

## **PROJETO CONCEITUAL DE UM NEBULIZADOR AUTOPROPELIDO PARA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO COMBATE AOS MOSQUITOS**

Ulisses Benedetti Baumhardt, [ulissesbb@brturbo.com.br](mailto:ulissesbb@brturbo.com.br)<sup>1</sup>  
Airtton dos Santos Alonço, [alonco@ccr.ufsm.br](mailto:alonco@ccr.ufsm.br)<sup>1</sup>  
Vilnei de Oliveira Dias, [vilneidias@yahoo.com.br](mailto:vilneidias@yahoo.com.br)<sup>1</sup>  
Gustavo José Bonotto, [gustavobonotto@gmail.com](mailto:gustavobonotto@gmail.com)<sup>1</sup>  
Hendriigo Alberto Torchelsen da Silveira, [hendriigo.eng@gmail.com](mailto:hendriigo.eng@gmail.com)<sup>1</sup>  
José Renê Freitas Gassen, [jrgassen@gmail.com](mailto:jrgassen@gmail.com)<sup>1</sup>  
Michele da Silva Santos, [micheleagricola@yahoo.com.br](mailto:micheleagricola@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas - LASERG, Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Bairro Camobi - Santa Maria - RS – Brasil, CEP: 97105-900.

**Resumo:** São muitas as doenças transmitidas por mosquitos e, entre elas, a dengue vem se destacando nos últimos anos pelo crescente e elevado número de pessoas infectadas, sendo considerada como um dos principais problemas de saúde pública no mundo. Tendo em vista o emprego de técnicas agrícolas para o controle do vetor, como a aplicação de agrotóxicos através do tratamento químico do ambiente e a ausência de um equipamento específico para o controle em grande escala, este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento da concepção de uma máquina para tal finalidade, que atenda satisfatoriamente os requisitos dos clientes/usuários, possibilitando maximizar a eficiência atualmente obtida neste processo. Dentre as características elaboradas do conceito, estão: a presença de dois bocais nebulizadores instantaneamente ajustáveis pelo operador de dentro da sua cabine de trabalho; a possibilidade de nebulização simultânea para ambos os lados perpendiculares ao sentido de deslocamento da máquina e a presença de cabines individuais para o motorista e o operador do nebulizador.

**Palavras-chave:** projeto do produto; máquinas agrícolas; ultra baixo volume - UBV

### **1. INTRODUÇÃO**

Com o aumento desenfreado do número de casos confirmados de doenças transmitidas por mosquitos, como é o caso da dengue, o emprego de equipamentos para o controle em escala a fase alada é uma necessidade eminente, o que é corroborado pelo Ministério da Saúde ao afirmar a inviabilidade da erradicação do *Aedes aegypti*, considerando a organização atual do espaço dos grandes centros urbanos em conjunto com a população de mosquitos no país (Penna, 2003).

As máquinas empregadas são denominadas de nebulizadores devido ao tamanho das gotas geradas, sempre abaixo de 50 µm (Matuo et al., 2005). Baseiam-se no princípio da quebra do filete líquido de inseticida pelo modo pneumático, onde o fluido é inserido em uma corrente de ar a altas vazões. Este processo recebe o nome de aplicação espacial de inseticidas e devido à pequena quantidade de produto empregado no controle de grandes áreas caracteriza-se como sendo um processo a ultra baixo volume – UBV (ABNT, 1991).

O processo a ultra baixo volume representa uma economia em termos de tempo e custos, sendo que, com relação ao último, ocorre a diminuição do uso de diluentes, obtendo um menor volume de calda e necessitando de equipamentos menores para o transporte e aplicação (Logfren, 1970; Haile et al., 1982; Masuh et al., 2008).

