

APLICAÇÃO DA LÓGICA DIFUSA NO DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO ELÉTRICO MOVIDO A LUZ SOLAR PARA O COMBATE AO MOSQUITO *Aedes Aegypti*

Marcos dos Santos (UFF – CASNAV) marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Viviane Viana Sofiste de Abreu (SENAI CETIQT) vsfiste@gmail.com

Rubens Aguiar Walker (UFF – FGS) rubens.walker@gmail.com

Carlos Francisco Simões Gomes (Universidade Federal Fluminense) cfsg1@bol.com.br

Fabício da Costa Dias (UFF – PETROBRAS) fcdias@yahoo.com

Resumo

Este artigo propõe o desenvolvimento de uma armadilha elétrica movida a energia solar para o combate a mosquitos. O método foi concebido a partir da gestão de projetos adaptado para o ciclo PDP com definição das características lógicas. Adita-se a isso, a utilização da lógica difusa na avaliação e seleção dos painéis fotovoltaicos que farão parte da armadilha. Tendo em vista o atual surto de dengue, zika vírus e febre chikungunya, todas transmitidas por um vetor em comum, o mosquito *aedes aegypti*, este trabalho tem o potencial de contribuir com a sociedade brasileira na medida em que propõe um artefacto composto por peças de baixo custo, fácil acesso e de simples montagem.

Palavras-Chaves: Planejamento e Desenvolvimento do Produto; Energia Solar; Gestão de Projetos; Lógica Fuzzy

1. Introdução

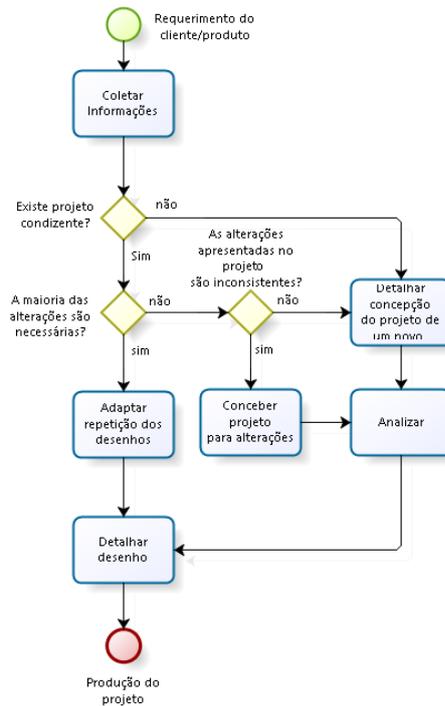
Uma descrição completa para o projeto do produto pode ser considerado um problema sem uma formulação definitiva, uma regra de parada e uma solução absoluta e cada caso considerado único. O projetista normalmente trabalha para a concepção do problema abstrato, antes de consultar os limites do processo de manufatura. Com a introdução da informatização do processo de fabricação, a evolução da manufatura foi visivelmente maior comparada ao processo de projetar (ROZENFELD, 2003). A satisfação de restrições e medição de objetos; solução do problema; tomar uma decisão; pesquisar; planejar; processos interativos; processos paralelos; processo evolucionário; mapeamento das funções espaciais para as físicas; resolução de um jogo; criativo e inexplicável. Vários fatores podem interferir na forma de criação do projeto, alguns mais compreensíveis do que outro. Destacam-se seguintes:

- O requerimento da produção em massa;
- O projeto de objetos complexos;
- O envolvimento de mais de uma pessoa no processo criativo de projetar;

O desenvolvimento do projeto vem como resposta à crescente complexidade dos produtos manufaturados e dos processos de construção. Antes do desenvolvimento sistemático do projeto, o processo de projetar envolvia a aquisição do conhecimento pela prática e pelo ensino (OLIVEIRA & ROZENFELD, 2010). A forma de adquirir o conhecimento influencia nas atitudes, criando tendências no projeto. Os custos do produto estão no projeto e não no chão-de-fábrica, pois um projeto pobre eleva os custos de manufatura. A complexidade dos produtos está nas especificações do processo de projeto, podendo estas serem afetado no avanço da tecnologia com o apoio dos computadores.

