesse processo as partículas formadoras da argila são misturadas, compactadas e aquecidas a uma temperatura próxima ao seu ponto de fusão, após o seu resfriamento o material resultante obtém uma forte aderência entre si.

É na sinterização que está a maior importância, porque é onde o produto cerâmico recebe suas qualidades comerciais.

A indústria de cerâmica vermelha contribui de forma significativa com o avanço socioeconômico do país. De acordo com os dados oficiais da Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2015) [6], existem aproximadamente 6.903 cerâmicas e olarias no Brasil, sendo responsáveis por 293 mil empregos diretos, 900 mil indiretos e gerando um faturamento anual de 18 bilhões de reais abrangendo cerca de 4,8% do faturamento da indústria de construção civil.

Mesmo com tantas contribuições, uma parcela das microempresas desse setor industrial enfrenta sérios problemas. Entre eles, está a carência de mão de obra especializada e o baixo nível tecnológico de seus processos de fabricação.

O sistema fuzzy, juntamente com os multiagentes e a plataforma arduino, pode contribuir com os itens citados, por meio da comunicação com os funcionários responsáveis pela sinterização ou queima dos artefatos cerâmicos, para uma produção mais eficiente.

No decorrer da pesquisa foi realizado um levantamento sobre trabalhos relacionados com o estudo proposto. Dessa forma, foram encontrados os citados a seguir:

- Trindade Filho et al. (2010) [7], implantou um sistema para o monitoramento da temperatura em fornos da indústria cerâmica, o que proporcionou uma constância na produção, consequência da caracterização do material e do monitoramento da temperatura interna do forno.
- O sistema apresentado por Trindade Filho et al. (2010) [7], pode medir e dispor os valores das temperaturas em diferentes pontos do forno durante o processo de sinterização.

- O Sustainable Carbon Climate Solutions (SCCS, 2014) [8] confirma a necessidade exposta por Trindade Filho et al. (2010) [7], de monitorar a temperatura em fornos de cerâmica vermelha e apresenta um sistema constituído de sensores, que proporciona um acompanhamento digital através de gráficos.
- O sistema exposto pelo (SCCS, 2014) [8], possui sensores que são instalados em cada forno e os dados são enviados a um computador, que possui um *software* capaz de convertê-los em gráficos, facilitando o acompanhamento da queima dentro de cada forno, individualmente ou em conjunto.
- O sistema microcontrolado constituído pela plataforma arduino, multiagentes e o sistema fuzzy difere dos equipamentos anteriores, porque além de realizar as leituras dos sensores e dispor os valores da temperatura, ele é capaz de informar a quantidade de combustível a ser adicionada na câmara de combustão de um forno em uma indústria de cerâmica vermelha. O sistema fuzzy foi elaborado a partir do conhecimento de especialistas neste segmento do setor industrial.

## 2 Arquitetura do Sistema Microcontrolado

Para o funcionamento do algoritmo com o sistema fuzzy e os multiagentes foi utilizado um Sistema Microcontrolado composto por dois sensores de temperatura (termopares), para medir a temperatura nas partes superior e inferior do interior do forno, dois Circuitos Integrados (CI) Max31855K, com a função de fazer a interface entre os sensores e o microcontrolador do arduino, uma placa Arduino Mega2560, responsável por processar os dados e convertê-los em informações, uma placa com cartão SD para armazenar os valores das temperaturas coletadas pelos sensores e um visor de LCD (*Liquid Crystal Display*) para informar os valores. A Figura 1 mostra o diagrama de blocos do sistema microcontrolado.

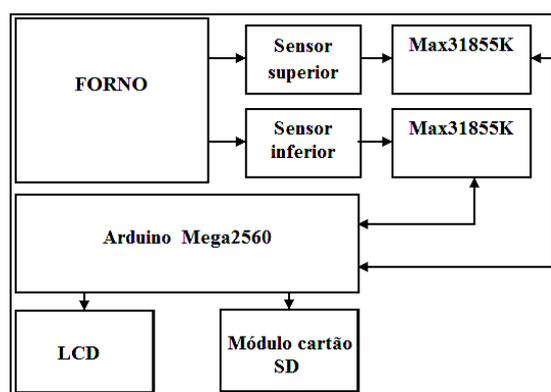


Fig. 1. Diagrama de blocos do SM.