A eficiência se dá por intermédio do contato da gota de inseticida junto ao corpo do mosquito, que normalmente encontra-se em vôo, logo, a uniformidade do tamanho das partículas geradas é um dos fatores de observância obrigatória, sendo recomendadas gotas na ordem de 15 a 20µm de diâmetro. Outras questões são a forma, tamanho e localização do alvo e a velocidade e direção do fluxo (Balan et al., 2005).

As barreiras existentes como o tipo de terreno, vegetação e até mesmo o projeto das casas, também afetam o movimento do ar e a distribuição das gotas, onde, maiores efeitos de dispersão são obtidos em locais abertos. As barreiras físicas podem ser artificiais como edifícios, muros, residências fechadas, entre outros, e naturais, como a existência de densa vegetação entre as casas (Who, 2003).

Atualmente os equipamentos nebulizadores utilizados para o controle são projetados para serem transportados quando em operação sobre caçambas de veículos utilitários, o que agrega um super dimensionamento ao conjunto, apresentando questões ergonômicas e operacionais abaixo das desejáveis, como é o caso da eficiência obtida no processo.

Tendo conhecimento que projeto aplicado ao ramo da engenharia é uma atividade tecnológica, estruturada e gerenciável que visa à solução de problemas voltada ao futuro e usando a criatividade e, o produto, refere-se a um objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções, comercializado e usado pelas pessoas ou organizações, de modo a atender a seus desejos ou necessidades (Fonseca 2000; Back et al., 2008). Este trabalho objetivou a continuação do desenvolvimento da fase de projeto conceitual, iniciando com os resultados provenientes da estrutura de funções e finalizando com a apresentação do conceito do produto.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A metodologia empregada neste trabalho foi baseada no modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas - PDMA (Romano, 2003). De posse da estrutura de funções do produto “Nebulizador Autopropelido”, mais especificamente das funções elementares (Baumhardt et al., 2009), as atividades desempenhadas puderam ser divididas em duas etapas. São elas:

### **2.1 Desenvolvimento de Concepções Alternativas**

Nesta atividade foram utilizadas uma combinação de métodos para a obtenção dos princípios de soluções correspondente a cada função elementar, como, o Brainstorming, instrumento sugerido por diferentes autores (Baxter, 2000; Romano, 2003; Pahl et al., 2005; Back et al., 2008). Este ocorreu durante reuniões da equipe de desenvolvimento do projeto, onde os participantes sugeriam soluções para cada subfunção da estrutura funcional. Posteriormente as idéias eram registradas e ao final, de posse das mais diversas soluções, com o consentimento dos membros da equipe, foram selecionadas as consideradas cabíveis.

Outro instrumento adotado foi à analogia direta, que compreende a observação de produtos, soluções de partes ou funções em que determinados princípios são semelhantes ou análogos à função analisada. Os princípios de soluções identificados foram inseridos, sob a forma de desenhos, na matriz morfológica, ferramenta escolhida para auxiliar na seleção das concepções.

Esta matriz relaciona em sua primeira coluna as funções elementares retiradas da estrutura funcional e enumera nas colunas restantes e nas respectivas linhas os princípios de solução associados às funções, podendo ser utilizada em combinação com diversos métodos de criatividade.

A referida ferramenta tem como objetivo proporcionar a possibilidade de serem visualizados todos os princípios originados na mesma matriz, gerando, em seguida, o maior número de concepções combinando um princípio de cada função. Conforme a complexidade do projeto, através das combinações pode-se chegar a milhares ou milhões de concepções, no entanto, é preciso que o seu número seja restringido devido à inviabilidade de análise ou mesmo de representação destas.

Assim, neste trabalho, foi feita uma análise crítica dos princípios de solução enumerados e, os considerados como mais relevantes pela equipe de desenvolvimento do projeto, foram utilizados nas combinações. Por fim, foram formuladas três concepções alternativas “Variantes”, onde tomou-se as precauções mencionadas por Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008), de vincular os princípios de soluções compatíveis.