As necessidades do mercado impõem vários fatores (DA SILVA & ROZENFELD, 2007), essencialmente estruturação e garantia da qualidade, o que dificulta o trabalho do projetista. Os vários aspectos abrangem a discussão tecnológica para tomada de decisões. A diferença básica da forma de trabalho individual e em grupo é o grande esforço em documentar o projeto. Em geral os esforços tendem a se concentrar no projeto conceitual, de forma a simplificar as etapas posteriores. Na Figura 1, observa-se a relação entre o projeto conceitual e a análise, destacando a procura por soluções baseadas em tomada de decisões e a correlação exata do tamanho e capacidade dos componentes. Seguindo com o detalhamento do projeto e a documentação do projeto em forma de desenho, estas fases são tipicamente trabalhosas e burocráticas.

Figura 1 - Diagrama do fluxo do processo de projetar



Fonte: DA SILVA & ROZENFELD (2007)

A concepção geral das engenharias mecânica, elétrica e eletrônica está voltada para os requerimentos da produção em massa, sendo os possíveis projetos transformados em protótipos (BARBALHO, 2010). A adaptação deste sistema é viável pela forma de trabalho na variação do projeto preliminar. A organização estrutural do processo de projetar é influenciada pela interação entre a criação da demanda do produto e a compra do artefato final. Inicia-se pelo gerenciamento da organização, pelas pesquisas técnicas à procura de novas ideias e pelo marketing. Dentro do ciclo, a reação do consumidor ao produto, representada pela inovação e custos, é concretizada na venda. A ligação intermediária está em como o projeto pode minimizar os custos de manufatura.

O custo, a dimensão, o potencial de risco e o preço de venda tem uma influência direta sobre o projeto. Quando os custos do produto são altos, sua produção demorada e suas dimensões grandes, o projeto torna-se inviável. Modelos podem ser utilizados para garantir o retorno do investimento no projeto, mas, mesmo trabalhando corretamente, o projetista só vai conseguir medir os seus esforços através da construção e teste de um protótipo (ROZENFELD, 2003). Esta tendência garante a consistência do projeto e reduz a ligação com o avanço tecnológico.

A arte de projetar pode ser considerada como uma das maiores atividades intelectuais, pois envolve inteligência, conhecimento, atividades em grupo, capacidade de resolver problemas complexos e prever soluções (ROZENFELD, 2003). Como está relacionada com o método de trabalho do projetista, dificilmente estes conseguem representar estes conhecimentos. Alguns métodos capturam as informações por meios visuais e verbais, protocolando o processo para a solução dos problemas.

Existe muita dificuldade na representação do conhecimento, devido ao alto processo cognitivo usado pelos projetistas. No projeto também são executadas atividades em grupo, normalmente protocoladas verbalmente para suas atividades individuais. Para a análise deste protocolo o projetista usa informações específicas, geralmente relacionadas ao projeto e aos materiais. Destacam-se a dificuldade na representação do conhecimento e regras usadas, caracterizando uma atividade heurística que não necessita um suporte de decisões.

Somente no detalhamento do projeto as diversas características incertas tendem a induzir os projetistas a abandonar qualquer processo lógico e assumir decisões estratégicas sem suporte aparente, somente baseados na experiência. Esta situação pode levar os projetistas, mesmo os mais experientes, a não detecção de seus erros, apesar da checagem os resultados (DA SILVA & ROZENFELD, 2007). Para facilitar a passagem entre o projeto conceitual e o projeto detalhado, o primeiro deve conter informações prévias do segundo, facilitando o fluxo de informações.

Alguns aspectos no trabalho do projetista podem ser considerados:

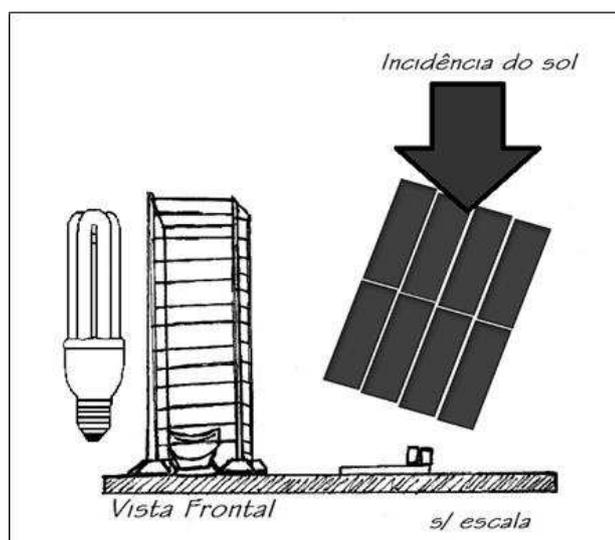
- Tendem a sofrer com o excesso cognitivo, devido à complexidade do projeto;
- Favorecem o trabalho da ideia e caminho iniciais para obter soluções viáveis, em vez de evoluir e agregar opiniões;
- Estão subordinados ao alto nível dos processos cognitivos;
- A capacidade humana da memória de curto prazo tem influência substancial na habilidade de projetar;
- Aumentar a capacidade cerebral do projetista em armazenar e processar informações;
- Rascunhos servem a vários propósitos de ajuda na visualização do problema, avaliação de soluções, provimento de uma memória externa e comunicação entre colegas.

