

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PROJETO DE UM NEBULIZADOR AUTOPROPELIDO
PARA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO COMBATE
AOS MOSQUITOS: FASES INFORMACIONAL E
CONCEITUAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ulisses Benedetti Baumhardt

Santa Maria, RS, Brasil.

2009

PROJETO DE UM NEBULIZADOR AUTOPROPELIDO PARA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO COMBATE AOS MOSQUITOS: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL

por

Ulisses Benedetti Baumhardt

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**

Orientador: Prof. Airton dos Santos Alonço

Santa Maria, RS, Brasil.

2009

Baumhardt, Ulisses Benedetti, 1983-

B348p

Projeto de um nebulizador autopropelido para aplicação de inseticidas no combate aos mosquitos : fases informacional e conceitual / por Ulisses Benedetti Baumhardt ; orientador Airton dos Santos Alonço. - Santa Maria, 2009.

186 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2009.

1. Engenharia agrícola 2. Máquinas agrícolas 3. Ultra baixo volume 4. UBV 5. Saúde pública I. Alonço, Airton dos Santos, orient. II. Título

CDU: 631.3

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Ulisses Benedetti Baumhardt. É permitida a reprodução de partes ou do todo deste trabalho desde que citada a fonte.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

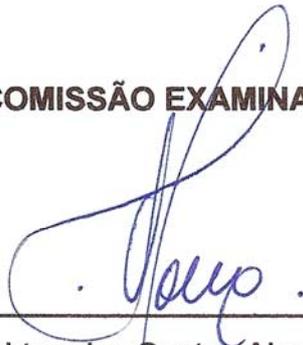
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**PROJETO DE UM NEBULIZADOR AUTOPROPELIDO
PARA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO COMBATE
AOS MOSQUITOS: FASES INFORMACIONAL E
CONCEITUAL**

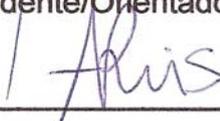
elaborada por
Ulisses Benedetti Baumhardt

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Airton dos Santos Alonço (Dr. Eng.)
(Presidente/Orientador)



Prof. Ângelo Vieira dos Reis (Dr. Eng.)



Prof. Marcos Alves dos Reis (Dr. Sc. Agr.)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

Dedico este trabalho aos meus pais Rosemari e Sérgio, que nas maiores dificuldades de suas vidas sempre priorizaram os meus estudos, acreditando e investindo no conhecimento;

Ao meu amor, minha esposa Ellen, por todo o seu auxílio, paciência, e motivação;

A minha família, meus antepassados, e, em especial, a tia Rosana (in memoriam), que com certeza deve estar muito feliz por mais esta etapa vencida em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir mais este passo;

Ao meu orientador Airton, pela amizade, ensinamentos, dedicação e motivação, acreditando no meu potencial;

À UFSM e ao PPGEA pela oportunidade de aprendizado;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Ao amigo Vilnei pelo acolhimento e apoio ao longo desta jornada;

A José Renê (Gassen) pela amizade, parceria e contribuições a este trabalho;

Ao grande amigo Flávio Gabino, pelo auxílio no experimento realizado no Tocantins;

Aos amigos Guidiane, Mônica, Wilson, Baú, Francisco, Juliana, Rolnei, Maurício, e, em especial, a Letícia, Gustavo e Adriano, pela valiosa contribuição a esta dissertação;

Aos professores Miguel Neves Camargo, Flávio Foletto Eltz, Inácio da Fontoura Limberger e Denis Rabenschlag;

Aos coordenadores, motoristas e operadores dos “UBV’s pesados” dos Centros de Controle de Zoonoses de Minas gerais, Tocantins, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Distrito Federal e Rio Grande do Sul, que gentilmente responderam aos questionários deste trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM;

A todos que, embora não mencionados, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**“Por mais longa que seja a caminhada
o mais importante é dar o primeiro passo.”**

Vinícius de Moraes

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

PROJETO DE UM NEBULIZADOR AUTOPROPELIDO PARA APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO COMBATE AOS MOSQUITOS: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL

Autor: Ulisses Benedetti Baumhardt
Orientador: Airton dos Santos Alonço
Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

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: máquinas agrícolas; ultra baixo volume – UBV; saúde pública

ABSTRACT

Master Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

PROJECT OF SELF-PROPELLED AEROSOL GENERATOR FOR APPLICATION OF INSETICIDES AGAINST MOSQUITOES: CONCEPTUAL AND INFORMAL PHASES

Author: Ulisses Benedetti Baumhardt

Adviser: Airton dos Santos Alonço

Santa Maria, February 27, 2009.

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.

Key-words: agricultural machines; ultra low volume - ULV; public health

Lista de Figuras

FIGURA 1 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto.....	49
FIGURA 2 - Destaque da abrangência do projeto no PDMA	55
FIGURA 3 - Metodologia do projeto	57
FIGURA 4 - Ilustração do posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge ...	71
FIGURA 5 - Configuração da primeira matriz do QFD	72
FIGURA 6 - Estrutura de decomposição do projeto	80
FIGURA 7 - Cronograma de desenvolvimento do projeto	81
FIGURA 8 - Assuntos abordados na pesquisa dos fatores de influência no projeto .	82
FIGURA 9 - Equipamentos nebulizadores alocados sobre caminhonetes, popularmente conhecido como “UBV pesado”	83
FIGURA 10 - Dispositivo de acionamento da bomba de formulação	84
FIGURA 11 - Componentes do equipamento nebulizador.	85
FIGURA 12 - Painel de veículo utilizado para transporte e operação de equipamento nebulizador	87
FIGURA 13 - Ilustração do movimento necessário à regulagem da vazão da bomba de formulação.....	87
FIGURA 14 - Experimento de análise de deposição de gotas utilizando equipamento UBV pesado. a) veículo realizando a aplicação; b) cartão hidrossensível alocado sobre suporte	90
FIGURA 15 - Estrutura de organização quanto aos fatores de homologação e segurança no projeto de um nebulizador autopropelido.....	93
FIGURA 16 - Usuários do produto “Nebulizador Autopropelido” ao longo do seu ciclo de vida.....	107
FIGURA 17 - Esquema da função global do nebulizador autopropelido	124
FIGURA 18 - Estrutura funcional do produto “Nebulizador Autopropelido”	125
FIGURA 19 - Imagem da concepção do projeto.....	138

Lista de Tabelas

TABELA 1 - Inseticidas utilizados na aplicação espacial em ultra baixo volume no combate ao mosquito	32
TABELA 2 - Classe de pulverizações em função do tamanho das gotas.....	40
TABELA 3 - Número de integrantes e formação acadêmica	78
TABELA 4 - Condições climáticas nos dias que antecederam o experimento da análise de deposição de gotas	89
TABELA 5 - Condições climáticas no dia do experimento da análise de deposição de gotas	90
TABELA 6 - Valores máximos permissíveis para veículos não articulado e de passageiro.....	97
TABELA 7 - Limites máximos de emissão de poluentes provenientes do escapamento dos veículos.....	99

Lista de Quadros

QUADRO 1 - Classificação do tipo de aplicação de acordo com o volume de aplicação	28
QUADRO 2 - Atributos típicos de produtos industriais	61
QUADRO 3 - Principais conceitos na análise funcional	63
QUADRO 4 - Lista das ferramentas utilizadas no projeto	65
QUADRO 5 - Pesos atribuídos aos requisitos durante a valoração do Mudge	71
QUADRO 6 - Valores utilizados na Matriz de Decisão para avaliação das variantes.....	75
QUADRO 7 - Termo de abertura do projeto.....	77
QUADRO 8 - Resoluções de observância à fase conceitual, para a homologação do produto	94
QUADRO 9 - Resoluções de observância obrigatória na fase preliminar para a homologação do nebulizador autopropelido.....	95
QUADRO 10 - Equipamentos obrigatórios para a circulação de veículos em vias públicas	96
QUADRO 11 - Resoluções do CONAMA pertinentes ao desenvolvimento do projeto	99
QUADRO 12 - Limites máximos de emissão de ruído para veículos automotores .	100
QUADRO 13 - Especificações generalizadas estabelecidas pela OMS quanto à características dos equipamentos nebulizadores.....	101
QUADRO 14 - Especificações estabelecidas pela OMS para a padronização dos componentes dos equipamentos nebulizadores	102
QUADRO 15 - Resumo dos itens a serem observados na NR12, quanto a segurança do produto em estudo.....	104
QUADRO 16 - Exigências do Projeto (E. P.) do nebulizador autopropelido.....	105
QUADRO 17 - Necessidades dos clientes do nebulizador autopropelido	108
QUADRO 18 - Requisitos dos clientes do nebulizador autopropelido.....	109
QUADRO 19 - Requisitos dos clientes hierarquizados	110
QUADRO 20 - Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos básicos	112
QUADRO 21 - Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos do ciclo de vida.....	113
QUADRO 22 - Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos específicos	113
QUADRO 23 - Terço superior da hierarquização dos requisitos de projeto	114
QUADRO 24 - Terço médio da hierarquização dos requisitos de projeto	115
QUADRO 25 - Terço inferior da hierarquização dos requisitos de projeto	116
QUADRO 26 - Especificações do projeto.....	118
QUADRO 27 - Matriz morfológica do projeto	127
QUADRO 28 - Vistas da variante A (vermelha).....	132
QUADRO 29 - Vistas da variante B (azul).....	134
QUADRO 30 - Vistas da variante C (verde)	136
QUADRO 31 - Descrição do modo de funcionamento da propulsão e geração de ar do conceito.....	139
QUADRO 32 - Descrição da regulagem do sentido de aplicação dos bocais nebulizadores do conceito.....	140

QUADRO 33 - Descrição do modo de posicionamento dos bocais nebulizadores do conceito	140
QUADRO 34 - Matriz de decisão para seleção da concepção do produto.....	142

Lista de Abreviaturas e Siglas

- ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANDEF:** Associação Nacional de Defesa Vegetal
- ART:** Anotação de Responsabilidade Técnica
- BA:** Bahia
- BDASMA:** Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas
- CCZ:** Centro de Controle de Zoonoses
- CONAMA:** Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONTRAN:** Conselho Nacional de Trânsito
- CREA-RS:** Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul
- CTB:** Código de Trânsito Brasileiro
- DF:** Distrito Federal
- DMN:** Diâmetro Mediano Numérico
- DMV:** Diâmetro Mediano Volumétrico
- E.P.:** Especificações do Projeto
- EAP:** Estrutura Analítica do Projeto
- Ex.P.:** Exigências de Projeto
- FHD:** Febre Hemorrágica da Dengue
- FUNASA:** Fundação Nacional de Saúde
- GPS:** Sistema de Posicionamento Global
- INPI:** Instituto Nacional da Propriedade Industrial
- LASERG:** Laboratório de Segurança e Ergonomia (Centro de Ciências Rurais, UFSM)
- MG:** Minas Gerais
- NBR:** Norma Brasileira
- N.C.:** Necessidades dos Clientes
- NR:** Norma Regulamentadora
- OMS:** Organização Mundial da Saúde
- OPS:** Organización Panamericana de la Salud
- PDMA:** Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
- PDP:** Processo de Desenvolvimento de Produto
- PMI:** Instituto de Gerenciamento de Projetos (Project Management Institute)

PNCD: Programa Nacional de Controle da Dengue
PPGEA: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
QFD: Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment)
R. C.: Requisitos dos Clientes
RJ: Rio de Janeiro
R. P.: Requisitos do Projeto
RS: Rio Grande do Sul
R\$: Reais
SP: São Paulo
SUCEN: Superintendência de Controle de Endemias
SVS: Secretaria de Vigilância em Saúde
TO: Tocantins
UBV: Ultra Baixo Volume
UFSM: Universidade Federal de Santa Maria
WHO: Organização Mundial da Saúde (World Health Organization)
\$: Unidade monetária

Lista de Apêndices

APÊNDICE A - Questionário destinado aos motoristas dos veículos equipados com equipamento UBV	161
APÊNDICE B - Questionário destinado aos operadores do equipamento nebulizador UBV	167
APÊNDICE C - Questionário destinado aos pesquisadores, diretores, coordenadores, entre outros que possuam conhecimento do processo de nebulização	172
APÊNDICE D - Ofício de formalização e apresentação da pesquisa	180
APÊNDICE E - Diagrama de Mudge	181
APÊNDICE F - Matriz da Casa da Qualidade	183
APÊNDICE G - Descrição das imagens apresentadas nos princípios de solução ..	184

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	19
1.1 O problema	21
1.2 Justificativa para realização do trabalho	21
1.3 Objetivo geral	22
1.4 Objetivos específicos	22
1.5 Hipótese.....	23
1.6 Contribuições da dissertação	23
1.7 Estrutura da dissertação	24
CAPÍTULO 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Tecnologia de aplicação	25
2.1.1 O controle químico no tratamento do ambiente	26
2.1.2 Aplicação espacial a ultra baixo volume	28
2.1.3 Histórico dos equipamentos utilizados no controle dos mosquitos	29
2.1.4 Produtos	30
2.1.5 Concentração da névoa.....	33
2.1.6 Resistência aos inseticidas.....	34
2.1.7 O alvo	36
2.1.8 Momento de aplicação.....	37
2.1.9 Barreiras físicas	38
2.1.10 Gotas	38
2.1.10.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV).....	40
2.1.10.2 Diâmetro mediano numérico (DMN)	40
2.1.10.3 Span ou amplitude de dispersão	40
2.1.11 Fatores climáticos.....	41
2.1.11.1 Velocidade e direção do vento	41
2.1.11.2 Temperatura e umidade relativa do ar.....	42
2.1.12 Planejamento operacional	43
2.1.13 Métodos de avaliação da nebulização	44
2.2 Desenvolvimento do produto	45
2.2.1 Projeto do produto	46
2.2.2 Processo de desenvolvimento de produto (PDP)	47
2.2.3 Metodologias de projeto.....	48
2.2.3.1 Planejamento do projeto.....	49
2.2.3.2 Projeto informacional.....	50
2.2.3.3 Projeto conceitual	52
2.3 Comentários finais	54

CAPÍTULO 3- MATERIAL E MÉTODOS	55
3.1 A metodologia empregada	55
3.1.1 O planejamento do projeto.....	56
3.1.2 Projeto informacional	58
3.1.2.1 Fatores de influência no projeto	58
3.1.2.2 Identificação das necessidades dos usuários.....	59
3.1.2.3 Estabelecimento dos requisitos dos usuários.....	60
3.1.2.4 Estabelecimento dos requisitos de projeto	60
3.1.2.5 Estabelecimento das especificações de projeto	62
3.1.3 Projeto conceitual	62
3.1.3.1 Estrutura funcional do produto.....	63
3.1.3.2 Desenvolvimento de concepções alternativas	64
3.1.3.3 Seleção da concepção	64
3.1.4 Registro das lições aprendidas.....	65
3.2 Ferramentas para o projeto.....	65
3.2.1 Ferramenta F1: Reuniões da equipe de projeto	66
3.2.2 Ferramenta F2: Visita técnica	66
3.2.3 Ferramenta F3: Experimento “análise de deposição de gotas”	66
3.2.4 Ferramenta F4: Consulta a fornecedores	68
3.2.5 Ferramenta F5: Pesquisa sobre segurança e homologação	68
3.2.6 Ferramenta F6: Questionários estruturados	69
3.2.7 Ferramenta F7: Diagrama de Mudge.....	70
3.2.8 Ferramenta F8: QFD.....	72
3.2.9 Ferramenta F9: Matriz morfológica	73
3.2.10 Ferramenta F10: Brainstorming	73
3.2.11 Ferramenta F11: Analogia direta	74
3.2.12 Ferramenta F12: Matriz de decisão	74
3.3 Material	75
CAPÍTULO 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
4.1 O plano do projeto	76
4.1.1 Carta de projeto	76
4.1.2 Envolvidos no projeto	77
4.1.3 Plano de gerenciamento das comunicações	78
4.1.4 Declaração do escopo do projeto	79
4.1.5 Estrutura de decomposição do projeto - EDP	79
4.1.6 Lista de atividades do projeto	80
4.1.7 Lista de recursos físicos	81
4.1.8 Cronograma de desenvolvimento	81
4.2 Projeto informacional	81
4.2.1 Fatores de influência no projeto.....	82
4.2.1.1 Análise dos equipamentos nebulizadores disponíveis	82
4.2.1.2 Homologação e segurança do produto.....	92
4.2.2 Necessidades dos clientes	106
4.2.3 Requisitos dos clientes	109
4.2.4 Requisitos de projeto	111
4.2.5 Especificações de projeto	116
4.3 Projeto conceitual.....	123
4.3.1 Estrutura funcional.....	123
4.3.2 Concepções alternativas.....	126

4.3.3 Seleção da concepção	137
4.3.4 Registro das lições apreendidas.....	143
CAPÍTULO 5- CONCLUSÕES.....	144
CAPÍTULO 6- RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148
APÊNDICES	160

Capítulo 1- INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira possui a sua saúde afetada pela ausência ou precariedade de saneamento básico, acarretando inúmeras doenças. Dentre estas enfermidades, algumas se tornam calamidades públicas, como é o caso das doenças transmitidas por mosquitos.

Lozovei (2001) salienta que a veiculação de agentes morbígenos por mosquitos está estreitamente associada às precárias condições de vida das populações humanas, desencadeando a gênese da deterioração da saúde.

Na compreensão de Donalísio; Glasser (2002):

A complexidade da vida moderna, entremeada com a miséria e a falta de infra-estrutura urbana mínima na maioria dos municípios brasileiros, tem dificultado a organização das ações de controle dos vetores, mesmo em ocasiões com disponibilidade de recursos. A disseminação de incontáveis criadouros artificiais, a urbanização desordenada e a convivência com tantos outros problemas mais graves que o dengue, deixam a população alheia a mais esta mazela da saúde pública brasileira (p. 269).

Entre as principais doenças transmitidas por mosquitos, a dengue vem se destacando. Seu vetor, o *Aedes aegypti*, que foi erradicado na maioria dos países da América em 1950, atualmente tem se expandido drasticamente, iniciando nas grandes cidades e atingindo também a zona rural (WHO, 2000).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que anualmente entre 50 e 100 milhões de pessoas sejam infectadas em mais de 100 países, destes, aproximadamente 550 mil doentes necessitam de hospitalização e 20 mil morrem em consequência da dengue (PNCD, 2007).

No Brasil, desde 2004, o número de casos notificados de dengue é crescente, iniciando em 117.519 e atingindo 559.954 em 2007. O mesmo ocorreu com a quantidade de óbitos devido à Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) que passou de 8 a 158 casos, de acordo com o último boletim completo da doença (SVS, 2008a; 2008b).

Em 2008, a situação se mostrou mais grave, ocorrendo uma epidemia no Rio de Janeiro, onde somente no período entre janeiro e abril foram registrados 38 casos de óbito em crianças na faixa de 0 a 15 anos. Quarenta e nove por cento das internações também foram de crianças (SVS, 2008c).

Câmara et al. (2007), apontam que a dengue está presente atualmente em todos os 27 estados da Federação, distribuída por 3.794 municípios, e é responsável por cerca de 60% das notificações nas Américas.

Além da dengue, a presença de altas densidades de *Aedes aegypti* pode provocar o reaparecimento da febre amarela urbana (PENNA, 2003). Este fato pôde ser observado no Brasil no final do ano de 2007 e início de 2008.

A organização atual do espaço dos grandes centros urbanos, juntamente com a situação da população de mosquitos no país, fez com que o Ministério da Saúde concluísse que a erradicação do *Aedes aegypti* não é mais viável, o que se torna um agravante, pois ainda não existe vacina contra a dengue. Este mesmo órgão passou então a recomendar o controle do vetor, adotando práticas direcionadas ao enfrentamento das pragas agrícolas, como a aplicação de agrotóxicos (WHO, 2002; PENNA, 2003; BRAGA; VALLE, 2007a).

As estratégias de combate baseiam-se na utilização de produtos químicos e biológicos, através do tratamento focal, perifocal e aplicação espacial de inseticidas, como também em controles integrados com programas de manejo ambiental (BRASIL, 2001; LUNA et al., 2004).

Entre os tratamentos mencionados, o espacial ou tratamento do ambiente é o único que objetiva o combate direto à fase adulta dos mosquitos (alada), por meio da interação entre a gota de inseticida e o mosquito em vôo, apresentando-se como uma ferramenta valiosa para os serviços de controle do vetor em situações de emergência, em que é preciso reduzir rapidamente a população de vetores, detendo ou restringindo uma epidemia a níveis manejáveis (NELSON, 1986; REZENDE et al., 2004).

Devido ao tamanho reduzido das gotas geradas, este tipo de aplicação é o que emprega maior tecnologia. Em contrapartida, até onde se tem conhecimento, não existe uma máquina especificamente desenvolvida para o tratamento em escala do ambiente no controle dos mosquitos. Este fator torna necessária a alocação do equipamento nebulizador, responsável por gerar as gotículas de inseticida, sobre veículos utilitários para o processo de aplicação.

Diante do exposto na introdução, nos tópicos seguintes, serão abordados, mais especificamente, o problema, as justificativas para a realização deste trabalho e os seus objetivos.

1.1 O problema

A ausência de uma máquina especificamente desenvolvida para o tratamento em escala do ambiente no controle dos mosquitos, através da aplicação espacial de inseticidas.

1.2 Justificativa para realização do Trabalho

Por meio de estudos das técnicas, equipamentos e procedimentos adotados atualmente no Brasil para a aplicação espacial de inseticidas a ultra baixo volume no controle dos mosquitos, foram elaboradas algumas justificativas para a realização deste trabalho.

O emprego da adaptação, equipamento nebulizador sobre o veículo utilitário, promove:

- Elevado custo de operação devido ao consumo excessivo de combustível, que é ocasionado pelas relações de engrenamento existente nas caixas de câmbios, não projetadas para esta condição específica de nebulização (baixa velocidade de deslocamento - 5 a 20 km/h), juntamente com o excesso de potência disponível no sistema;
- A necessidade de utilização de dois motores de combustão interna, sendo um o do próprio veículo e o outro para o equipamento nebulizador, precisando ainda de reservatórios distintos;
- Alto valor de aquisição, pois os veículos utilitários se tornam super dimensionados para a função atribuída, como também, ociosos, visto que após a instalação do nebulizador, permanecem de uso exclusivo para a aplicação de inseticidas;
- Difícil acesso aos instrumentos de monitoração do equipamento nebulizador, como, o manômetro para verificação da pressão do sistema, os indicadores de níveis do tanque químico e de combustível e, a visualização do bocal nebulizador que fica no próprio equipamento (na caçamba do veículo);

- A regulação somente pré-operação, visto que os mecanismos de ajuste da vazão da bomba de formulação, da rotação do motor e do controle do bocal nebulizador tanto horizontal, vertical, como angular também se localizam no nebulizador.

Por fim, uma das características mais relevantes, é a insuficiente penetração das gotas no intra-domicílio, apontada por diversos pesquisadores como a principal justificativa para a baixa eficiência obtida neste tipo de tratamento, evidenciando a necessidade de desenvolvimento de mecanismos que aumentem a chance da gota ser inserida no ambiente mencionado.

1.3 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi desenvolver o projeto informacional e conceitual de um nebulizador autopropelido para a aplicação de inseticidas no controle dos mosquitos, gerando uma concepção que atenda satisfatoriamente os requisitos dos clientes e usuários deste produto.

1.4 Objetivos específicos

Através deste trabalho, buscou-se também:

- a) Identificar os fatores envolvidos na tecnologia de aplicação de inseticidas no combate ao mosquito, como as técnicas, procedimentos, equipamentos, entre outros itens que estão relacionados com a eficácia do tratamento;
- b) Contribuir para o conhecimento acadêmico e dos profissionais vinculados à área de projetos de máquinas, fornecendo o projeto conceitual de um nebulizador autopropelido para o combate ao mosquito de modo formalizado, com as suas fases bem definidas, estando de acordo com a metodologia utilizada para o seu desenvolvimento;
- c) Proporcionar o projeto de uma máquina que:
 - Insira novos dispositivos, de modo a aumentar a eficiência no processo de aplicação espacial de inseticidas no combate aos mosquitos, tendo em vista a tecnologia disponível;

- Apresente satisfatória capacidade operacional (área tratada por tempo), com significativa durabilidade e baixa manutenção, considerando o custo/benefício;
- Reduza os gastos públicos atualmente disponibilizados no tratamento do ambiente no controle de mosquitos;
- Seja segura e ergonômica aos operadores e à população envolvida;
- Cumpra os padrões necessários à sua homologação.

1.5 Hipótese

Tendo-se conhecimento da problemática envolvida, este trabalho traz a seguinte hipótese:

“Se atualmente não existe uma máquina específica para aplicação espacial em escala de inseticidas no combate aos mosquitos, e isso contribui para utilização de um produto adaptado, super dimensionado e ainda proporcionando uma baixa eficiência no processo, então, o projeto e desenvolvimento de um nebulizador autopropelido para o controle do mosquito reduzirá os custos envolvidos, com maior qualidade dos resultados.”

1.6 Contribuições da dissertação

Proporcionar conhecimento acerca do processo de projeção de uma máquina agrícola, auxiliando no desenvolvimento de novos projetos, principalmente os relacionados ao processo de aplicação espacial de inseticidas;

Aumentar a eficiência no tratamento do ambiente, e, ainda, proporcionar a aplicação da quantidade correta de produto por área, conforme as orientações da Organização Mundial da Saúde e/ou dos fabricantes do produto, reduzindo o número de populações de vetores resistentes;

Incentivar a abertura de empresas ou o interesse das existentes, na construção deste tipo de produto, a fim de aumentar a concorrência, estimulando o avanço tecnológico e o aumento da qualidade do produto, reduzindo ainda o valor de aquisição.

1.7 Estrutura da dissertação

A dissertação foi estruturada em seis capítulos, nos quais foram explorados assuntos relacionados com o tema, descritos a seguir:

Capítulo 1: Introdução, descrição do problema, justificativas para o trabalho, objetivo geral e específicos, hipóteses, contribuições da dissertação e, por fim, a estrutura da dissertação;

Capítulo 2: Apresenta a revisão bibliográfica, abordando conceitos da tecnologia de aplicação, como fatores envolvidos no processo de nebulização e definições acerca de projeto;

Capítulo 3: Material e métodos, com a descrição da metodologia empregada, como também, as atividades, ferramentas e procedimentos utilizados ao longo do desenvolvimento do projeto;

Capítulo 4: Resultados e discussão, abordando as principais entregas do projeto, como análises dos questionários, visitas técnicas, plano do projeto, entre outros;

Capítulo 5: Conclusões, com base nos resultados e no aprendizado ao longo do desenvolvimento do trabalho;

Capítulo 6 – Recomendações para futuros trabalhos.

Capítulo 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo visa realizar um estudo sobre dois aspectos norteadores ao desenvolvimento deste trabalho: a tecnologia de aplicação, na qual se buscou os subsídios necessários ao entendimento dos fatores presentes no processo de nebulização; e definições pertinentes ao projeto e à elaboração da concepção de produto.

2.1 Tecnologia de aplicação

A identificação e a verificação do modo pelo qual os fatores envolvidos no processo de nebulização influem, direta ou indiretamente, na eficiência da aplicação, são imprescindíveis à elaboração do projeto e, futuramente, ao desempenho do produto.

Portanto, a importância da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, que, conforme Matuo et al. (2005), consiste no emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com mínimo de contaminação de outras áreas.

De acordo com a definição apresentada por Matuo et al. (op. cit.), os equipamentos empregados para a aplicação de líquidos podem ser divididos em: injetores, utilizados para a aplicação de filete líquido (sem fragmentação em gotas), pulverizadores, para as gotas, e por fim, os nebulizadores, para a neblina (gotas menores que 50 μm).

Existem diversos fatores que influem no processo de nebulização, como a forma, tamanho e localização do alvo, densidade, diâmetro e velocidade de gota e pela velocidade e direção do fluxo (BALAN et al., 2005).

De modo a resgatar informações abrangendo os procedimentos, técnicas, produtos e equipamentos utilizados ao longo dos anos no controle aos mosquitos, esses conteúdos serão discutidos nas próximas seções.

2.1.1 O controle químico no tratamento do ambiente

Desde o século passado, o controle químico com inseticidas no combate ao mosquito *Aedes aegypti* vem sendo empregado. Atualmente, os métodos de controle incluem o tratamento focal, o perifocal e pulverização do ambiente (WHO, 2000; CHUA et al., 2005).

O tratamento focal consiste na aplicação de produto larvicida nos depósitos que possuem ovos do mosquito, já o perifocal, é indicado como medida complementar ao primeiro, sendo colocada uma pequena camada de inseticida de ação residual nas paredes externas destes depósitos. Por fim, no tratamento a ultra baixo volume é realizada a aplicação espacial de inseticida, onde as partículas geradas são muito pequenas, flutuando e atingindo a superfície do corpo do mosquito (BRASIL, 2001).

O controle químico com inseticidas, tanto de origem orgânica como inorgânica, é uma das técnicas mais adotadas como parte do manejo sustentável e integrado para combater os vetores em Saúde Pública (ROSE, 2001).

Neste sentido, os órgãos públicos vêm utilizando o controle químico de vetores como uma das maneiras de evitar a propagação de epidemias como as de dengue, febre amarela, doença de chagas, leishmaniose, entre outras (VILELA et al., 2005).

Pant; Yasuno (1970), demonstraram que 95% dos mosquitos *Aedes aegypti* descansam em local fechado, sendo que, destes, mais de 90% ficam em superfícies que não podem ser tratadas com misturas residuais.

Para intervenções durante períodos de epidemia, foi e ainda continua sendo empregada a aplicação de pequenas quantidades de inseticidas sob a forma de aerossol, processo que é denominado de aplicação espacial. Essa aplicação consiste em tornar o ar contido numa casa ou em outra estrutura, venenoso ou tóxico para os insetos, sendo utilizada para a rápida eliminação dos mosquitos adultos, normalmente em situações de epidemia (CHADEE, 1985; ARAGÃO et al., 1988; PERICH et al., 1992; CHAVASSE; YAP, 1997).

O tratamento do ambiente empregando adulticidas, seja com equipamento termonebulizador ou UBV, gera um baixo efeito residual, ou seja, a sua atuação é restrita ao momento de aplicação, quando a gota ainda está suspensa no ar (FOCKS et al., 1987).

No entanto, experimentos misturando o produto adulticida com o larvicida no tratamento espacial do ambiente (YAP et al., 1997; CHUNG et al., 2001; MANI et al., 2005), obtiveram uma boa taxa de mortalidade tanto de larvas quanto de mosquitos adultos.

Em ensaio efetuado por Yap et al. (op cit.), a mistura de adulticida (Pesguardâ PS 102) e larvicida biológico (*Bacillus thuringiensis* var. israelensis, Bti) aplicado com equipamento UBV montado sobre veículo para o combate ao *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* resultou na mortalidade de mais de 90% das fêmeas adultas do *Aedes aegypti*, localizadas a uma distância de até 100 metros da máquina, como também, de 86% das larvas que estavam até 25 metros.

Com a mistura adulticida pirimiphos-methyl (Actellicâ 50 EC) mais larvicida biológico Bti aplicado com equipamento termonebulizador portátil para o combate ao *Aedes aegypti*, Chung et al. (op cit.) constataram mortalidade de 76,7% para uma distância de 6 metros para a forma adulta e de 99,8% das larvas para a nebulização sobre o recipiente.

Misturando adulticida com larvicida (S-bioallethrin, Deltamethrin e Piperonyl butoxide) aplicados com equipamento termonebulizador para o controle do *Aedes aegypti*, Mani et al. (op cit.) obtiveram uma eficiência satisfatória. A taxa de mortalidade dos mosquitos adultos foi de 75% no peri-domicílio a uma distância de até 20 metros da máquina, e de 64,3% para as larvas após 24 horas da aplicação no mesmo ambiente.

Estes estudos podem agregar novos conceitos ao foco do tratamento do ambiente, que até o momento se destina apenas a mosquitos adultos, assim como, um futuro promissor às novas misturas de formulações.

O tratamento espacial do ambiente também possui a sua eficiência relacionada à técnica de aplicação. Neste sentido, faz-se necessário discorrer acerca da aplicação a ultra baixo volume, a qual é considerada por diferentes pesquisadores como um marco na saúde pública, pois permite a rápida redução de

epidemias ocasionadas por mosquitos (LOGFREN, 1970; MAAS, 1971; GRATZ, 1991).

2.1.2 Aplicação espacial a ultra baixo volume

Ultra Baixo Volume é uma técnica nascida em aplicações por via aérea na agricultura e significa a aplicação de pequenas quantidades de inseticidas líquidos em forma concentrada. O termo UBV foi utilizado pela primeira vez por trabalhadores na África, na pulverização concentrada de dieldrin no controle de gafanhotos, *Schistocerca gregária*. Já no controle dos mosquitos, a sua primeira aplicação foi durante uma guerra, tendo sido empregada contra os vetores da malária (SAYER, 1959; HOLWAY et al., 1967; LOGFREN, 1970; MONTEIRO, 2006).

O UBV é considerado como o processo mais eficiente de aplicação espacial, representando 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).

De acordo com a classificação proposta pela ABNT (1991), a aplicação é considerada a ultra baixo volume quando emprega menos de 5 litros de produto químico por hectare (cultura de porte baixo), conforme Quadro 1.

Sigla	Denominação	Aplicação terrestre (L. ha ⁻¹)	
		Culturas de porte baixo (anuais)	Cultura de porte alto (árvores e arbustos)
AV	Volume alto	Mais de 600	Mais de 1000
MV	Volume médio	Entre 200 e 600	Entre 500 e 1000
BV	Volume baixo	Entre 50 e 200	Entre 200 e 500
MBV	Volume Muito Baixo	Entre 5 e 50	Entre 50 e 200
UBV	Ultra Baixo Volume	Menos de 5	Menos de 50

Quadro 1 - Classificação do tipo de aplicação de acordo com o volume de aplicação

Fonte: ABNT, (1991).

A aplicação de aerossol a ultra baixo volume utilizando inseticidas químicos através de equipamentos montados sobre veículos para o combate de mosquitos adultos é indicada durante epidemias ou para impedir que essas ocorram (CHUA et al., 2005).

Esta utilidade já havia sido relatada por Moody et al. na década de 70, que obtiveram eficiência entre 70 e 100% em bioensaio com o *Aedes aegypti*, empregando 96% de nível técnico de malathion para aplicação em diversas áreas urbanas, usando equipamento aéreo e montado sobre veículo (CASTLE et al., 1999).

2.1.3 Histórico dos equipamentos utilizados no controle dos mosquitos

No Brasil, por volta de 1928, era utilizada no Rio de Janeiro uma bomba manual para a aplicação de um inseticida de uso doméstico denominado "Flit", porém, essa técnica foi considerada com um rendimento muito baixo, passando a serem usados compressores com pistola de pintura para a aplicação. Como o rendimento ainda não era satisfatório, foram adotados compressores movidos a motor à gasolina e montados sobre chassi de caminhão, fornecendo ar comprimido através de longas tubulações para até 12 pistolas de pintura (ARAGÃO et al., 1988).