### 3 Lógica Fuzzy

De acordo com Simões e Shaw (2007) [9] a lógica fuzzy foi desenvolvida com base na necessidade de se obter um método capaz de expressar de maneira sistemática quantidades imprecisas. Ainda de acordo com Simões e Shaw (2007) [9] os controladores industriais elaborados a partir da lógica fuzzy, podem incorporar conhecimento experimental de operadores humanos já treinados, tornando a sua ação de controle tão boa quanto a deles (em geral melhor) e de forma consistente.

#### 3.1 Relação de Pertinência

Segundo Artero (2008) [10], na lógica Fuzzy, a relação entre um conjunto universo  $U$  e um subconjunto nebuloso  $A$  é definida por uma função de pertinência que associa a cada elemento de  $A$  um grau de pertinência entre 0 e 1, dessa forma, podem ser atribuídos infinitos valores ao subconjunto, ao invés de pertence ou não, sendo a função  $f(x) = 0.7$ , significa que  $x$  pertence a  $A$  com 70% de certeza.

#### 3.2 Variáveis linguísticas e conjuntos fuzzy

Weber e Klein (2003) [11] afirmam que as variáveis linguísticas são termos atribuídos a uma mesma grandeza a ser mensurada, por exemplo, a variável velocidade, que geralmente tem o seu valor fornecido em quilômetros por hora, pode assumir termos linguísticos (conjuntos fuzzy ou funções de pertinência) **rápido, lento e devagar**.

### 4 Métodos

Inicialmente o sistema microcontrolado foi utilizado para medir a temperatura nas partes superior e inferior do forno em função do tempo dos processos de sinterização, exatamente como eles ocorriam, em uma microempresa de cerâmica vermelha, selecionada para fazer parte do projeto, e com base nas informações foi elaborado um modelo do processo de sinterização. Esse procedimento foi realizado para se encontrar a faixa de temperatura ideal para o forno, obtendo um aproveitamento máximo da quantidade de telhas com qualidade de cor, resistência mecânica e impermeabilidade, ou seja, de primeira qualidade. Com base nessas informações foi construído um gráfico informando a temperatura ideal em função do tempo com as devidas tolerâncias para ser utilizado como modelo interno do sistema microcontrolado.

Os valores considerados ideais foram classificados como temperaturas padrão, conforme o gráfico da Figura 2. Durante o processo é necessário um intervalo de tempo para os funcionários inserirem o combustível e o mesmo produzir calor. Por isso, o sistema microcontrolado deve se antecipar e evitar variações bruscas de temperatura, o que pode causar a quebra ou deformação dos produtos cerâmicos.

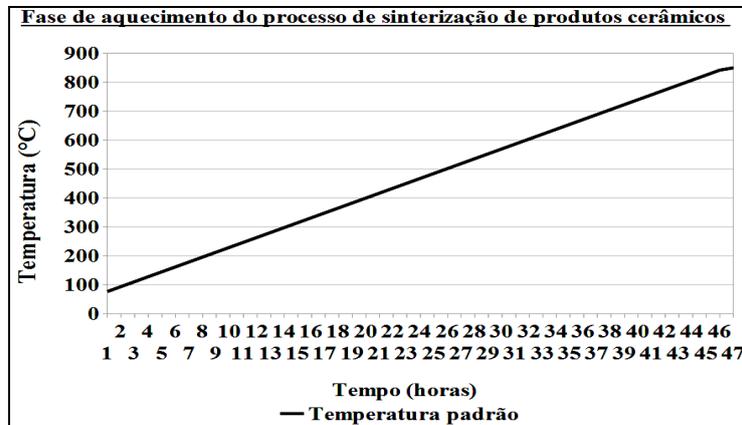


Fig. 2. Valores considerados ideais e classificados como temperaturas padrão.

#### 4.1 Implementação do Sistema Fuzzy

Durante a pesquisa foi encontrada uma biblioteca de lógica fuzzy para sistemas embarcados, segundo Software Livre Brasil (2014) [12] a eFLL (*Embedded Fuzzy Logic Library*) foi desenvolvida pelo *Robotic Research Group (RRG)* na Universidade Estadual do Piauí (UESPI-Teresina).