2. Problema

Adaptar um produto existente no mercado que se utiliza atualmente de energia elétrica gerada pelas hidrelétricas para seu funcionamento através da utilização das placas fotovoltaicas, conferindo maior autonomia de conduzir o produto a lugares mais afastados e áreas externas onde geralmente não se dispõe facilmente de tomadas comuns.

O mercado potencial para este produto é a população de áreas rurais e também a população de áreas urbanas principalmente moradores de residências do tipo casa. A figura 2 apresenta um esboço do produto. Dado o exposto, o problema de pesquisa é verificar a viabilidade da construção de um produto eficiente no combate a mosquitos e de grande utilidade mesmo com pouco conhecimento técnico.

Figura 2 - Esboço do dispositivo proposto movido à energia solar



Fonte: Autores (2016)

3. Metodologia da pesquisa

Inicialmente foi elaborado um brainstorm para destacar possíveis ideias de produtos, levando em consideração atributos como inovação, sustentabilidade, simplicidade e baixo custo. Apresenta-se a seguir, no quadro 1, a declaração de escopo do produto, com a finalidade de definir os parâmetros básicos que o caracteriza, as funcionalidades que dele se espera e o público que ele atende.

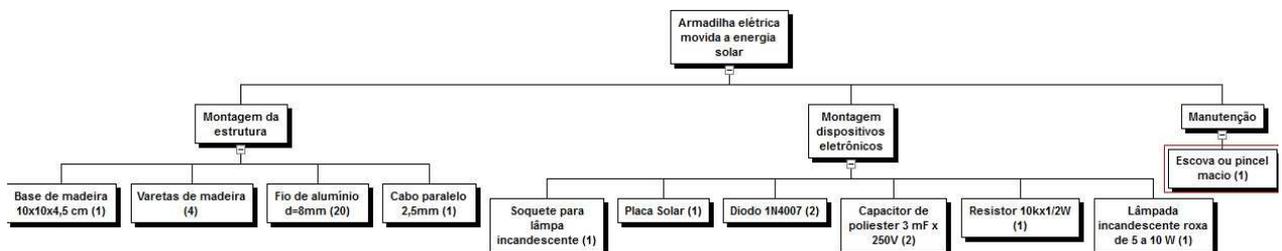
Quadro 1 – Declaração de escopo do produto

<p>Objetivos do projeto: Desenvolver um produto para exterminar insetos voadores transmissores de doenças, que não contamine o meio ambiente, que utilize algum percentual de produtos recicláveis em sua composição, e que utilize energia limpa para seu funcionamento.</p> <p>Descrição do produto do projeto – análise estrutural: Dispositivo elétrico para exterminar insetos voadores através de choque elétrico. Baixo custo, podendo utilizar-se de produtos recicláveis em sua montagem; Fácil montagem, não sendo necessário processos industriais (Design yourself); Utiliza a energia solar para seu funcionamento; Indicado principalmente para áreas externas; Não agride o meio ambiente nem as pessoas como os inseticidas;</p> <p>Estrutura: Grades; capacitores; diodos; resistores; lâmpada; soquete; placa solar; escova ou pincel macio</p> <p>Materiais: Grades: arame galvanizado espessura 8mm; 02 diodos 1N4007; 02 capacitores de poliéster 3 mF x 250V; 01 resistor 10kx1/2W; 01 lâmpada incandescente roxa de 5 a 10 W; 01 Soquete para lâmpada incandescente; 01 base retangular pesada (resto de madeira de obra)</p> <p>Processos de Fabricação: Montagem manual artesanal.</p> <p>Descrição do público: Público em geral. Atenção especial para moradores de áreas rurais, sítios, regiões interioranas, residências próximas a regiões de vegetação abundante.</p>
--