Durante a Segunda Guerra Mundial, foram desenvolvidas máquinas produtoras de termoneblinas, denominadas termonebulizadores, e a sua primeira utilização no Brasil foi para o controle do pernilongo (*Culex quinquefasciatus*) na cidade do Rio de Janeiro. Nessas máquinas, o inseticida diluído em óleo mineral e cossolvente, se nebuliza ao passar por um tubo aquecido à alta temperatura. Todavia, esses equipamentos geravam problemas, afetando a visibilidade dos veículos, devido à densa nuvem formada, e despertando a curiosidade em crianças que iam brincar dentro da névoa (ARAGÃO et al., 1988).

Ao final de 1940, utilizando aeronaves equipadas com sistema de pulverização, foram aplicados inseticidas a ultra baixo volume no controle da larva de *anopheline* e de mosquitos adultos empregando a formulação concentrada de DDT (KRUSE et al., 1949; BLANTON et al., 1950, LOGFREN, 1970).

Em 1963, foi novamente usado este tipo de aeronaves aplicando o produto malathion para controlar o *Aedes nigromacolis* na Califórnia, e, no ano seguinte, o *Aedes taeniorhynchus* e *Aedes sollicitans* no Kentucky e Flórida, obtendo bons resultados (LOGFREN, 1970).

No período da Guerra do Vietnã, os militares americanos desenvolveram as primeiras máquinas costais motorizadas, cuja aplicação foi caracterizada como sendo de UBV. O principal problema relacionado a estes equipamentos era o

controle da vazão, onde utilizavam discos perfurados ou válvula de controle de fluxo na linha de inseticida (HOLWAY et al., 1967; LOGFREN, 1970).

Com a evolução destes equipamentos, os inseticidas passaram a ser bombeados através da pressurização do sistema com dióxido de carbono, como também, a ter vazão controlada por um fluxômetro. Estas modificações, de acordo com Logfren (1970), permitiram diminuir os volumes de aplicação a menos de 1 galão/hora (4,5461l/h) ao invés dos 40 a 120 galões/hora que eram aplicados pelas antigas máquinas.

Em 1988, Aragão et al. já apontavam a existência de máquinas nacionais e importadas muito boas, mas que ainda persistia o problema do desgaste do motor devido à alta rotação de trabalho. Para os autores, mesmo com boa manutenção, a duração desses equipamentos não era satisfatória, assim como persistia a necessidade de diminuir a vazão do inseticida e o tamanho das gotículas.

2.1.4 Produtos

Existem registros do uso de práticas para o controle de insetos na China há mais de 2.000 anos, onde através da queima de substâncias vegetais ocorreram as primeiras tentativas de eliminação dos mosquitos no interior das habitações. No Brasil, este método foi empregado por Gorgas e Oswaldo Cruz, para combater a febre amarela e por Carlos Chagas, para controlar a malária (ARAGÃO et al., 1988; BRAGA; VALLE, 2007a).

No final do século XIX, descobriu-se que certas espécies de insetos e outros artrópodos eram responsáveis pela transmissão de algumas das mais importantes doenças. Vacinas ou medicamentos efetivos contra a maioria delas ainda não estavam disponíveis e o controle da transmissão era, todavia, fortemente centralizado no combate ao vetor, passando a serem utilizadas práticas de controle biológico direcionadas ao enfrentamento das pragas agrícolas (BRAGA; VALLE, 2007a).

O surgimento do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) durante a Segunda Guerra Mundial foi considerado um marco no sistema de aplicação de inseticidas em saúde pública, pois quando aplicado em paredes e tetos de casas, permanecia ativo contra os insetos por vários meses. Posteriormente, foi desenvolvido outro inseticida para aplicação em superfícies, o BHC, também sendo disponibilizado em forma de

pastilhas, que eram queimadas dentro das edificações, distribuindo o inseticida por todo o volume de ar ali contido. Tanto o BHC quanto o DDT foram distribuídos em pastilhas (ARAGÃO et al., 1988; ROZENDAAL, 1997).

Em plena era dos organofosforados, foi criado um inseticida muito eficiente, o Diclorvós ou DDVP, que era impregnado em uma placa de resina, denominada "Vapona", que ao longo de três meses liberavam lentamente vapores do produto. Foram pouco usadas em saúde pública, mas tiveram êxito no controle de insetos visando ao conforto da população (DUARTE, 1971).

O organofosforado temephos, registrado nos EUA em 1965, para utilização em agricultura e controle de mosquitos, é o único larvicida desse grupo com uso generalizado no controle de larvas de mosquitos, sendo recomendado pela OMS para uso em água potável (CHAVASSE; YAP, 1997; BRAGA; VALLE, 2007a).

No Brasil, desde 1980, os Centros de Controle de Zoonoses – CCZ's vinham empregando inseticidas organofosforados, quando então iniciaram as aplicações de malathion a UBV terrestres, produto utilizado até 1988. De acordo com orientações da OMS (1984), este inseticida deveria ser aplicado em solução de 10%, com dose de 41 g/ha (BRACCO et al., 1997).

Em São Paulo, no mesmo período a SUCEN vinha usando com alguns benefícios formulações baseadas na diluição do princípio ativo do praguicida em óleo vegetal para o controle do mosquito *Aedes aegypti*. Entretanto, Costa et al. (2001) verificaram que estas formulações apresentavam algumas desvantagens, como uma "borra" gerada pelo óleo no fundo dos tanques de calda, resultando em obstrução de filtros, criando crostas, dificultando a manutenção e a limpeza das máquinas e equipamentos. Outra desvantagem era o casual incômodo provocado aos aplicadores e aos moradores, como também manchas na pintura dos automóveis, dos móveis domésticos e outros objetos de valor. Desta forma, o desenvolvimento e uso de uma calda aquosa para aplicações espaciais, não só viria minimizar muitos dos problemas citados, mas apresentaria também reduções sensíveis nos custos da aplicação.

Atualmente, é bastante difundida a adição de água para o preparo da formulação, trazendo como vantagens adicionais a não irritabilidade dos olhos e da pele, possibilitando, ainda, alta efetividade no controle do *Aedes aegypti* (WHO, 2006a; SECCACINI et al., 2006).

Ainda na década de 80, grande número de novos princípios ativos de piretróides estava sendo avaliados para uso na área de saúde pública, o que para alguns pesquisadores estava relacionado ao fato de serem fotoestáveis e mais potentes do que os melhores organofosforados, além de causarem menor efeito na fauna benéfica, revelando-se promissores no controle de larvas e adultos de pernilongos (ANDRADE, 1990).

Os piretróides sintéticos, mais empregados até o momento, são bastante estáveis. Estes são produzidos em laboratório a partir de uma substância natural, o piretro, extraído de crisântemos, sendo considerados biodegradáveis e não cumulativos. No entanto, uma desvantagem desse grupo de inseticidas consiste no custo elevado (PALCHICK, 1996; BRAGA; VALLE, 2007a).

A OMS (WHO, 2006a) vem especificando os produtos a serem utilizados no combate ao mosquito, sua dosagem e classificação toxicológica (Tabela 1).

Tabela 1 - Inseticidas utilizados na aplicação espacial em ultra baixo volume no combate ao mosquito

Inseticidas	Grupo químico	Doses de ingrediente ativo (g/ha)	Classificação toxicológica
Fenitrothion	Organofosforados	250–300	II
Malathion	Organofosforados	112–600	III
Pirimiphos-methyl	Organofosforados	230–330	III
Bioresmethrin	Piretróides	5	U
Cyfluthrin	Piretróides	1–2	II
Cypermethrin	Piretróides	1–3	II
Cyphenothrin	Piretróides	2–5	II
d,d-trans-Cyphenothrin	Piretróides	1–2	NA
Deltamethrin	Piretróides	0.5–1.0	II
D-Phenothrin	Piretróides	5-20	U
Etofenprox	Piretróides	10–20	U
Cyhalothrin	Piretróides	1.0	II
Permethrin	Piretróides	5	II
Resmethrin	Piretróides	2–4	III

Fonte: WHO (2006a). Classe II, Altamente tóxico, classe III, Medianamente tóxico, classe U, improvável que em uso normal possa causar perigo; NA, não avaliado.

De acordo com o grupo químico, os inseticidas possuem modos de ação distintos, embora atuando no sistema nervoso central dos insetos (MELLON; GEORGHIOU, 1984; PALCHICK, 1996).

Os organofosforados agem inibindo a Acetilcolinesterase (AChE), importante enzima do sistema nervoso central. Essa enzima é fosforilada pelo inseticida, ficando irreversivelmente inativada e a sua inibição resulta no acúmulo de acetilcolina nas junções nervosas (ou sinapses), o que impede a interrupção da propagação do impulso elétrico. Conseqüentemente, o sistema nervoso central continuará sendo estimulado, desencadeando o processo de paralisia que pode culminar com a morte do inseto (BRAGA; VALLE, 2007a).

Já os inseticidas pertencentes ao grupo dos piretróides afetam o sistema nervoso periférico e central do inseto, alterando o tempo de abertura dos canais de sódio durante a despolarização da membrana neural também matando o inseto por excitação (FUNASA, 2001; BRAGA; VALLE, 2007a).

2.1.5 Concentração da névoa

Conforme Logfren (1970) é necessário que se tenha especial cuidado na aplicação de inseticidas, pois altas dosagens podem ocasionar sérios problemas quando aplicadas a ultra baixo volume. Para tanto, a OMS (WHO, 2006a) especifica a dosagem de ingrediente ativo por área de acordo com o produto a ser empregado, conforme foi apresentado na Tabela 1.

Qualquer diluição da formulação deve ser compensada com a vazão de aplicação da névoa, de modo que a quantidade de inseticida depositada por área permaneça constante. Existem três fatores que participam deste ajuste, a velocidade de deslocamento do veículo, a faixa de aplicação e a vazão do inseticida (WHO, 2003).

Para haver a mortalidade do inseto, este deve receber uma dose letal de inseticida em gotas que sejam absorvidas por ele. Logo, surge a relação entre a concentração do ingrediente ativo e a gota, onde as baixas dosagens requerem um maior número de gotas (WHO, 2003).

Verificou-se que a concentração de ingrediente ativo (i.a.) necessária para a obtenção de um DL₅₀¹ através de aplicações tópicas de piretróides em *An. stephensi* e *Aedes aegypti* correspondem a 1,1 e 1,6 nanogramas de i.a./inseto adulto respectivamente (WHO, 1980).

¹ DL50 é a quantidade necessária de uma determinada substância a ser ingerida ou administrada, a fim de provocar a mortalidade de 50% da população avaliada.

Outros estudos de toxicidade feitos em combinação com análises químicas e utilizando gotas de 25 micras de diâmetro mostraram que o DL_{100}^2 de malathion para *Aedes taeniorhynchus* é de aproximadamente 10 nanogramas (WEIDHAAS et al., 1969; LOGFREN, 1970).

Portanto, é necessário conhecer a quantidade correta de ingrediente ativo para atingir os principais objetivos da tecnologia de aplicação, colocar a dose certa de inseticida no alvo com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, sem afetar o ambiente (DURIGAN, 1989).

2.1.6 Resistência aos inseticidas

A resistência é definida pela OMS como a habilidade de uma população de insetos em tolerar uma dose de inseticida que, em condições normais, causaria sua morte (BRAGA; VALLE, 2007a).

Os fatores envolvidos no processo de resistência podem ser agrupados em genéticos (genes que conferem resistência), biológicos (duração do ciclo biológico e dispersão) e operacionais (intensidade da exposição da população no tempo e espaço e nas várias fases do ciclo biológico) (GEORGHIOU; TAYLOR, 1976; OMS, 1976).

A resistência aos produtos químicos pode favorecer o aumento das populações de mosquitos, resultando na elevação dos índices de casos da dengue, o que vem a ressaltar a importância do monitoramento periódico da susceptibilidade dos vetores dessa doença (MACORIS et al., 1999; CAMPOS; ANDRADE, 2001; GUBLER, 2002; LUNA et al., 2004).

Conforme Dover; Croft (1986), o aumento dos registros de espécies de artrópodos resistentes aos piretróides, além da possibilidade de resistência cruzada aos organoclorados, é preocupação em todo o mundo e demanda avaliações periódicas do seu emprego. Outro aspecto considerado relevante é que o desenvolvimento de resistência aos produtos químicos utilizados indica a necessidade de monitoramento e rodízio destas substâncias (OPS, 1995; CHUNG et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2002).

² DL100 é a quantidade necessária de uma determinada substância a ser ingerida ou administrada, a fim de provocar a mortalidade de 100% da população avaliada.

Em uma população de mosquitos sob pressão de inseticidas, o desenvolvimento de resistência é um processo inevitável, que resulta do efeito seletivo de exposição a dosagens que matam os indivíduos suscetíveis, sobrevivendo os resistentes, que transferem essa capacidade a seus descendentes (DONALÍSIO; GLASSER,2002).

Em 1986, o Informe Técnico 737 da OMS (1986) apurou a existência de outra forma de resistência, a comportamental, que define o processo de seleção de indivíduos com aptidão para evitar total ou parcialmente o contato com doses que resultariam letais.

A tecnologia atualmente existente busca reduzir o impacto dos fatores operacionais, por meio de dois grupos de medidas: a implementação de estratégia de controle integrado, que restringe o máximo possível o uso de métodos químicos de controle vetorial; e o planejamento do componente de controle químico da estratégia, empregando metodologias que retardam o processo de resistência, como o uso de sinergistas, aplicação de inseticidas em mosaico, uso de misturas, rotações ou sucessões ótimas de inseticidas (OMS, 1980).

Bioensaios executados por Luna et al. (2004) na cidade de Curitiba entre janeiro e abril de 2003, com o intuito de detectar a susceptibilidade de *Aedes aegypti* aos inseticidas químicos temephos e cipermetrina, demonstraram que esta espécie é suscetível ao primeiro e apresenta resistência ao segundo.

A primeira medida tomada pela FUNASA para manejar a resistência do *Aedes aegypti* foi substituir os inseticidas organofosforados pelos piretróides (para a fase alada), visando a utilizar os produtos químicos de modos distintos para as larvas e adultos. Essa estratégia foi fundamentada em estudos demonstrativos da rotação de dois ou mais inseticidas com formas de ação diferentes, resultando na redução da taxa de resistência ou o retardamento da seleção de indivíduos resistentes (FERRARI, 1996; RODRIGUEZ, 2000; BRAGA; VALLE, 2007b)

Portanto, percebe-se que o levantamento de dados relativos à resistência das populações de vetores e de seus mecanismos é de suma importância para que a aplicação de inseticidas tenha a melhor relação custo-benefício (BRAGA; VALLE, 2007a).

2.1.7 O alvo

O alvo é um determinado organismo biológico que se deseja controlar com produto fitossanitário, porém, é preciso ter conhecimento técnico-agronômico a seu respeito, como sua fisiologia, hábitos e posição, a fim de saber o momento fisiológico mais vulnerável a ser atingido pelo produto (MATUO, 1998; CHRISTOFOLETTI, 1999a).

Neste trabalho, o alvo a que se deseja controlar são os mosquitos, insetos da família *Culicidae*, que possuem corpo delgado, delicado e de pernas longas, sendo conhecidos nos países sul-americanos pelos nomes de pernilongos, muriçocas, carapanãs, sovelas, mosquitos-prego e zancudos. As suas fêmeas, além de provocarem grande desconforto, transmitem ao homem e aos animais domésticos diversas doenças, como a dengue, a malária e a febre amarela (LOZOVEI, 2001).

Com exceção da Antártida e de algumas ilhas, a distribuição dos mosquitos é mundial, sendo encontrados em altitudes de 5.500 m acima e 1.250 m abaixo do nível do mar, nos mais diversos habitats como as florestas, a zona rural e urbana. A sua longevidade é afetada por fatores genéticos, condições ecológicas, influências climáticas e presença de inimigos naturais e, enquanto os machos vivem poucos dias, as fêmeas chegam a 60, 70 e até 100 dias, sendo que as mais longevas tem maior probabilidade e eficiência na transmissão de doenças (LOZOVEI, 2001).

Os mosquitos utilizam vários estímulos para identificação e localização de seus hospedeiros, abrigos e recipientes para oviposição, e estes são desencadeados pelas características físicas, cor, textura do substrato, odor químico, luminosidade, temperatura e presença de água. A forma arredondada e a cor escura, por exemplo, estão sendo consideradas como estímulos visuais, pois simulam local tranquilo para repouso dos mosquitos adultos, da mesma forma que a presença da água representa a condição para oviposição (BENTLEY; DAY, 1989; BOWEN 1991; DONATTI; GOMES, 2007).

Quanto às suas dimensões, possuem comprimento de 2 a 19 mm, de acordo com as diferentes espécies (LOZOVEI, 2001). Em experimento realizado para a avaliação da sensibilidade de adultos de pernilongo doméstico, *Culex quinquefasciatus*, a determinados inseticidas químicos de contato, foi verificado por micrometria que em média a superfície corporal desses insetos é de $4,47\text{mm}^2$ ($DP=0,25\text{mm}^2$; $n= 50$) (ANDRADE, 1990).

Assim como o tamanho, os períodos de agitação são peculiares a cada espécie de mosquito e estão diretamente associados ao momento ideal de aplicação.

2.1.8 Momento de aplicação

Estudos demonstraram que o momento de pico de atividade do *Aedes aegypti*, tanto dentro quanto fora das residências, é predominantemente diurno, ocorrendo das 6 às 7 horas e das 17 às 18 horas (CHADEE, 1988).

Além do período de agitação, outro fator que deve ser observado para a seleção do momento ideal de aplicação são as condições climáticas, pois em horários de alta temperatura do ambiente aliados à baixa umidade relativa do ar e ao tamanho reduzido das gotas de inseticida ocasionam a rápida evaporação do produto.

Este fato pôde ser observado em experimento executado por Gebara; Almeida (1988) no emprego da termonebulização do inseticida propoxur para o controle ao *Aedes aegypti*, cujos resultados demonstraram que o horário de aplicação teve forte influência na mortalidade dos mosquitos, não ultrapassando 43% quando as aplicações foram feitas entre 17 e 17:30 horas (momento de agitação do alvo), enquanto que para as aplicações efetuadas após as 19 horas a mortalidade média foi de 73%. Isto indica a necessidade de conciliação do período de agitação com as condições climáticas mais propícias.

No Caribe e na América Latina, a aplicação de malathion a UBV falhou no controle de *Aedes aegypti* adultos, o que de acordo com estudos realizados por Fox (1980) em Porto Rico e por Hudson (1986) no Suriname, ocorreu pela falta de sincronismo entre a aplicação a UBV e o mosquito em atividade de vôo.

Para Chadee (1988), através dos resultados de pesquisas é possível planejar a implementação de adulticidas a ultra baixo volume contra o *Aedes aegypti* em períodos de pico de atividade de vôo (condições favoráveis), em que deve ocorrer o tratamento espacial, aumentando a probabilidade de contato do inseticida com a população de vetores adultos, observando também as melhores condições climáticas para a aplicação.

2.1.9 Barreiras físicas

A pulverização no controle dos mosquitos segue o princípio básico de qualquer outra, para que o processo seja eficiente, a gota deve atingir o alvo. Desta forma, o tipo de terreno, vegetação e até mesmo o projeto das casas, afetam o movimento do ar e a distribuição das gotas, logo, maiores efeitos de dispersão são obtidos em locais abertos (WHO, 2003).

As barreiras físicas que restringem a eficiência do processo de nebulização podem ser artificiais como edifícios, muros, residências fechadas, entre outros, e naturais, como a existência de densa vegetação entre as casas. A presença de barreiras afeta a penetração das gotas de ultra baixo volume (LOGFREN, 1970; CHADEE, 1985; 1988; CASTLE et al., 1999; MANI et al., 2005).

Em experimento realizado através de testes biológicos com termonebulizadores aplicando propoxur em São Paulo, verificou-se que, quando as portas e janelas das casas estavam fechadas, o índice de mortalidade não ultrapassou 13% comparado com os 95% em que as barreiras citadas se encontravam abertas para o mesmo horário de aplicação (GEBARA; ALMEIDA, 1988).

Corroborando com os resultados da pesquisa acima, estudos recentes de Paixão (2007) no estado de Minas Gerais com nebulizadores montados sobre veículos, apuraram, através de ensaios biológicos, que as gaiolas posicionadas em locais abertos apresentaram maiores índices de mortalidade em relação às colocadas no interior das casas. Semelhantemente aos achados de Gebara; Almeida (op. cit.), também foi possível perceber diferenças significativas quanto à presença de janelas e portas fechadas nas residências.

2.1.10 Gotas

Produzir gotas de tamanho adequado e colocá-las numa área alvo durante o período de maior atividade do inseto que se deseja controlar é um dos fatores essenciais para o sucesso da aplicação (EL AWADY, 1978; PATEL, 1981; CAMBRIDGE ANIMAL; PUBLIC HEALTH LIMITED, 1987).

Estudos desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial revelaram a influência do tamanho das gotas na eficiência do controle de moscas e mosquitos (ARAGÃO et al., 1988).

Brescia (1946 *apud* ARAGÃO et al., 1988) observou que, independente da velocidade do vento, gotículas de 10µm são eficientes, e que gotículas de 6 a 14µm de diâmetro controlam satisfatoriamente *Anopheles quadrimaculatus* em floresta rala. Latta et al. (1947 *apud* ARAGÃO et al., 1988) já haviam calculado, com base na lei de Stokes, que a eficiência de um inseticida para um mosquito em repouso é proporcional ao quadrado do diâmetro da gotícula, até o limite de 16µm.

Através da borrifação com óleo de soja em mosquitos aplicado com máquina Leco montada sobre viatura, Logfren et al. (1973) verificaram, pela análise com microscópio eletrônico de varredura, que a maioria das gotículas se depositava nas asas e nas antenas, e que seu diâmetro variou entre 2 e 16µm.

Em aplicações por via aérea, usando na formulação traçadores fluorescentes, Rimel; Moore constataram que 93% das gotículas que se fixavam nos insetos tinham menos de 50µm de diâmetro (ARAGÃO et al., 1988).

Diferentes autores concordam que o tamanho ideal das gotas para o combate eficiente aos mosquitos adultos é de 15 µm, sendo recomendado os limites entre 10 e 20 µm (MOUNT, 1970; CURTIS; BEIDLER, 1996; CHUNG et al., 2001; WHO, 2003).

Várias pesquisas foram realizadas para a determinação do número de gotas por polegada ao quadrado que seriam necessárias para o combate ao mosquito, tendo sido apurados diversos valores entre 7 e mais de 50 gotas para uma efetiva mortalidade. Por conclusão, verificaram que gotículas menores que 20 µm são mais importantes para o combate aos mosquitos adultos (LOGFREN, 1970).

As normas da ABNT (1988) classificam a pulverização para gotas menores do que 50 µm como aerossol (Tabela 2). O volume de cada gota pode ser expresso por $\pi D^3/6$, onde D é o diâmetro da gota, podendo ser medido com microscópio (CHAIM et al., 1999).

Segundo Logfren (1970), gotas maiores que 100 µm podem danificar a pintura de carros por causa do solvente ou as propriedades corrosivas de alguns dos inseticidas.

Tabela 2 - Classe de pulverizações em função do tamanho das gotas

Classes	Diâmetro Mediano de Volume – DMV (μm)
Aerossol	< 50
Pulverização muito fina	51 a 100
Pulverização fina	101 a 200
Pulverização média	201 a 400
Pulverização grossa	> 400

Fonte: ABNT(1988).

Dentre os parâmetros empregados para a caracterização do tamanho das gotas, estão o Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) e o Diâmetro Mediano Numérico (DMN).

2.1.10.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)

É um valor expresso em micrômetros (μm) do diâmetro da gota que divide o espectro analisado em dois volumes iguais, onde uma metade contém gotas menores e, a outra metade, maiores que o referido diâmetro (WHO, 2003; MATUO et al., 2005). Para um mesmo volume de aplicação, um DMV menor determina um número maior de gotas (BALAN et al. 2005). Algumas gotas grandes podem mudar consideravelmente o DMV (WHO, 2003).

2.1.10.2 Diâmetro mediano numérico (DMN)

Assim como o DMV, o DMN também é expresso em micrômetros (μm). Esse parâmetro corresponde ao diâmetro da gota que divide o espectro analisado em duas porções com o mesmo número de gotas, que em uma metade sejam menores e, na outra, maiores que o diâmetro definido. O DMN é mais difícil de medir e os resultados podem variar para diferentes técnicas de medição por amostragem (WHO, 2003; MADALOSSO, 2007).

2.1.10.3 Span ou amplitude de dispersão

Para que o produto alcance o alvo de forma eficiente e com menos perdas, é necessário uniformidade de aplicação e espectro de gotas adequado. Esse espectro

se refere ao tamanho das gotas produzidas, onde em uma pulverização com gotas de tamanho muito semelhante, é considerado homogêneo e, com tamanhos distintos, é denominado heterogêneo (CHRISTOFOLETTI, 1999b; CUNHA et al., 2003).

Para o cálculo do Span, a OMS (WHO, 2003) determina que seja utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{SPAN} = (D_{V0,9} - D_{V0,1}) / D_{V0,5}$$

Onde:

$D_{V0,9}$ é o diâmetro médio de 90% do volume do espectro analisado;

$D_{V0,1}$ é o diâmetro médio de 10% do volume do espectro analisado;

$D_{V0,5}$ é o próprio DMV, onde esse diâmetro divide o espectro em dois volumes.

Quanto menor o valor da amplitude, ou seja, próximo a zero, mais uniforme é o tamanho das gotas da amostra (MATUO et al., 2005). Este valor deve, de preferência, ser menor do que dois (WHO, 2003).

2.1.11 Fatores climáticos

O processo de nebulização merece especial atenção quanto às observações dos fatores climáticos, visto que as gotas são de diâmetro muito reduzido, estando facilmente sujeitas aos efeitos das condições meteorológicas, como a velocidade e direção do vento e, a temperatura e umidade relativa do ar (CUNHA et al., 2003; ANTUNIASSI, 2006).

2.1.11.1 Velocidade e direção do vento

A velocidade e direção do vento possuem um efeito profundo na distribuição das gotas e ação nos insetos. Gotas com mais de 100 μm , por exemplo, quando utilizadas para o controle da forma alada do mosquito, podem se depositar rapidamente. Por outro lado, gotas muito pequenas (menores que 15 μm) podem sofrer o arrastamento pelo vento, devido à deriva (MATTHEWS, 1992; WHO, 2003; BALAN et al., 2005; MACHADO NETO et al., 2007).

A deriva é o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado, ou seja, é tudo aquilo que não atinge o alvo pela ação do vento. Conforme mencionado, dentre os fatores que influenciam as suas características estão o tamanho das gotas, velocidade, turbulência e direção do vento (MATUO, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1999b; OZKAN, 2001; BALAN et al., 2005; COSTA et al., 2007; MACHADO NETO et al., 2007).

A velocidade do vento indicada para a pulverização na agricultura é de 3,2 a 6,5 km/h, sendo aceitável em algumas condições até 9,6 km/h (ANDEF, 2004). Já para a nebulização no controle dos mosquitos, a OMS recomenda que a aplicação seja realizada com velocidades do vento de 1 a 4 m/s (3,6 a 15 km/h), a fim de que as gotas flutuem, buscando maximizar a faixa de nebulização (WHO, 2003).

Quanto à direção do vento, essa deve sempre que possível estar perpendicular à rota de aplicação da névoa, sendo que, em ângulos menores que 25°, a aplicação não é recomendada (WHO, 2003).

2.1.11.2 Temperatura e umidade relativa do ar

As condições climáticas como a alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar, associadas ao tamanho reduzido das gotas que, por sua vez, apresentam uma maior superfície de exposição juntamente com uma menor tensão superficial, são fatores que influem nas perdas por evaporação do produto (CUNNINGHAM et al., 1962; AMSDEN, 1962; CORRÊA, 1985).

A redução do tamanho da gota não só afeta sua deposição sobre o alvo (quer seja uma superfície ou o próprio inseto), mas também, interfere no seu comportamento, modificando a velocidade terminal (COSTA et al., 2001).

De acordo com a Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF, 2004), a pulverização só é recomendada a temperaturas máximas de 30°C com no mínimo 55% de umidade relativa, que, em determinadas regiões, ocorrem em horários específicos.

Desta forma, o argumento norteador para a escolha das horas ideais para a aplicação está relacionado com a formação do gradiente térmico adiabático, em que a temperatura do ar vai decrescendo ao longo da altitude. Isto se deve ao fato de que, pela manhã, o solo que é inicialmente aquecido pelo sol começa a refletir o calor para as camadas mais próximas do ar. O mesmo também ocorre ao anoitecer,

quando o solo começa a perder temperatura, iniciando o processo de resfriamento do ambiente (OZEKI, 2006).

Em estudo realizado para avaliar perdas de produto por evaporação, nas aplicações terrestres de ultra baixo volume no controle de mosquitos, foram constatadas boas perspectivas de utilização de antievaporante como o álcool O.E.D. (oxietileno docosanol) (COSTA et al., 2001).

2.1.12 Planejamento operacional

Este planejamento do processo de nebulização de inseticidas compreende ao estudo que contemple todos os itens anteriormente mencionados, visando a auxiliar nas tomadas de decisões.

Desta forma, como primeiro passo, surge a necessidade de identificação do vetor a combater, buscando conhecer as peculiaridades quanto aos locais típicos em que são encontrados e ao período de pico de atividade. A caracterização do ambiente a ser tratado, verificando a densidade de população humana, os tipos de residências e edifícios, traçado das ruas, vegetação e acessibilidade é outro fator a ser observado. Por fim, o número de tratamentos e o intervalo entre eles também requerem ser bem definidos (WHO, 2003).

Outro aspecto inerente ao planejamento consiste no poder de ação do inseticida a ser empregado. Em aplicação a ultra baixo volume utilizando o larvicida Aqua Resigen, Chua et al (2005) constataram que a mortalidade não se restringiu ao alvo da aplicação, afetando aranhas e animais pequenos como caracóis e rãs.

De modo similar, Sorthia; Chari (1985) apuraram 100% de mortalidade em abelhas melíferas (*Apis florea F.* e *Apis melípona L.*) quando atingidas pela deriva de inseticidas fosforados.

Diversos pesquisadores apontam que a eficiência das aplicações a ultra baixo volume está relacionada com a presença de portas e janelas abertas nas residências. Neste sentido, a OMS recomenda que a população seja informada com antecedência sobre os propósitos e cronogramas de operações, de modo que possa cooperar (WHO, 2003).

2.1.13 Métodos de avaliação da nebulização

Em 1990, foram utilizadas tiras de papel milimetrado revestidas de plástico transparente para a avaliação da quantidade de produto aplicado por área. Estas tiras foram colocadas na abertura posterior das gaiolas de PVC contendo mosquitos, e se deslocavam diante do aplicador por um quimógrafo com extensão. O equipamento de aplicação possuía um revólver de pintura fixo, ligado a um compressor de ar (ANDRADE, 1990).

Entre as técnicas atualmente preconizadas pela OMS para a avaliação da eficácia dos nebulizadores, estão os testes biológicos e a medição das gotas geradas, que podem ser através de métodos baseados na utilização de lâminas de vidro impregnadas com substâncias reagentes ao produto utilizado, medições a laser e por anemometria de fio quente (WHO, 2003).

Na compreensão de Rezende et al. (2004), os bioensaios com gaiolas são instrumentos relevantes para avaliar a efetividade do tratamento químico, pois permitem estimar o alcance da aplicação, comparar locais de exposição e populações de mosquitos expostos. Esses parâmetros operacionais da ação podem ser fundamentais para o direcionamento da atuação das equipes de controle.

Outro objetivo alcançado com os bioensaios é a verificação do índice de mortalidade dos mosquitos, sendo imprescindíveis para o bom desenvolvimento dos programas voltados ao controle de vetores, pois oferecem condições para otimizar os tratamentos feitos com inseticidas, aumentando a mortalidade do alvo, reduzindo os custos das operações e minimizando os efeitos tóxicos (GEBARA; ALMEIDA, 1988).

Quanto à análise de gotas, uma superfície considerada como padrão na técnica das lâminas de vidro é obtida pela queima de tiras de magnésio metálico, em que criam uma cobertura sobre o slide (MATTHEWS, 1992).

Nesta camada, as crateras formadas por gotas de água ou outros líquidos são, em média, 1,15 vez maiores que o diâmetro original das gotas. Logo, é necessário realizar o ajuste, multiplicando o valor medido por um fator de conversão, que é de 0,75 para 10 a 15 μm e 0,8 para 15 a 20 μm . Gotas entre 20 e 200 μm têm apresentado uma relação constante com o tamanho da cratera, porém, para menores que 10 μm e maiores que 300 μm , o método não é adequado, devido ao

peso das partículas que é reduzido ou em excesso à delicada camada do material (CHAIM et al., 1999).

Os autores (op. cit.) ainda consideram como determinantes da precisão dos resultados, o alvo de amostragem, o fator de espalhamento, o número de classes em que as gotas são classificadas e a habilidade do técnico que efetua a análise.

A técnica de medição a laser baseia-se no princípio da difração da luz, onde as gotas que saem do equipamento com determinada velocidade relativa e orientação da trajetória interferem na frequência da luz incidente sobre a difratada. Já na anemometria de fio quente, a medição ocorre através da velocidade do calor convectado pelo fluido, sendo esta captada por uma sonda (WHO, 2003).

2.2 Desenvolvimento do Produto

Primeiramente é importante conceituar o produto em estudo, o nebulizador autopropelido. Neste sentido Matuo et al. (2005) consideram:

Os equipamentos para a aplicação de defensivos agrícolas são numerosos e podem ser classificados segundo o material que aplica. Assim, polvilhadora aplica pó, a granuladora, os grânulos, o pulverizador, as gotas e o nebulizador, a neblina (p.36).

De acordo com Santos Filho; Santos (2001), as máquinas agrícolas são divididas em grupos, estando entre eles o destinado a “Máquinas aplicadoras de defensivos”.

Sabendo que a expressão defensivos agrícolas e agrotóxicos estão constantemente vinculadas, se buscou algumas definições. Alonço (1998) menciona que os defensivos agrícolas são produtos de ação biológica e visam a defender as plantas de agentes nocivos e alguns, como inseticidas, têm por fim combater formas de vida animal.

Com relação aos agrotóxicos, foi localizada na lei 7.802 de 11 de julho de 1989, a seguinte caracterização:

Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (Art. 2º).

Considerando o exposto, este trabalho aborda o desenvolvimento de uma máquina agrícola, podendo esta ser utilizada tanto em meio urbano quanto em ambientes rurais. Desta forma, inicialmente se faz necessário abordar algumas definições acerca dos aspectos envolvidos no projeto e no processo de desenvolvimento de produtos.

2.2.1 Projeto do Produto

O projeto pode ser entendido como um esforço temporário empreendido para a criação de um produto, serviço ou resultado exclusivo, consistindo em uma série de atividades e tarefas, visando ao alcance de um objetivo dentro de certas especificações, possui limites de orçamento, datas de início e fim definidas, exige recursos financeiros e de pessoal, equipamentos, entre outros (KERZNER, 2001; PMI, 2004).