De acordo com Kridi et al., (2014) [13] a eFLL é capaz de auxiliar no desenvolvimento de sistemas fuzzy para serem empregados em plataformas de *hardware* embarcados, tornando a sua criação mais rápida e intuitiva, demonstrando ser leve o bastante para ser executada em microcontroladores com recursos computacionais limitados.

Os *links* para as páginas com o acesso ao *download* da biblioteca eFLL, informações sobre autores e coautores e a licença para o uso da biblioteca eFLL estão disponíveis no Software Livre Brasil (2014) [12]. O *download* da biblioteca eFLL também pode ser feito diretamente na página da GitHub (2015): **Zerokol/eFLL** [14].

#### 4.2 Sistema Fuzzy para a adição de combustível em fornos da indústria cerâmica

O processo de sinterização dos produtos cerâmicos é realizado de forma imprecisa e com variáveis dinâmicas, como: tipos diferentes de lenha (combustível), produzindo intensidades distintas de calor, formatos diversos da lenha, dificultando a mensuração da quantidade de combustível adicionada, e a variação do fluxo de ar aspirado para dentro do forno, variando o deslocamento das chamas no interior do forno. Mesmo com essas variações, os funcionários conseguem trabalhar e contornar as dificuldades para conduzir o processo da melhor maneira possível, devido à experiência adquirida durante vários anos de trabalho nesse setor. Dessa forma, foram incorporadas essas

características de controle utilizadas pelos funcionários ao sistema fuzzy para alcançar os mesmos resultados ou até melhores.

A elaboração do sistema fuzzy seguiu a seguinte metodologia, durante o período de pesquisa, *in loco*, foi inserida a quantidade máxima de lenha na câmara de combustão do forno, representando a adição de 100% de combustível, para conhecermos a capacidade máxima de produção de calor, conforme a Figura 3. Com esse experimento chegou-se ao valor de 180°C e com ele foram estabelecidas as variáveis linguísticas de entrada para representar a diferença entre a temperatura padrão e a temperatura real, em um determinado momento, no interior do forno. Para abranger possíveis variações do processo como diferentes tipos de lenha, produzindo quantidades distintas de calor, foi adotado uma amplitude de 0°C a 300°C.



Fig. 3. Câmara de combustão.

Para a obtenção dos conjuntos fuzzy, inicialmente, dividiu-se o valor da temperatura alcançada com a carga máxima de combustível, no caso 180°C, por três e depois por cinco. De forma empírica, verificou-se que dividindo o valor de 180° por cinco, no caso: 36, 72, 108, 144 e 180, o sistema fuzzy fornecia respostas mais eficientes. Depois de vários testes e ajustes realizados no forno elétrico para simulação, citado nos resultados, definiu-se os conjuntos fuzzy com os seguintes termos linguísticos: **DifePP** (0, 0, 36, 72); **DifeP** (36, 72, 108); **DifeM** (72, 108, 144); **DifeG** (108, 144, 163) e **DifeGG** (144, 180, 300). A Figura 4 exibe as funções de pertinência dos conjuntos fuzzy. A mesma metodologia foi utilizada na elaboração dos conjuntos fuzzy para a indicação da quantidade de combustível.

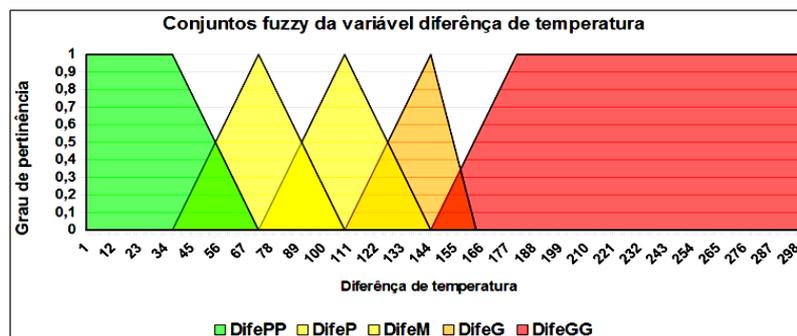


Fig. 4. Funções de pertinência da diferença entre a temperatura padrão e a temperatura interna do forno.