Fonte: Autores (2016)

A figura 3, a seguir, apresenta a Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

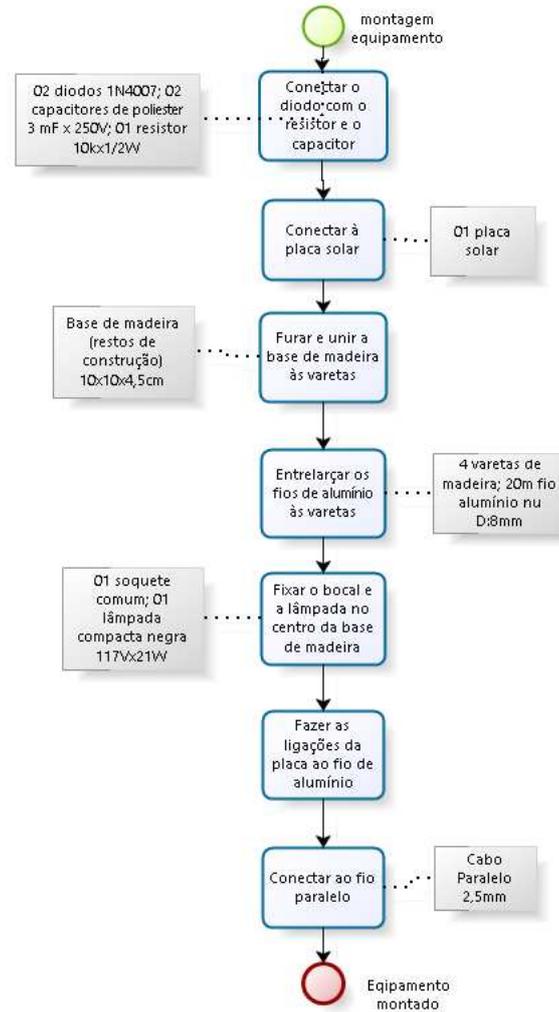
Figura 3 - Estrutura Analítica do Projeto.



Fonte: Autores (2016)

Todo o processo de montagem do produto foi mapeado para facilitar o entendimento das etapas construtivas. A figura 4 ilustra as etapas do processo.

Figura 4 - Etapas da montagem do produto proposto



Fonte: Autores (2016)

Primeiramente os diodos, os resistores e os capacitores são conectados entre si formando a parte eletrônica do produto. Em seguida, o sistema é interligado à placa solar. O sistema é então fixado à base de madeira, que já está previamente unida às varetas de madeira. O fio de aço é então entrelaçado às varetas, formando o gradeamento. Em seguida o bocal é fixado no centro da placa de madeira previamente perfurado e a lâmpada é então conectada. Em seguida são feitas as ligações do sistema eletrônico ao fio de alumínio através do cabo paralelo.

4. Definição do tipo de painel fotovoltaico por meio da Lógica Fuzzy

Outra questão a ser levada em consideração é a determinação do tipo de painel fotovoltaico para o projeto apresentado, considerando estudar a melhor relação custo x benefício existente

entre as placas estudadas. Tal consideração é importante pois o intuito é não onerar a produção das unidades, mantendo o caráter artesanal e doméstico, possibilitando maior acesso da população.

Santos et al (2015) esclarecem que a pesquisa operacional faz uso de modelos matemáticos e lógicos para resolver problemas reais, apresentando uma abordagem altamente multidisciplinar. Santos, Martha e Quintal (2016) também consideram que uma decisão mal tomada pode comprometer gravemente a saúde financeira de uma empresa, podendo mesmo representar a sua falência. Daí a importância da utilização de ferramentas analíticas na tomada de decisões.

O estudo de Santos et al (2016), mostram que a Lógica Fuzzy fornece um método de traduzir expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana em valores numéricos. Por isso a matemática nebulosa foi escolhida para a avaliação e seleção do painel fotovoltaico. Será analisado o processo de fuzzificação, inferência e defuzzificação da lógica difusa empregada na solução do projeto. Para auxiliar nos cálculos, foi utilizado o software InFuzzy. Para ser possível a determinação do tipo de painel para o dispositivo elétrico pela lógica Fuzzy, são necessárias as seguintes definições: entradas, variáveis linguísticas e os termos linguísticos, funções e graus de pertinência, base das regras e a variável de saída.