Para Fonseca (2000), o 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.

Os projetos segundo Pahl; Beitz (1988), podem ser classificados em três tipos: projeto original, projeto adaptativo e projeto de variantes. Projeto original é aquele que envolve a elaboração de princípio de solução original para um sistema; projeto adaptativo adapta-se a sistemas conhecidos com a intenção de mudar as tarefas para as quais foram inicialmente projetados, mantendo os princípios de solução; o projeto de variante varia conforme o tamanho ou o arranjo de certos aspectos de um sistema escolhido, a função original e o princípio de solução do sistema não mudam.

Quanto ao termo produto, Back et al. (2008) comentam que este se refere 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.

Os autores ainda caracterizam o desenvolvimento do produto como sendo todo o processo de transformação de informações necessárias para a identificação da demanda, a produção e o uso do produto. Logo, para que um produto seja concebido, este deve passar por um processo, o “Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)”.

2.2.2 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

O processo de desenvolvimento de produto consiste na transformação de ideias em todo ciclo de vida do projeto, caracterizado pelo intenso fluxo de informações, realizada entre as diversas atividades que o compõem (CLARK; FUJIMOTO, 1991 *apud* SILVA, 2007).

Segundo Santos; Forcellini (2003), o desenvolvimento de produtos é o processo pelo qual uma organização transforma as informações técnicas em informações para a fabricação de um produto comercial.

O processo de desenvolvimento do produto é onde todo o conhecimento individual, grupal e organizacional é consolidado e transformado em ação até a materialização em produto final, correspondente à fase de concepção até a comercialização deste (PAHL; BEITZ, 1988).

Roosemburg; Eekels (1995), citados por Reis (2003), definem o processo de projeto de produtos como um processo mental orientado, no qual problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade destas são medidas.

Desta forma, entende-se que este processo é composto por uma grande quantidade de atividades, envolvendo desde a identificação de novas ideias e necessidades de mercado até o lançamento do produto (SILVA, 2007).

Para tanto, Ulrich; Eppinger (1995 *apud* REIS; FORCELLINI, 2006) consideram que uma metodologia de projeto estruturada (sistemática) oferece uma série de benefícios, como: tornar o processo de decisão explícito, atuar com lista de verificação das principais etapas e ser autocumentável.

A importância da sistematização ao longo do processo do projeto pode ser atribuída ao sucesso obtido por empresas que a empregam no desenvolvimento dos seus produtos. De acordo com Ferreira (1997), o produto é projetado numa evolução sistemática de modelos, onde um mais detalhado e concreto substitui outro mais simples e abstrato, até a viabilização física do objeto projetado.

Neste sentido, a apresentação das principais metodologias empregadas para o desenvolvimento de projetos vem a fornecer subsídios para a seleção da mais indicada aos objetivos deste trabalho.

2.2.3 Metodologias de projeto

As metodologias de projeto são uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que tem por objetivo maior auxiliar os projetistas na tomada das melhores decisões, empregando mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que, juntos, terminam por dar suporte às tomadas de decisões, em busca da melhor solução do problema de projeto (MARIBONDO, 2000).

Embora existam diversas proposições de metodologia de projeto, essas são bastante similares. A Figura 1, elaborada por Alonço (2004), traz uma síntese de modelos propostos por: Back (1983), Ullman (1992), Pahl; Beitz (1996) e Hubka; Eder (1996). Nesta pode ser verificado que apesar das especificidades quanto à terminologia empregada e o detalhamento dos processos de projeto, os modelos apresentam elementos similares.

A similaridade verificada fez com que Ogliari (1999) desenvolvesse um modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos, o qual, basicamente, engloba quatro processos, sendo eles, o Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado (ALONÇO, 2004).

Considerando que existem metodologias específicas para determinados tipos de produto como, por exemplo, a máquina agrícola, objeto deste estudo, o conhecimento acerca destas auxilia a identificação de características peculiares ao seu desenvolvimento.

Dentre os modelos disponíveis para a sistematização do processo de projeto de uma máquina agrícola, está o de Mialhe (1974) e o de Romano (2003). O modelo proposto por Mialhe descreve o processo como uma série de ações a partir da necessidade de realizar uma operação agrícola, finalizando com o lançamento da máquina no mercado consumidor. Já Romano elaborou um modelo de referência envolvendo todas as fases, atividades e ferramentas necessárias ao desenvolvimento do produto, denominado como PDMA (Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas).

O PDMA é composto por três macrofases, o Planejamento, a Projetoção e a Implementação. A primeira é composta pela fase de Planejamento do Projeto; enquanto a segunda pelas etapas de Projeto Informacional, Conceitual, Preliminar e

Detalhado e; por fim, a terceira, denominada de Implementação, compreende a Preparação da Produção, Lançamento e Validação (ROMANO, 2003).

	PROJETO INFORMATIVO	PROJETO CONCEITUAL	PROJETO PRELIMINAR	PROJETO DETALHADO
Autor	BACK (1983)			
Fases	Estudo de Viabilidade		Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
Saídas	Conjunto de Soluções Possíveis		Solução Otimizada	Descrição do Produto
Autor	ULLMAN (1992)			
Fases	Planejamento e Desenvolvimento de Especificações	Projeto Conceitual	Projeto de Produto	
Saída	Especificações de Projeto	Concepções	Produto Final	
Autor	PAHL & BEITZ (1996)			
Fases	Planejamento e Desenvolvimento da Tarefa	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
Saída	Lista de Requisitos	Concepção do Produto	Leiaute definido do Produto	Documentos do Produto
Autor	HUBKA & EDER (1996)			
Fases	Elaboração do Problema Atribuído	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Detalhamento
Saída	Especificações de Projeto	Estrutura de Órgãos Conceção	Leiaute Dimensional	Descrição do Sistema Técnico

Figura 1 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto

Fonte: Alonço (2004).

Existem algumas semelhanças nas atividades apresentadas nas fases informacional e conceitual com as do modelo de consenso proposto por Ogliari (1999). No entanto, por se tratar de modelo de referência, o PDMA apresenta um maior detalhamento e profundidade na abordagem das atividades, tarefas, mecanismos e controles utilizados. Estas características serão abordadas individualmente nos próximos tópicos.

2.2.3.1 Planejamento do projeto

Destina-se ao planejamento de um novo projeto frente às estratégias de negócio da empresa, e à organização do trabalho a ser desenvolvido ao longo do processo (ROMANO, 2003; BACK et al., 2008).

Por meio das atividades de planejamento, são estabelecidos os trabalhos necessários, suas relações, custos, restrições, entre outras informações, que irão

orientar e conduzir as ações e decisões gerenciais ao longo da execução do projeto e formarão base para as medições e ações corretivas que se fizerem necessárias aos rumos do projeto (BACK et al., 2008).

Uma das partes mais importantes na elaboração de um projeto é o seu gerenciamento. Conforme Kerzner (2001) e PMBOK (PMI, 2004), o gerenciamento é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, a fim de atender aos seus requisitos. Nele são planejados, organizados, direcionados e controlados os recursos da organização para satisfazer aos objetivos num tempo relativamente curto, estabelecido para atender a objetivos e metas específicas.

2.2.3.2 Projeto informacional

O objetivo da fase de projeto informacional é, a partir da análise detalhada do problema de projeto, identificar as necessidades dos vários clientes do produto, e transformá-las num conjunto de objetivos ou metas que o produto deve atender, denominadas de especificações técnicas do projeto, que compõem uma lista de objetivos a que o produto a ser projetado deve atender (MENEGATTI, 2004; SANTOS, 2004; REIS; FORCELLINI, 2006).

Entre as principais atividades apresentadas na fase informacional, estão:

Fatores de influência no projeto: são fatores que interferem no desenvolvimento do processo de projeto como, por exemplo, os fatores-chaves para o sucesso, as ameaças, os relacionados à segurança, ao desempenho funcional da máquina, parâmetros agrônômicos e mecânicos, entre outros (ROMANO, 2003).

Necessidades dos clientes: são os atributos que o cliente deseja encontrar no produto, aparecendo sob a forma de declarações diretas, geralmente expressas em linguagem subjetiva (REIS, 2003; REIS; FORCELLINI, 2006). Romano (2003) salienta que para saber quais são as necessidades dos clientes/usuários, primeiramente, deve-se identificar os clientes. Back et al. (2008) valem-se do termo usuário para representar todas as pessoas e organizações que, de alguma forma, têm interesse ou que serão afetadas pelo produto ao longo de seu ciclo de vida. O autor ainda considera que a identificação e coleta das necessidades dos usuários é a atividade mais crítica de todo o processo, visto que essas necessidades são a voz do consumidor, a qual deve ser atendida como primeira prioridade.

Requisitos dos clientes: necessidades do cliente expressas em linguagem de engenharia (REIS, 2003). A conversão das necessidades dos clientes em requisitos visa a transformar a linguagem “bruta” do cliente em uma linguagem mais técnica (MENEGATTI, 2004), facilitando a visualização e adoção destas pelos planejadores e membros da equipe do projeto (BACK et al., 2008). Conforme Fonseca (2000), os requisitos dos clientes são expressões padronizadas, mas que podem não conter elementos físicos mensuráveis, indispensáveis para guiar a execução do projeto.

Requisitos do projeto: é a conversão dos requisitos do cliente em requisitos do projeto. Sempre que possível, os requisitos de projeto devem conter expressões associadas a unidades de medida, apresentando, de forma física, as condições relacionadas ao projeto (MENEGATTI, 2004). Esta atividade é uma qualidade, um atributo com grandezas definidas do produto, ou seja, é um requisito mensurável (BACK et al., 2008; REIS, 2003).

Especificações do projeto: modelo de produto obtido ao final do Projeto Informacional. Este modelo é uma lista dos objetivos que o produto a ser projetado deve atender (ROOZENBURG; EEKELS, 1995 *apud* REIS, 2003). Back et al. (2008) consideram esta atividade como de grande importância, pois além de propiciar o entendimento e a descrição do problema na forma funcional, fornece a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de todas as tomadas de decisão realizadas nas próximas etapas do projeto.

Para que tais atividades abrangidas pelo Projeto Informacional sejam desenvolvidas, cada uma delas se vale do uso de algumas ferramentas para alcançar seus objetivos.

De acordo com Baxter (2000), as ferramentas podem ser consideradas como um conjunto de recomendações para estimular ideias, analisar problemas e estruturar as atividades de projeto.

Dentre as ferramentas e métodos empregados para o desenvolvimento da fase informacional, estão o Diagrama de Mudge, o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), entrevistas estruturadas com usuários, pesquisa em material publicado e análise do mercado. Destes, o Diagrama de Mudge e o QFD tem especial destaque.

Diagrama de Mudge – é uma matriz em que as colunas e as linhas são compostas pelos requisitos de clientes, formando uma matriz quadrada, nela são comparados os requisitos das linhas com todos os das colunas, considerando o grau

de importância entre eles (NOVAES, 2005). Essa valoração, segundo Reis (2001 apud ALONÇO, 2004), é fundamental na aplicação do QFD.

Desdobramento da Função Qualidade (QFD) - é um sistema que traduz as necessidades dos clientes em requisitos técnicos apropriados, permitindo a introdução dos desejos nos produtos e serviços (GUAZZI, 1999). De acordo com Back et al. (2008), o QFD é fundamentado na preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários. Os autores destacam que o QFD não é um método de elicitação das necessidades propriamente ditas, mas é usado para a documentação e visualização das necessidades levantadas pelos métodos anteriores, auxiliando no processamento das mesmas e suas sucessivas transformações em requisitos de usuários e de projeto, priorização dos requisitos de projeto e sua transformação final em especificações de projeto.

2.2.3.3 Projeto conceitual

É considerada como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, onde as decisões tomadas influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes. No projeto conceitual, a partir da identificação e esclarecimento de uma necessidade, são tomadas as decisões a respeito da concepção do produto, buscando satisfazer essa necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto (FERREIRA, 1997; REIS, 2003; SANTOS, 2004, SANTANA et al., 2004). De acordo com Novaes (2005), nesta fase são geradas soluções físicas para atender às necessidades dos clientes do projeto.

A respeito da concepção, Pahl et al. (2005) definem:

“A concepção é a parte do projeto que, após o esclarecimento do problema, por isolamento dos problemas principais, elaboração de estruturas da função e busca de princípios de funcionamento apropriados e sua combinação na estrutura de funcionamento, define a solução preliminar (princípio da solução). A concepção é definição preliminar de uma solução.”
(p. 111)

Segundo Brasil (1997), no projeto conceitual, deve-se utilizar abstração, aplicar recursos que despertem a criatividade, buscar a fuga do convencional. Portanto, é a oportunidade de inovar, diferenciar, gerenciar os custos, dentro das

restrições impostas na fase inicial do processo, principalmente no que se refere aos aspectos de segurança e viabilidade técnica e econômica.

Durante o desenvolvimento dessa fase, a abordagem de formação de equipe é acentuada e centrada no desdobramento do objetivo do projeto, em atividades de projeto, visando construir e adequar as potencialidades dos membros da equipe de projeto (SILVA, 2007).

Para que seja estabelecida a concepção do produto ao final da fase do projeto conceitual, Back et al. (2008) apontam o método da síntese funcional, que segue os seguintes procedimentos:

- Formular o problema ou a função global do sistema em desenvolvimento;
- Estabelecer uma estrutura ou um fluxo de funções do problema ou processo;
- Pesquisar ou criar princípios de soluções alternativos para cada função da estrutura;
- Combinar o princípio de cada função da estrutura para formar concepções alternativas para o problema global;
- Selecionar as concepções viáveis.

Conforme Back et al. (2008), este método teve a sua origem na década de 1970 nos trabalhos dos pesquisadores alemães Koller (1985), Pahl; Beitz (1996), Rodenacker (1991) e Roth (1982).

Para o desenvolvimento dos passos acima mencionados, são indicadas diferentes ferramentas, dentre estas estão:

Brainstorming (tempestade de ideias) – método desenvolvido por Osborn na década de 1930 e que possui grande aceitação (BACK et al., 2008). Este método utiliza ideias imparciais e especula amplamente acerca de associações, ou seja, recordações e combinações de pensamentos que até então não eram percebidas pelo contexto atual ou simplesmente despercebidas pelo pensamento consciente (PAHL et al., 2005).

Analogias direta, simbólica e pessoal - A direta consiste na observação de produtos, soluções de partes ou funções em que determinados princípios possuem semelhança ou são análogos às necessidades requeridas. Na simbólica (também conhecida como palavra-chave) procura-se por um verbo, declaração ou definição condensada do problema e em seguida o substitui por sinônimos ou alternativas que tenham alguma relação com a palavra-chave original, permitindo analisar o problema sob outros pontos de vista. Por fim, a pessoal expressa o comportamento de

deslocar-se para a situação e circunstâncias experimentadas no lugar de uma peça, mecanismo ou operação, analisando como se comportaria (BACK et al., 2008).

Método 635 - consiste numa variação do brainstorming, em que após a exposição do problema e sua análise detalhada, as soluções apontadas por cada um dos membros são registradas em papel sob a forma de palavras-chave (PAHL et al., 2005).

Matriz morfológica – pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema (BACK et al., 2008). Ao se utilizar a matriz morfológica para a elaboração de soluções globais, pelo menos um princípio de solução terá que ser escolhido para cada subfunção (para cada linha) e essas subsoluções são interligadas numa solução global. Basicamente, é um método de processamento de informações (PAHL et al., 2005).

2.3 Comentários finais

Com esta revisão se buscou expor ao leitor a diversidade de fatores envolvidos na tecnologia de aplicação de inseticidas no combate em escala aos mosquitos, bem como, a definição de conceitos básicos necessários ao entendimento do processo de projeção. Estas exposições serviram para a fundamentação das tomadas de decisões ao longo do desenvolvimento deste projeto e seleção da metodologia, conforme poderá ser visualizado nos próximos capítulos.

Capítulo 3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A metodologia empregada

A metodologia empregada neste trabalho foi baseada no modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas - PDMA, elaborado por Romano (2003), tendo sido selecionadas as atividades e ferramentas consideradas mais relevantes ao desenvolvimento do projeto, face ao contexto acadêmico no qual foi elaborado.

Segundo Menegatti (2004, p. 45), “Metodologias de projeto não devem ser aplicadas “cegamente”, mas, ao contrário, devem servir como um guia, permitindo seu desdobramento e adequação para problemas distintos.”

Outro aspecto importante diz respeito ao produto deste projeto, pois se trata de uma máquina ainda não encontrada no mercado e com relativo grau de complexidade, fator que aliado ao tempo de execução limitou o desenvolvimento do projeto até a fase conceitual (Figura 2).

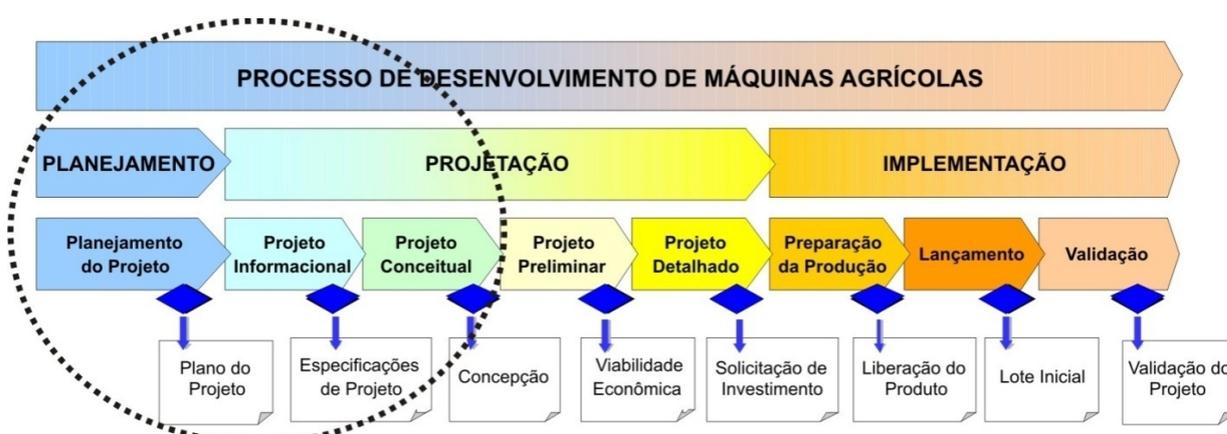


Figura 2 - Destaque da abrangência do projeto no PDMA

Fonte: Adaptado de Romano (2003).

De acordo com Romano (2003), para o desenvolvimento de um produto original ou inovador, caso mais complexo, tem-se a realização de um maior número de atividades, o que consome mais tempo para a projeção se comparado com os demais tipos de produto.

A fim de detalhar e facilitar o entendimento acerca das atividades e ferramentas selecionadas para o desenvolvimento deste projeto foi elaborado um diagrama de fluxo da metodologia norteadora (Figura 3).

3.1.1 O planejamento do projeto

Como já mencionado na revisão de literatura, o gerenciamento do projeto se torna imprescindível para a verificação do andamento do trabalho e do modo como serão conduzidas as ações e decisões ao longo da execução do projeto. Para tanto, como primeira atividade foram trabalhadas diferentes entregas, dentre elas:

Carta de projeto ou termo de abertura do projeto – documento formalizando a existência do projeto dentro da organização;

Envolvidos no projeto – identificação dos usuários diretos, indiretos e integrantes da equipe de projeto;

Plano de gerenciamento das comunicações – contém informações sobre os meios utilizados para comunicação entre a equipe de desenvolvimento do projeto;

Declaração do escopo do projeto – é um documento onde é realizada a descrição exata do que consiste o projeto, ou seja, a definição do problema, das restrições e dos aspectos desejados na máquina agrícola. Nesta atividade, ainda é definido o tipo de produto a ser desenvolvido (inovador, aperfeiçoado ou adaptativo);

Estrutura de decomposição do projeto - conhecida como Estrutura Analítica do Projeto – EAP, é uma decomposição hierárquica orientada a entrega do trabalho a ser executado pela equipe;

Lista de atividades do projeto – como o próprio nome já define, é uma lista em que estão inseridas todas as atividades desenvolvidas ao longo do projeto;

Lista de recursos físicos – são definidos os recursos necessários para o desenvolvimento das atividades pré-estabelecidas;

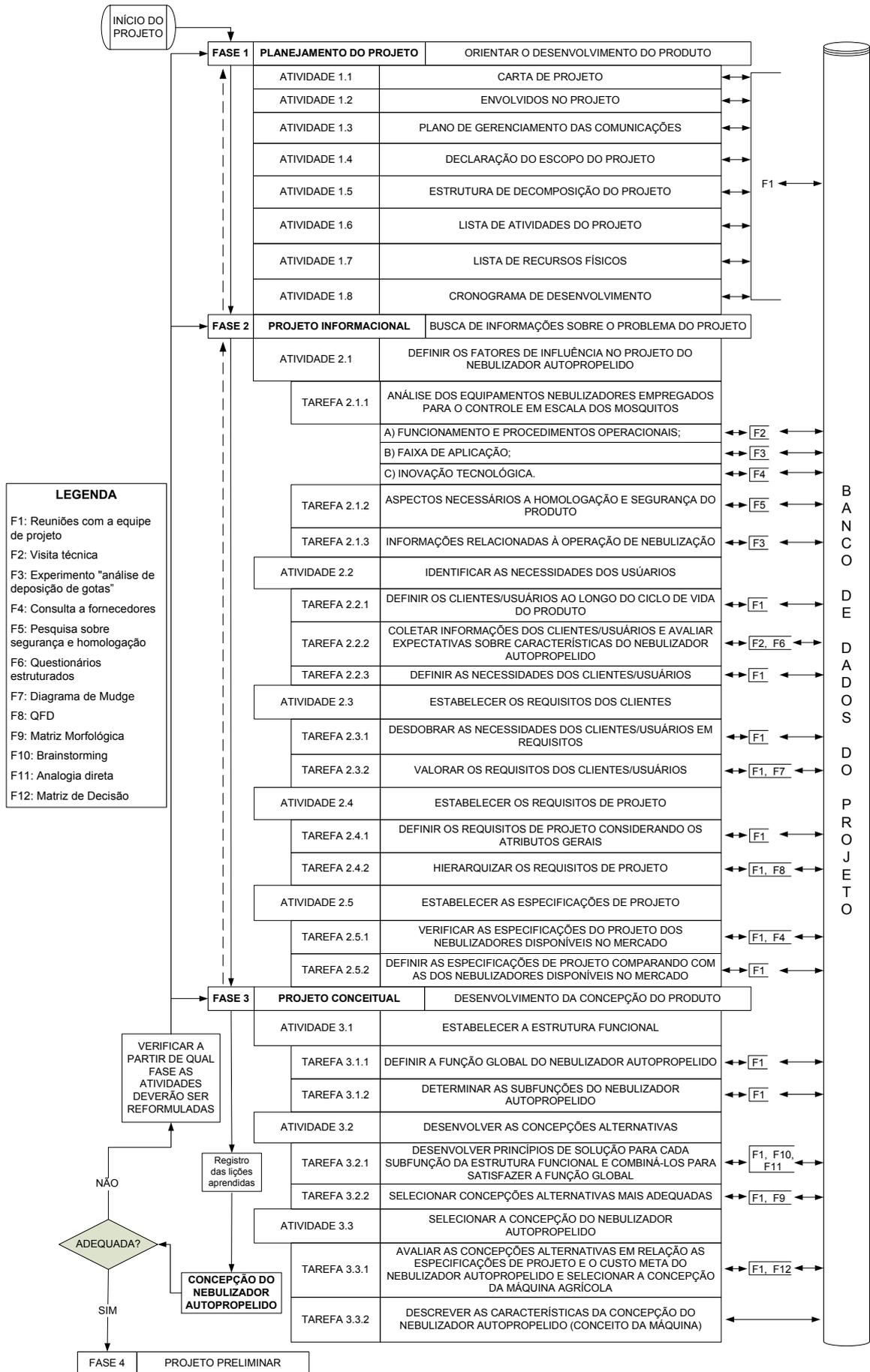


Figura 3 - Metodologia do projeto

Cronograma de desenvolvimento – devem incluir as principais atividades e os eventos que definem o trabalho a ser desempenhado.

Estas informações foram agrupadas formando o plano de gerenciamento do projeto, o qual sofreu alterações até a última atividade desenvolvida neste trabalho, o que é justificado por se tratar de uma estimativa de orientação inicial a ser seguida, elaborada ainda com poucos subsídios acerca do projeto, estando sujeita a imprevistos.

Para as atividades acima descritas, foi utilizada a ferramenta F1, as reuniões com a equipe de desenvolvimento do projeto (especificada no item 3.2.1).

3.1.2 Projeto informacional

Esta fase, além de propiciar o entendimento e a descrição do problema funcional, de modo quantitativo e qualitativo, forneceu a base para os critérios de avaliação e de todas as tomadas de decisão realizadas na próxima etapa deste trabalho (BACK et al., 2008).

Desta forma, a partir do problema de projeto buscou-se identificar as necessidades dos clientes/usuários do produto e transformá-las em especificações de projeto do produto.

3.1.2.1 Fatores de influência no projeto

A investigação dos fatores de influência no projeto deu-se a partir de três abordagens, que foram elaboradas em estudo às tarefas descritas para tal atividade na metodologia do PDMA. Os tópicos foram:

- Análise dos equipamentos nebulizadores disponíveis, empregados para o controle em escala de mosquitos, a qual foi dividida em:

A) Funcionamento e procedimentos operacionais, onde buscou-se verificar o modo de funcionamento, como também os procedimentos operacionais adotados na aplicação, calibração e manutenção. Para tanto, foi realizada uma visita técnica, as quais aparecem como ferramenta F2 no item 3.2.2;

B) Faixa de aplicação, visando analisar a real deposição de gotas no uso do UBV pesado. Teve como ferramenta F3 (3.2.3), que consistiu em um experimento para analisar a deposição das gotas;

C) Inovação tecnológica, estudo que objetivou a busca de informações referentes aos avanços tecnológicos a nível mundial. Fez-se uso de consultas a fornecedores, o que é especificado na ferramenta F4 (3.2.4).

- Homologação e segurança do produto, onde foram levantadas informações referentes às exigências para a homologação do nebulizador autopropelido, assim como itens necessários ao provimento da segurança em tal equipamento. Para isso, foram feitas pesquisas às leis, normas e banco de dados, conforme mostra a ferramenta F5 (3.2.5);
- Informações relacionadas à operação de nebulização, verificando características peculiares no momento da aplicação e correlacionando-as com o equipamento empregado, de modo a apurar os fatores de influência. Nesta abordagem, adotou-se a ferramenta F3 (3.2.3), a realização de um experimento.

3.1.2.2 Identificação das necessidades dos usuários

Esta atividade teve como objetivo a realização de tarefas para identificar os desejos e necessidades dos clientes/usuários em relação o produto que está sendo projetado (nebulizador autopropelido). Para que este propósito fosse alcançado, efetuaram-se as seguintes tarefas:

- Definir os clientes/ usuários ao longo do ciclo de vida do produto, como fica implícito no próprio nome da tarefa, esta buscou saber quem são os usuários do produto ao longo dos diversos processos que este passa. A elaboração da definição ocorreu a partir de reuniões da equipe de projeto (F1, 3.2.1);
- Coletar informações dos clientes/usuários e avaliar expectativas sobre as características do nebulizador autopropelido, visando a captar o que esses desejam e esperam do produto a ser desenvolvido. As informações obtidas são denominadas de informações originais dos clientes/usuários (ROMANO, 2003). Para esta tarefa, efetuou-se a visita técnica (F2, 3.2.2) e a aplicação de questionários (F6, 3.2.6);
- Definir as necessidades dos clientes/usuários, através de reuniões (F1, 3.2.1) elaborou-se uma lista das necessidades dos clientes/usuários.

3.1.2.3 Estabelecimento dos requisitos dos usuários

Nesta atividade, transformaram-se as necessidades em requisitos dos usuários, os quais, posteriormente, foram hierarquizados. Isso foi possível pela realização das tarefas:

- Desdobrar as necessidades dos clientes/usuários em requisitos, traduzindo e resumindo as informações a respeito das necessidades dos usuários a uma linguagem mais coerente com a da engenharia. Esta tarefa se valeu de reuniões (F1, 3.2.1) nas quais se elaborou uma lista de requisitos de usuários, sendo que neste procedimento buscou-se formar frases simples e curtas com os verbos ser, estar ou ter anteriores aos substantivos;
- Valorar os requisitos dos clientes/usuários, de modo que esses fossem hierarquizados e priorizados conforme o grau de importância para o projeto. As ferramentas F1 (3.2.1) e o Diagrama de Mudge (F7, 3.2.7) foram utilizadas nesta tarefa.

3.1.2.4 Estabelecimento dos requisitos de projeto

Para Maribondo (2000), é nesta atividade que se estabelecem as características de engenharia a respeito dos parâmetros, grandezas físicas, funções, restrições e demais declarações envolvidas com relação ao produto que se deseja desenvolver. Os requisitos de projeto indicam como atender cada um dos requisitos dos clientes.

O estabelecimento dos requisitos do projeto deu-se por meio de duas tarefas:

- Definir os requisitos de projeto considerando os atributos gerais. Esta tarefa visou a transformar os requisitos de usuários em uma linguagem técnica, com parâmetros mensuráveis, denominados de requisitos de projeto. Para que tal transformação ocorresse, foram adotadas as técnicas recomendadas por Back et al. (2008), como: a utilização de glossário com lista de termos e atributos de produtos; apresentação dos produtos atualmente utilizados; e questionamentos, como, por exemplo, Qual a vida útil esperada para o produto? *Quantas horas será utilizado por dia?* Entre outras.

Ao término, estes foram agrupados e classificados de modo a expressar de forma qualitativa os atributos que devem estar presentes no produto, utilizando a

classificação ilustrada no Quadro 2, proposta por Fonseca (2000) e adaptada por Back et al. (2008). Nesta tarefa, realizaram-se reuniões com a equipe de projeto (F1, 3.2.1);

Classe de atributos	Atributos	Comentários
Atributos básicos	Funcionalidade	Funções, operações, desempenho, eficiência
	Ergonomia	Ergonomia de uso
	Esteticidade	Aparência, estilo, cores
	Segurança	Princípios de segurança, proteção, atos inseguros
	Confiabilidade	Taxas de falhas, redundâncias
	Legalidade	Atendimento às leis de segurança, comércio
	Patenteabilidade	Inovação passível de privilégio
	Normalização	Atendimento às normas internas, de transporte e de comércio
	Robustez	Pouco sensível aos fatores do meio ambiente
	Impacto ambiental	Atende a normas ambientais, poluição, conservação
Atributos do ciclo de vida	Fabricabilidade	Fácil, precisa e de baixo custo
	Montabilidade	Manutenção fácil e econômica
	Embalabilidade	Embalagem fácil, compacta, econômica e segura
	Transportabilidade	Adequado aos meios de transporte e manipulação
	Armazenabilidade	Conservação, ambientes, manipulação
	Vendabilidade	De fácil venda e exposição
	Usabilidade	Fácil operação, aprendizado
	Mantenabilidade	Manutenção fácil, rápida e segura
	Reciclabilidade	Produto, componente, resíduos recicláveis
	Descartabilidade	Descarte sem contaminação ou dano ao ambiente
Atributos específicos	Geometria	Forma, arranjo, dimensão, espaço
	Cinemática	Movimentos, direção, velocidade, aceleração
	Forças	Direção, magnitude, frequência, rigidez, peso
	Energia	Fontes, potência, rendimento, armazenamento
	Materiais	Propriedades físicas e químicas, contaminações
	Sinais	Entrada, saída, forma, apresentação, controle
	Automação	Manual, índice de automação
	Tempo	Tempo de desenvolvimento, data de entrega

Quadro 2 - Atributos típicos de produtos industriais

Fonte: Back et al. (2008), adaptado de Fonseca (2000).

- Hierarquizar os requisitos de projeto, visando a organizar os esforços da equipe de desenvolvimento do produto e evitar que se gaste muito tempo na elaboração de concepções que atendam a requisitos de projeto de pouca importância para o mercado (ROMANO, 2003). Para tanto, foram usadas as ferramentas F1 (3.2.1) e QFD (F8, 3.2.8).

3.1.2.5 Estabelecimento das especificações de projeto

As especificações do projeto são o resultado final do processo de transformação das necessidades dos usuários e são frequentemente citadas como a parte mais importante do desenvolvimento do produto (BACK et al., 2008). Esta atividade se refere aos objetivos que a máquina agrícola a ser projetada deve atender (ROMANO, 2003).

Conforme sugerido na metodologia do PDMA, com o intuito de comparar os valores meta atribuídos na especificação do projeto com os das máquinas disponíveis no mercado, inicialmente foram identificadas e registradas as informações técnicas de nebulizadores fabricados para alocação sobre veículos, produto que mais se assemelha ao que está sendo projetado. Esta tarefa contou com o auxílio da ferramenta F4 (3.2.4), consulta aos fornecedores por diferentes meios.

Após este levantamento, com o auxílio de uma planilha eletrônica, as especificações de projeto foram analisadas e quantificadas de modo que estes valores pudessem servir de parâmetro para a atribuição dos valores mensuráveis (metas). Em seguida, para cada requisito de projeto, foram identificadas as formas de avaliação e os riscos inerentes da implementação do requisito. Em ambos os passos, a ferramenta F1 (3.2.1) foi amplamente empregada.

3.1.3 Projeto conceitual

Esta fase objetivou desenvolver a concepção e o conceito do produto em estudo, o “Nebulizador Autopropelido para Aplicação de Inseticidas no Combate aos Mosquitos”, sendo, para isso, empreendidas diversas tarefas buscando estabelecer a estrutura funcional do produto.

Basicamente, três atividades foram elaboradas nesta etapa, sendo elas: estabelecer a estrutura funcional do produto; o desenvolvimento de concepções alternativas e a seleção da concepção que se julgou a mais indicada para o projeto.

3.1.3.1 Estrutura funcional do produto

Como procedimento recomendado pela metodologia do PDMA nesta atividade, definiu-se a estrutura funcional do produto. De início, é importante entender algumas definições, as quais seguem no Quadro 3:

TERMO	SIGNIFICADO
Função	Relação entre as entradas e as saídas (em termos de material, energia e sinal) de um sistema que tem o propósito de desempenhar uma tarefa.
Função global	Expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas assim como as suas propriedades. É a função última do sistema técnico.
Função parcial	Ou subfunção, divisão da função global. Apresenta menor grau de complexidade.
Função auxiliar	Contribui para a função global de uma forma indireta. Tem caráter complementar ou de apoio.
Função elementar	Último nível de desdobramento da função global, não admitindo subdivisão. Deve existir pelo menos um princípio de solução no campo físico capaz de atender a essa função.
Estrutura funcional	Combinação de funções parciais representativas da função global do sistema.

Quadro 3 - Principais conceitos na análise funcional

Fonte: Reis (2003).

A primeira tarefa desempenhada foi a elaboração da função global do produto baseada nas especificações de projeto, considerando as interfaces com outros sistemas técnicos e o meio ambiente. Em seguida, identificaram-se as subfunções, que foram desmembradas em parciais e elementares, de modo a facilitar a procura de princípios de soluções e uma maior compreensão do funcionamento da máquina (PAHL et al., 2005).