### **2.2 Seleção da Concepção**

Esta atividade teve como objetivo escolher, dentre as concepções geradas, a melhor para o produto fazendo-se uso da ferramenta “Matriz de Decisão”. Para isso foram necessárias algumas definições.

Segundo Pahl et al. (2005), o primeiro passo em qualquer avaliação é a elaboração do conjunto de objetivos com as metas que o requisito deve atender. Neste trabalho, estes foram às especificações de projetos, mais precisamente, o terço superior da hierarquização. Ainda conforme os autores, para formular os critérios de avaliação, é preciso identificar sua importância relativa (peso) para um valor global da solução, de modo que os critérios irrelevantes possam ser eliminados. Diante disso, os pesos atribuídos aos requisitos derivaram da primeira matriz da casa da qualidade - QFD, os quais foram transformados de modo que o somatório dos pontos obtidos no terço superior equivalesse ao valor máximo de 100%.

Depois de estabelecer os critérios de avaliação e definir a sua relevância, a etapa subsequente da avaliação das variantes é a correlação dos parâmetros conhecidos com esses critérios (Pahl et al., 2005). Logo, de acordo com Romano [200-] os parâmetros utilizados para a valoração foram os apresentados na Tab. (1).

Para a definição da melhor concepção, primeiramente multiplicou-se o peso proveniente do QFD pelo valor do parâmetro atribuído a especificação de projeto em questão, para cada concepção avaliada. Posteriormente, realizou-se um somatório dos referidos valores e a concepção que obteve maior pontuação foi a selecionada.

Finalizada a escolha da melhor concepção, partiu-se para a sua descrição com a formulação do “conceito”, ou seja, foram relatadas as principais características da máquina.

Tabela 1. Valores utilizados na Matriz de Decisão para avaliação das variantes.

Parâmetros de avaliação	Modo como a variante atende a especificação
$V_i = 0$	Não atende
$V_i = 3$	Atende fracamente
$V_i = 5$	Atende medianamente
$V_i = 7$	Atende bem
$V_i = 10$	Atende muito bem

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a lista de funções elementares concluídas (Baumhardt et al., 2009), foram utilizados procedimentos, objetivando identificar diferentes princípios de solução para cada função elementar. Estes princípios foram inseridos na matriz morfológica, a fim de permitir a visualização das diferentes soluções e as suas respectivas funções, o que facilitou na elaboração das variantes do projeto. Diante do elevado número de funções elementares e princípios de soluções compatíveis, optou-se por restringir o número de variantes a três, as quais receberam uma cor específica para facilitar o seu rastreamento, sendo verde, azul e vermelha.

Na Figura (1), é apresentada parte da matriz morfológica com alguns dos princípios de soluções relacionados às respectivas funções elementares do produto.




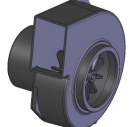




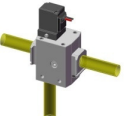







F. E. 1.6 – Gerar fluxo de ar				
	17	18	19	20
F. E. 1.8 – Conduzir o fluxo de ar gerado ao (s) bocal (is) nebulizador (es)				
	26	27	28	29
F. E. 2.1 – Selecionar o líquido a ser nebulizado				
	42	43		
F. E. 2.5 – Monitorar as condições climáticas				
	53	54		
F. E. 4.1 – Definir o regime de trabalho				
	89	90	91	92

Figura 1. Parte da matriz morfológica do projeto.

A atividade de seleção da concepção foi à responsável pela entrega final da fase conceitual, selecionando a mais viável para dar sequência ao desenvolvimento do projeto. De acordo com Novaes (2005), a dificuldade na tarefa de avaliar as concepções reside na principal característica da fase de projeto conceitual, que é o reduzido número de informações e o elevado nível de abstração destas informações.

Outra colocação relevante ainda quanto à importância da correta seleção da concepção vem de Back; Forcellini (2000) apud Andrade et al., (2005) que estimam que até a fase conceitual seja realizado cerca de 20% do trabalho do projeto, sendo estes responsáveis por definir 80% do seu custo.