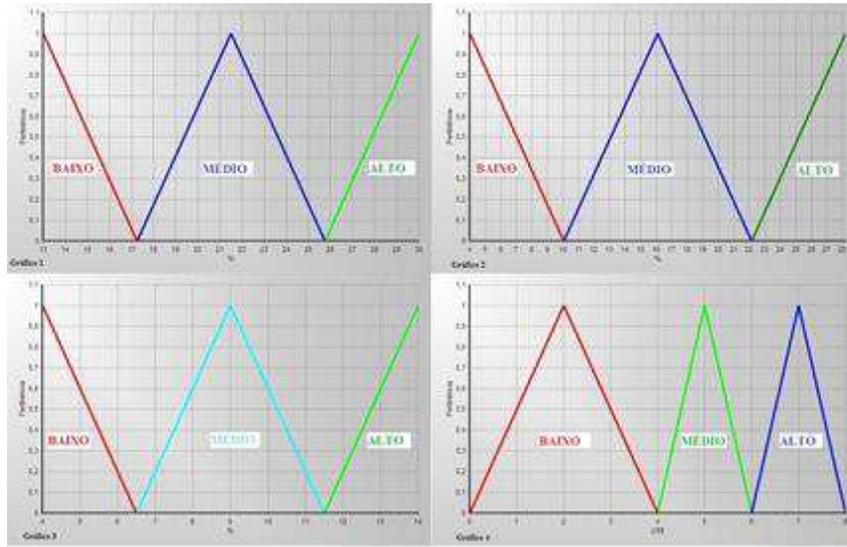
Foram definidas as variáveis linguísticas e os termos linguísticos. Os quatro primeiros itens referem-se as variáveis linguísticas de entrada e a última à variável linguística de saída.

- a) EFICIÊNCIA TEÓRICA: BAIXA; MÉDIA; ALTA;
- b) EFICIÊNCIA LABORATÓRIO: BAIXA; MÉDIA; ALTA;
- c) EFICIÊNCIA COMERCIAL: BAIXA; MÉDIA; ALTA;
- d) CUSTO: BAIXO; MÉDIO; ALTO.

O grau de pertinência de cada um dos termos linguísticos significa o quanto uma informação é verdadeira dentro de um grau de pertinência.

Na figura 5, pode-se observar os 4 diagramas referentes às variáveis linguísticas de entrada e seus respectivos graus de pertinência para cada conjunto fuzzy.

Figura 5 - Funções de pertinência das variáveis linguísticas de entrada



Fonte: Autores (2016)

Para definição das variáveis linguísticas, foram considerados os dados fornecidos na tabela 1, transformando-os de acordo com a escala apresentada na tabela 2.

TABELA 2 - Classificação dos intervalos dos termos linguísticos

Intervalos para definição de termos linguísticos - Eficiência Teórica						
BAIXA		MÉDIA			ALTA	
13	17,25	17,25	21,5	25,75	25,75	30
Intervalos para definição de termos linguísticos - Eficiência Laboratório						
BAIXA		MÉDIA			ALTA	
4	10,05	10,05	16,1	22,15	22,15	28,2
Intervalos para definição de termos linguísticos - Eficiência Comercial						
BAIXA		MÉDIA			ALTA	
4	6,5	6,5	9	11,5	11,5	14
Intervalos para definição de termos linguísticos - Custo						
BAIXA		MÉDIA			ALTA	
0	4	4	6	6	8	

Fonte: Autores (2016)

A partir dos intervalos definidos na tabela 2, as entradas foram classificadas conforme tabela 3, a seguir:

TABELA 3 – Classificação dos termos linguísticos das variáveis de entrada

Tipo de célula	Ef. Teórica	(US\$/Wp)	Eficiência	Custo
Silício amorfo 17.0	13,0	-	BAIXA	BAIXA
Silício policristalino	25,0	4 a 7	MÉDIA	MÉDIA
Silício concentrado	27,0	5 a 8	ALTA	ALTA
Silício de cristal simples	30,0	4 a 7	ALTA	MÉDIA