Para a busca das referidas funções intrínsecas ao produto, durante as reuniões de equipe, fez-se uso da abstração orientada, que, de acordo com Pahl et al. (2005), consiste em analisar a lista de especificações com relação à função exigida e às principais condicionantes, visando a ressaltar mais claramente o núcleo da questão. Para esta análise, os autores sugerem cinco passos:

1º Suprimir vontades mentalmente;

2º Somente considerar requisitos que afetem diretamente as funções e as principais condicionantes;

3º Converter dados quantitativos em qualitativos, nessa conversão, reduzi-los a asserções essenciais;

4º Ampliar de forma adequada o que for percebido;

5º Formular o problema de forma neutra quanto à solução.

Segundo os autores, alguns passos podem ser suprimidos, dependendo da tarefa ou da extensão da lista, o que de fato ocorreu neste trabalho.

Quanto à redação das funções identificadas, esta deu-se através de um predicado composto por um verbo e um substantivo, como, por exemplo, gerar fluxo de ar, sinalizar deslocamento, entre outros.

Esta atividade foi desenvolvida através das reuniões da equipe de projeto (F1, 3.2.1).

3.1.3.2 Desenvolvimento de concepções alternativas

De posse da lista de funções elementares, nas reuniões com a equipe de desenvolvimento de projeto (F1, item 3.2.1), foi utilizada uma combinação de métodos para a obtenção dos princípios de soluções como o Brainstorming (F10, 3.2.10), instrumento sugerida por diferentes autores (BAXTER, 2000; ROMANO, 2003; PAHL et al., 2005; BACK et al., 2008). Outro instrumento adotado foi a analogia direta (F11, 3.2.11).

Os princípios de soluções identificados foram inseridos (sob a forma de desenhos) na matriz morfológica (F9, 3.2.9), ferramenta escolhida para auxiliar na seleção das concepções.

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.

3.1.3.3 Seleção da concepção

Esta atividade teve como objetivo escolher, dentre as concepções geradas, a melhor concepção para o produto. Para tanto, por meio das reuniões de grupo (F1, 3.2.1), utilizou-se a matriz de decisão (F12, 3.2.12), onde, basicamente, foram atribuídos notas às “variantes”, considerando o modo com que estas atendiam os principais requisitos de projetos.

No entanto, no entendimento de Andrade et al. (2005), esta experiência envolve alto grau de subjetividade e, conseqüentemente, a alta probabilidade de escolha de uma opção que não seria a melhor.

Finalizada a escolha da melhor concepção, partiu-se para a sua descrição com a formulação do “conceito”, ou seja, foram relatadas todas as características da máquina, bem como a confecção de desenhos esboçando as primeiras dimensões do produto.

3.1.4 Registro das lições aprendidas

A última atividade desenvolvida neste projeto consistiu em registrar os principais conhecimentos e experiências adquiridos ao longo do processo de projeção, tanto no gerenciamento do plano quanto na própria execução. Deve-se ressaltar que tal procedimento baseou-se na análise crítica do pesquisador autor deste trabalho.

3.2 Ferramentas para o projeto

Para que as atividades que compõem as fases de planejamento, informacional e conceitual do projeto fossem realizadas, algumas ferramentas serviram de auxílio. No Quadro 4, são expostas tais ferramentas.

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
F1	Reuniões com a equipe de projeto
F2	Visita técnica
F3	Experimento “análise de deposição de gotas”
F4	Consulta a fornecedores
F5	Pesquisa sobre segurança e homologação
F6	Questionários estruturados
F7	Diagrama de Mudge
F8	QFD
F9	Matriz Morfológica
F10	Brainstorming
F11	Analogia direta
F12	Matriz de Decisão

Quadro 4 – Lista das ferramentas utilizadas no projeto

3.2.1 Ferramenta F1: Reuniões da equipe de projeto

Consistiu na realização de reuniões entre a equipe de desenvolvimento do projeto, nas quais sempre se buscou contar com no mínimo quatro integrantes, e que as mesmas fossem semanais. Contudo, conforme a complexidade da atividade efetuada, o intervalo entre a realização destas poderia ser maior.

Em cada encontro, inicialmente, o coordenador do projeto realizava a introdução do assunto a ser estudado e discutido, elucidando as demais ferramentas que se mostravam necessárias, e, posteriormente, abria-se espaço para a troca de ideias entre os membros da equipe, discussão e geração de soluções. Ao final das reuniões, as sugestões eram anotadas e também eram atribuídas tarefas a cada integrante.

3.2.2 Ferramenta F2: Visita técnica

Foi feita uma visita técnica ao Centro de Controle de Zoonoses da cidade de Palmas, capital do Tocantins, estado que, segundo dados do fornecidos pelo Ministério da Saúde em 2007, ano em que foi realizada observação, liderava o ranking do número de casos de dengue na região norte do país.

Na visita foram feitas observações, registro de imagens e entrevistas semi-estruturadas com alguns operadores do equipamento, procedimentos de que se vale a pesquisa de campo.

De acordo com Gil (2002), este tipo de pesquisa procura o aprofundamento de questões propostas, sendo, basicamente, desenvolvida por meio de observação direta, de entrevistas com informantes, análise de documentos, filmagem e fotografias.

3.2.3 Ferramenta F3: Experimento “análise de deposição de gotas”

Experimento para a análise da deposição de gotas efetuado durante a segunda visita ao estado do Tocantins, em fevereiro de 2008. Para este, adotou-se como metodologia os procedimentos operacionais mencionados em relatório técnico específico para esta atividade elaborado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1977), em que é recomendada a utilização de lâminas de vidro impregnadas com

óxido de magnésio. No entanto, devido à falta de estrutura e suporte necessário para a análise destas lâminas, optou-se pelo uso de cartões hidrossensíveis, procedimento já adotado por Logfren (1970).

Inicialmente, coletaram-se amostras aleatórias das condições climáticas no período que antecedia o experimento, de modo a verificar se o dia selecionado para a avaliação estava dentro dos parâmetros normais de temperatura e umidade relativa do ar, assim como de velocidades do vento.

Segundo Alonço (1999), a experimentação trata da verificação e estudo, através de experiências científicas, dos fenômenos físicos e biológicos relativos ao comportamento das máquinas agrícolas, não estando diretamente vinculada a procedimentos padronizados ou normas.

O local escolhido para o experimento foi junto à antiga pista do aeroporto de Palmas que proporcionava as condições necessárias para a avaliação sem barreiras.

Após a seleção do local, utilizando um equipamento de GPS, foram delimitados os pontos das bordas do experimento, totalizando uma área 1.750m², sendo 25m de largura e 70m de comprimento. A altura selecionada para o posicionamento dos cartões hidrossensíveis foi de 0,6m e 1,5m acima do solo. As distâncias dos cartões à pista de circulação do veículo foram de 2, 5, 10, 20, 30, 40 e 50 metros. A partir de tais definições, foi elaborado um layout contendo as posições dos cartões. Cabe ressaltar que, para a fixação destes na altura horizontal, foram usados suportes específicos para tal finalidade.

O veículo iniciou o processo de aplicação 50 metros antes da primeira bordadura do experimento, visando a simular uma situação real. A velocidade e a regulação do equipamento foram as mesmas utilizadas quando em controle dos mosquitos, 10 km/h a uma vazão da bomba de 206 ml/min.

Após a passagem do veículo pela última bordadura do experimento, aguardou-se 15 minutos para a coleta dos cartões, conforme explicitado pela metodologia adotada. Os cartões “manchados” foram scaneados e depois lacrados em embalagem térmica no próprio local do experimento. Tanto as imagens quanto os cartões foram encaminhados a uma empresa especializada na prestação de serviços de análise e deposição de gotas.

É importante mencionar que foram realizados testes com dois produtos possíveis de uso, a água e a própria formulação utilizada no controle de mosquitos.

Na primeira aplicação, utilizaram-se apenas dois cartões para a aferição de qual produto seria de melhor visualização, constatando-se que a mistura do inseticida com o óleo vegetal apresentou resultado mais satisfatório. Logo, optou-se por tal fluido para o experimento.

Embora a metodologia não mencione a necessidade de repetições, a fim de possibilitar uma comparação de resultados, optou-se por realizar duas aplicações. As condições climáticas também foram registradas no início de cada aplicação.

Também foram feitas observações, registro de imagens, filmagens e entrevistas semi-estruturadas com os funcionários que participaram do experimento (motorista e operador do equipamento).

3.2.4 Ferramenta F4: Consulta a fornecedores

Coleta de informações referentes às características dos equipamentos nebulizadores, assim como as suas especificações técnicas. Para tanto, realizaram-se contatos telefônicos e/ou por e-mail, consulta a catálogos e acesso a “web sites” dos principais fornecedores nacionais e internacionais.

A partir disso, foram identificados os modelos que se enquadravam aos objetivos da pesquisa, registrando as suas especificações de projeto. Já para a análise dos dados, foi desenvolvida uma planilha eletrônica com o intuito de quantificar as características construtivas preponderantes nos itens avaliados.

3.2.5 Ferramenta F5: Pesquisa sobre segurança e homologação

Consistiu em pesquisas bibliográficas e consulta ao software BDASMA (Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas), elaborado por Alonço (2004), visando verificar os itens necessários ao provimento da segurança e ao cumprimento das características para a homologação.

As principais fontes de consulta bibliográfica foram os bancos de dados do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Código de Trânsito Brasileiro – CTB e documentos desenvolvidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS. Já o BDASMA foi empregado para a identificação de Legislação e Normas.

3.2.6 Ferramenta F6: Questionários estruturados

Estes questionários foram elaborados por meio das discussões e soluções levantadas durante as reuniões da equipe de projeto (ferramenta F1).

Gil (2002) define o questionário como um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado, constituindo o meio mais rápido e barato de obtenção de informações, além de não exigir treinamento de pessoal e garantir o anonimato dos respondentes.

Quanto à aplicação de questionários, Back et al. (2008) consideram que é um método similar à entrevista, com a diferença de que é mais estruturado, podendo tal estruturação ser boa para a padronização e tabulação dos resultados.

Para Novaes et al. (2003) os questionários estruturados são ferramentas importantes para investigar os rumos e tendências que um projeto deve tomar e sob que conjunto de valores estas tendências estão presentes entre os clientes entrevistados.

Assim, elaborou-se mais de um tipo de questionário, posteriormente foram empregados para a identificação e coleta das necessidades dos usuários do produto. É importante ressaltar que estes instrumentos foram adaptados do desenvolvido por Reis (2003).

Segundo Back et al. (2008) a identificação e coleta das necessidades dos usuários é a atividade mais crítica de todo o processo, visto que essas necessidades são a voz do consumidor, a qual deve ser atendida como primeira prioridade.

Salientando que na elaboração de tal ferramenta buscou-se que as perguntas e instruções acerca do correto preenchimento fossem formuladas de maneira clara, concreta e precisa, levando em conta o sistema de referência do entrevistado, bem como o seu nível de informação (GIL, 2002).

Outro aspecto relevante é que os usuários têm linguagens e entendimentos diferentes entre si (BACK et al., 2008), o que levou a elaboração de três questionários, cada um voltado a um público específico:

Questionário 1 – Motoristas dos veículos utilizados para transporte e operação dos equipamentos nebulizadores (Apêndice A);

Questionário 2 – Operadores dos nebulizadores, pessoal responsável pelo funcionamento, calibração, abastecimento, entre outros que possuam contato direto com o equipamento (Apêndice B);

Questionário 3 – Pesquisadores, responsáveis pela aquisição, membros da diretoria, coordenação, planejamento entre outros que tenham conhecimento acerca do processo de nebulização no controle de mosquitos (Apêndice C).

Além de coletar as necessidades e desejos dos usuários, as perguntas presentes nos questionários visaram a conhecer a opinião dos mesmos sobre algumas das ideias formuladas nas reuniões de desenvolvimento do produto, buscando verificar os quesitos conflitantes, de acordo com o entendimento de cada entrevistado.

Antes da aplicação da ferramenta, foi efetuado um pré-teste, a fim de garantir que esta meça o que se propõe. Portanto, solicitou-se que alguns dos membros da equipe respondessem aos questionários, analisando a clareza e precisão dos termos, a quantidade, a forma e a ordem das perguntas.

Após a realização do pré-teste e de se chegar a um consenso sobre a redação e conformidade dos questionários com a proposta da pesquisa, o próximo passo foi entrar em contato com os órgãos responsáveis pelo controle de mosquitos.

Para a identificação dos estados interessados na participação da pesquisa, o procedimento adotado baseou-se em contato telefônico, onde se apresentou resumidamente aos coordenadores os objetivos do projeto e o modo disponibilizado para participação, o que se deu de duas formas, por e-mail e por correspondência.

Confirmado o interesse na participação da pesquisa, foi solicitado o e-mail para o envio dos questionários juntamente com um ofício (Apêndice D) de formalização e esclarecimento sobre a intenção da pesquisa e a preservação do anonimato dos participantes.

No preenchimento e envio via correio eletrônico, os entrevistados foram orientados a salvar o arquivo com o nome do estado a que pertenciam. Já no outro modo, a participação deu-se através da impressão dos questionários, que, após o preenchimento, foram agrupados (em um único envelope por estado) e enviados por correspondência.

3.2.7 Ferramenta F7: Diagrama de Mudge

No Diagrama de Mudge, os requisitos dos clientes foram inseridos na primeira linha e coluna da referida matriz, conforme a Figura 4.

	RN2	RN3	RN4	...	VRC	%	I
RN1							
RN2							
RN3							
:							

Figura 4 - Ilustração do posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge

Em seguida, iniciaram-se as comparações na seguinte ordem, o requisito número 1 (RN1) da linha, foi comparado com o número 2 (RN2) da coluna, realizando a pergunta: o requisito RN1 é mais importante que o RN2? Caso afirmativo, registrava-se na célula, RN1, e se negativo, RN2. Após, perguntava-se o quanto o requisito selecionado é mais importante que o outro, atribuindo os pesos conforme o Quadro 5.

Identificação do grau de importância	Letra atribuída e respectivo peso
Pouco mais importante	A = 1
Moderadamente mais importante	B = 3
Muito mais importante	C = 5

Quadro 5 - Pesos atribuídos aos requisitos durante a valoração do Mudge

Desta forma, tem-se como exemplo: Se o requisito número 1 (RN1) é muito mais importante que o número 2 (RN2), o preenchimento da célula ficaria RN1C. Este procedimento é repetido com as próximas colunas. Ao final, inicia-se novamente com o requisito da próxima linha, efetuando o mesmo processo até concluir a planilha.

Para a quantificação do diagrama de Mudge foi realizado o seguinte procedimento: fez-se o somatório dos pesos atribuídos as letras (conforme o Quadro 5), tanto na linha como na coluna do requisito avaliado. É importante destacar que só participavam os valores atribuídos ao requisito da linha em estudo. Ao finalizar, o valor calculado foi inserido na coluna nomeada como “VRC”, que significa valor do requisito de cliente/usuário. Deve-se ressaltar que estes valores foram utilizados em etapas futuras do desenvolvimento do projeto, conforme será abordado mais adiante.

Por fim, foi realizado outro somatório com os valores da coluna “Total”, que serviu de base para o cálculo das porcentagens de importância de cada requisito, permitindo sua hierarquização.

Para o desenvolvimento do diagrama de Mudge, empregou-se uma planilha eletrônica com intuito de auxiliar e agilizar os procedimentos de cálculo visto o elevado número de requisitos.

3.2.8 Ferramenta F8: QFD

Esta ferramenta se referiu à utilização do método denominado desdobramento da função qualidade (QFD) ou matriz da casa da qualidade (Figura 5). Para que os requisitos dos clientes fossem hierarquizados, inicialmente foi desenvolvida a parte central da referida matriz, relacionando as necessidades dos usuários (requisitos dos clientes) com as características de engenharia (requisitos de projeto). O propósito desta relação é a obtenção de indicativos (valores) de quanto cada necessidade ou desejo do usuário afeta ou é afetada por um determinado requisito de projeto (BACK et al., 2008).

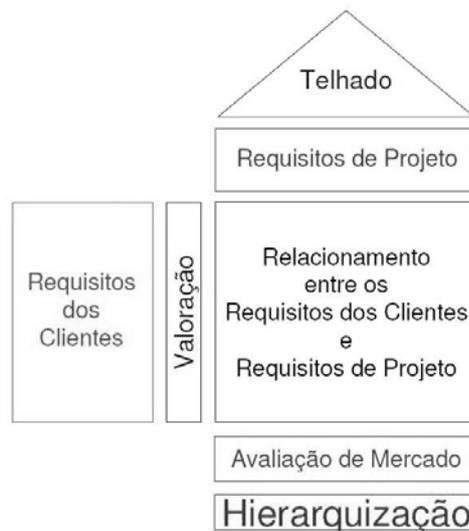


Figura 5 - Configuração da primeira matriz do QFD

A quantificação ocorreu da seguinte maneira: se o requisito de usuário é fortemente relacionado com o do projeto, a pontuação atribuída é 5; caso possua um vínculo médio, a pontuação é 3; e para o fraco, a pontuação é 1. Quando não houver relação, o valor atribuído deve ser 0.

Antes da computação dos resultados, foram inseridos os “pesos dos requisitos de usuários/clientes” na coluna denominada de valoração. Estes derivaram-se do diagrama de Mudge (F7), mais especificamente, do somatório dos

pontos obtidos em cada requisito do usuário conforme a importância atribuída (coluna VRC).

O cálculo para a hierarquização dos requisitos de projeto obedeceu à equação proposta na matriz da casa da qualidade, onde são somados os resultados da multiplicação do “peso” atribuído ao requisito de usuário (proveniente do diagrama de *Mudge - VRC*) pelo valor de relacionamento entre o requisito de usuário e o de projeto. Logo, em ordem decrescente, foram identificadas as características que devem ser priorizadas ao longo do processo de projeção.

3.2.9 Ferramenta F9: Matriz Morfológica

Consiste de uma matriz que 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.

De acordo com Andrade et al. (2005), esta avaliação possui um caráter subjetivo o que pode implicar na escolha de princípios já conhecidos pela equipe de projeto em detrimento de princípios possivelmente inovadores.

3.2.10 Ferramenta F10: Brainstorming

O Brainstorming ocorreu durante reuniões da equipe de desenvolvimento do projeto (F1), onde o coordenador do grupo (pesquisador responsável) convidava os demais membros a participarem sugerindo soluções para cada subfunção da estrutura funcional. Assim, todos os integrantes tinham liberdade para sugerirem

soluções ao item que estava em pauta e no decorrer de cada encontro as ideias eram anotadas. De posse das mais diversas soluções, com o consentimento dos membros da equipe, foram selecionadas as consideradas cabíveis.

3.2.11 Ferramenta F11: Analogia direta

Conforme já mencionado na revisão, a analogia direta compreende a observação de produtos, soluções de partes ou funções em que determinados princípios são semelhantes ou análogos à função analisada.

Neste trabalho, com o uso desta ferramenta, buscou-se a solução para as funções em mecanismos presentes em outras atividades, porém com necessidades similares às da função estudada.

3.2.12 Ferramenta F 12: Matriz de Decisão

Esta ferramenta objetivou selecionar a concepção que melhor atende as especificações de projeto. 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 do QFD, os quais foram transformados de modo que o somatório dos pontos obtidos no terço superior equivalesse ao valor máximo (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 no Quadro 6.

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

Quadro 6 - Valores utilizados na Matriz de Decisão para avaliação das variantes

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 (ROMANO, [200-]).

3.3 MATERIAL

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Segurança e Ergonomia – LASERG, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, usufruindo da estrutura existente, com internet banda larga “wireless”, computadores, impressoras, mesa de reuniões, sala de estudos, recursos áudio visuais como “data show”, retroprojeto, entre outros.

Entre os principais materiais empregados para estudos externo a instituição estão: veículo de passeio, “notebook”, máquina fotográfica digital, “pen drive”, aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global), Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro Digital, cartões hidrossensíveis, “scanner” e “Nobreak”.

Capítulo 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos ao longo deste trabalho. Para um melhor entendimento, de forma semelhante a que foi exposta no capítulo anterior, estes estão divididos nas fases de planejamento, informacional e conceitual do projeto.

4.1 O plano do projeto

O plano deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma série de documentos objetivando a formalização do modo pelo qual o mesmo foi conduzido. Entre estes, estavam a carta de projeto, a identificação dos envolvidos, as formas de comunicação adotadas pela equipe, o escopo do projeto, cronograma, lista de atividades e de recursos físicos. Lembrando que este planejamento sofreu alterações até a última atividade desenvolvida no projeto.

4.1.1 Carta de projeto

Dando início ao plano do projeto, elaborou-se uma carta com a síntese do que se deseja obter com o projeto, descrição do produto, estimativa de custos e do cronograma. Esta é ilustrada na íntegra, conservando a conjugação verbal de quando foi desenvolvida (última atualização), conforme o Quadro 7.

Objetivos do Projeto
Desenvolver o projeto informacional e conceitual de uma máquina específica para o controle em escala de mosquitos na fase adulta (alada).
Descrição do Produto
A máquina deverá gerar gotas no tamanho indicado para o combate a mosquitos (15-30µm) e prover dispositivos para direcionar a aplicação de acordo com o local que se deseja controlar. É importante ressaltar que o processo de geração de gotas de diâmetro menor que 50 µm é denominado de nebulização, fato que nomeou o projeto como sendo "Projeto de um nebulizador autopropelido para aplicação de inseticidas no combate aos mosquitos: Fases Informacional e Conceitual".
Estimativa Preliminar de Custos
Como serão desenvolvidas apenas as fases iniciais do processo de projeção, estima-se um custo de R\$ 5.000,00 (Cinco mil reais), para a elaboração das atividades, como viagens, experimentos, aquisição de material bibliográfico, entre outras.
Termo de Encerramento
O projeto será encerrado com a seleção da concepção ideal do produto, caracterizando o conceito do nebulizador autopropelido.
Cronograma do projeto
O projeto teve início no dia 1º de junho de 2007 e a sua conclusão está prevista para o dia 31 de outubro de 2008.

Quadro 7 - Termo de abertura do projeto

4.1.2 Envolvidos no Projeto

Dentre as partes envolvidas no projeto, estão os usuários diretos, indiretos e os membros da equipe de projeto. Back et al. (2008) definem os usuários diretos como as pessoas e organizações que são influenciados diretamente pelo produto, já os indiretos, não possuem vínculo tão evidente com o produto.

Entre os principais usuários diretos do equipamento atualmente empregado para o controle em escala de mosquitos adultos, estão os operadores do nebulizador, motoristas dos veículos "UBV pesado", funcionários da manutenção, pessoal da entrega técnica, empresas que trabalham com sucatas e reciclagem dos componentes do equipamento, fabricantes do equipamento, governo e prefeituras. Nos indiretos estão a população de um modo geral, mais especificamente, os pedestres, motoristas e habitantes do ambiente que está sendo tratado.

Quanto aos membros da equipe de projeto, essa contou com a participação de treze integrantes (Tabela 3) que, à medida que este foi sendo desenvolvido, colaboraram de diferentes formas, por meio de pesquisas bibliográficas, consulta

aos fornecedores, análise dos dados, realização de desenhos, apresentações de trabalhos, entre outras.

Tabela 3 - Número de integrantes e formação acadêmica

Nº de integrantes	Formação
1	Eng. Agrícola, Doutor em Eng. Mecânica
1	Eng. Mecânico, Doutorando em Eng. Agrícola
1	Eng. Florestal, Mestre em Eng. Agrícola
1	Eng. Mecânico, Mestrando em Eng. Agrícola
1	Eng. Agrônomo, Mestrando em Eng. Agrícola
3	Acadêmicos da Agronomia
4	Acadêmicos da Eng. Mecânica
1	Acadêmica da Zootecnia

4.1.3 Plano de Gerenciamento das comunicações

As principais informações que circularam entre a equipe de desenvolvimento foram o status das atividades e tarefas do projeto, consulta e auxílio entre os integrantes. A frequência da comunicação foi variável, de acordo com a tarefa executada.

A comunicação entre os membros da equipe de projeto deu-se através de softwares de comunicação como o MSN e o Skype, além de “e-mails”, telefones e documentos impressos. Outro meio disponibilizado para a troca de informações foi a criação de um Grupo no servidor Yahoo³, onde os integrantes associados tiveram acesso instantaneamente aos documentos anexados na página, como fotos, desenhos, artigos, etc.

A princípio, as reuniões com a equipe aconteceram semanalmente, no entanto, à medida que eram desempenhadas tarefas mais complexas, demandando maior tempo para execução, estes encontros passaram a ocorrer aleatoriamente, conforme a necessidade.

³ Endereço eletrônico: <http://br.groups.yahoo.com/group/projetoaedes/>

4.1.4 Declaração do escopo do projeto

A problemática envolvendo o projeto consistiu na inexistência de uma máquina específica para o tratamento em escala do ambiente no controle aos mosquitos adultos, em que esta ausência acarreta na necessidade de utilização de um produto adaptado e que promove uma série de características consideradas como não desejáveis (ver item 1.2).

Como tal equipamento não existe, trata-se de um produto inovador/original. Na compreensão Barroso Neto (1982 apud ROMANO, 2003) o “novo produto” é aquele cuja solução funcional e formal não está contida no atual estado da técnica, ou seja, não existe produto similar industrializado, comercializado ou que o projeto tenha sido divulgado.

Foi verificada somente uma restrição do projeto, estando relacionada ao prazo para o término de desenvolvimento do mesmo. Com relação às características desejadas na máquina agrícola, apurou-se a necessidade do desenvolvimento de dispositivos que aumentem de uma forma geral, a eficiência envolvida tanto no processo quanto no produto, observando aspectos ergonômicos, seguros e necessários à homologação.

4.1.5 Estrutura de Decomposição do Projeto - EDP

Posteriormente, foi desenvolvida uma estrutura de decomposição das partes do projeto, a Estrutura Analítica do Projeto – EAP (Figura 6). Nesta estrutura, o trabalho é subdividido em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, onde cada nível descendente dela representa uma definição cada vez mais detalhada (PMI, 2004).

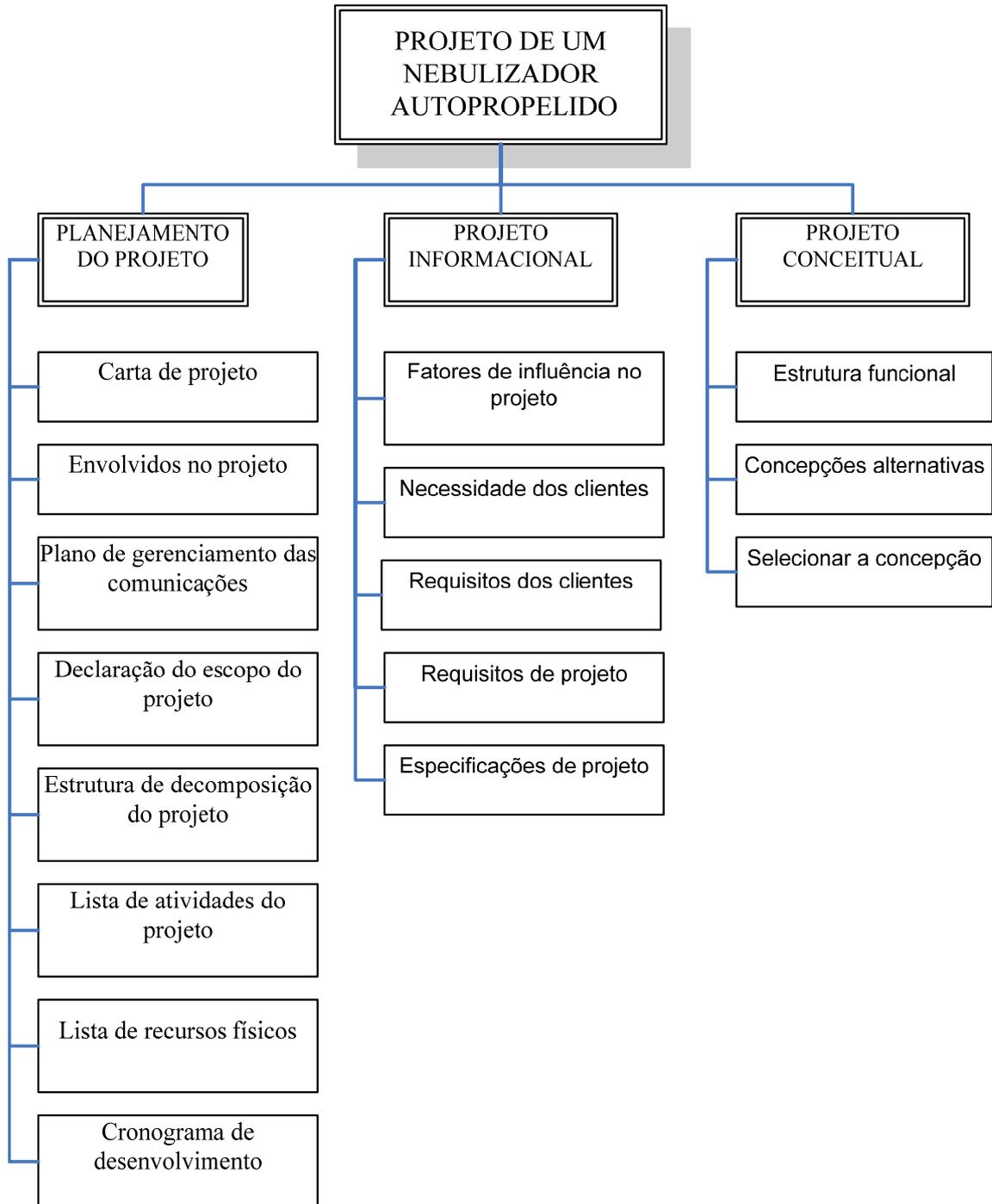


Figura 6 - Estrutura de decomposição do projeto

4.1.6 Lista de atividades do projeto

Tendo em vista que na metodologia deste trabalho foi desenvolvido um fluxograma resumo do projeto contendo todas as atividades efetuadas ao longo das fases “Planejamento do Projeto”, “Projeto Informacional” e “Projeto Conceitual”, a lista deste item pode ser visualizada na Figura 3 (capítulo 3, item 3.2).

4.1.7 Lista de recursos físicos

De modo similar à lista de atividades, os recursos físicos também já foram previamente mencionados no capítulo 3, item 3.2., sendo correlacionados com as atividades desempenhadas.

4.1.8 Cronograma de desenvolvimento

Para a estimativa do tempo necessário ao desenvolvimento deste trabalho, elaborou-se um cronograma inicial dividindo as tarefas de acordo com os principais marcos (Figura 7), os quais consistiram nas três fases do projeto.

Esta decisão permitiu que a equipe de projeto verificasse o tempo disponível para o término de cada etapa, organizando-se de modo a evitar a ociosidade e a constante atualização do cronograma de desenvolvimento. Salientando que foi previsto mais tempo para a execução do projeto informacional devido ao maior número de atividades e grande parte dessas de pesquisas.

Identificação	Nome da tarefa	Início	Término	2007			2008			
				Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
1	Planejamento do Projeto	1/6/2007	29/6/2007							
2	Projeto Informacional	2/7/2007	1/5/2008							
3	Projeto Conceitual	2/5/2008	31/10/2008							

Figura 7 - Cronograma de desenvolvimento do projeto

4.2 Projeto Informacional

Na fase informacional, realizou-se a caracterização do problema existente, assim como o levantamento das informações disponíveis, que, reunidas e lapidadas, formaram a base para as tomadas de decisões no decorrer do processo de projeção.

4.2.1 Fatores de influência no projeto

A primeira entrega da fase informacional foi a identificação de características que poderão ou que já apresentam alguma influência direta ou indireta no desenvolvimento do projeto do nebulizador autopropelido. A fim de uma melhor visualização, elaborou-se um esquema com os itens estudados (Figura 8).

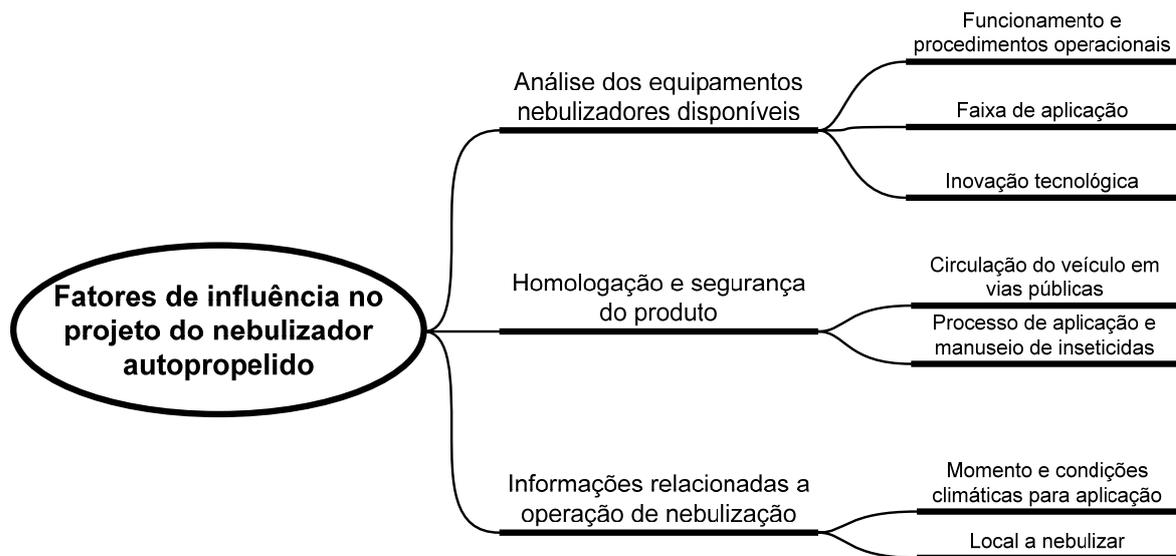


Figura 8 - Assuntos abordados na pesquisa dos fatores de influência no projeto

4.2.1.1 Análise dos equipamentos nebulizadores disponíveis

Como já elucidado, devido à ausência de um produto similar no mercado, buscou-se um aprofundamento no conhecimento dos atuais nebulizadores empregados para o controle em escala dos mosquitos (UBV's pesado), tendo em vista que estes possuem os mesmos objetivos e meios de geração de gotas, o modo pneumático.

Segundo Romano (2003), da primeira avaliação das máquinas agrícolas disponíveis no mercado resultam os fatores-chaves para o sucesso, as potencialidades, as vantagens e desvantagens competitivas, as vulnerabilidades, as ameaças, entre outros.

Na visita técnica (Ferramenta F2), foi possível obter diversas informações relacionadas ao modo de funcionamento do nebulizador e os procedimentos

operacionais adotados na aplicação, calibração e manutenção (BAUMHARDT et al., 2007).

Funcionamento do nebulizador

Fizeram parte do estudo cinco equipamentos (Figura 9), sendo dois fabricados no Brasil e os demais importados.