As variáveis de saída foram definidas em função da quantidade de combustível que deveria ser inserida na câmara de combustão. Elas foram denominadas de **CombustivelPP** (0, 0, 20, 40); **CombustivelP** (20, 40, 60); **CombustivelM** (40, 60, 80); **CombustivelG** (60, 80, 100) e **CombustivelGG** (90, 100, 100). A Figura 5 mostra as suas funções de pertinência.

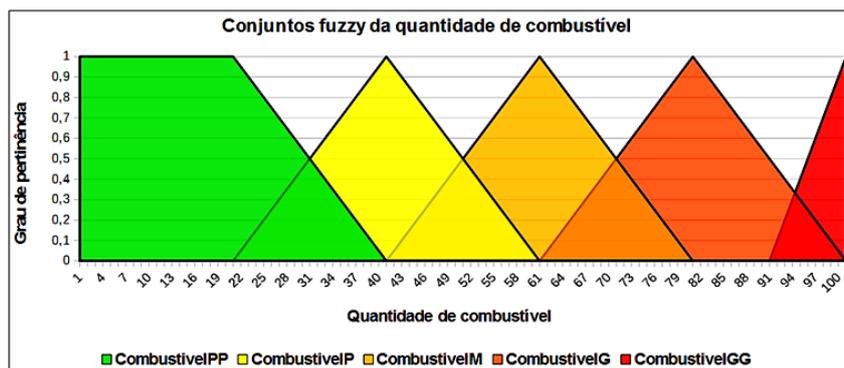


Fig. 5. Funções de pertinência da quantidade de combustível a ser adicionada no forno.

Para o funcionamento do sistema fuzzy, foi elaborada uma base de regras a partir dos dados experimentais coletados nos processos de sinterização e entrevistas com os funcionários, para absorver o máximo de conhecimento deles. Essas informações tornaram o sistema fuzzy capaz de indicar corretamente a quantidade de combustível a ser inserida na câmara de combustão.

A base de regras foi formada de acordo com a seguinte estrutura: **SE <premissa> ENTÃO <conclusão>**. Para o controlador, foram definidas 5 regras. Cada regra com uma entrada e uma saída com o intuito de tornar o processamento dos dados o mais rápido possível com o mínimo de recurso computacional. O conjunto de regras é apresentado na Tabela 5.

Tabela 1. Base de regras do sistema fuzzy.

Regras	Premissa	Conclusão
1.	SE<diferença Temperatura é DifePP>	ENTÃO <combustivel é CombustivelPP>
2.	SE<diferença Temperatura é DifeP>	ENTÃO <combustivel é CombustivelP>
3.	SE<diferença Temperatura é DifeM>	ENTÃO <combustivel é CombustivelM>
4.	SE<diferença Temperatura é DifeG>	ENTÃO <combustivel é CombustivelG>
5.	SE<diferença Temperatura é DifeGG>	ENTÃO <combustivel é CombustivelGG>

A próxima etapa é a atribuição do valor da variável de entrada, referente à diferença entre a temperatura padrão e a temperatura interna do forno, a um ou mais

graus de pertinência, em relação aos conjuntos fuzzy da variável diferença de temperatura.

Em seguida vem o processo de inferência. Segundo Kridi et al., (2014) [13] neste instante, são associadas às possíveis combinações entre as pertinências e os conjuntos ativados pela variável de entrada e seus correspondentes conjuntos de saída, dessa forma, o módulo de inferência do sistema fuzzy irá associar os conjuntos de entrada aos conjuntos correspondentes de saída, sempre embasado nas regras da base de regras.

Ainda conforme Kridi et al., (2014) [13] após a inferência decidir qual o grau de pertinência que os conjuntos de saída foram acionados, é inicializado o processo de defuzzificação, nesta etapa, é encontrado o valor preciso referente ao grau de pertinência de um determinado conjunto ou associação deles.

Dessa maneira, a quantidade de combustível a ser adicionada pode ser informada pelo sistema fuzzy para a condução do processo de sinterização. A Figura 6 mostra a câmara de combustão do forno da microempresa de cerâmica vermelha, com uma escala em uma de suas laterais para que os funcionários possam adicionar a quantidade correta de combustível, no caso lenha.



Fig. 6. Câmara de combustão.