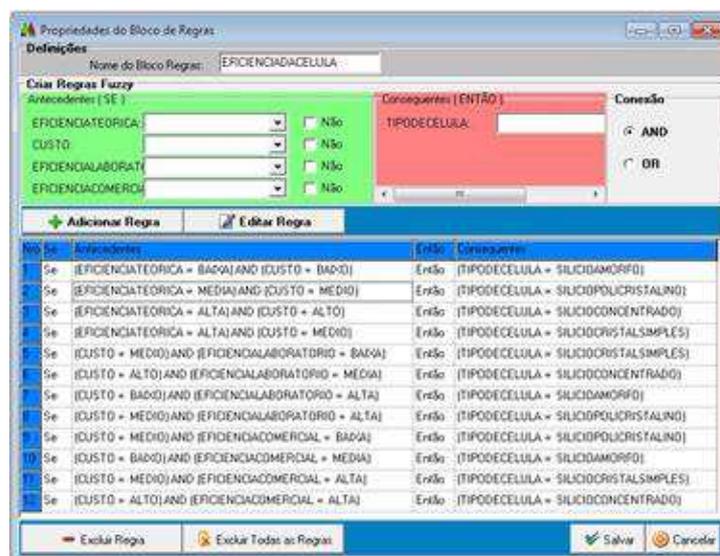
Tipo de célula	Ef. Laboratório	(US\$/Wp)	Eficiência	Custo
Silício de cristal simples	4	4 a 7	BAIXA	MÉDIA
Silício concentrado	19,8	5 a 8	MÉDIA	ALTA
Silício amorfo 17.0	24,7	-	ALTA	BAIXA
Silício policristalino	28,2	4 a 7	ALTA	MÉDIA

Tipo de célula	Ef. Comercial	(US\$/Wp)	Eficiência	Custo
Silício policristalino	4	4 a 7	BAIXA	MÉDIA
Silício amorfo 17.0	12	-	MÉDIA	BAIXA
Silício de cristal simples	13	4 a 7	ALTA	MÉDIA
Silício concentrado	14	5 a 8	ALTA	ALTA

Fonte: Autores (2016)

Após estarem definidas as funções e os graus de pertinência, são definidas as regras de inferência. Este ponto é de fundamental importância no processo de modelagem, pois é ele o responsável por verificar os antecedentes e gerar as saídas. A figura 6 a seguir, apresenta o conjunto de combinações realizadas entre as entradas cadastradas e as respectivas saídas.

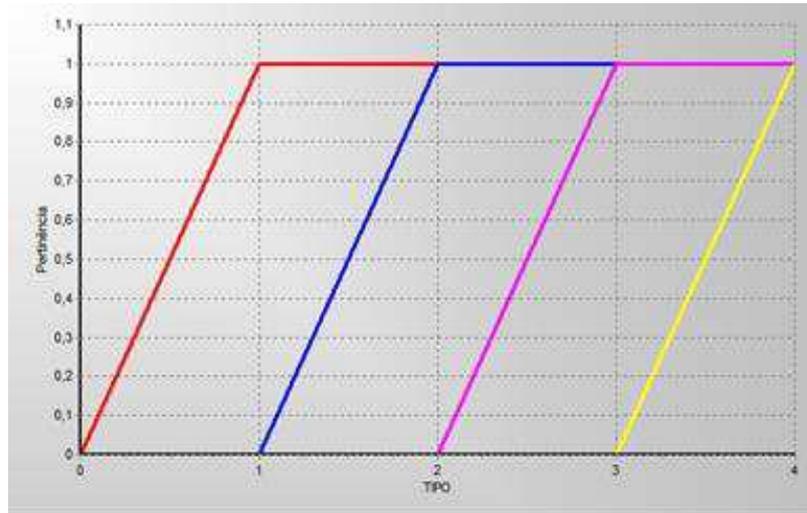
Figura 6 - Tela de definição das regras de inferência no software InFuzzy



Fonte: Autores (2016)

Após aplicar as regras de inferência, definem-se os conjuntos de saída com as suas respectivas pertinências, como pode ser visto na figura 7, a seguir.

Figura 7 - Funções de pertinência das variáveis linguísticas de saída



Fonte: Autores (2016)

O intervalo [0, 1] representa a célula do tipo SILICIOCRISTALSIMPLES; o intervalo [1, 2] representa a célula do tipo SILICIOCONCENTRADO; o intervalo [2, 3] representa a célula do tipo SILICIOPOLICRISTALINO; e o intervalo [3, 4] representa a célula do tipo SILICIOAMORFO.