Figura 9 - Equipamentos nebulizadores alocados sobre caminhonetes, popularmente conhecido como “UBV pesado”

Fonte: Baumhardt et al. (2007)

Observou-se que todos os equipamentos possuíam o mesmo princípio para a quebra do filete líquido em gotas, o modo pneumático. Nestes nebulizadores, a capacidade do reservatório de produto químico variou entre 50 a 70 litros, enquanto que para o líquido de limpeza do sistema, este valor ficou em uma faixa de 1,5 a 10 litros. Este último é utilizado ao término das operações de nebulização, de modo a garantir que não fique produto químico (corrosivo) na tubulação do sistema.

A seleção do fluido a ser bombeado, líquido de limpeza ou produto químico, é conferida a uma válvula, que pode ser de acionamento manual ou elétrico, através de um solenóide.

A bomba responsável na sucção do produto é de funcionamento elétrico (12 V), e nos modelos avaliados estava ligada à bateria dos veículos. Esta bomba conduz o fluido selecionado até o bocal nebulizador e permite uma sucção precisa de baixíssimas vazões. A capacidade de bombeamento depende do modelo empregado, normalmente compreendendo vazões de 0 a 1.296 mL/min, gerando uma pressão máxima de 210 kPa. Esta baixa vazão, e, por consequência, pequenas taxas de produto químico aplicadas em grandes áreas, como já especificado na

revisão de literatura, caracteriza o processo como sendo de Ultra Baixo Volume (UBV).

Em paralelo, o sistema conta com um motor de combustão interna, normalmente à gasolina e com potência de 13,42 kW, responsável em fornecer energia mecânica ao soprador, que por sua vez gera uma vazão de ar ao bocal nebulizador.

Como o bocal nebulizador restringe o fluxo de ar, ocorre a geração de uma pressão interna no sistema, que, de acordo com o fabricante, chega a um valor máximo de 70 kPa vinculada a uma vazão de 6,0 m³/min de ar nos modelos analisados.

O ar pressurizado, ao entrar em contato com o produto químico bombeado, promove a quebra das gotas, gerando uma névoa com gotas na ordem de 20 µm de diâmetro. O tamanho pode ser variável conforme a pressão de ar no sistema e a vazão do líquido bombeado.

Verificou-se que, antes de se iniciar os trabalhos, o bocal nebulizador pode ser ajustado manualmente quanto à direção de aplicação. As recomendações do fabricante mencionam que este deve formar um ângulo de 45° com relação ao plano horizontal, direcionando a saída para cima.

Outras características identificadas se referem à capacidade de armazenamento de combustível, ficando entre 30 e 40 litros, e a presença de um controle remoto instalado dentro da cabina do veículo para o acionamento rápido e seguro da bomba de formulação.

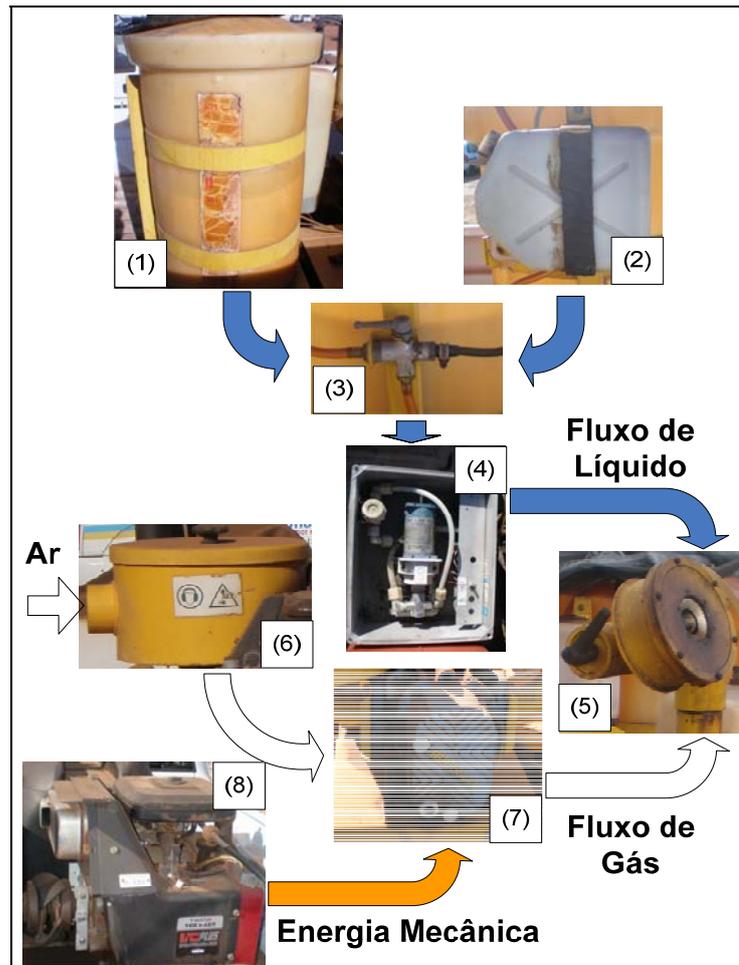
Este controle é normalmente utilizado para desativar instantaneamente a bomba de formulação sem a necessidade de se parar o veículo, procedimento adotado quando o veículo passa em frente a locais em que o produto químico possa entrar em contato com alimentos a serem ingeridos (Figura 10).



Figura 10 - Dispositivo de acionamento da bomba de formulação

Fonte: Baumhardt et al. (2007)

A energia elétrica empregada para o acionamento do motor é proveniente da bateria do veículo utilitário, sendo conduzida por uma instalação de fios condutores conectada ao motor de partida da fonte de potência do nebulizador. Na Figura 11, segue uma esquematização do modo de funcionamento do equipamento nebulizador.



Legenda:

- (1) Tanque químico;
- (2) Tanque de líquido de limpeza;
- (3) Válvula seletora de fluxo;
- (4) Bomba de formulação;
- (5) Bocal nebulizador;
- (6) Filtro de ar;
- (7) Compressor de lóbulos;
- (8) Motor a combustão interna (Gasolina).

Figura 11 - Componentes do equipamento nebulizador.

Fonte: Baumhardt et al. (2008a)

A principal particularidade entre os equipamentos em estudo foi quanto às características construtivas do bocal nebulizador, onde o modelo brasileiro se

diferenciou por apresentar um disco com aletas em seu interior, o que supostamente auxilia o turbilhonamento do ar facilitando a quebra do filete líquido.

Procedimentos operacionais: Aplicação

Observou-se que duas pessoas são encarregadas da operação do veículo, sendo uma responsável pela direção e a outra um funcionário do Centro de Controle de Zoonoses. Este último tem a função de regular o equipamento nebulizador antes do início do deslocamento do veículo e quando em movimento, controla o acionamento da bomba de formulação.

Durante o processo de nebulização, o veículo deve transitar a uma velocidade coerente com a vazão da bomba de formulação, normalmente é utilizada uma velocidade de 10 km/h para uma vazão de 209 mL/min, previamente selecionada com o veículo parado. Estes valores são baseados em recomendações da Organização Mundial da Saúde e em experimentos realizados no Centro de Controle de Zoonoses – CCZ.

O trajeto deve ser mantido próximo à calçada, pois como já referido, o equipamento para aplicação do inseticida possui uma saída lateral “bocal nebulizador”, que é fixa, sem controle direcional após seu ajuste inicial. Sempre que possível, o veículo deve passar duas vezes na mesma rua, a fim de que possa emitir o inseticida aos dois lados.

A uniformidade da taxa de aplicação de produto por área fica sob a responsabilidade do motorista, devendo este manter a velocidade constante, visto que não há dispositivo para regulagens da bomba de formulação de dentro da cabine, permitindo somente o ajuste pré-operação.

Outra característica apurada refere-se à escala dos velocímetros dos veículos utilizados para a operação do “UBV pesado”, pois as mesmas apresentam o marco inicial de 20 km/h (Figura 12), necessitando que os Centros de Controle de Zoonoses realizassem testes para verificar qual rotação, utilizando uma determinada relação de engrenamento do veículo, era equivalente à velocidade de deslocamento requerida.



Figura 12 – Painel de veículo utilizado para transporte e operação de equipamento nebulizador

Procedimentos operacionais: Calibração

O procedimento de calibração pode ser dividido em duas etapas, a regulagem da vazão de bombeamento do produto químico e o ajuste da pressão do ar gerado no sistema. A primeira (Figura 13) é acertada através da rotação de um dispositivo (seta de cor amarela) que promove a inclinação (seta de cor laranja) do cabeçote da bomba de formulação. Segundo Sciani (2005), o bombeamento é o resultado de uma sincronia entre a rotação do pistão, que possui movimento linear, e sua alternância, de movimento circular no sentido axial, dentro de uma câmara onde o líquido escoar.

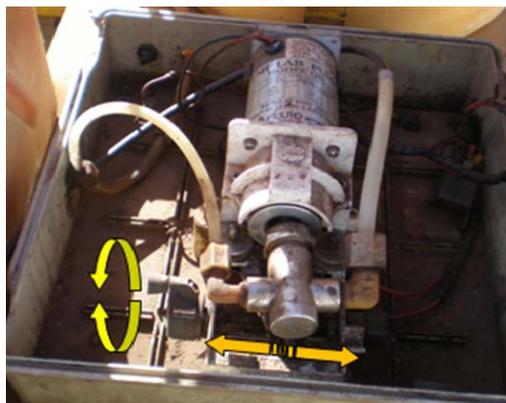


Figura 13 – Ilustração do movimento necessário à regulagem da vazão da bomba de formulação

Para a determinação da vazão, coleta-se o produto bombeado através de um recipiente graduado em um tempo pré-determinado, normalmente um minuto para facilitar a averiguação. Caso a vazão não seja a recomendada para a aplicação, deve-se realizar um ajuste no posicionamento do cabeçote da bomba e repetir a aferição até encontrar a vazão requerida.

Já para o ajuste da pressão de ar gerado pelo nebulizador, foi verificado que esta se dá alterando a rotação da fonte de potência do equipamento, neste caso, o motor de combustão interna. Isto ocorre porque, como já mencionado, esta fonte fornece energia mecânica ao compressor de lóbulos, que quanto maior a rotação maior é o fluxo de ar gerado. Esse ar gerado encontra uma restrição no bocal nebulizador ocasionando na formação de uma pressão interna no sistema, que é aferida em um manômetro instalado na tubulação.

O ajuste da rotação do motor é relativo ao modelo empregado, em todos os equipamentos avaliados, este se dava através da rotação de um parafuso “acelerador”, necessitando o seu travamento, para evitar alterações devido às vibrações.

Os fabricantes disponibilizam tabelas onde são correlacionadas as pressões do sistema com a vazão de bombeamento e o tamanho das gotas geradas, de modo a permitir a correta calibração do equipamento proporcionando gotas no diâmetro ideal.

Finalizando, com exceção do controle remoto que promove o acionamento da bomba de formulação, todas as regulagens e mecanismos de averiguação se localizavam na base do equipamento, fato que justifica o acesso a estes somente antes da operação.

Procedimentos operacionais: Manutenção

Segundo informações coletadas nas entrevistas informais, os equipamentos recebem uma manutenção preventiva no mês que antecede o início do combate na qual são verificados quais os componentes que devem ser substituídos, a fim de assegurar que não ocorra a quebra e, por consequência, a interrupção da aplicação. As peças de reposição são adquiridas da mesma forma que os equipamentos, através de licitações feitas pelo governo ou prefeituras.

Além da manutenção preventiva, os operadores devem seguir as recomendadas pelos fabricantes, as quais geralmente são especificadas nos manuais de operação destes equipamentos. Dentre os procedimentos a serem realizados, estão a limpeza do filtro de ar, localizado na entrada do compressor “soprador”, a troca de óleo do compressor e do motor, a substituição do filtro de óleo, ar e combustível do motor, assim como a verificação das velas de ignição e do

sistema de refrigeração deste. Todas as operações de troca são baseadas em horas de utilização do equipamento, variando entre as marcas e modelos dos componentes.

Através das entrevistas e observações, também foi verificado que a durabilidade é afetada, além do desgaste natural dos componentes, pelas adversas condições climáticas em que o nebulizador está submetido, como também pela operação, manutenção e conservação inadequada.

Faixa de aplicação

Como resultado inicial do experimento de análise de deposição de gotas que objetivou a avaliação da faixa de aplicação nos equipamentos UBV pesados (Figura 14), foi elaborado a Tabela 4, apresentando as condições climáticas nos dias que antecederam a prática. De posse destes dados, foi possível comparar o dia selecionado para realização do experimento com os parâmetros meteorológicos normais durante o momento em que a aplicação é realizada naquela região.

Tabela 4 - Condições climáticas nos dias que antecederam o experimento da análise de deposição de gotas

Amostra	Dia	Horário	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Velocidade do Vento (m/s)
T1	21/01/2008	19:00	26	75	0
T2	21/01/2008	21:00	26.6	74	0
T3	22/01/2008	6:00	23.9	83.2	0
T4	22/01/2008	7:00	26.7	73	0
T5	22/01/2008	19:45	27.6	69.7	0
T6	23/01/2008	7:50	22.8	80	0
T7	23/01/2008	9:20	24.6	78.6	0
T8	28/01/2008	5:35	22.9	83	0
T9	28/01/2008	6:00	24.6	79.4	0

O registro das informações referentes à temperatura e umidade relativa, assim como da velocidade do vento no dia do experimento são apresentados na Tabela 5. Estas coletas foram realizadas no início de cada uma das aplicações.

Verificou-se que, embora no dia do experimento tenham sido detectadas correntes de ar, estes valores estavam dentro dos recomendados para a aplicação, conforme especifica a Organização Mundial da Saúde (item 2.1.11.1).

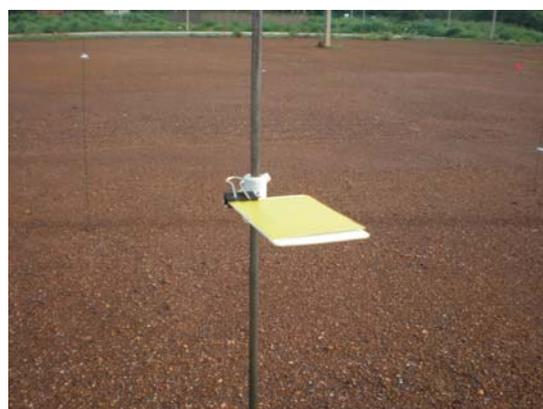
Tabela 5 - Condições climáticas no dia do experimento da análise de deposição de gotas

Amostra	Dia	Horário	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Velocidade do Vento (m/s)
Aplicação 01	29/01/2008	8:10	25.9	76.6	0 a 4,0
Aplicação 02	29/01/2008	8:49	32	63.7	0 a 3,9

Na análise dos resultados, o software utilizado pela empresa contratada não identificou as pequenas gotas no cartão hidrossensível, impossibilitando uma análise de deposição confiável (BAUMHARDT et al., 2008b).



(a)



(b)

Figura 14 - Experimento de análise de deposição de gotas utilizando equipamento UBV pesado. a) veículo realizando a aplicação; b) cartão hidrossensível alocado sobre suporte

Resultados similares foram encontrados por Logfren (1970), onde também se fez o uso de cartões impregnados com corante para a verificação do alcance das pulverizações a UBV. De acordo com o referido autor, que na ocasião também realizou testes biológicos, os resultados mostraram que os mosquitos morreram onde os cartões não registravam nenhuma gota, o que ocorria em gotas com diâmetro abaixo de $20\mu\text{m}$.

Tal argumento deixou uma ambiguidade quanto ao experimento, em um caso otimista, é possível que a gota tenha atingido o cartão hidrossensível, e, no entanto, devido à ineficiência do método utilizado não tenha sido detectada. Já para o outro sentido, a gota pode ter evaporado ou sofrido uma deriva pela ação do vento e não ter atingido os cartões.

Inovação tecnológica

Após pesquisa junto a fornecedores de equipamentos nebulizadores, foi possível realizar alguns apontamentos referentes às inovações tecnológicas disponíveis no mercado nacional e internacional.

Foi verificado que determinados modelos de nebulizadores contam com um acessório denominado de radar fotoelétrico, também conhecido como “Radar Syncroflow”. Seu funcionamento baseia-se na emissão de um sinal à superfície onde o veículo se desloca, e este, então, é refletido e processado por uma central que, instantaneamente, determina a velocidade de deslocamento. O referido sistema permite o ajuste da vazão da bomba de formulação de modo constante e automatizado, possibilitando a uniformidade na taxa de aplicação.

Segundo Araújo (2006), a utilização de controladores automáticos de fluxo, a exemplo da aplicação aérea de defensivos, permite que se dispensem procedimentos convencionais de calibração e proporciona o ajuste da taxa de aplicação de modo muito mais preciso, mantendo-a praticamente constante ao longo de toda a área.

Outro dispositivo identificado considerado relevante é o agrupamento de diferentes funções no controle remoto disponibilizado dentro da cabine do veículo. Uma delas é a seleção do fluido a ser bombeado, seja o produto químico ou líquido para limpeza do sistema. Isto se torna possível por meio da utilização de uma válvula solenóide (elétrica).

Alguns controles trazem o ajuste elétrico da vazão da bomba de formulação, onde é inserido um motor elétrico para realizar o movimento do cabeçote da referida bomba. Em determinados modelos de nebulizadores são disponibilizados, ainda no controle, um visor digital, cuja função é informar a vazão que está sendo utilizada, a qual é medida através de um fluxômetro colocado na linha de descarga do sistema.

Mais recentemente começaram a ser disponibilizados equipamentos desenvolvidos especificamente para o registro de informações referentes à aplicação, utilizando a tecnologia do GPS (Sistema de Posicionamento Global). Entre os dados processados e fornecidos, estão as áreas nebulizadas, velocidades de deslocamentos, data e hora da aplicação, quantidade de produto utilizado, entre outras. A transmissão destes dados a uma base de processamento pode ocorrer por rede sem fio “wireless” ou cartões de memória.

O GPS agregado à recursos que o tornam ainda mais precisos como o “GPS diferencial” (DGPS) tornou-se uma ferramenta eficaz e de baixo custo para inúmeras utilizações (ARAÚJO, 2006).

Por fim, outra característica trata-se de um modelo denominado “Maxi-Pro 2D” fabricado pela Curtis Dyna-Fog⁴. Neste equipamento, é possível realizar o ajuste do posicionamento do bocal nebulizador através do controle remoto, que, como já mencionado, pode ser operado de dentro do veículo. Este ajuste é referente aos ângulos de inclinação, sendo de 180° para o plano horizontal e 100° para o plano vertical.

Considera-se esta uma iniciativa para o contorno de obstáculos entre a gota gerada no equipamento e o alvo que se deseja combater, argumento necessário, de acordo com o constatado na revisão de literatura (item 2.1.9).

4.2.1.2 Homologação e segurança do produto

De acordo com o apurado, não existe uma norma ou relatório que determine as características necessárias à homologação do produto em estudo, o “nebulizador autopropelido”, o que se torna plausível, visto a inexistência desta máquina (BAUMHARDT et al., 2008c). No entanto, foram encontrados relatórios técnicos desenvolvidos pela Organização Mundial da Saúde, destinados diretamente aos nebulizadores fabricados para operação sobre veículos. Também se buscou estudar as especificações exigidas pelos órgãos de trânsito, de modo a permitir o tráfego da máquina em vias públicas.

Desta forma, as informações referentes à homologação do nebulizador autopropelido foram separadas quanto às principais funções desempenhadas pelo produto, a circulação do veículo em vias públicas e o processo de aplicação de inseticidas. O esquema resumo de busca dos fatores necessários à homologação e segurança é apresentado na Figura 15 e será detalhado no decorrer do texto.

⁴ Empresa fabricante de equipamentos nebulizadores, web site: <http://www.dynafog.com/>

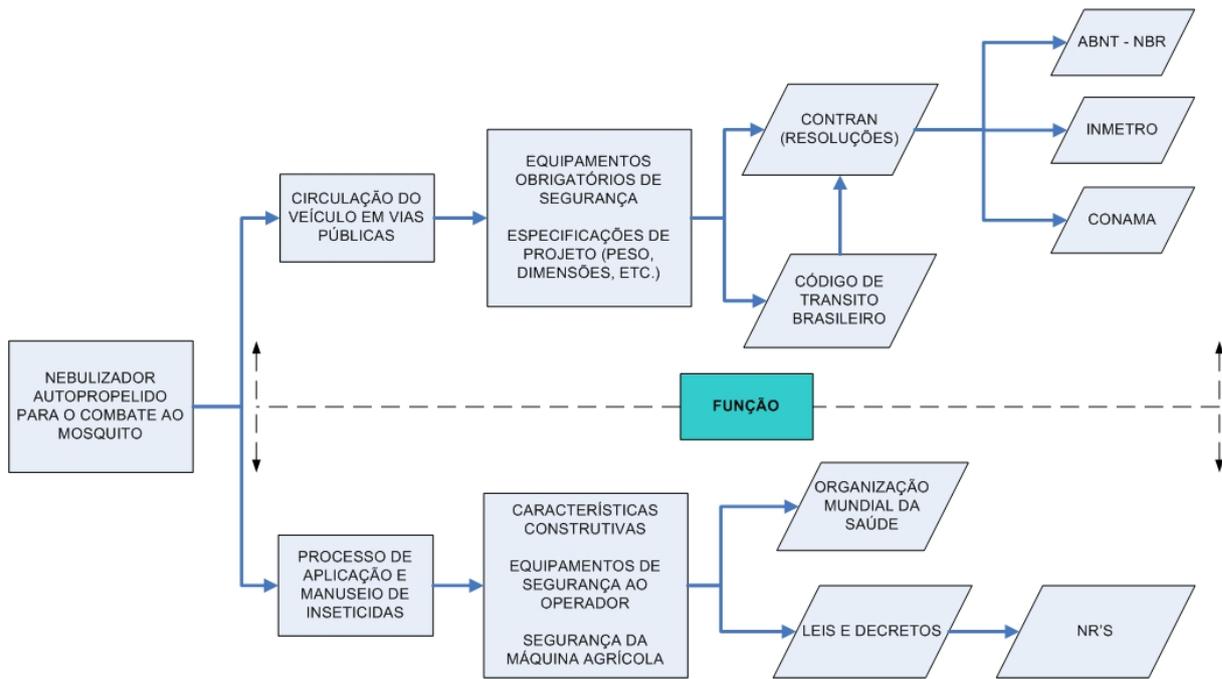


Figura 15 - Estrutura de organização quanto aos fatores de homologação e segurança no projeto de um nebulizador autopropelido

Circulação do veículo em vias públicas

Para a circulação de veículos em vias públicas, é necessário que estes possuam um registro, obtido mediante o cumprimento das especificações estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro – CTB, resoluções do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN e Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Portanto, foi realizado um estudo (F5, 3.2.5), buscando identificar as informações pertinentes ao projeto.

A primeira resolução de interesse ao processo de homologação e certificação do produto em estudo foi a de nº 281 de 2008 do CONTRAN, a qual salienta os documentos necessários para registro dos tratores facultados a transitar em vias públicas, sendo estes: Certificado de Adequação à Legislação de Trânsito – CAT, código de marca/modelo/versão específico e realização de pré-cadastro pelo fabricante ou montadora.

Corroborando, o CTB especifica no artigo 120 que todo veículo automotor, elétrico, articulado, reboque ou semi-reboque, deve ser registrado perante o órgão executivo de trânsito do Estado ou do Distrito Federal, no Município de domicílio ou residência de seu proprietário, na forma da lei.

As informações sobre o chassi, o monobloco, os agregados e as características originais do veículo também devem ser prestadas pelo fabricante ou montadora ao RENAVAL, conforme o artigo 125 do referido CTB.

O artigo 124 do CTB salienta a avaliação mediante inspeção obrigatória para os veículos em circulação, ocorrendo na forma e periodicidade estabelecidas pelo CONTRAN para os itens de segurança e pelo CONAMA para emissão de gases poluentes e ruído. A fim de facilitar o entendimento, foram separadas as informações provenientes do CONTRAN e do CONAMA.

CONTRAN:

É importante colocar que foram encontradas diversas resoluções relacionadas a este projeto, logo, para facilitar o entendimento e a busca de informações, foram elaborados dois grupos para organizá-las. O primeiro, com informações diretamente vinculadas ao projeto conceitual utilizado neste trabalho (Quadro 8), e, o outro, que deverá ser observado na fase de projeto preliminar (Quadro 9) “trabalhos futuros”, visto que aborda detalhamentos específicos necessários à construção e ao posicionamento de equipamentos.

Resolução (Nº/Ano)	Observância obrigatória
14/1998, 34/1998, 43/1998, 44/1998, 87/1999	Estabelece os equipamentos obrigatórios para a circulação de veículos em vias públicas
128/2001, 132/2002	Estabelece a obrigatoriedade de utilização de película refletiva para prover melhores condições de visibilidade diurna e noturna em veículos de transporte de carga em circulação
210/2006	Dimensões e pesos permitidos
204/2006	Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes
268/2008	Dispõe sobre o uso de luzes intermitentes ou rotativas em veículos, e dá outras providências
281/2008	Estabelece critérios para o registro de tratores destinados a puxar ou arrastar maquinaria de qualquer natureza ou a executar trabalhos agrícolas e de construção ou de pavimentação

Quadro 8 - Resoluções de observância à fase conceitual, para a homologação do produto

Deve-se ressaltar que na maioria das resoluções ocorre o redirecionamento das atribuições de controle e de especificação técnica ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e as Normas Regulamentadoras Brasileiras (NBR) respectivamente.

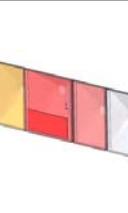
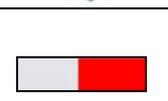
Resolução (Nº/Ano)	Observância obrigatória
24/1998	Identificação do veículo (Gravação do número de identificação veicular (VIN). NBR 3 nº 6066, localização, formato entre outros)
35/1998	Especificação nível de ruído da buzina
37/1998	Especificação de alarme sonoro contra roubo
48/1998	Especificação do cinto de segurança
92/1999	Especificação do registrador instantâneo e inalterável de velocidade e tempo
152/2003	Estabelece os requisitos técnicos de fabricação e instalação de pára-choque traseiro para veículos de carga
215/ 2006	Regulamenta a fabricação, instalação e uso de dispositivo denominado "quebra-mato" em veículos automotores com peso bruto total de até 3.500 kg
221/2007	Estabelece requisitos de proteção aos ocupantes e integridade do sistema de combustível decorrente de impacto nos veículos
223/2007, 157/2004	Especificações para os extintores de incêndio
224/2006	Estabelece requisitos de desempenho dos sistemas limpador e lavador do pára-brisa para fins de homologação de veículos automotores
225/2007	Estabelece requisitos de localização, identificação e iluminação dos controles, indicadores e lâmpadas piloto
226/2007	Estabelece requisitos para o desempenho e a fixação de espelhos retrovisores
227/2007	Estabelece requisitos referentes aos sistemas de iluminação e sinalização de veículos
241/ 2007	Especificações técnicas para as placas de identificação de veículos
242/2007	Dispõe sobre a instalação e utilização de equipamentos geradores de imagens nos veículos automotores (GPS)
245/2007	Dispõe sobre a instalação de equipamento obrigatório, denominado antifurto, nos veículos novos saídos de fábrica, nacionais e estrangeiros
259/2007	Especificação de pneu e aro sobressalentes, macaco e chave de roda.
261/ 2007	Dispõe sobre a concessão de código de marca/modelo/versão para veículos e dá outras providências
282/2008	Estabelece critérios para a regularização da numeração de motores dos veículos registrados ou a serem registrados no País
288/2008, 231/2007	Estabelece o Sistema de Placas de Identificação de Veículos

Quadro 9 - Resoluções de observância obrigatória na fase preliminar para a homologação do nebulizador autopropelido

Dentre as principais características encontradas nas resoluções, estão a identificação de 29 equipamentos obrigatórios de segurança (Quadro 10) e as especificações dimensionais (Tabela 6).

Para a coleta e seleção de algumas informações junto às resoluções, foi necessário fazer certas definições, entre elas, o enquadramento do produto como sendo um veículo não articulado, devido aos valores máximos atribuídos a esta característica já extrapolarem as condições permissíveis ao objetivo do trabalho.

Sabe-se que, para este tipo de veículo, é permitido um maior comprimento, comparando-o com o desprovido de tal dispositivo (comprimento).

1) Pára-choques, dianteiro e traseiro;		2) Protetores das rodas traseiras dos caminhões;	
3) Espelhos retrovisores, interno e externo;		4) Limpador de pára-brisa;	
5) Lavador de pára-brisa;		6) Pala interna de proteção contra o sol (pára-sol) para o condutor;	
7) Faróis principais dianteiros de cor branca ou amarela; 8) Luzes de posição dianteiras de cor branca ou amarela; 11A) Lanternas indicadoras de direção: dianteiras de cor âmbar;		Lanternas: 9) Posição traseiras de cor vermelha; 10) Freio de cor vermelha; 11B) Indicadoras de direção: traseiras de cor âmbar ou vermelha; 12) Marcha à ré, de cor branca; 13) Retrorefletores traseiros, de cor vermelha;	
14) Lanterna de iluminação da placa traseira, de cor branca;		15) Velocímetro;	
16) Buzina;		17) Freios de estacionamento e de serviço, com comandos independentes;	
18) Pneus que ofereçam condições mínimas de segurança; 24) Roda sobressalente, compreendendo o aro e o pneu, com ou sem câmara de ar, conforme o caso;		19) Dispositivo de sinalização luminosa ou refletora de emergência, independente do sistema de iluminação do veículo;	
20) Extintor de incêndio;		21) Registrador instantâneo e inalterável de velocidade e tempo, nos veículos de transporte de passageiros com mais de dez lugares e nos de carga com capacidade máxima de tração superior a 19t;	
22) Cinto de segurança para todos os ocupantes do veículo;		23) Dispositivo destinado ao controle de ruído do motor, naqueles dotados de motor a combustão;	
25) Macaco, compatível com o peso e carga do veículo;		26) Chave de roda; 27) Chave de fenda ou outra ferramenta apropriada para a remoção de calotas;	
28) Lanternas delimitadoras e lanternas laterais nos veículos de carga, quando suas dimensões assim o exigirem;		29) Cinto de segurança para a árvore de transmissão em veículos de transporte coletivo e carga.	

Quadro 10 - Equipamentos obrigatórios para a circulação de veículos em vias públicas

Outra questão refere-se à caracterização da máquina como sendo um veículo de transporte e não de carga, tendo em vista a redução das dimensões permissíveis, de modo que a sua circulação em qualquer via pública seja possível e legalizada.

Tabela 6 - Valores máximos permissíveis para veículos não articulado e de passageiro

Dimensões	Valores máximos permissíveis
Largura	2,60 m
Altura	4,40 m
Comprimento total	14 m
Comprimento do balanço traseiro:	
Motor traseiro	Até 62% da distância entre eixos*
Motor central	Até 66% da distância entre eixos*
Motor dianteiro	Até 71% da distância entre eixos*
Peso bruto total	29.000 kg
Peso bruto por eixo isolado (dois pneumáticos)	6.000 kg

* Obs: Distância entre eixos é medida de centro a centro das rodas dos eixos dos extremos do veículo. Fonte: Resolução n° 210 de 2006, CONTRAN.

Embora se estime que o veículo venha a possuir peso inferior a 4.536 kg, considera-se de grande importância, para a segurança, o uso de retrorefletor nas suas bordas laterais e traseiras, conforme destaca a resolução n° 128 de 2001. Esta resolução também deverá ser observada na execução do projeto detalhado.

Quanto ao ruído, a resolução n° 204 de 2006 especifica que só será permitida a circulação em vias públicas de veículos que produzirem sons abaixo de 80 decibéis (dB), medido à 7 metros de distância destes. Excetua-se a esta medição o uso de sirenes e componentes obrigatórios do próprio veículo.

No entanto, observou-se na resolução n° 268 de 2008, que o veículo para combate ao mosquito não está inserido na listagem de veículos prestadores de serviços de utilidade pública, o que não lhe dá direito ao uso de sirenes rotativas e alarme sonoro. O emprego destes dispositivos, como é legalizado aos veículos destinados ao recolhimento de lixo, atribuem prioridade de trânsito e de livre circulação, como também de estacionamento e paradas quando em prestação de serviço.

Isto se torna uma necessidade, visto que a velocidade de deslocamento do veículo quando em aplicação situa-se entre 8 e 11 km/h, ficando abaixo do permissível conforme indicado pelo artigo 62 do CTB. Tal artigo especifica que a velocidade mínima não poderá ser inferior à metade da máxima permitida, e como em grande parte de trechos das cidades esta é de 40 km/h, o veículo, por lei, não poderia circular quando em operação.

Uma alternativa futura seria a inclusão da atividade no § 1° do artigo 3° desta resolução (268/2008), evitando a solicitação de uma autorização ao órgão executivo estadual de trânsito, que possui valor anual.

Outra questão importante refere-se à categoria de habilitação que o condutor do nebulizador autopropelido deve possuir. De acordo com o artigo 144 do CTB, o trator de roda, o trator de esteira, o trator misto ou o equipamento automotor destinado à movimentação de cargas ou execução de trabalho agrícola, de terraplenagem, de construção ou de pavimentação só podem ser conduzidos na via pública por condutor habilitado nas categorias C, D ou E. Como verificado, o referido artigo não trata da atividade agrícola de pulverização, ficando como critério determinante para a categoria da habilitação o peso do veículo automotor.

Grande parte dos funcionários dos Centros de Controle de Zoonozes (CCZ's), enquadrados na função de motorista de equipamentos UBV pesados possuem carteira B, necessária para conduzir caminhonetes cujo peso não exceda 3.500 kg (artigo 143 do CTB). Este ponto atribui outra definição ao projeto, o "limite superior de peso do produto", que não deve ultrapassar 3.500 kg.

Por fim, foram destacadas duas questões relacionadas à fase de Projeto Preliminar, sendo essas:

A obrigatoriedade da pintura nas portas, contendo o nome, sigla ou logotipo do órgão ou entidade, cujo nome o veículo será registrado. Tal argumento justifica-se pelo público alvo do produto, órgãos oficiais, como prefeituras e governos (artigo 120 § 1º do CTB).

A outra questão é a obrigatoriedade da sinalização do equipamento, dispositivo ou material que se coloque sobre a calçada, de modo que os pedestres possam visualizar, buscando garantir a segurança dos mesmos, conforme salienta o artigo 94 do CTB.

CONAMA:

Foram localizadas junto a banco de dados do CONAMA, as resoluções referentes às especificações acerca da emissão de gases poluentes e ruído (Quadro 11).

Através da resolução nº 315 de 2002, o CONAMA especifica os limites máximos de emissão de poluentes provenientes do escapamento dos veículos, de acordo com a sua classe e massa. Embora o nebulizador autopropelido ainda não necessite o cumprimento desta resolução, conforme especifica o artigo 4º, mencionando que os veículos concebidos exclusivamente para aplicação militar, os de competição, as máquinas agrícolas e rodoviárias dispensam do atendimento

destas exigências. Acredita-se que o seu cumprimento seja importante para a preservação ambiental.