Existem vários métodos de defuzzificação na literatura, mas o utilizado pelo sistema fuzzy desse trabalho de pesquisa é o centro de gravidade, devido ao uso da biblioteca eFLL.

O processo de fuzzificação versus cálculo do grau de pertinência realizado pelo controlador fuzzy do sistema fuzzy é ilustrado na Figura 7.

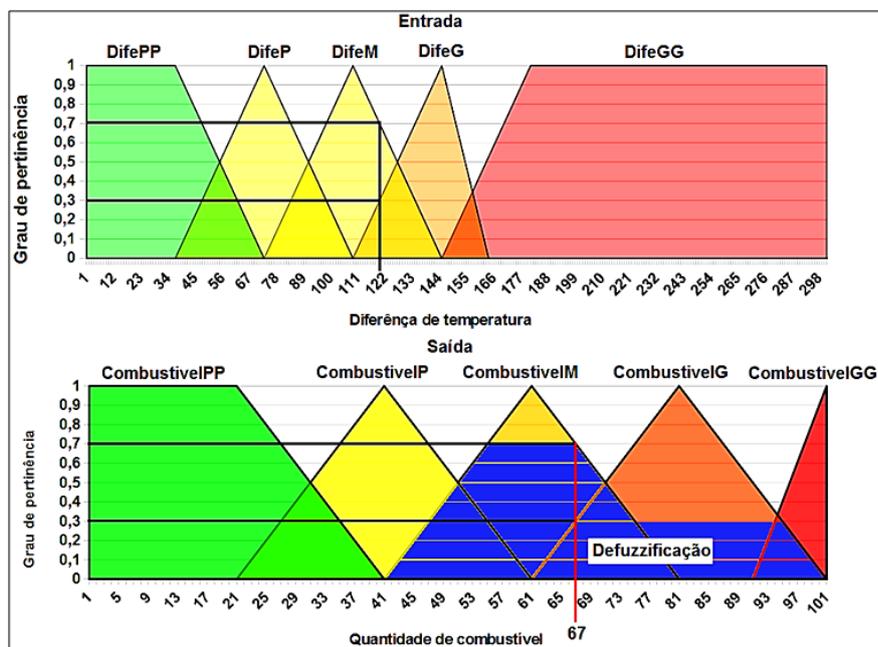


Fig. 7. Controlador do sistema fuzzy.

## 5 Resultados

Para sintetizar o produto de cerâmica vermelha de forma eficiente é necessário, de alguma maneira: conhecer, controlar e estabelecer a temperatura ideal durante todo o processo. Esse controle é relativamente complexo devido a diversas variáveis envolvidas, mas obtendo o conhecimento da quantidade de combustível a ser utilizada em um determinado momento, a incerteza da condução do processo diminui consideravelmente.

Para analisarmos a eficiência do sistema microcontrolado, com o sistema fuzzy e os multiagentes, o mesmo foi instalado em um forno elétrico modificado. As modificações foram realizadas com o objetivo de reproduzir de forma semelhante o funcionamento do forno da microempresa de cerâmica vermelha.

O tempo necessário para a realização de um processo de sinterização de telhas de cerâmica vermelha e conhecer o seu resultado é de aproximadamente nove dias. Assim, o uso do forno para a simulação do sistema fuzzy foi fundamental. Com ele foi possível fazer os devidos ajustes dos intervalos que constituem os conjuntos fuzzy. A Figura 8 mostra o forno elétrico modificado.

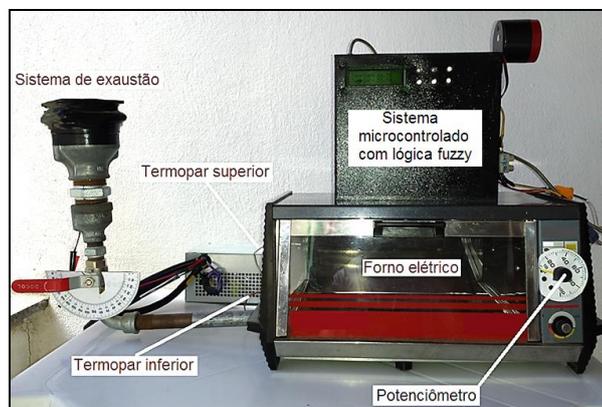


Fig. 8. Forno elétrico para simulação.