De posse das variantes A, B e C, a equipe de desenvolvimento do projeto, aplicou a matriz de decisão Tab. (2) para a sistematização da escolha da melhor concepção para a máquina.

**Tabela 2. Parte da Matriz de Decisão para avaliação das variantes.**

Especificações de Projeto		Peso			Concepção A			Concepção B			Concepção C		
		pi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	vi	pi x vi			
1ª	Custo de produção	< R\$ 100.000,00	7,97	0	0,00	5	39,85	3	23,91				
2ª	Número de informações para monitoração das condições de utilização da máquina	3	5,53	10	55,32	10	55,32	10	55,32				
3ª	Percentual de processos usuais de fabricação	> 60 %	5,21	3	15,62	7	36,44	5	26,03				
4ª	Percentual de ferramentas simples para montagem da Máquina	> 80 %	5,19	3	15,56	7	36,32	5	25,94				
5ª	Custo de Manutenção	< R\$ 4.000,00 (ao ano)	5,18	0	0,00	7	36,28	3	15,55				
6ª	Potência necessária ao acionamento do compressor	13,42 kW	4,81	10	48,05	5	24,03	10	48,05				
7ª	Alcance da faixa de aplicação	50 metros	4,78	10	47,80	7	33,46	5	23,90				
8ª	Custo de Operação (Sem custo de produtos químicos e operadores)	< R\$ 4.500,00 (ao mês)	4,58	3	13,75	7	32,09	5	22,92				
9ª	Potência total de acionamento (propulsão, fluxo de ar, climatização e controles)	< 102,97 CV	4,57	3	13,71	10	45,70	5	22,85				
10ª	Gerar fluxo de ar no Bocal Nebulizador para simulação da vel. do vento na aplicação	0 a 4 m/s	4,53	10	45,31	5	22,65	10	45,31				

O resultado desta avaliação elegeu a “Variante B”, como sendo a concepção que melhor atendeu o terço superior. Dentre algumas das características da máquina estão à presença de dois bocais nebulizadores instantaneamente ajustáveis pelo operador de dentro da sua cabine de trabalho, a possibilidade de nebulização simultânea para ambos os lados perpendiculares ao sentido de deslocamento da máquina e a presença de cabines individuais para o motorista e o operador do nebulizador.

#### 4. CONCLUSÕES

Considera-se que a concepção escolhida foi a que apresentou o melhor custo-benefício, acreditando-se que trará como principais aspectos:

- Aumento na eficiência do processo, devido ao desenvolvimento de bocais nebulizadores ajustáveis instantaneamente, possibilitando o contorno de obstáculos, promovendo maiores chances do contato entre a gota gerada e o alvo a ser atingido;
- Maior proteção aos operadores, tendo em vista o desenvolvimento de cabines herméticas com filtro para purificação do ar e dispositivo para a higienização pessoal;
- Melhores condições ergonômicas de trabalho, com equipamentos para auxiliar o abastecimento de produtos na máquina e postos de operação projetados de acordo com normas específicas de ergonomia, considerando conforto, ruído, vibrações, campo de visão, comandos, entre outros;
- A eliminação do superdimensionamento atualmente empregado no processo.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Aos estados que participaram deste projeto MG, TO, SP, RJ, BA, DF e RS.