Resolução (Nº/Ano)	Observância obrigatória
272/2000	Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração
354/2004	Dispõe sobre os requisitos para adoção de sistemas de diagnose de bordo - OBD nos veículos automotores leves objetivando preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissão
315/2002	Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares – PROCONVE, especificando os limites máximos de emissão de poluentes provenientes do escapamento dos veículos

Quadro 11 – Resoluções do CONAMA pertinentes ao desenvolvimento do projeto

Na busca de valores coerentes com a realidade do produto, verificou-se que a classificação que melhor se adequou foi a dos veículos leves comerciais (Tabela 7), baseado nos resultados anteriormente discutidos sobre o peso máximo do veículo.

Os valores da referida tabela foram determinados pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE e destinam-se aos veículos produzidos a partir de 1º de Janeiro de 2009, situação que é mais apropriada ao projeto. A norma para averiguação e medição é a Norma Brasileira NBR-6601.

Tabela 7 - Limites máximos de emissão de poluentes provenientes do escapamento dos veículos

Substância (s)	Massa do Veículo	
	≤ 1700 kg	> 1700 kg
Monóxido de carbono (CO)	2,0 g/km	2,7 g/km
Hidrocarbonetos totais (THC) (Para veículos a gás natural)	0,30 g/km	0,50 g/km
Hidrocarbonetos não metano (NMHC)	0,05 g/km	0,06 g/km
Óxidos de nitrogênio (NOx) para motores ciclo Otto	0,12 g/km	0,25 g/km
Óxidos de nitrogênio (NOx) para motores ciclo Diesel	0,25 g/km	0,43 g/km
Aldeídos (HCO), somente para motores ciclo Otto (exceto gás natural)	0,02 g/km	0,04 g/km
Material particulado (MP) (Para motores ciclo Diesel)	0,05 g/km	0,06 g/km
Teor de monóxido de carbono em marcha lenta (Para motores do ciclo Otto)	0,50% vol	0,50% vol

Quanto aos parâmetros do ruído, a resolução n° 272/2000 aponta os valores admissíveis de acordo com a categoria e o ciclo do motor (Quadro 12). Já os ensaios para averiguação dos níveis de ruído devem ser realizados de acordo com

as normas brasileiras NBR-8433 (1995) – Veículos rodoviários automotores em aceleração - Determinação do nível de ruído; e NBR-9714 (1999) - Veículos rodoviários automotores - Ruído emitido na condição parado.

CATEGORIA			NÍVEL DE RUÍDO – dB (A)		
DESCRIÇÃO			OTTO	DIESEL	
				Injeção	
				Direta	Indireta
a	Veículo de passageiros c/ até nove lugares		74	75	74
b	Veículo de passageiros c/ mais de nove lugares	PBT até 2.000 kg	76	77	76
	Veículo de carga ou de tração e veículo de uso misto	PBT entre 2.000 kg e 3.500 kg	77	78	77

Quadro 12 - Limites máximos de emissão de ruído para veículos automotores

Fonte: CONAMA (Resolução 272/2000).

Caso a concepção do produto venha a ter motor do ciclo Otto, deverá ser observada a resolução n° 354/2004, que trata da obrigatoriedade de utilização de sistema de diagnose de bordo (OBD). A mesma especifica os componentes que deverão estar presentes para a avaliação de funcionamento dos sistemas de ignição e de injeção de combustível.

A observância das características necessárias à homologação e, principalmente, as que dizem respeito à segurança, no início do desenvolvimento do projeto, tornam-se fundamentais para o sucesso do produto e da organização que pretende fabricá-lo.

Esta ressalva pode ficar evidenciada no artigo 113 do CTB, o qual informa que os importadores, as montadoras, as encarroçadoras e fabricantes de veículos e autopeças são responsáveis civil e criminalmente por danos causados aos usuários, a terceiros, e ao meio ambiente, decorrentes de falhas oriundas de projetos e da qualidade dos materiais e equipamentos utilizados na sua fabricação.

Processo de aplicação de inseticidas

Nesta atividade, foram abordados os aspectos relacionados à homologação dos atuais nebulizadores utilizados no controle de mosquitos, como também, as leis e decretos dedicados a utilização de agrotóxicos e ao provimento da segurança em máquinas agrícolas. Do mesmo modo que os tópicos anteriores, para tal estudo, utilizou-se a ferramenta F5 (item 3.2.5).

Equipamento Nebulizador

Em consulta ao banco de dados da Organização Mundial da Saúde, foi localizado um documento que visa a padronizar os nebulizadores destinados ao controle de mosquitos (WHO, 2006b). Neste, foram identificadas diversas especificações técnicas, as quais foram trabalhadas e separadas em dois grupos, quanto às características gerais do equipamento (Quadro 13) e as vinculadas a partes específicas do sistema (Quadro 14).

Dentre as especificações mencionadas, algumas logicamente foram desconsideradas, visto que foram elaboradas para o equipamento nebulizador e não ao nebulizador autopropelido, como por exemplo, o limite de peso de 250 kg. No entanto, grande parte destes parâmetros foram utilizados para a determinação dos valores metas nas especificações de projeto.

Geral
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentar estrutura de sustentação resistente a corrosão; ➤ Proteger o sistema de exaustão dos gases do motor e as peças em movimento; ➤ Não possuir bordas com formatos pontiagudos, que possam causar perigo aos operadores em uso ou manutenção; ➤ Os componentes que possam entrar em contato com o produto químico deverão ser de material resistente a corrosão e ainda não absorventes; ➤ O peso do equipamento vazio não deverá ser superior a 250 kg; ➤ Prover dispositivo “controle remoto”, para que o equipamento nebulizador seja operado de dentro de um habitáculo protegido, sendo a função deste ligar e desligar a bomba de formulação; ➤ O equipamento deverá conter um horímetro, para quantificação do uso do equipamento; ➤ Um medidor de pressão na tubulação de saída do compressor, ou um tacômetro para averiguação da rotação em bocais do tipo rotativo; ➤ O equipamento deverá operar sem nenhum vazamento proveniente do tanque ou de outro componente; ➤ Quanto à durabilidade, o equipamento deverá apresentar funcionamento de no mínimo 50 horas na máxima vazão de ar, em 10 dias de teste, sem apresentar problemas de partidas ou outros. Também deverá ser utilizado 8 horas seguidas, a fim de simular condições extremas; ➤ Caso o equipamento apresente ruído acima de 85 dB, deverão ser utilizados protetores auriculares. O ruído não poderá exceder a 100 dB em qualquer momento da utilização, medido a um metro da lateral do veículo em altura equivalente ao ouvido do operador.

Quadro 13 - Especificações generalizadas estabelecidas pela OMS quanto à características dos equipamentos nebulizadores

Muitas das informações relacionadas no quadro acima estão ligadas ao desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado. Entretanto, sugere-se que ao se praticar os testes recomendados para a averiguação de funcionamento, consumo específico, teste de absorção de líquido pelos materiais utilizados, entre outros, os encarregados busquem tais procedimentos no documento técnico fonte, “Equipamento para o controle de vetor, diretrizes de especificação” (Equipment for vector control, specification guidelines) (WHO, 2006b).

Reservatórios
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Possuir tanque químico removível para limpeza, ou que facilite a drenagem do produto; ➤ Os tanques deverão ser identificados quanto ao líquido armazenado (produto químico, combustível e líquido para limpeza do sistema);
Tanque químico
<ul style="list-style-type: none"> ➤ A capacidade não deverá ser inferior a 50 litros; ➤ Deverá possuir uma escala de leitura do volume armazenado. Caso o material de fabricação não seja translúcido deverá ser adotado um indicador de nível para a realização da leitura; ➤ A tampa de abertura do reservatório deverá possuir no mínimo 40 mm de diâmetro, e quando for inferior a 90 mm, deverá ser disponibilizado um funil para o abastecimento, evitando respingos;
Tanque de combustível
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidade suficiente para garantir 2 horas de funcionamento do equipamento nebulizador, utilizando a vazão mínima recomendada; ➤ Na tampa, deverá estar identificado o tipo de combustível utilizado; ➤ A capacidade do tanque e o consumo específico do motor deverão ser declarados;
Compressor de ar
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deverá possuir um filtro de ar na sua sucção, de modo a reter partículas maiores que 100µm de diâmetro;
Controle de vazão da bomba de formulação
<ul style="list-style-type: none"> ➤ O tipo de controle da vazão deverá ser especificado pelo fabricante; ➤ Todo equipamento deverá possuir ajuste manual da vazão da bomba de formulação, podendo ter como opção o ajuste automático conforme a velocidade de deslocamento do veículo;
Válvula de expansão
<ul style="list-style-type: none"> ➤ O tipo de válvula de expansão deverá ser especificado pelo fabricante; ➤ A válvula deverá fechar quando qualquer parte do sistema desligar ou parar de funcionar;
Válvula de alívio de pressão
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caso o sistema ultrapasse 50 kPa, a válvula deverá abrir automaticamente, aliviando a pressão do sistema;
Bocal Nebulizador
<ul style="list-style-type: none"> ➤ O bocal deverá proporcionar a geração de gotas menores que 30 µm de diâmetro utilizando o parâmetro de amostragem DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico).

Quadro 14 - Especificações estabelecidas pela OMS para a padronização dos componentes dos equipamentos nebulizadores

Outra questão levantada é o mecanismo utilizado pelo governo em garantir a aquisição de produtos com boa eficiência, isto ocorre devido à exigência do “Certificado de Comprovação do Tamanho das Gotas”, onde 80% a 90% das gotas geradas pelo equipamento devem ser menores que 20 µm de diâmetro. Estes ensaios devem ser realizados por laboratórios certificados.

Leis e decretos sobre agrotóxicos

Em consulta a leis e decretos vinculados à utilização de agrotóxicos, foi possível realizar dois apontamentos, os quais seguem:

A lei nº 7802 de 1989 menciona que ao se fazer uso de embalagens rígidas que contiverem formulações miscíveis ou dispersíveis em água, como é o caso dos produtos utilizados no tratamento do ambiente no controle de mosquitos adultos, as mesmas deverão ser submetidas à operação de tríplice lavagem. Portanto, a inserção deste dispositivo junto a máquina é um fator a ser considerado.

O segundo item refere-se à lei nº 9605 de 1998, precisamente quanto ao artigo 56, que traz a proibição do uso de produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos. Quanto a este aspecto, torna-se de observância obrigatória a coleta e armazenamento da água contaminada na limpeza das embalagens, ou higienização pessoal, caso não seja reutilizada na própria aplicação evitando a contaminação do meio ambiente.

Leis e decretos sobre a segurança da máquina agrícola

Através da ferramenta F5, identificaram-se informações referentes ao provimento da segurança da máquina e do operador. Estas foram expostas de acordo com as normas e decretos utilizados.

O decreto 1255 de 1994, artigo 2º especifica:

Item 3: Todos os parafusos de meia rosca, parafusos de fixação e chaves, assim como outras peças que formem saliências nas partes móveis das máquinas que forem suscetíveis igualmente de apresentarem perigo para as pessoas que entrarem em contato com as mesmas, quando estiverem em movimento deverão ser projetados embutidos, ou protegidos, a fim de prevenir esses perigos.

Item 4: Todos os volantes, engrenagens, cones ou cilindros de fricção, excêntricos, polias, correias, correntes, pinhões, roscas sem fim, bielas e corrediças, assim como os trastes (inclusive as extremidades) e outras peças de transmissão que forem suscetíveis igualmente de apresentar perigo para as pessoas que entrarem em contato com esses elementos quando estes estiverem em movimento deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir estes perigos. Os controles das máquinas deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir estes perigos.

Além do decreto mencionado, a Norma Regulamentadora 1 cita que as normas regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas. Tal achado conduziu à busca às demais normas.

A NR 12, que trata de máquinas e equipamentos, traz outras observações relativas à segurança, estas foram resumidas e estão apresentadas no Quadro 15.

➤ As máquinas e os equipamentos:

Devem ter dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que:

- a) seja acionado ou desligado pelo operador na sua posição de trabalho;
- b) não se localize na zona perigosa de máquina ou do equipamento;
- c) possa ser acionado ou desligado em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador;
- d) não possa ser acionado ou desligado, involuntariamente, pelo operador, ou de qualquer outra forma acidental;
- e) não acarrete riscos adicionais.

Devem possuir suas transmissões de força enclausuradas dentro de sua estrutura ou devidamente isoladas por anteparos adequados;

Que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de peças ou partes destas, devem ter os seus movimentos, alternados ou rotativos, protegidos;

- Os protetores devem permanecer fixados, firmemente, à máquina, ao equipamento, piso ou a qualquer outra parte fixa, por meio de dispositivos que, em caso de necessidade, permitam sua retirada e recolocação imediatas.

Quadro 15 – Resumo dos itens a serem observados na NR12, quanto a segurança do produto em estudo

É importante ressaltar que é proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam às disposições apresentadas no quadro acima.

Ao término deste tópico, foram agrupadas no Quadro 16 as principais características relacionadas à homologação e segurança do produto. Estes itens

foram definidos como Exigências do Projeto (Ex.P.), e, por serem de observância obrigatória, foram inseridos diretamente no projeto, sem participarem de ferramentas de hierarquização como o Mudge e o QFD. Esta decisão baseou-se na Metodologia de Projeto para Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras (ALONÇO, 2004).

- Ex. P. 1 - Presença de equipamentos obrigatórios de segurança;
- Ex. P. 2 - Uso de sirenes rotativas;
- Ex. P. 3 - Adequação quanto às questões dimensionais permissíveis (largura, comprimento, altura, etc.);
- Ex. P. 4 - Adequação quanto aos pesos máximos permissíveis;
- Ex. P. 5 - Adequação quanto ao ruído máximo permissível (motor e equipamento);
- Ex. P. 6 - Presença de tanque coletor de produto químico em caso de utilização de sistema para higienização das mãos ou tríplex lavagem das embalagens;
- Ex. P. 7 - Proteção das partes móveis e dispositivos para acionamento e parada da máquina, conforme a NR12;
- Ex. P. 8 - Não possuir superfícies pontiagudas ou que ofereçam risco aos envolvidos.

Quadro 16 – Exigências do Projeto (E. P.) do nebulizador autopropelido

Informações relacionadas à operação de nebulização

Esta tarefa consistiu em relatar algumas observações pontuais durante o experimento a campo (ferramenta F3) e confrontá-las com os conhecimentos trazidos na revisão de literatura, de modo a verificar outros fatores de influência relacionados à operação de nebulização.

O primeiro aspecto verificado trata-se do monitoramento das condições climáticas, o qual está diretamente associado ao sucesso do processo. As gotículas geradas na ordem de 20 μm de diâmetro estão facilmente sujeitas aos efeitos de evaporação provenientes da combinação de elevadas temperaturas e baixas umidades relativa do ar, e, por fim, da deriva, oriunda da aplicação realizada em velocidades e direções do vento inapropriadas para a nebulização.

Nesse sentido, o uso de aparelho(s) para a constante averiguação das condições climáticas torna-se de fundamental importância para o uso do nebulizador autopropelido.

A possibilidade de uso de equipamentos que gerem fluxo de ar de modo a simular a velocidade do vento ideal durante a aplicação, semelhante aos que já existem nos pulverizadores autopropelidos deve ser considerada, visto às constantes oscilações destas correntes de ar e momentos de ausência da mesma.

Assim, tal dispositivo pode permitir que, independente das velocidades do vento no momento da nebulização, a faixa de aplicação possa ser a máxima, aumentando a eficiência no processo.

No que se refere ao controle do *Aedes aegypti*, o momento da aplicação normalmente ocorre nas primeiras horas da manhã e ao anoitecer, situações que propiciam a baixa luminosidade natural, prejudicando também a visualização do bocal nebulizador que não possui iluminação.

Por fim, ainda referente ao momento de aplicação, estão as presenças de chuvas constantes no período de controle, o que coloca o equipamento em contato com a água, embora sabidamente não seja empregado em situações de precipitação. Logo, a proteção das partes elétricas torna-se indispensável. Ressaltando que tais dispositivos também devem suportar elevadas temperaturas em conjunto com forte incidência de raios solares.

4.2.2 Necessidades dos Clientes

O termo usuário, como já foi mencionado na revisão (item 2.2.3.2) refere-se a todas as pessoas e organizações que de alguma forma estão envolvidas com o produto ao longo do seu ciclo de vida.

Neste sentido, Roozenburg; Eekels (1995 apud NOVAES, 2005) definem o ciclo de vida do produto como sendo os diversos processos entre a criação e o descarte pelos quais o produto passa, tais como, a fabricação, montagem, instalação, operação, manutenção, uso, reutilização e descarte.

Assim, com o auxílio da ferramenta F1 (3.2.1), os clientes/usuários foram classificados (Figura 16) conforme as definições de Romano (2003) e Back et al (2008), onde os externos são as pessoas que exercem atividades nos setores de consumo ou que sofrem influência direta ou indiretamente do produto. Já os intermediários referem-se aos responsáveis pela distribuição, marketing e venda do mesmo, e, por fim, os internos envolvidos na projeção e implementação do produto no chão de fábrica.

As primeiras informações ditas como “originais” foram coletadas através do uso das ferramentas F2 (3.2.2) e F6 (3.2.6), buscando averiguar o que os clientes externos, mais especificamente os que possuíam vínculo direto com o UBV pesado, desejariam em uma máquina construída especificamente para o controle dos mosquitos.

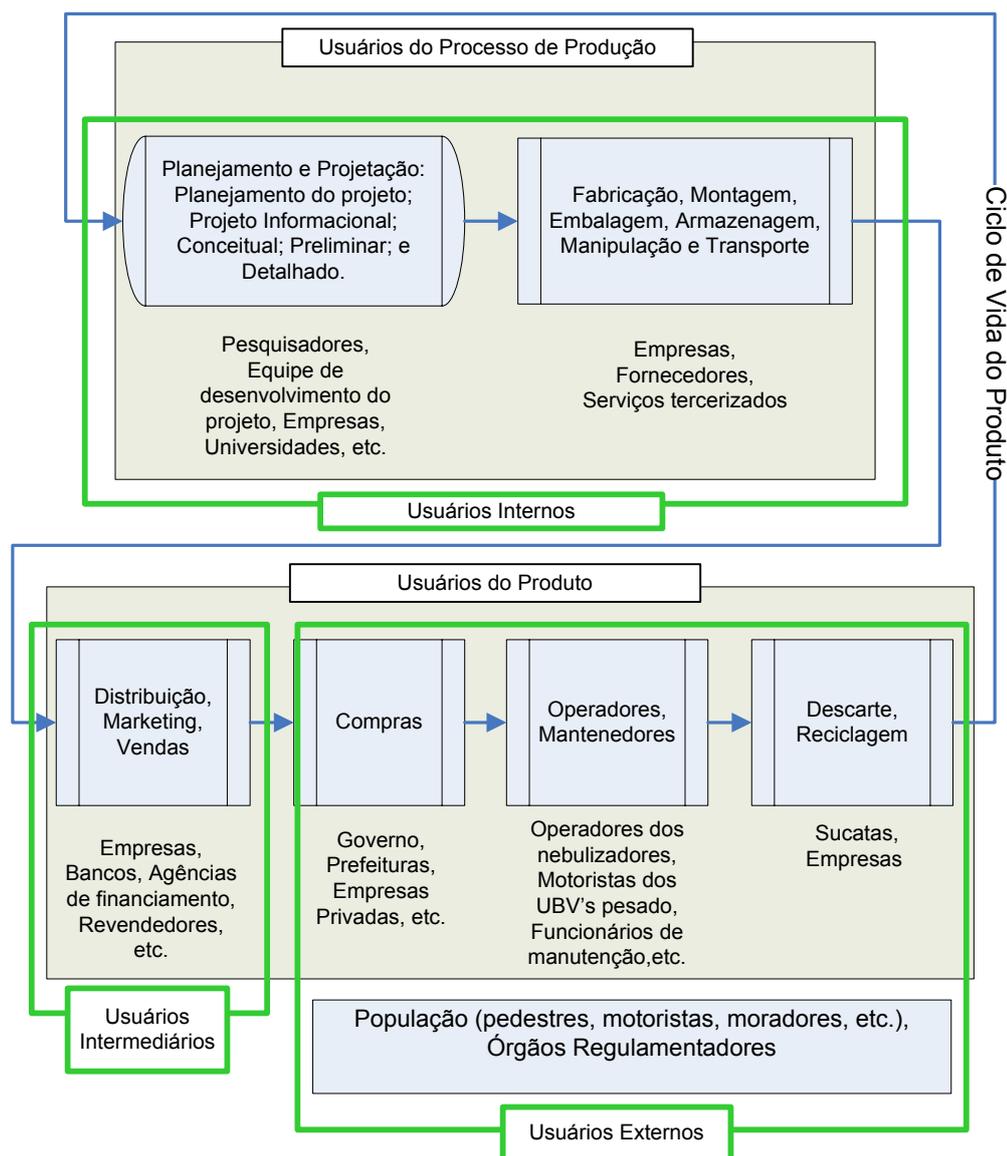


Figura 16 - Usuários do produto “Nebulizador Autopropelido” ao longo do seu ciclo de vida

Empregando a ferramenta F6 (3.2.6), coletaram-se 81 questionários, destes, 33 foram respondidos pelos motoristas dos veículos que transportam o nebulizador (UBV pesado), 31 por operadores do nebulizador e 17 por pesquisadores, coordenadores e outros que possuem entendimento da área. É importante salientar

que sete estados brasileiros participaram desta pesquisa (MG, SP, TO, RS, DF, RJ e BA).

De acordo com Back et al. (2008), um número de 20 ou 30 entrevistas num grupo homogêneo de usuários pode garantir que 90% ou mais das necessidades sejam identificadas.

Para esta atividade, foram consideradas somente as informações dos questionários (Apêndices A, B e C) correspondentes a questões subjetivas, mais precisamente, quanto às características que não haviam sido mencionadas.

Acredita-se que, devido à ausência do produto “nebulizador autopropelido” no mercado, em conjunto com a complexidade da tecnologia empregada nos atuais equipamentos nebulizadores, os entrevistados limitaram-se a repassar as informações básicas, porém, de uma forma geral abrangentes, contendo a maioria dos aspectos vinculados ao projeto.

Após a coleta, estas informações foram trabalhadas com a ferramenta F1 (3.2.1) objetivando agrupar as similares e elaborar a lista das necessidades dos clientes (Quadro 17).

N°	Necessidades dos clientes
1	Ser barata
2	Ser econômica
3	Ser eficiente
4	Ser resistente
5	Segura e confortável aos envolvidos
6	De fácil utilização e regulagem
7	Ter manutenção rápida e simples
8	Não quebrar em uso
9	Ter boa autonomia
10	Informar a população quando em operação
11	Ter agilidade

Quadro 17 - Necessidades dos clientes do nebulizador autopropelido

De acordo com o verificado, estas necessidades possuem caráter amplo, tendo sido refinadas ao longo das próximas etapas. Back et al. (2008, p. 209-210) apontam que “a qualidade só pode ser definida pelos usuários, e estes só ficarão satisfeitos com produtos e serviços que atendam ou excedam as suas necessidades e desejos, por um preço que represente valor de uso.”

4.2.3 Requisitos dos Clientes

Diante do aprimoramento e desdobrando das necessidades dos clientes em características técnicas menos abstratas, foram definidos os requisitos dos clientes (Quadro 18). Outra precaução tomada neste trabalho foi o rastreamento da origem dos requisitos, ou seja, de qual necessidade do cliente o mesmo foi originado.

N° do R. C.	N° da N. C.	Requisitos dos clientes
1	1.1	Ter projeto simples
2	1.2	Ter baixo custo de fabricação
3	1.3	Ser de fácil fabricação e montagem
4	2.1	Ter baixo consumo específico
5	2.2	Ser leve
6	3.1	Ser capaz de gerar gotas uniformes no tamanho indicado para o combate ao mosquito
7	3.2	Ter dispositivos para controlar a posição do Bocal Nebulizador
8	3.3	Ter mecanismo para geração de fluxo de ar no Bocal Nebulizador
9	3.4	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento
10	3.5	Ter regulagem precisa da vazão de inseticida e do ar gerado
11	3.6	Ter capacidade de tração para deslocamento em terrenos adversos
12	3.7	Ter sistema de registro instantâneo de velocidade e da rota nebulizada
13	3.8	Ter instrumentos para monitorar as condições climáticas
14	4.1	Ser de estrutura resistente e de componentes de elevada vida útil
15	5.1	Ter dispositivos de alerta aos operadores quanto a inconformidades operacionais
16	5.2	Ter dois postos de operação seguros e ergonômicos
17	5.3	Ter dispositivo para realização de tríplex lavagem das embalagens
18	5.4	Ter reservatório de água com tanque coletor para a higiene pessoal
19	5.5	Ter mecanismo antifurto
20	5.6	Ter mecanismo para desativar todos os componentes em caso de colisão
21	5.7	Ser de boa dirigibilidade (estabilidade, manobrabilidade)
22	5.8	Ter acessos seguros e ergonômicos (cabine e reservatórios)
23	6.1	Ter os sistemas de controle de fácil manuseio e entendimento
24	6.2	Ter sistema de navegação
25	6.3	Ter dispositivos para facilitar a dosagem e abastecimento do produto
26	7.1	Ser desenvolvido em Módulos
27	7.2	Ter componentes padronizados
28	7.3	Ter elevado percentual de peças facilmente encontradas no mercado
29	7.4	Ter dispositivo para registro das horas de funcionamento dos componentes do veículo
30	8.1	Ter confiabilidade
31	9.1	Ter autonomia compatível com a operação
32	10.1	Ter aviso sonoro e luminoso à população
33	11.1	Ter potência compatível à operação
34	11.2	Ser compacta

Quadro 18 - Requisitos dos clientes do nebulizador autopropelido

De posse desta lista, os requisitos dos clientes foram hierarquizados (Quadro 19) através do Diagrama de Mudge (ferramenta F7, item 3.2.7) em uma atividade de grupo F1(3.2.1), onde se definiram os considerados mais importantes (Apêndice E). Os valores obtidos em cada requisito foram posteriormente utilizados na primeira matriz da casa da qualidade – QFD.

Hierarquização dos Requisitos de Clientes	I	Nº do R. C.	Requisitos dos Clientes	Valor	%
	1º	6	Ser capaz de gerar gotas uniformes no tamanho indicado para o combate ao mosquito	74	7,57
	2º	7	Ter dispositivos para controlar a posição do Bocal Nebulizador	66	6,75
	3º	33	Ter potência compatível à operação	61	6,24
	4º	30	Ter confiabilidade	55	5,62
	5º	10	Ter regulagem precisa da vazão de inseticida e do ar gerado	53	5,42
	6º	8	Ter mecanismo para geração de fluxo de ar no Bocal Nebulizador	53	5,42
	7º	21	Ser de boa dirigibilidade (estabilidade, manobrabilidade)	52	5,32
	8º	13	Ter instrumentos para monitorar as condições climáticas	48	4,91
	9º	9	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento	48	4,91
	10º	32	Ter aviso sonoro e luminoso à população	38	3,89
	11º	14	Ser de estrutura resistente e de componentes de elevada vida útil	37	3,78
	12º	11	Ter capacidade de tração para deslocamento em terrenos adversos	37	3,78
	13º	16	Ter dois postos de operação seguros e ergonômicos	35	3,58
	14º	31	Ter autonomia compatível com a operação	35	3,58
	15º	23	Ter os sistemas de controle de fácil manuseio e entendimento	31	3,17
	16º	28	Ter elevado percentual de peças facilmente encontradas no mercado	29	2,97
	17º	27	Ter componentes padronizados	25	2,56
	18º	22	Ter acessos seguros e ergonômicos (cabine e reservatórios)	21	2,15
	19º	15	Ter dispositivos de alerta aos operadores quanto a inconformidades operacionais	20	2,04
	20º	25	Ter dispositivos para facilitar a dosagem e abastecimento do produto	20	2,04
	21º	12	Ter sistema de registro instantâneo de velocidade e da rota nebulizada	17	1,74
	22º	3	Ser de fácil fabricação e montagem	14	1,43
	23º	2	Ter baixo custo de fabricação	14	1,43
	24º	29	Ter dispositivo para registro das horas de funcionamento dos componentes do veículo	13	1,33
	25º	4	Ter baixo consumo específico	13	1,33
	26º	24	Ter sistema de navegação	11	1,12
	27º	20	Ter mecanismo para desativar todos os componentes em caso de colisão	10	1,02
	28º	26	Ser desenvolvido em Módulos	10	1,02
	29º	1	Ter projeto simples	10	1,02
	30º	34	Ser compacta	10	1,02
	31º	5	Ser leve	9	0,92
	32º	18	Ter reservatório de água com tanque coletor para a higiene pessoal	5	0,51
	33º	17	Ter dispositivo para realização de tríplice lavagem das embalagens	4	0,41
34º	19	Ter mecanismo antifurto	0	0,00	

Quadro 19 - Requisitos dos clientes hierarquizados

Diante do elevado número de requisitos, optou-se por comentar os que obtiveram maior valoração, como também o item que não recebeu pontuação.

O requisito “Ser capaz de gerar gotas uniformes no tamanho indicado para o combate ao mosquito” foi o que obteve maior valor, indo ao encontro da eficiência do processo, e por consequência, do produto, visto que gotas maiores ou menores do que o indicado não causam a mortalidade dos mosquitos. Salientando que a maioria das funções do “nebulizador autopropelido” estão vinculadas ao processo de geração das gotas.

A segunda posição dentre os requisitos estava relacionada com a necessidade de se propiciar melhores condições na direção de saída da gota, devido à presença de obstáculos como muros, portões, distâncias elevadas entre a pista de deslocamento do veículo e o local que se pretende nebulizar, entre outros.

A importância de ter potência compatível com a operação está vinculada às diversas funções da máquina, como, por exemplo, o deslocamento do veículo, que conforme verificado por meio dos questionários, ocorre em lugares onde há grande solicitação de torque.

Analisando o requisito de cliente que obteve pontuação zero, temos o item “Ter mecanismo antifurto”, possivelmente justificada pela presença constante do operador na máquina, como também, a utilização de garagens exclusivas para o armazenamento do veículo quando fora de operação.

4.2.4 Requisitos de Projeto

Para que os requisitos dos clientes fossem atendidos, estabeleceram-se os de projeto com base no item (3.1.2.4). Estes requisitos são os meios utilizados para se alcançar as necessidades dos clientes. A fim de assegurar que não ocorresse o esquecimento de algum requisito de projeto, os mesmos foram classificados quanto aos atributos típicos, apresentados por Back et al. (2008). Dentre a classe dos atributos, encontram-se os básicos (Quadro 20), os do ciclo de vida (Quadro 21) e os específicos (Quadro 22).

Atributo	Nº do R. P.	Requisito de Projeto
Funcionalidade	4	Número de regimes e velocidades correspondentes
	6	Tolerância no ajuste da velocidade de deslocamento
	20	Registro da velocidade de deslocamento
	21	Instrumentação para monitoração das condições climáticas
	31	Capacidade de geração de fluxo de ar para quebra do líquido (Soprador)
	33	Capacidade de vazão da bomba de formulação
	35	Número de bocais nebulizadores
	36	Gerar fluxo de ar no Bocal Nebulizador para simulação da vel. do vento na aplicação
	37	Curso de deslocamento horizontal do bocal nebulizador
	38	Curso de deslocamento vertical do bocal nebulizador
	39	Ajuste angular vertical do bocal nebulizador
	40	Capacidade do filtro de ar em reter partículas na entrada do soprador
	41	Tolerância na regulagem da vazão da bomba de formulação
	43	Tamanho das gotas geradas
	48	Iluminação e som de alerta a população
	59	Vazão da bomba (abastecimento do tanque químico, tríplex lavagem e agitação da calda)
60	Alcance da faixa de aplicação	
Ergonomia	23	Número de regulagens nos assentos dos postos de trabalho
	24	Número de regulagens do volante
	25	Posto de operação e acessos a cabine e reservatórios adaptados às normas ergonômicas
	44	Nível de ruído da máquina em operação
	47	Temperatura do ar dentro da cabine
Segurança	26	Percentual de renovação de ar na cabine pressurizada (filtro de carvão ativado)
	27	Funções do sistema anti-furto
	32	Regulagem da pressão máxima de ar no sistema (válvula de alívio de pressão)
	49	Radio para comunicação com a central e demais máquinas
	50	Proteção das partes elétricas contra chuvas e intempéries
	61	Sistema de amortecimento de impactos
Confiabilidade	12	Confiabilidade esperada
	42	Número de componentes com quantificação das horas de funcionamento
Robustez	8	Vida útil dos componentes
Impacto ambiental	45	Compatibilidade do dispositivo de tríplex lavagem com as embalagens utilizadas

Quadro 20 - Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos básicos

Atributos do ciclo de vida	Atributo	Nº do R. P.	Requisito de Projeto
	Fabricabilidade	1	Custo de produção
		2	Percentual de processos usuais de fabricação
	Montabilidade	3	Percentual de ferramentas simples para montagem da Máquina
	Vendabilidade	53	Custo de Operação (Sem custo de produtos químicos e operadores)
		54	Custo de Manutenção
	Usabilidade	34	Número de comandos do nebulizador disponível ao operador
		52	Número de informações para monitoração das condições de utilização da máquina
		58	Número de instrumentos de navegação (indicação e registro de informações)
	Mantenabilidade	13	Tempo de manutenção corretiva ou preditiva
51		Percentual de componentes padronizados (tubos e conexões)	
56		Tempo necessário a manutenção preventiva	
57		Porcentagem de peças facilmente encontradas no mercado	
64		Tempo entre manutenções preventivas	
Reciclabilidade	55	Peças a serem recicladas ou remanufaturadas	

Quadro 21 – Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos do ciclo de vida

Atributos específicos	Atributo	Nº do R. P.	Requisito de Projeto
	Geometria	14	Altura do CG
		17	Largura da máquina
		18	Altura da máquina
		19	Comprimento da máquina
		62	Largura dos rodados
	Cinemática	11	Distância máxima de frenagem
		15	Raio de giro
	Forças	5	Peso total líquido
		7	Capacidade máxima de tração
16		Resistência no volante	
Energia	9	Capacidade do tanque de combustível	
	10	Potência total de acionamento (propulsão, fluxo de ar, climatização e controles)	
	28	Capacidade do tanque químico	
	29	Capacidade do tanque de limpeza	
	30	Potência necessária ao acionamento do soprador	
	46	Capacidade do reservatório de água (higienização pessoal e tríplice lavagem)	
Materiais	63	Porcentagem de materiais, que tenham contato direto com o produto químico, serem de características: anti-corrosivas e não absorventes	
Sinais	22	Número de alertas de mal funcionamento	

Quadro 22 - Requisitos de projeto classificados de acordo com os atributos específicos

Como mencionado na metodologia (item 3.2.1.4), os valores obtidos na valoração do diagrama de Mudge foram utilizados no QFD, de modo a priorizar os requisitos de projeto vinculados aos mais importantes requisitos de clientes. Devido

às limitações desta configuração, o QFD preenchido está localizado no Apêndice F. Outra informação que deve ser registrada é a não utilização do telhado da matriz casa da qualidade, devido ao elevado número de requisitos de projeto em conjunto com o limitado tempo para o seu desenvolvimento. Também contribui para esta decisão o verificado no trabalho desenvolvido por Menegatti (2004), que ao comparar os resultados do QFD com e sem telhado, optou pela classificação do último.