Com todos os parâmetros inseridos no software, foi realizada a defuzzificação das combinações que pode ser verificada na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Defuzzificação do software InFuzzy

Tempo (ms)	EFICIENCIATEORICA	CUSTO	EFICIENCIA LABORATORIO	EFICIENCIA COMERCIAL	TIPO DE CELULA
62	13,00	0,00	4,00	4,00	2,00
47	16,90	3,00	5,20	5,20	3,50
61	21,97	4,50	7,80	7,80	2,20
63	28,56	6,75	11,70	11,70	2,63
61	30,00	8,00	17,50	14,00	2,00
61	30,00	8,00	26,00	14,00	2,00
63	30,00	8,00	28,20	14,00	2,00

Fonte: Autores (2016)

A análise do resultado das combinações e do gráfico de defuzzificação apontam para a escolha da célula do tipo 2, que é a célula de silício concentrado, como sendo a melhor relação custo x eficiência a ser adotada para adaptação no dispositivo elétrico proposto neste trabalho.

5. Conclusão

A criação do produto apresentado neste trabalho vai ao encontro do momento pelo qual a sociedade brasileira está passando, sujeita ao binômio crise econômica e surto do mosquito *aedes aegypti*. Nesta pesquisa, surgiu um modelo conceitual de um produto que fosse de baixo custo, com componentes de fácil aquisição, de simples montagem, alimentado por energia solar e eficiente no extermínio do agente transmissor da dengue, chikungunya e Zika vírus. Por haver um trade off entre os tipos de células de silício disponíveis no mercado, utilizou-se a Lógica Fuzzy como metodologia de apoio à decisão. Por meio da Matemática Difusa, foi possível captar a vagueza do pensamento humano e estabelecer as regras de inferência Fuzzy, que apontaram as células de Silício concentrado segundo o juízo do decisor.

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, Fausto de Paula Menezes. **O Aproveitamento da Energia Solar no Brasil – Situação e Perspectivas**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, 2012.
- BRASIL. **Atlas de Energia Elétrica**. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Editora Brasília, 2008.
- DA SILVA, S. L., & ROZENFELD, H. (2007). **Reposição de um modelo para avaliar a gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos**. *Ciência da Informação*, v. 36, n. 1.
- DE LIMA CANEPPELE, Fernando; SERAPHIM, Odivaldo José. **Aplicação da Teoria Fuzzy no controle de sistemas de geração de energias alternativas**. *Energia na Agricultura*, v. 25, n. 3, p. 24-41, 2010.
- DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2004.
- POSSELT, Ederson Luis; FROZZA, Rejane; MOLZ, Rolf Fredi. **INFUZZY: Ferramenta para desenvolvimento de aplicações de sistemas difusos**. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 7, n. 1, p. 42-52, 2015.
- POSSELT, Ederson Luis; MOLZ, Rolf Fredi; HORN, Fabiano. **Uso de Lógica Fuzzy para a otimização de sistemas energéticos baseados em energia limpa**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.
- ROZENFELD, H. **Modelo de avaliação da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento do produto: aplicação em um estudo de caso**. *Revista produção*, v. 13, n. 2, p. 7, 2003.

SANTOS, Marcos. **Simulação da Operação de um Sistema Integrado de Informações para o atendimento pré-hospitalar de emergência no município do Rio de Janeiro.** Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

SANTOS, M. et al. **Simulation of Operation of an Integrated Information for Emergency Pre-hospital Care in Rio de Janeiro Municipality.** Elsevier - Procedia Computer Science, v. 55, p. 931-938, 2015.

SANTOS, M.; MARTHA, L. C.; QUINTAL, R. S.; MARTINS, E. R. **Redimensionamento da linha de produção de uma fábrica de sacos de lixo empregando Simulação de Eventos Discretos.** Caderno de Cultura e Ciência, Universidade Regional do Cariri, v.15, p. 104-112, 2016.

SANTOS, Marcos et al. **Fuzzy logic application in the evaluation of performance of a prototype vehicle powered from solar energy and water electrolysis process.** International Journal of Applied Mathematical Research, vol. 5, issue 4, p. 176-181, 2016.

ZADEH, L.A. **Fuzzy Sets.** Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, California. Information and Control 8, 338-353, 1965.