#### 6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. “TB – 394”: Métodos de aplicação de defensivos agrícolas. Rio de Janeiro, 1991. 2p.
- Andrade, L. F. S. de; Zardo, C. R.; Forcellini, F. A. O uso do FMEA como uma métrica para a confiabilidade no projeto conceitual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 5. 2005, Curitiba, “Anais”. 2005. 1 CD-ROM.
- Back, N. et al. “Projeto integrado de produtos:” planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. 601 p.
- Balan, M. G. et al. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com uso do software conta-gotas. “Ciência Rural”, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 916-919, jul./ ago. 2005.
- Baumhardt, U. B. et al. Functional structure of a generator of self-propelled aerosol for application of insecticide against mosquitoes. In: 20th International Congress of Mechanical Engineering, 2009, Gramado, “Anais”. 2009. 1 CD-ROM.
- Baxter, M. “Projeto de produto:” guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 2000. 260 p.
- Fonseca, A. J. H. “Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional.” 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

- Haile, D. G.; Mount, G. A.; Pierce, N. W. Effect of droplet size of Malathion aerosols on kill of caged adult mosquitoes. "Mosquito News", Aliso Viejo, v. 42, n. 4, p. 576-583, Oct./Dez. 1982.
- Lofgren, C. S. Ultra low volume applications of concentrated insecticides in medical and veterinary entomology. "Annual Review of Entomology", Stanford, v.15, n. 1, p.321-342, Jan./Dez. 1970.
- Masuh, H. et al. Aedes aegypti (Diptera: Culicidae): monitoring of populations to improve control strategies in Argentina. "Parasitology Research", Berlin, v. 103, n. 1, p. 167-170, Jun. 2008.
- Matuo, T. et al. Proteção de Plantas. In: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. "Tecnologia de Aplicação e Equipamentos." Brasília: ABEAS, 2005.
- Novaes, A. L. T. "Desenvolvimento de um sistema mecânico para a limpeza e classificação de ostras." 2005. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Pahl, G. et al. "Projeto na engenharia": fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: E. Blücher, 2005.
- Penna, M. L. F. Um desafio para a saúde pública brasileira: o controle do dengue. "Cadernos de Saúde Pública", Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 305-309, jan./fev. 2003.
- Reis, A. V. "Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas." 2003. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Romano, L. N. "Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas." 2003. 266 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Romano, L. N. "Projeto conceitual de máquinas agrícolas." Santa Maria, [200-]. (Notas de aula).
- WHO - World Health Organization. "Space spray application of insecticide for vector and public health pest control:" A practitioner's guide. Geneva, p. 7-35, 2003.

## **7. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **CONCEPTUAL PROJECT OF SELF-PROPELLED AEROSOL GENERATOR FOR APPLICATION OF INSETICIDES AGAINST MOSQUITOES**

**Ulisses Benedetti Baumhardt, ulissesbb@brturbo.com.br<sup>1</sup>**  
**Airton dos Santos Alonço, alonco@ccr.ufsm.br<sup>1</sup>**  
**Vilnei de Oliveira Dias, vilneidias@yahoo.com.br<sup>1</sup>**  
**Gustavo José Bonotto, gustavobonotto@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Hendriago Alberto Torchelsen da Silveira, hendriago.eng@gmail.com<sup>1</sup>**  
**José René Freitas Gassen, jrgassen@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Michele da Silva Santos, micheleagricola@yahoo.com.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas - LASERG, Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Bairro Camobi - Santa Maria - RS – Brasil, CEP: 97105-900.

***Abstract.** There are many diseases transmitted by mosquitoes and, among them, dengue has been standing out in the last years by the increasing and elevated numbers of infected people, being considered as one of the principal problems of the public health in the world. In view of the use of agricultural techniques for the control of the vector, as the application of pesticides through the chemical treatment of the environment and the absence of a specific equipment for the control in high scale, the aim of this work was the development of a concept of a machine for such purpose, which attends satisfactorily to the requirements of the clients/users, making it possible to maximize the efficiency obtained nowadays in this process. Among the characteristics present in the concept, are: the presence of two mouth aerosol generators instantaneously adjustable by the operator from his cabin of work; the possibility of simultaneous aerosol generation for both sides perpendicular to the direction of the moving of the machine and the presence of individual cabins for the driver and the operator of the aerosol generator.*

**Keywords:** product project, agricultural machines; ultra low volume - ULV