Ao término do uso do QFD, foi possível elaborar uma lista com os requisitos de projeto que deverão ser priorizados ao longo da projeção. De modo similar ao apresentado por Reis (2003), estes foram divididos em três terços, o superior (Quadro 23), o médio (Quadro 24), e o inferior (Quadro 25).

Ord.	QFD	Nº do R. P.	REQUISITOS DE PROJETO	Unid.	Dir.
1º	4702	1	Custo de produção	R\$	-
2º	3264	52	Número de informações para monitoração das condições de utilização da máquina	n	+
3º	3071	2	Percentual de processos usuais de fabricação	%	+
4º	3061	3	Percentual de ferramentas simples para montagem da Máquina	%	+
5º	3058	54	Custo de Manutenção	R\$a.a.	-
6º	2835	30	Potência necessária ao acionamento do soprador	kW	-
7º	2820	60	Alcance da faixa de aplicação	m	+
8º	2705	53	Custo de Operação (Sem custo de produtos químicos e operadores)	R\$a.m	-
9º	2696	10	Potência total de acionamento (propulsão, fluxo de ar, climatização e controles)	kW	-
10º	2673	36	Gerar fluxo de ar no Bocal Nebulizador para simulação da vel. do vento na aplicação	m/s	+
11º	2510	34	Número de comandos do nebulizador disponível ao operador	n	+
12º	2484	13	Tempo de manutenção corretiva ou preditiva	h	-
13º	2353	5	Massa total líquida	kg	-
14º	2332	56	Tempo necessário a manutenção preventiva	h	-
15º	2330	64	Tempo entre manutenções preventivas	h	+
16º	2314	57	Porcentagem de peças facilmente encontradas no mercado	%	+
17º	2080	31	Capacidade de geração de fluxo de ar para quebra do líquido	m ³ s ⁻¹	+
18º	2029	55	Peças a serem recicladas ou remanufaturadas	%	+
19º	2022	4	Número de regimes e velocidades correspondentes	n	+
20º	2011	22	Número de alertas de mal funcionamento	n	+
21º	1906	61	Sistema de amortecimento de impactos	XX	XX
22º	1871	37	Curso de deslocamento horizontal do bocal nebulizador	m	+
23º	1871	38	Curso de deslocamento vertical do bocal nebulizador	m	+

Quadro 23 – Terço superior da hierarquização dos requisitos de projeto

O requisito de projeto “Custo de produção” foi o que obteve maior pontuação, fato que pode estar relacionado a este possuir vínculo com a maioria dos requisitos dos clientes. Este resultado foi ao encontro das respostas apuradas nos questionários destinados aos pesquisadores (Apêndice C – Questão 29), os quais elegeram como característica mais desejável no produto a opção “barato” (25%).

Ord.	QFD	Nº do R. P.	REQUISITOS DE PROJETO	Unid.	Dir.
24º	1854	28	Capacidade do tanque químico	L	+
25º	1833	39	Ajuste angular vertical do bocal nebulizador	°	+
26º	1831	50	Proteção das partes elétricas contra chuvas e intempéries	%	+
27º	1761	43	Tamanho das gotas geradas	%	XX
28º	1728	35	Número de bocais nebulizadores	n	+
29º	1708	7	Capacidade máxima de tração	N	+
30º	1665	29	Capacidade do tanque de limpeza	L	+
31º	1659	63	Materiais, com contato direto com o produto químico (anti-corrosivas e não absorventes)	%	+
32º	1652	32	Pressão máxima de ar no sistema (válvula de alívio de pressão)	kPa	-
33º	1642	41	Tolerância na regulagem da vazão da bomba de formulação	ml/min	-
34º	1559	44	Nível de ruído da máquina em operação	dB	-
35º	1542	58	Número de instrumentos de navegação (indicação e registro de informações)	n	+
36º	1507	33	Capacidade de vazão da bomba de formulação	ml/min	+
37º	1473	12	Confiabilidade esperada	h	+
38º	1443	21	Instrumentação para monitoração das condições climáticas	XX	XX
39º	1439	6	Tolerância no ajuste da velocidade de deslocamento	km/h	-
40º	1434	40	Capacidade do filtro de ar em reter partículas na entrada do soprador	µm	-
41º	1380	46	Capacidade do reservatório de água para higienização pessoal e operação de tríplice lavagem	L	+
42º	1370	65	Capacidade do reservatório de água contaminada (higienização e tríplice lavagem)	L	+
43º	1347	47	Temperatura do ar dentro da cabine	°C	XX
44º	1341	51	Percentual de componentes padronizados (tubos e conexões)	%	+

Quadro 24 - Terço médio da hierarquização dos requisitos de projeto

Deve ser ressaltado que esta hierarquização objetiva as prioridades a serem consideradas nas tomadas de decisões ao longo do processo de projeção, o que não significa que os requisitos de projeto que obtiveram menor pontuação não sejam cumpridos.

Ord.	QFD	Nº do R. P.	REQUISITOS DE PROJETO	Unid.	Dir.
45º	1232	18	Altura da máquina	m	-
46º	1227	9	Capacidade do tanque de combustível	L	+
47º	1145	17	Largura da máquina	m	+
48º	1105	48	Alcance da Iluminação e som de alerta à população	m	+
49º	1068	26	Percentual de renovação de ar na cabine pressurizada (filtro de carvão ativado)	%	+
50º	1024	62	Largura dos rodados	mm	+
51º	939	42	Número de componentes com quantificação das horas de funcionamento	n	+
52º	915	20	Tacógrafo	h	+
53º	914	59	Vazão da bomba de abastecimento do tanque químico, tríplice lavagem e agitadora de calda	mL/min	+
54º	898	16	Resistência no volante	N	-
55º	882	19	Comprimento da máquina	m	-
56º	830	11	Distância máxima de frenagem	m	-
57º	806	49	Raio de alcance do radio de comunicação com a central e demais máquinas	km	+
58º	795	14	Altura do CG	mm	-
59º	775	8	Vida útil dos componentes	h	+
60º	754	25	Posto de operação e acessos à cabine e reservatórios adaptados às normas ergonômicas	%	+
61º	610	24	Número de regulagens do volante	n	+
62º	589	23	Número de regulagens nos assentos dos postos de trabalho	n	+
63º	539	27	Funções do sistema anti-furto	n	+
64º	459	15	Raio de giro	mm	-
65º	428	45	Compatibilidade do dispositivo de tríplice lavagem com as embalagens utilizadas	%	+

Quadro 25 - Terço inferior da hierarquização dos requisitos de projeto

Pela ausência de máquinas similares disponíveis no mercado, não foi possível realizar uma avaliação de como tais equipamentos atenderiam os requisitos de projeto levantados. Foi considerado que esta comparação, quando realizada com os nebulizadores fabricados para a alocação sobre veículos, não resultaria em aspectos significativos a este trabalho.

4.2.5 Especificações de Projeto

Sabendo que as especificações de projeto são os objetivos que a máquina deve atender, e estas, segundo Back et al. (2008), devem estabelecer algo que é necessário, verificável e atingível, buscou-se alguns parâmetros existentes, mais

precisamente quanto aos equipamentos nebulizadores fabricados para alocação sobre veículos (3.1.2.5) (BAUMHARDT et al., 2008d).

Foram identificados 40 modelos, fornecidos por 13 empresas em 5 países (Brasil, EUA, China, Alemanha e Turquia). Devido à ausência de informações referentes a alguns dos requisitos avaliados, 6 modelos foram excluídos da análise, participando somente 34 produtos.

Os resultados obtidos na pesquisa foram apresentados conforme o valor da especificação avaliada. Quanto aos reservatórios, 60% dos modelos mostraram capacidade abaixo de 20 litros para o tanque de combustível e 67% dos tanques químicos possuíam armazenamento superior a 50 litros.

O peso dos equipamentos em vazio variou entre 34 kg (equipamentos elétricos) a 260 kg, sendo que 82% possuíam mais de 100 kg. Já com relação à potência de acionamento do compressor de ar, esta variou entre 2,6 e 13,42 kW, sendo que a última foi empregada em aproximadamente 40% dos nebulizadores, o que proporcionou elevadas vazões de ar, predominando faixas de $0,095 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Quanto ao número de bocais nebulizadores, aproximadamente 64% possuíam somente um bocal, ficando o restante (36%) dividido em porcentagens iguais para dois e quatro bocais. Em menos de 1% dos equipamentos avaliados apurou-se ausência quanto à disponibilidade de controle remoto para operar o nebulizador no interior do veículo. A vazão de bombeamento do líquido formulado variou de $2,8 \times 10^{-6}$ a $8,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo esta última verificada em um equipamento com quatro bocais.

Por fim, os parâmetros apurados auxiliaram no desenvolvimento das especificações de projeto vinculadas ao processo de geração de gotas. Para as demais, fez-se o uso de analogias de sistemas existentes, cálculos preliminares com base em informações coletadas, e em alguns casos estimativas, visto a ausência de parâmetros definidos para uma abordagem mais detalhada. Todas as especificações de projeto são ilustradas no Quadro 26, obedecendo à ordem de importância atribuída aos requisitos de projeto.

	Requisitos de projeto (hierarquizados)	Und	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
1	Custo de produção ¹	R\$	< 100.000,00	Análise econômico-financeira	Comprometimento da qualidade
2	Número de informações para monitoração das condições de utilização da máquina	n	3: Rotação e temperatura. do motor, nível de combustível	Análise e quantificação	Dificuldade operacional; Elevado custo de fabricação
3	Percentual de processos usuais de fabricação	%	> 60	Análise e quantificação	Necessidade de investimentos elevados
4	Percentual de ferramentas simples para montagem da máquina	%	> 80	Análise e quantificação	Complexidade operacional da manutenção
5	Custo de Manutenção	R\$ a.a	< 4.000	Análise e quantificação	Comprometimento com a qualidade da manutenção e com elevado custo de fabricação
6	Potência necessária ao acionamento do compressor	kW	13,42	Teste em dinamômetro	Evitar sub dimensionamento do compressor
7	Alcance da faixa de aplicação	m	50	Teste de deposição de gotas; Teste biológico	Desuniformidade na largura da faixa de aplicação
8	Custo de Operação (Sem custo de produtos químicos e operadores)	R\$ a.m	< 4.500	Análise e quantificação	Elevado custo de fabricação;
9	Potência total de acionamento (propulsão, fluxo de ar, climatização e controles)	kW	< 102,97	Teste em dinamômetro	Subdimensionamento da fonte de potência
10	Gerar fluxo de ar no Bocal Nebulizador para simulação da vel. do vento na aplicação	m/s	0 a 4	Teste em laboratório (Anemômetro)	Superdimensionamento do gerador de fluxo de ar; Elevado custo de fabricação
11	Número de comandos do nebulizador disponível ao operador	n	Posição do B. N ⁶ , vazão (ar, produto, vento), nível (produtos tanques), seleção (fluido), acionamento (bomba e soprador)	Análise e quantificação	Comprometimento com o custo de fabricação; Excesso de funções simultâneas; Dificuldade de operação e controle.
12	Tempo de manutenção corretiva ou preditiva	h	< 6	Cronometragem em teste de campo	Comprometimento com a qualidade da manutenção; elevado custo de fabricação

Quadro 26 - Especificações do projeto

13	Massa total líquida	kg	2.000	Pesagem	Uso de materiais de alto custo
14	Tempo necessário à manutenção preventiva	h	24	Cronometragem em teste de campo	Tempo insuficiente para realização da manutenção com qualidade; Elevado custo de fabricação
15	Tempo entre manutenções preventivas	h	240	Cronometragem em teste de campo	Comprometimento com custo de produção; Super dimensionamento dos sistemas; Elevado custo de fabricação
16	Porcentagem de peças facilmente encontradas no mercado	%	> 70	Análise e quantificação	Sub ou super dimensionamento dos sistemas; Elevado custo de fabricação
17	Capacidade de geração de fluxo de ar para quebra do líquido	m ³ /s	0,2	Teste em laboratório	Evitar super dimensionamento do sistema de geração de fluxo de ar; Elevado custo de fabricação
18	Peças a serem recicladas ou remanufaturadas	%	> 50	Análise técnica	Comprometimento com o custo de produção; Sub ou super dimensionamento dos sistemas
19	Número de regimes e velocidades correspondentes	n	4 (0 a 25; 25 a 60; 60 a 120 km/h; 1 ré)	Contagem simples e medições de velocidade em campo de prova	Elevado custo de fabricação; Complexidade operacional
20	Número de alertas de mau funcionamento	n	4: Produto no fim, B. N. ⁶ em operação, Vazão (produto e/ou do ar) inadequada.	Análise e quantificação	Excesso de informação; Custo de fabricação
21	Sistema de amortecimento de impactos	XX	Resposta adequada à segurança e ergonomia dos envolvidos	Teste em campo e em laboratório	Sub ou super dimensionamento; Elevado custo de fabricação
22	Curso de deslocamento horizontal do bocal nebulizador	m	1,5 (A partir da lateral da máquina)	Aferição métrica	Tempo elevado para posicionamento do bocal; Alto custo de fabricação
23	Curso de deslocamento vertical do bocal nebulizador	m	3 (A partir do solo)	Aferição métrica	Tempo elevado para posicionamento do bocal; Alto custo de fabricação
24	Capacidade do tanque químico	L	300	Medição do volume	Excesso de peso e autonomia

Continuação das especificações de projeto

25	Ajuste angular vertical do bocal nebulizador	°	160	Aferição métrica	Tempo elevado para posicionamento do bocal; Alto custo de fabricação
26	Proteção das partes elétricas contra chuvas e intempéries	%	100	Análise técnica	Dificuldade na manutenção; Comprometimento com custo de fabricação;
27	Tamanho das gotas geradas	%	100% das gotas < 30µm; 80% < 20 µm.	Teste em laboratório (Anemômetro de fio quente ou técnicas a laser)	Não identificado
28	Número de bocais nebulizadores	n	2 a 4	Análise e quantificação	Excesso de comandos a serem controlados; Elevado custo de fabricação
29	Capacidade máxima de tração	N	31.392	Teste em campo de prova	Super dimensionamento do motor
30	Capacidade do tanque de limpeza	L	15	Medição do volume	Excesso de peso e autonomia
31	Percentagem de materiais, que tenham contato direto com o produto químico, serem de características: anti-corrosivas e não absorventes	%	100	Análise e quantificação	Comprometimento com o custo de produção;
32	Pressão máxima de ar no sistema (válvula de alívio de pressão)	kPa	50	Aferição com manômetro	Pressões de ar insuficiente à quebra do filete líquido em gotas uniformes e de tamanho adequado
33	Tolerância na regulagem da vazão da bomba de formulação	mL/min	1	Teste em laboratório	Elevado custo de aquisição de equipamento calibrador;
34	Nível de ruído da máquina em operação	dB	Dentro da cabine: < 80 dB; A um metro da lateral: < 100 dB	Medição com decibelímetro	Elevado custo de fabricação;
35	Número de instrumentos de navegação (indicação e registro de informações)	n	2: Mapa em tela (indicar trajeto) e armazenamento de dados (rota)	Análise e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Dificuldade operacional
36	Capacidade de vazão da bomba de formulação	mL/min	1.200	Coleta do volume por unidade de tempo	Superdimensionamento da bomba de formulação; Custo de fabricação
37	Confiabilidade esperada	h	> 3000	Cronometragem em teste de campo	Elevado custo de fabricação; Superdimensionamento de componentes

Continuação das especificações de projeto

38	Instrumentação para monitoração das condições climáticas	XX	Temp. ^{*3} U.R ^{*4} e Veloc. ^{*5} do ar; Direção do vento	Teste em campo	Difícil operação; pouca praticidade; precisão insuficiente.
39	Tolerância no ajuste da velocidade de deslocamento	km/h	1	Teste em campo de prova	Elevado custo de aquisição; Uso de mecanismo em não conformidade com normas ergonômicas
40	Capacidade do filtro de ar em reter partículas na entrada do soprador	µm	100	Verificar especificação técnica com fornecedor	Excessiva perda de carga no sistema;
41	Capacidade do reservatório de água para higienização pessoal e operação de tríplice lavagem das embalagens	L	50	Medição do volume	Excesso de peso e autonomia
42	Capacidade do reservatório de água contaminada (higienização e tríplice lavagem)	L	50	Medição do volume	Peso e autonomia excessivos
43	Temperatura do ar dentro da cabine	°C	21 a 25 ° C	Medição em teste de campo (termômetro)	Custo elevado de fabricação; Necessidade demasiada de potência
44	Percentual de componentes padronizados (tubos e conexões)	%	> 70	Análise e quantificação	Dimensionamento inadequado do sistema;
45	Altura da máquina	m	< 2,5	Aferição métrica	Dificuldades de montagem; Máquina em comprometimento quando utilizada em estradas irregulares
46	Capacidade do tanque de combustível	L	180	Medição do volume	Excesso de peso
47	Largura da máquina	m	2,4	Aferição métrica	Largura > 2,6 metros (Resolução nº210/2006 – CONTRAN)
48	Alcance da iluminação e som de alerta a população	m	300	Teste em campo	Aviso sonoro incompatível com os desejos da população.
49	Percentual de renovação de ar na cabine (c/ filtro de carvão ativado)	%	100	Teste em campo	Custo elevado de fabricação; Super dimensionamento do sistema de renovação de ar
50	Largura dos rodados	mm	220	Aferição métrica	Elevada resistência ao rolamento
51	Número de componentes com quantificação das horas de funcionamento	n	3: Motor, soprador, bomba de formulação	Teste em laboratório e análise quantitativa	Elevado custo de fabricação.

Continuação das especificações de projeto

52	Tacógrafo	h	160	Cronometragem em teste de campo	Elevado custo de aquisição;
53	Vazão da bomba de abastecimento do tanque químico, tríplice lavagem das embalagens e agitadora de calda	mL/min	60.000	Medição do volume por unidade de tempo (Fluxômetro)	Super dimensionamento da bomba selecionada; Elevado custo de fabricação
54	Resistência no volante	N	10	Teste de campo (Dinamômetro)	Elevado custo de fabricação
55	Comprimento da máquina	m	< 5	Aferição métrica	Difícil montagem; Comprometimento da estabilidade
56	Distância máxima de frenagem (Veículo a 100 km/h)	m	Asfalto, seco ($C \cdot A^{1/2} = 0,8$) = 140 metros; Terra, seca ($C \cdot A^{1/2} = 0,3$) = 200 metros.	Teste em campo de prova	Superdimensionamento do sistema de frenagem
57	Raio de alcance do rádio de comunicação com a central e demais máquinas	km	30	Teste em campo	Comprometimento com custo de fabricação da máquina.
58	Altura do CG	mm	600	Análises métricas e de distribuição de massas	Dificuldades de montagem; Máquina em comprometimento quando utilizada em estradas irregulares
59	Vida útil dos componentes	h	> 13.500	Cronometragem	Elevado custo de fabricação
60	Posto de operação e acessos a cabine e reservatórios adaptados às normas ergonômicas	%	> 80	Verificação de acordo com as normas relacionadas (ISO 15077, NBR 4253 e NBR 4254-1)	Comprometimento com o custo de produção
61	Número de regulagens do volante	n	1: Regulagem de inclinação	Análise e quantificação	Elevado custo de fabricação; Regulagens desnecessárias
62	Número de regulagens nos assentos dos postos de trabalho	n	3: inclinação, profundidade e altura	Análise e quantificação	Elevado custo de fabricação; Regulagens desnecessárias
63	Funções do sistema anti-furto	n	2	Bloquear sist. injeção de combustível e a de rastreamento	Comprometimento com o custo de fabricação; funções não cabíveis
64	Raio de giro	mm	6.000	Teste de campo	Comprometimento com os esforços atuantes na propulsão da máquina
65	Compatibilidade do dispositivo de tríplice lavagem com as embalagens utilizadas	%	> 90%	Teste em campo	Elevado custo de fabricação; Ociosidade em determinados modelos de embalagens.

Continuação das especificações de projeto

Onde:

- *1: Não inclui estrutura para a fabricação;
- *2: Coeficiente de aderência;
- *3: Temperatura;
- *4: Umidade Relativa do Ar;
- *5: Velocidade do ar;
- *6: BN (bocal nebulizador).

4.3 Projeto Conceitual

A fase conceitual teve início após a obtenção das especificações do projeto e durante o seu desenvolvimento foi definida a concepção julgada ideal para o produto em estudo, seguindo basicamente os passos do método da síntese funcional, abordado pelo PDMA.

Os resultados que conduziram à elaboração da referida concepção são apresentados individualmente, de acordo com a sequência proposta por tal metodologia.

4.3.1 Estrutura Funcional

De acordo com Menegatti (2004), antes de se iniciar a busca por soluções para o problema de projeto, é preciso definir qual a função ou funções que produto deve desempenhar.

Inicialmente, foi desenvolvida a função global, caracterizando o problema “maior” do projeto, e após definiu-se as sub funções. Para estes procedimentos, seguiu-se a metodologia mencionada no tópico 3.1.3.1.

A Função Global deve expressar os relacionamentos entre as grandezas de entrada e saída do produto, trazendo um resumo do que se pode esperar em termos funcionais (REIS, 2003).

Segundo Andrade et al. (2005), esta atividade possibilita um maior entendimento do projeto como um todo e uma melhor visualização de quais os reais pontos a serem resolvidos do mesmo.

Na Figura 17, segue o esquema desenvolvido para a função global do nebulizador autopropelido.

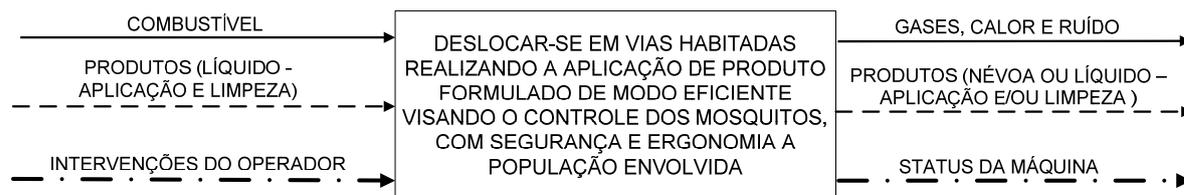


Figura 17 - Esquema da função global do nebulizador autopropelido

Conhecendo a função global, a equipe de desenvolvimento, com base nas especificações de projeto anteriormente ilustradas, desmembrou-a em subfunções de modo a verificar a existência de soluções para as mesmas. Como identificado, houve a necessidade de realizar uma nova divisão desta, caracterizando-a em funções elementares. Após esta operação, conforme especifica a definição, foi localizado pelo menos um princípio de solução para cada uma das funções.

Deve-se salientar que foram elaboradas diferentes estruturas funcionais através das reuniões da equipe de desenvolvimento do projeto, procedimento também adotado para a seleção da estrutura que mais se adequou ao projeto. Esta escolha diferentemente do adotado por Reis (2003), Novaes (2005), entre outros, que obedeceram a uma metodologia sistematizada para a avaliação das mesmas, deu-se por consenso da equipe, no momento em que a estrutura abrangeu todas as funções implícitas nas especificações de projeto.

Tal argumento permitiu a formalização de uma única estrutura funcional (Figura 18), e, nesta, foram identificados seis Funções Parciais (F.P.) que derivaram em quarenta e duas Funções Elementares (F.E.).

A fim de facilitar o rastreamento das funções elementares na próxima tarefa, adotou-se um sistema de nomenclaturas, cujo primeiro número apresentado refere-se à origem, ou seja, a função parcial de que o mesmo foi derivado, por exemplo, a “F. E.1.4” é a função elementar 4 proveniente da função parcial 1. Abaixo segue a relação das funções parciais:

- F. P. 1 – Nebulizar (Produto formulado ou líquido de limpeza);
- F. P. 2 – Controlar a nebulização;
- F. P. 3 – Proporcionar deslocamento seguro;
- F. P. 4 – Controlar o deslocamento da máquina;
- F. P. 5 – Acomodar operador com segurança e ergonomia;
- F. P. 6 – Proteger envolvidos.

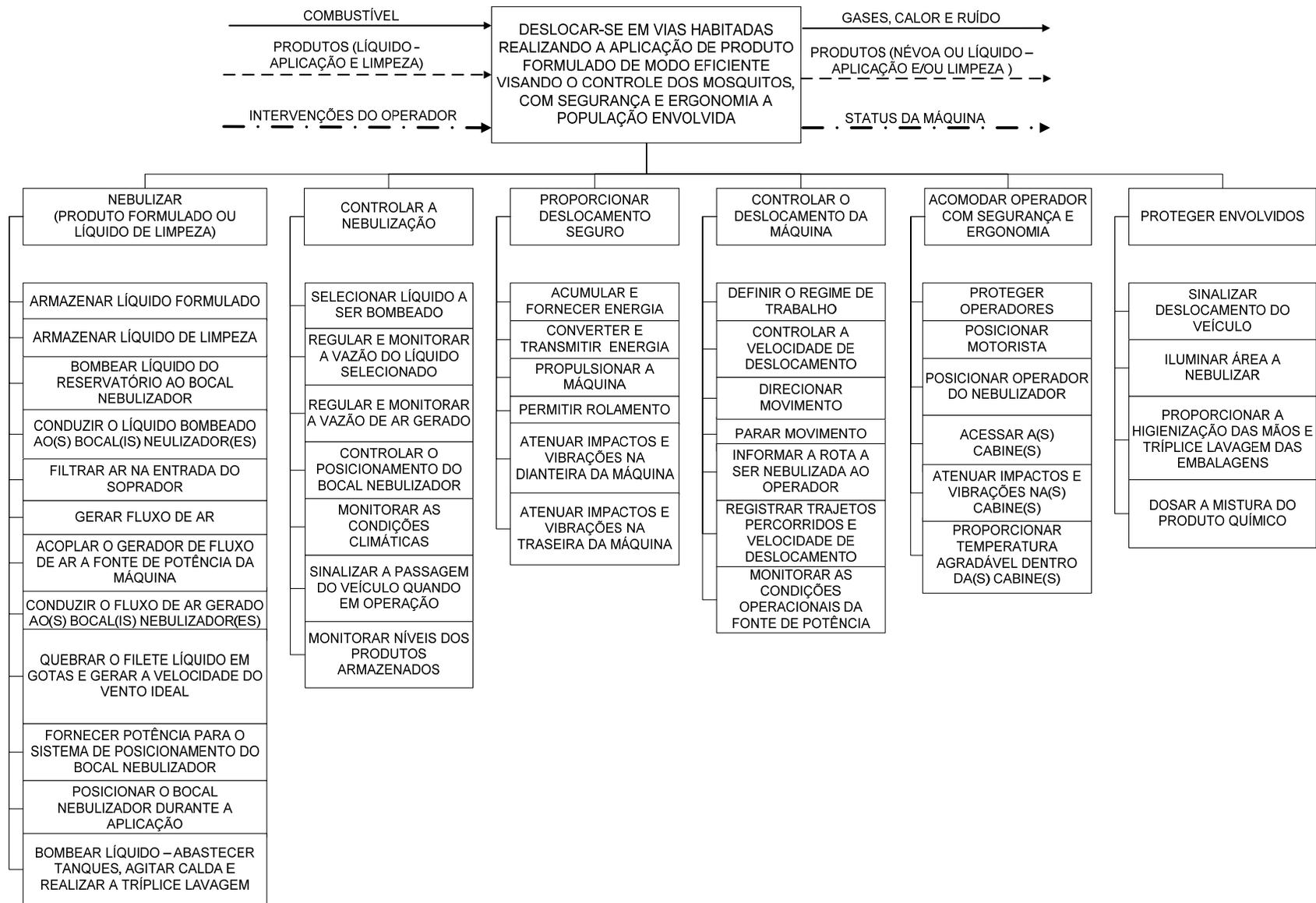


Figura 18 - Estrutura funcional do produto “Nebulizador Autopropelido”

4.3.2 Concepções alternativas

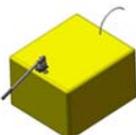
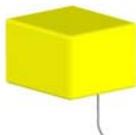
Com a lista de funções elementares concluídas, foram utilizados procedimentos (3.1.3.2), objetivando identificar diferentes princípios de solução para cada função elementar. Estes princípios foram inseridos na matriz morfológica (F9, 3.2.9), a fim de permitir a visualização das diferentes soluções e 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.

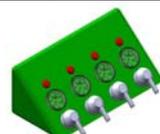
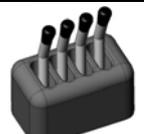
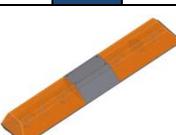
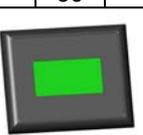
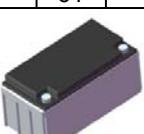
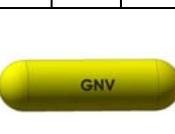
De modo similar ao adotado por Reis (2003), a seleção das concepções alternativas não obedeceu a uma maneira sistematizada e nem aleatória, foram “montadas” obedecendo ao seguinte princípio:

- Uma variante (cor vermelha) visando a agregar o que a equipe de desenvolvimento do projeto considerou como os melhores princípios de solução para eficiência, ergonomia e segurança, desconsiderando o fator custo;
- E duas concepções alternativas (azul e verde) adotando uma seleção equilibrada de todos os fatores.

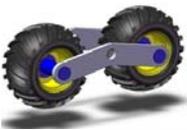
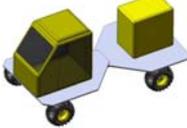
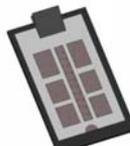
O embasamento para a elaboração de tal princípio foi processado durante atividade de equipe, ao ser verificado que o requisito de projeto mais importante (resultado do QFD) foi o “Custo de Produção”. No Quadro 27, é apresentada a matriz morfológica do projeto.

F. E. 1.1 – Armazenar líquido formulado									
	1	2	3	4					
F. E. 1.2 – Armazenar líquido de limpeza									
	5	6	7						
F. E. 1.3 – Bombear líquido do reservatório ao bocal nebulizador									
	8	9	10						
F. E. 1.4 – Conduzir o líquido bombeado ao(s) bocal(is) nebulizador(es)									
	11	12	13						
F. E. 1.5 - Filtrar ar na entrada do soprador									
	14	15	16						
F. E. 1.6 – Gerar fluxo de ar									
	17	18	19	20					
F. E. 1.7 – Acoplar o gerador de fluxo de ar a fonte de potência da máquina									
	21	22	23	24	25				
F. E. 1.8 – Conduzir o fluxo de ar gerado ao(s) bocal(is) nebulizador(es)									
	26	27	28	29					
F. E. 1.9 – Quebrar o filete líquido em gotas e gerar a velocidade do vento ideal									
	30	31	32						
F. E. 1.10 – Fornecer potência para o sistema de posicionamento do bocal nebulizador									
	33	34	35						

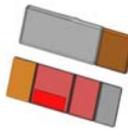
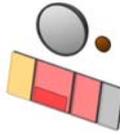
Quadro 27 – Matriz morfológica do projeto

F. E. 1.11 – Posicionar o bocal nebulizador durante a aplicação									
	36	37	38						
F. E. 1.12 – Bombear líquido - abastecer tanques, agitar calda e realizar a tríplice lavag.									
	39	40	41						
F. E. 2.1 – Selecionar o líquido a ser nebulizado									
	42	43							
F. E. 2.2 – Regular e monitorar a vazão do líquido selecionado									
	44	45	46						
F. E. 2.3 – Regular e monitorar a vazão de ar gerado									
	47	48	49						
F. E. 2.4 – Controlar o posicionamento do bocal nebulizador									
	50	51	52						
F. E. 2.5 – Monitorar as condições climáticas									
	53	54							
F. E. 2.6 – Sinalizar a passagem do veículo quando em operação									
	55	56	57	58					
F. E. 2.7 – Monitorar níveis dos produtos armazenados									
	59	60	61						
F. E. 3.1 – Acumular e fornecer energia									
	62	63	64	65					

Continuação da matriz morfológica do projeto

F. E. 3.2 – Converter e transmitir energia								
	66	67	68	69				
F. E. 3.3 – Propulsionar a máquina								
	70	71	72	73	74			
F. E. 3.4 – Permitir Rolamento								
	75	76	77	78				
F. E. 3.5 – Atenuar impactos e vibrações na dianteira da máquina								
	79	80	81	82	83			
F. E. 3.6 – Atenuar impactos e vibrações na traseira da máquina								
	84	85	86	87	88			
F. E. 4.1 – Definir o regime de trabalho								
	89	90	91	92				
F. E. 4.2 – Controlar a velocidade de deslocamento								
	93	94	95					
F. E. 4.3 – Direcionar movimento								
	96	97	98	99				
F. E. 4.4 – Parar movimento								
	100	101	102					
F. E. 4.5 - Informar a rota a ser nebulizada ao operador								
	103	104	105					

Continuação da matriz morfológica do projeto

F. E. 4.6 – Registrar trajetos percorridos e velocidade de deslocamento									
	106	107	108						
F. E. 4.7 – Monitorar as condições operacionais da fonte de potência									
	109	110	111						
F. E. 5.1 – Proteger operadores									
	112	113	114						
F. E. 5.2 - Posicionar motorista									
	115	116	117	118					
F. E. 5.3 - Posicionar operador do nebulizador									
	119	120	121						
F. E. 5.4 - Acessar a(s) cabine(s)									
	122	123	124	125					
F. E. 5.5 – Atenuar impactos e vibrações na(s) cabine(s)									
	126	127	128	129	130				
F. E. 5.6 – Proporcionar temperatura agradável dentro da(s) cabine(s)									
	131	132							
F. E. 6.1 - Sinalizar deslocamento do veículo									
	133	134	135						
F. E. 6.2 - Iluminar área a nebulizar									
	136	137							

Continuação da matriz morfológica do projeto

F. E. 6.3 – Proporcionar a higienização das mãos e tríplice lavagem das embalagens					
	138				
F. E. 6.4 – Dosar a mistura do produto químico					
	139	140			

Continuação da matriz morfológica do projeto

Ao término da utilização da matriz morfológica, foram elaborados os desenhos preliminares e uma breve descrição sob forma de tópicos das principais características inseridas nas três variantes (A - Quadro 28, B - Quadro 29 e C - Quadro 30). Esta atividade foi realizada tendo em vista que os valores resultantes da análise comparativa foram próximos, o que poderá auxiliar, caso seja necessário, um futuro reestudo. Tal passo também permitiu uma maior facilidade no julgamento apresentado na próxima atividade.