Para testar o funcionamento do sistema fuzzy foi elaborado um conjunto de valores para representar a diferença entre a temperatura padrão e a temperatura real. Os valores de referência para a quantidade de combustível a ser adicionado, foram obtidos por meio de uma regra de três simples, adotando 180°C como 100%, o que significa que os valores são lineares. O resultado da análise de desempenho pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise de funcionamento do sistema fuzzy.

Diferença de temperatura (°C)	Valores de referência para a quantidade de combustível a ser adicionado (%)	Indicações do sistema fuzzy (%)
25	13,88	15,3
50	27,77	24,8
75	41,66	42,3
100	55,55	54,7
125	69,44	69,6
150	83,33	80,4
175	97,22	96,9

Os valores fornecidos pelo sistema fuzzy demonstram que ele funciona corretamente.

Após realizar vários testes, o modelo interno (curva de queima ideal), os multiagentes e o sistema fuzzy, foram embarcados no sistema microcontrolado e o mesmo foi instalado no forno da microempresa de cerâmica vermelha. A atuação do sistema microcontrolado inteligente foi inspecionada, durante a sinterização, e observado que ele conseguia tomar as decisões de forma correta, tentando conduzir o processo seguindo a função linear dos valores da temperatura em função do tempo. O sistema analisava o processo e fornecia informações necessárias para a tomada de decisão, o que antes não existia.

Para fazer uma análise comparativa entre as metodologias utilizadas nos processos de sinterização dos produtos cerâmicos, a Figura 9 mostra uma média dos resultados

obtidos com as quantidades de telhas de primeira, segunda e terceira qualidade e telhas deformadas.

A Figura 9 mostra o resultado dos processos de sinterização realizados, apenas com o conhecimento dos funcionários e com o sistema microcontrolado com os multiagentes e o sistema fuzzy.

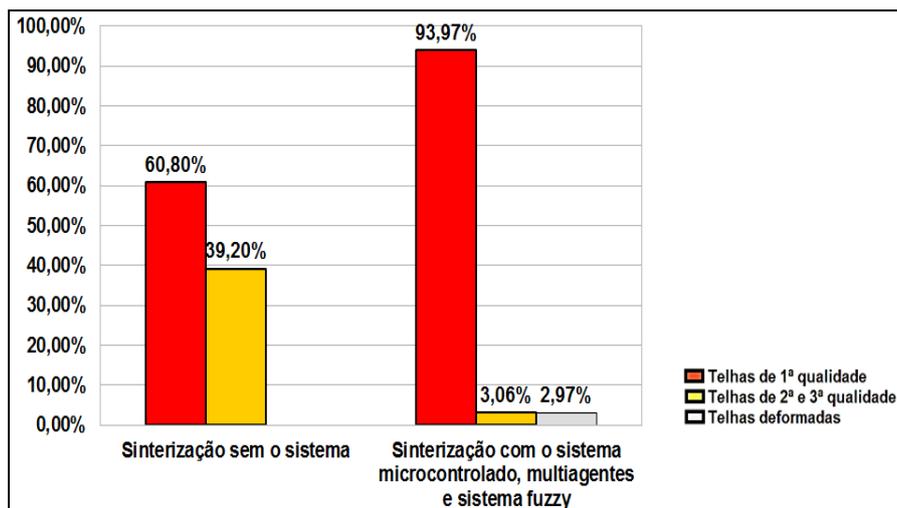


Fig. 9. Análise comparativa entre as metodologias.

## 6 Conclusão

O sistema fuzzy, juntamente com os multiagentes e o sistema microcontrolado, pode tornar o processo de sinterização em fornos à lenha das indústrias de cerâmica vermelha mais eficiente, indicando a quantidade correta de combustível a ser adicionada, por meio do monitoramento da temperatura interna do forno, melhorando a qualidade de seus produtos. Como trabalhos futuros pretende-se: instalar um módulo GSM (*Global System for Mobile*) na placa Arduino Mega2560 para acompanhar o processo de sinterização em tempo real, por meio de um computador ou *smartphone* e estudar a possibilidade de aplicar a mesma metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema fuzzy em outras áreas.

## Referências

1. BALTZAN, Paige; PHILLIPS, Amy. **Sistemas de Informação**. Brasil: Mcgraw Hill Brasil, 2012. 384 p.

2. REZENDE, Solange Oliveira (Brasil). **Sistemas inteligentes fundamentos e aplicações**. Barueri - SP: Manole, 2005. 525 p.
3. ARDUINO. **Arduino**. 2013. Disponível em: <<http://arduino.cc/>>. Acesso em: 05 dez. 2013.
4. FONSECA, Erika G. P. da; LA VEGA, Alexandre S. de. **TUTORIAL SOBRE INTRODUÇÃO A PROJETOS UTILIZANDO O KIT DE DESENVOLVIMENTO ARDUINO**. 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1677.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2013.
5. REZENDE, Sergio Machado. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
6. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA - ANICER (Brasil). **Dados Oficiais**. Fonte: IBGE 2008 para Seção C, Divisão 23, Grupo 234, Classe 2342-7, Fabricação de Produtos Cerâmicos Não-Refratários para Uso Estrutural na Construção, excluídas as palavras pisos e azulejos da razão social. Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/setor/dados-oficiais/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.
7. TRINDADE FILHO, Milson Oliveira da et al. ADAPTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA POR TERMOPARES EM FORNOS TIPO CAIEIRA NA INDÚSTRIA CERÂMICA. **CONEM 2010: VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**, Campina Grande – Paraíba - Brasil, V. 1, n., p.1-4, 18 ago. 2010. Disponível em: <<https://sigaa.ufrn.br/sigaa/verProducao?idProducao=2128470&key=ded5dfa19a0233769a2d1542f32741da>>. Acesso em: 14 jan. 2014.
8. SUSTAINABLE CARBON CLIMATE SOLUTIONS - SCCS (Brasil) (Org.). **Sistema de monitoramento eletrônico da curva de queima melhora o desempenho das cerâmicas**. 2014. Disponível em: <<http://carbonosustentavelbrasil.wordpress.com/2009/09/10/sistema-de-monitoramento-eletronico-da-curva-de-queima-melhora-o-desempenho-das-ceramicas/>>. Acesso em: 15 jan. 2014.
9. SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S.. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, Fapesp, 2007. 186 p.
10. ARTERO, Almir Olivette. **Inteligência artificial teórica e prática**. São Paulo: Livraria da Física, 2008. 230 p.
11. WEBER, Leo; KLEIN, Pedro Antônio Trierweiler. **Aplicação Da Lógica Fuzzy Em Software e Hardware**. Canoas: Ed. ULBRA, 2003. 112 p.
12. SOFTWARE LIVRE BRASIL. **AJ Alves: eFLL – Uma Biblioteca Fuzzy para Arduino e Sistemas Embarcados**. Disponível em: <<http://softwarelivre.org/psl-pi/blog/aj-alves-efll-uma-biblioteca-fuzzy-para-arduino-e-sistemas-embarcados>>. Acesso em: 29 dez. 2014.
13. KRIDI, Douglas Santiago et al. **DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA FUZZY PARA O CONTROLE AUTÔNOMO DE UM ROBÔ MÓVEL EM AMBIENTE DESCONHECIDO**. Universidade Estadual do Piauí – UESPI / Laboratório de Informática Aplicada - LAIC. Disponível em: <[http://api.ning.com/files/2VGrzzXedu0xdLpTzCvx7ftTrjzPI1HEVNm7ud\\*CMOm5SSC-da9M0scEphzAJdnvGrzwiUUVjJTnQUg4M3v5jstV\\*elcy\\*\\*B/ArtigoBibliotecaFUZZY.pdf](http://api.ning.com/files/2VGrzzXedu0xdLpTzCvx7ftTrjzPI1HEVNm7ud*CMOm5SSC-da9M0scEphzAJdnvGrzwiUUVjJTnQUg4M3v5jstV*elcy**B/ArtigoBibliotecaFUZZY.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2014.
14. GITHUB. **Zerokol/eFLL**: eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library) is a standard library for Embedded Systems. Zerokol authored on 16 May 2014. Disponível em: <<https://github.com/zerokol/eFLL>>. Acesso em: 24 jan. 2015.