Descrição das variantes

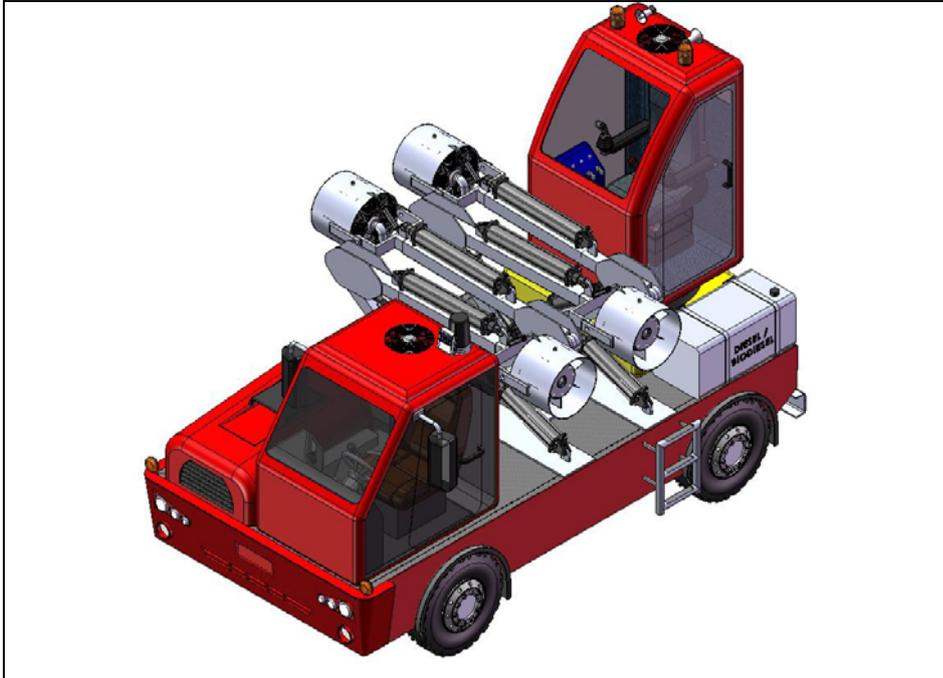
Antes que se iniciasse a descrição das variantes, considerou-se importante que três observações fossem abordadas.

A primeira delas é quanto aos desenhos das mesmas, que são apenas uma indicação de como os componentes do nebulizador autopropelido poderiam estar organizados.

A segunda é referente às Exigências do Projeto (Ex.P.), as quais não foram mencionadas nas descrições pelo fato de se tratarem de itens de observância obrigatória.

E, por fim, a terceira, trata-se da descrição das variantes, que, devido ao elevado número de componentes, limitou-se a mencionar os aspectos considerados como mais relevantes. Estas serão apresentadas em tópicos de modo a facilitar a identificação dos itens.

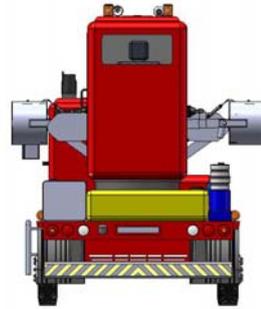
Variante A



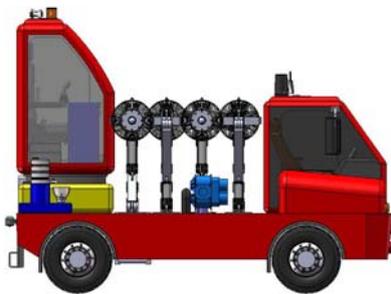
Vista Isométrica



Vista Frontal



Vista Posterior



Vista Esquerda



Vista Direita

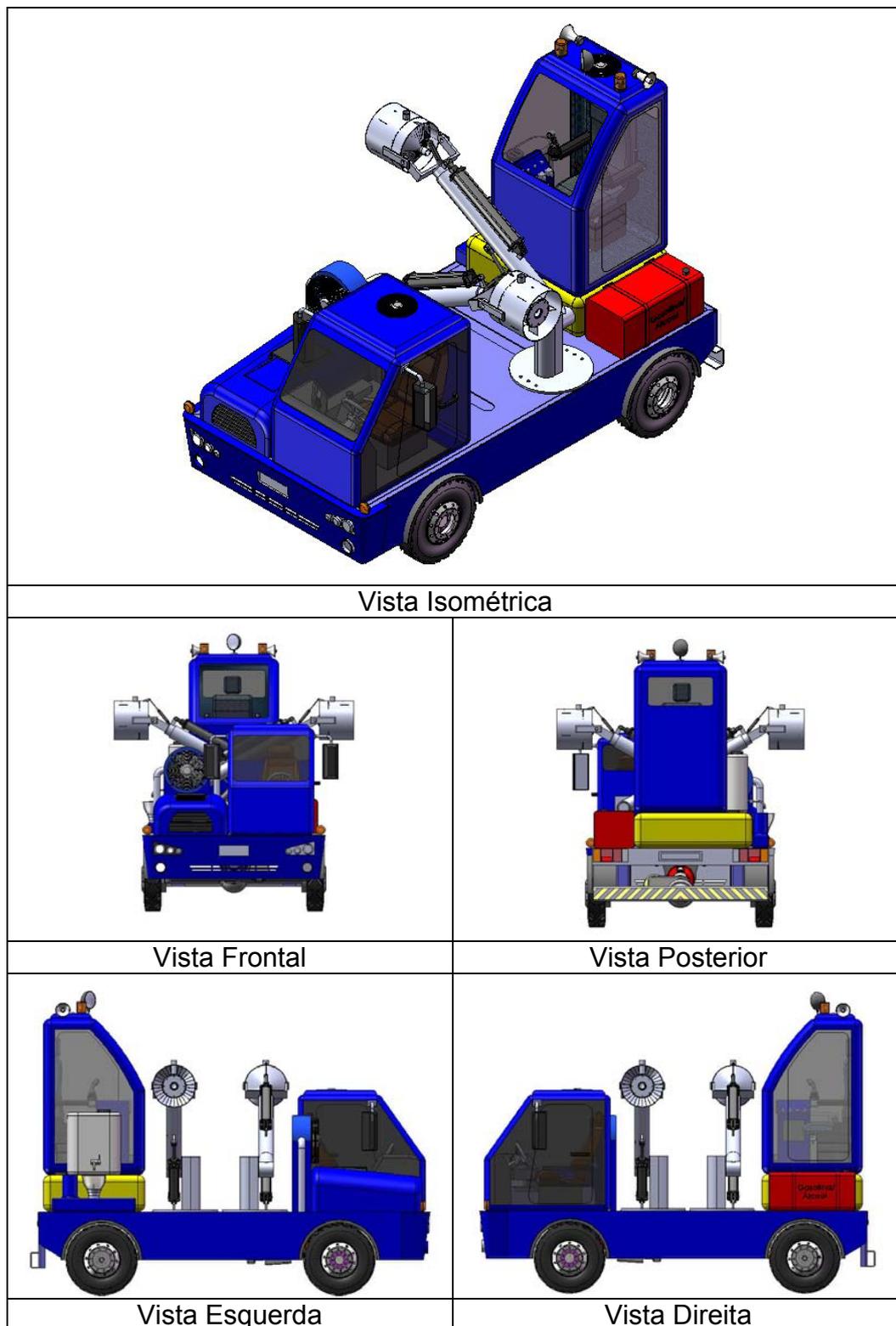
Quadro 28 – Vistas da variante A (vermelha)

A Variante A apresenta as seguintes características:

- Possui a fonte de potência da máquina (motor de combustão interna) alimentada por Diesel/Biodiesel, sendo acoplada a uma bomba hidráulica (coração do sistema) que, por sua vez, é responsável em fornecer energia a quase todas as funções do produto (deslocamento, geração de fluxo de ar, posicionamento dos bocais nebulizadores, entre outras);
- Conta com duas cabines que podem ser hermeticamente fechadas, em que ambas possuem condicionador de ar, banco ajustável e filtro de carvão ativado para a purificação do ar. A cabine 2 (do operador do nebulizador) se diferencia da 1 (do motorista) por ser projetada de modo que o operador possa facilmente visualizar a área a frente do deslocamento do veículo e os bocais nebulizadores. Nesta variante, a cabine 2 é giratória, podendo ser ajustada para uma melhor visualização. Outro dispositivo que esta variante possui é um sistema para comunicação entre os operadores das duas cabines;
- Ao operador do nebulizador (cabine 2) é disponibilizado próximo ao assento controles do tipo joystick para o posicionamento dos bocais;
- Tem quatro bocais nebulizadores, sendo dois posicionados para cada lado no sentido perpendicular ao de deslocamento, com mecanismo para a geração de fluxo de ar de modo a simular a velocidade do vento ideal durante a aplicação (ventilador acionado por motor hidráulico). Cada bocal possui uma estrutura independente para o seu posicionamento, com quatro cilindros hidráulicos que possibilitam a regulação horizontal, vertical e angular;
- A geração do fluxo de ar para a quebra das gotas ocorre por meio de um compressor de lóbulos que também é acionado por motor hidráulico;
- Estação meteorológica embarcada;
- Sistema de higienização pessoal e tríplice lavagem das embalagens, no qual o líquido contaminado poderá ser armazenado em um reservatório ou utilizado na aplicação;
- Iluminação rotativa e alto falantes para aviso da população;
- Sistema de iluminação regulável para visualizar a área a ser nebulizada (disponível a cabine 2);
- Radar fotoelétrico para ajuste da bomba de formulação de acordo com a velocidade de deslocamento;

- Mapa da área a ser nebulizada disponível em tela e com comando de voz para auxiliar na rota a ser seguida.

Variante B



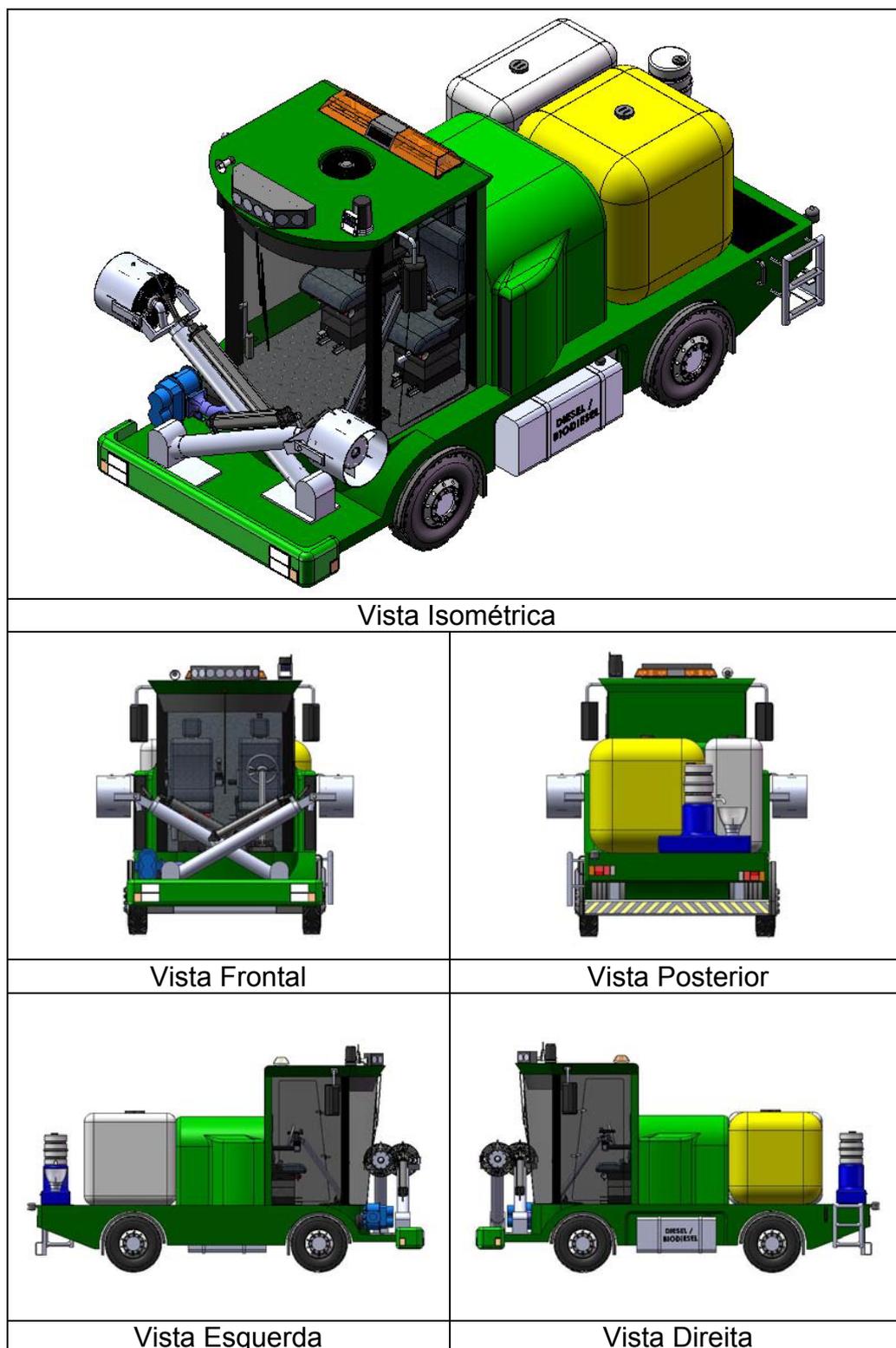
Quadro 29 - Vistas da variante B (azul)

A variante B apresenta as seguintes características:

- Possui duas cabines que podem ser hermeticamente fechadas e ambas tem condicionador de ar, banco ajustável e filtro de carvão ativado para a purificação da entrada do ar. Também possui um sistema para comunicação entre os operadores das duas cabines;
- Cabine do operador do nebulizador fixa e projetada, para que ele possa facilmente visualizar a área a frente do deslocamento do veículo e os bocais nebulizadores;
- Tem dois bocais nebulizadores, ambos com estrutura individual, contando com três cilindros hidráulicos para o posicionamento vertical, horizontal e angular dos bocais. O seu posicionamento é realizado por controles do tipo joystick;
- Cada uma das estruturas dos bocais pode ser pré-regulada (antes de iniciar a operação) quanto à direção esquerda e/ou direita ao sentido perpendicular de deslocamento do veículo. Estas estruturas também possibilitam a aplicação simultânea dos dois bocais em uma única direção;
- Não possui mecanismo de geração de fluxo de ar no próprio bocal nebulizador para a simulação da velocidade do vento ideal para a nebulização, este provém do mesmo mecanismo que gera o ar para a quebra da gota, e a sua regulação é realizada por válvulas;
- O sistema de propulsão e geração do fluxo de ar funciona do seguinte modo: a fonte de potência da máquina (motor gasolina/álcool) é acoplada por meio de embreagem a uma caixa de engrenagens, a qual promove duas funções: 1) Deslocamento, onde o movimento das quatro rodas do veículo acontece a partir da caixa de câmbio, através de juntas homocinéticas (tração dianteira) e de sistema diferencial (tração traseira); 2) A geração do fluxo de ar dá-se a partir da caixa de engrenagens, através de um sistema CVT (sistema de transmissão continuamente variável), onde, de uma rotação constante transforma-se em uma rotação variável, necessária ao ajuste da vazão, pois tal sistema é ligado a um ventilador centrífugo responsável na geração do fluxo de ar. Para o ajuste da rotação do CVT, poderá ser utilizado um motor elétrico;
- Não possui estação meteorológica, mas conta com aparelho portátil de medição;
- Possui mapa em tela, mas não conta com comando de voz;
- Iluminação rotativa e alto-falantes para aviso da população;

- Sistema de iluminação regulável para visualizar a área a ser nebulizada;
- Sistema de higienização pessoal e tríplice lavagem das embalagens, no qual o líquido contaminado poderá ser armazenado em um reservatório ou utilizado para a aplicação.

Variante C



Quadro 30 - Vistas da variante C (verde)

A variante C caracteriza-se por:

- Semelhantemente as variantes A e B, possui cabine hermeticamente fechada, com bancos ajustáveis, filtro de carvão ativado e condicionador de ar;
- De modo similar à Variante A, a fonte de potência (motor de combustão interna diesel/biodiesel) é acoplada em uma bomba hidráulica responsável por fornecer potência para a propulsão da máquina, geração de fluxo de ar, posicionamento dos bocais nebulizadores, entre outros;
- Possui dois bocais nebulizadores, sendo um voltado para a esquerda e o outro para a direita em relação ao sentido de deslocamento da máquina;
- Bocais com estrutura individual, a qual conta com dois cilindros hidráulicos para o posicionamento vertical, horizontal e angular;
- Componente para a geração do fluxo de ar (simulação da velocidade de vento ideal para a aplicação) no próprio bocal nebulizador (ventilador centrífugo acionado por motor hidráulico);
- Possui radar fotoelétrico, responsável pela calibração automatizada da bomba de formulação;
- Estação metereológica;
- Tanque para a higienização pessoal e tríplice lavagem das embalagens;
- O mecanismo para a geração do fluxo de ar é do tipo compressor de lóbulos.

Particularidades em relação às outras variantes:

- Controle dos bocais nebulizadores do tipo manche com posições pré-definidas;
- Apresenta uma única cabine para os dois postos de operação;
- Ausência de regulagem da iluminação do local a nebulizar (esta é fixa);
- Presença de luzes rotativas em conjunto com sirene;
- A dosagem do produto ocorre de modo automatizado através de uma válvula controladora de fluxo;
- Não tem mapa em tela, somente suporte para alocação de mapa impresso.

4.3.3 Seleção da concepção

Esta atividade foi responsável pela entrega final da fase conceitual, pois nela se deu a seleção da concepção que se julgou 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 (F1, 3.2.1), aplicou a matriz de decisão (Quadro 34) para a sistematização da escolha da melhor concepção para a máquina. O procedimento adotado é explicado no tópico (3.2.12) e o resultado desta avaliação elegeu a Variante B (Figura 19), como sendo a concepção que melhor atendeu o terço superior das especificações de projeto hierarquizadas.

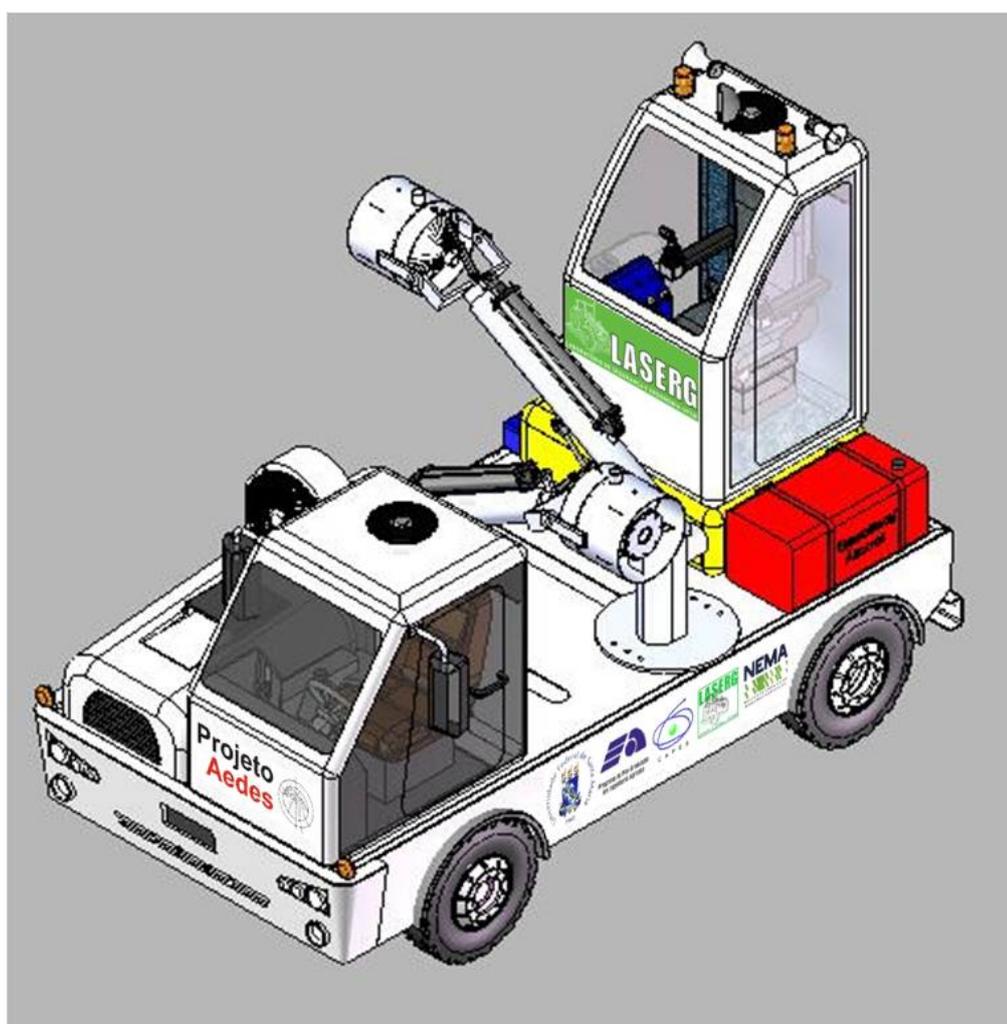
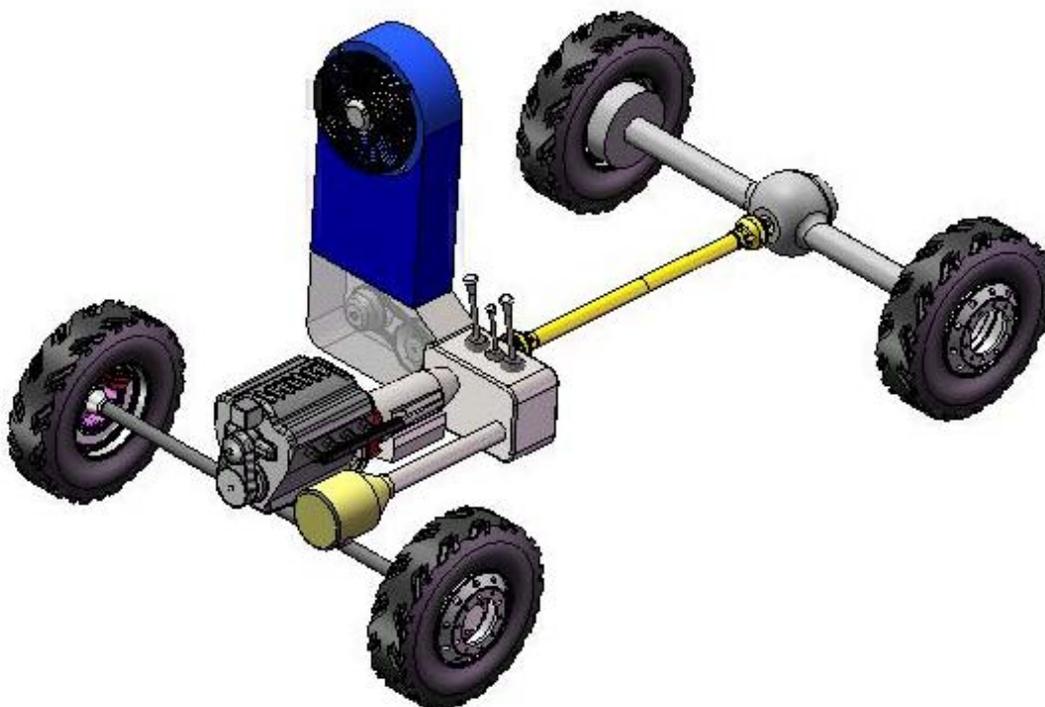


Figura 19 - Imagem da concepção do projeto

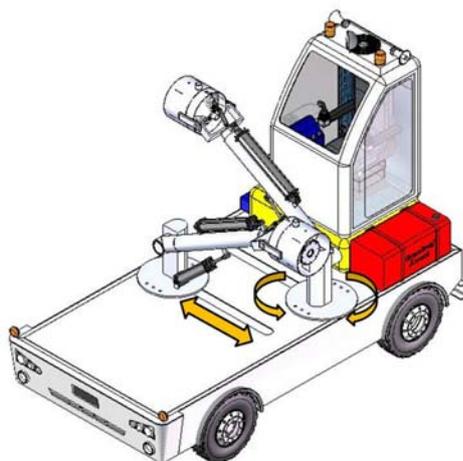
Após a seleção da concepção, realizou-se a definição do conceito da máquina, ou seja, a descrição das características da concepção escolhida. Como estas já haviam sido inicialmente apresentadas de uma forma genérica, elaboraram-se alguns esboços para facilitar o entendimento do conceito quanto as principais funções: Propulsão e geração de ar (Quadro 31) e regulação dos bocais nebulizadores, com relação ao sentido de aplicação (Quadro 32) e ao posicionamento vertical, horizontal e angular (Quadro 33).



Propulsão e geração do ar

A fonte de potência da máquina, neste caso um motor de combustão interna (Gasolina/Álcool), é acoplada a uma caixa de engrenagens por meio de uma embreagem. Esta caixa permite definir os regimes de deslocamento da máquina (aplicação, lento e rápido), selecionar a tração (4x2 ou 4x4) e o acionamento do ventilador centrífugo. Este ventilador tem a sua rotação ajustada pelo sistema de transmissão CVT (sistema de transmissão continuamente variável), permitindo o ajuste da vazão do ar e mantendo a velocidade de deslocamento constante (sem alterar a rotação do motor).

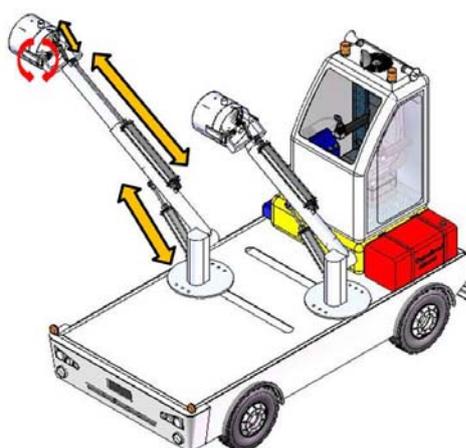
Quadro 31 – Descrição do modo de funcionamento da propulsão e geração de ar do conceito



Bocais Nebulizadores – Sentido de aplicação

Antes de dar início à operação, é possível realizar manualmente a seleção de quais os sentidos que se pretende nebulizar, para isto, é necessário desprender a base e realizar o posicionamento, conforme indicado pelas setas no desenho acima.

Quadro 32 – Descrição da regulagem do sentido de aplicação dos bocais nebulizadores do conceito



Bocais Nebulizadores – Regulagem horizontal, vertical e angular

Por meio de cilindros hidráulicos, o operador poderá ajustar do interior da cabine os bocais nebulizadores de modo instantâneo, sendo que tal ajuste se dará por um controle disponibilizado ao seu alcance. Na figura acima, as setas de cor laranja indicam o deslocamento dos cilindros hidráulicos e a vermelha o movimento do bocal nebulizador (posicionamento angular).

Quadro 33 – Descrição do modo de posicionamento dos bocais nebulizadores do conceito

A estrutura de composição do conceito desenvolvido neste projeto já está em processo de pedido de patente junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, tendo sido encaminhada em sua primeira versão na data de 15/07/2008, que gerou o número de protocolo nº 020080099965.

O referido projeto também foi registrado junto ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul – CREA-RS, sob a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) de nº 4401906.

Por fim, segue algumas considerações sobre a concepção escolhida:

- Proporciona boa visibilidade do trajeto ao motorista, como também ao operador do UBV quanto à área a ser nebulizada e aos bocais nebulizadores respectivamente;
- Reduz custo de fabricação quanto à geração de ar e propulsão da máquina, devido à ausência de sistemas hidráulicos;
- Apresenta adequação satisfatória com relação ao posicionamento e controle dos bocais nebulizadores quanto às especificações de projeto.

Especificações de Projeto		Peso pi	Concepção A		Concepção B		Concepção C		
			vi	pi x vi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	
1º	Custo de produção	< R\$ 100.000,00	7,97	0	0,00	5	39,85	3	23,91
2º	Número de informações para monitoração das condições de utilização da máquina	3 (Rotação e temperatura do motor, nível de combustível)	5,53	10	55,32	10	55,32	10	55,32
3º	Percentual de processos usuais de fabricação	> 60 %	5,21	3	15,62	7	36,44	5	26,03
4º	Percentual de ferramentas simples para montagem da Máquina	> 80 %	5,19	3	15,56	7	36,32	5	25,94
5º	Custo de Manutenção	< R\$ 4.000,00 (ao ano)	5,18	0	0,00	7	36,28	3	15,55
6º	Potência necessária ao acionamento do compressor	13,42 kW	4,81	10	48,05	5	24,03	10	48,05
7º	Alcance da faixa de aplicação	50 metros	4,78	10	47,80	7	33,46	5	23,90
8º	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
9º	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
10º	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
11º	Número de comandos do nebulizador disponível ao operador	1) Regulagem do(s) bocal(is) nebulizador(es); Posição, vazão de ar, vazão do produto formulado e velocidade do vento gerado. 2) Nível de produto nos reservatórios. 3) Seleção do fluido a ser bombeado. 4) Acionamento da bomba de formulação e do soprador.	4,25	10	42,54	7	29,78	5	21,27
12º	Tempo de manutenção corretiva ou preditiva	< 6 horas	4,21	3	12,63	10	42,10	7	29,47
13º	Massa total líquida	2.000 kg	3,99	3	11,96	10	39,88	5	19,94
14º	Tempo necessário a manutenção preventiva	24 horas	3,95	10	39,53	3	11,86	7	27,67
15º	Tempo entre manutenções preventivas	240 horas	3,95	5	19,75	10	39,49	7	27,65
16º	Porcentagem de peças facilmente encontradas no mercado	> 70%	3,92	7	27,46	5	19,61	10	39,22
17º	Capacidade de geração de fluxo de ar para quebra do líquido	0,2 m³/s	3,53	10	35,26	7	24,68	10	35,26
18º	Peças a serem recicladas ou remanufaturadas	> 50%	3,44	5	17,20	5	17,20	7	24,07
19º	Número de regimes e velocidades correspondentes	4 Sendo: 1 aplicação (0 a 25 km/h), 1 deslocamento. lento (25 a 60 km/h), 1 deslocamento. rápido (60 a 120 km/h), 1 ré (retroceder.)	3,43	10	34,27	7	23,99	10	34,27
20º	Número de alertas de mal funcionamento	4: (Produto está acabando, bocal nebulizador está em operação, Vazão do produto e/ou do ar gerado está inadequada.)	3,41	10	34,09	7	23,86	7	23,86
21º	Sistema de amortecimento de impactos	Resposta do sistema de amortecimento adequada a segurança e ergonomia dos envolvidos	3,23	7	22,61	7	22,61	7	22,61
22º	Curso de deslocamento horizontal do bocal nebulizador	1,5 metro a partir da lateral da máquina	3,17	10	31,71	5	15,86	3	9,51
23º	Curso de deslocamento vertical do bocal nebulizador	3 metros a partir do solo	3,17	10	31,71	5	15,86	3	9,51
Resultado $\sum (pi \times vi)$					615,84		688,92		634,11
					3º		1º		2º

Quadro 34 - Matriz de decisão para seleção da concepção do produto

4.3.4 Registro das lições aprendidas

No decorrer da elaboração deste trabalho, várias foram as lições que vieram acrescer conhecimento sobre como proceder e os contratempos que surgem quando se está desenvolvendo o projeto de um produto, onde se conta com recursos estabelecidos e tempo definido para dar fim à projeção.

Assim, considera-se importante dividir um pouco da experiência e aprendizagem, o que talvez possa auxiliar a quem deseja desenvolver o projeto de um produto, embora se tenha conhecimento, é claro, de que cada projeto possui a sua especificidade e que as dificuldades e os aspectos menos trabalhosos variam.

Neste trabalho, puderam ser vividas e assimiladas as seguintes lições:

- Dificuldades referentes ao cumprimento do plano de projeto, mais especificamente quanto às datas estimadas no cronograma, pois algumas tarefas demandaram mais tempo do que o estipulado, gerando necessidade de atualizações constantes, que por sua vez solicitava mais tempo. Portanto, uma solução encontrada foi tornar o cronograma mais abrangente, não detalhando demasiadamente o tempo para as tarefas. É importante salientar que isto só foi possível por se ter conhecimento de que este projeto terá continuidade em nível de doutorado, por mais três anos;
- Motivação e cobrança das atividades aos membros da equipe, onde, o fato de se trabalhar num contexto acadêmico e com considerável número de integrantes desempenhando atividades paralelas ao projeto, acabava interferindo na organização do grupo e no desenvolvimento das tarefas;
- Formação de equipe multidisciplinar como uma experiência valiosa, onde os membros dessa trouxeram contribuições das suas áreas de conhecimento, acrescentando novos pontos de vista ao projeto;
- Importância de se contar com um local estruturado para o desenvolvimento do projeto, ou seja, disponibilizando ferramentas para a elaboração do mesmo;
- Importância do contato com os clientes do produto, onde desde solicitação para o envio dos questionários, visitas e observações, esses já demonstravam suas opiniões acerca do projeto que se estava desenvolvendo.

Capítulo 5- CONCLUSÕES

Neste capítulo, com base no que foi aprendido, é feita uma avaliação do trabalho, analisando-o quanto aos seus objetivos, à forma como a metodologia foi empregada e os resultados alcançados.

Inicialmente, partiu-se do pressuposto de que se estava trabalhando com o conjunto “UBV pesado” (veículo utilitário e nebulizador) superdimensionado, gerando elevados custos de aquisição e utilização. No entanto, após a realização de ampla pesquisa bibliográfica, contato com usuários do produto, entre outras, foi possível observar que as questões a serem desenvolvidas deveriam abranger também novos aspectos, como a eficiência obtida no processo.

Quanto aos objetivos específicos deste trabalho (item 1.4), as conclusões obtidas são:

- a) A identificação dos fatores de influência no projeto revelou-se uma poderosa atividade ao longo do seu desenvolvimento. Através dela, foi possível vivenciar as dificuldades e, por conseqüência, as necessidades do cliente do produto. Para tanto foi de suma importância uma revisão de literatura voltada a estes fatores;
- b) Acredita-se que este trabalho virá a contribuir com novos estudos vinculados ao desenvolvimento de projetos, sendo que a utilização do PDMA mostrou-se uma metodologia eficiente e adequada para a elaboração desta máquina agrícola, o “nebulizador autopropelido”. Abaixo seguem algumas considerações acerca das atividades, ferramentas e procedimentos adotados ao longo da projeção:
 - As atribuições das exigências de projeto, conforme sugere a metodologia de Projeto para a Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras, mostrou-se uma decisão importante, podendo eliminar o trabalho desnecessário e priorizando a segurança do produto;

- A identificação precoce dos itens necessários à homologação pode evitar o retrabalho, adaptações e, conseqüentemente, o sub ou superdimensionamento da máquina ao longo do desenvolvimento das demais fases (Projeto Preliminar e Detalhado);
 - A utilização de questionários para a obtenção das necessidades dos clientes, como também para averiguar opiniões a respeito de características inseridas no produto, mostrou-se uma eficiente ferramenta;
 - A aplicação dos questionários em diferentes regiões, com culturas variadas, permitiu a observação dos aspectos peculiares, o que pode contribuir para que a máquina tenha uma melhor aceitação em todo o mercado pretendido.
- c) Com relação ao produto, 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;
 - ❖ A presença de dispositivos para a monitoração das condições climáticas, permitindo a realização da aplicação em momentos favoráveis, o que evitará perdas e gastos desnecessários;
 - ❖ A utilização de velocidades de deslocamento precisas, em conjunto com o uso do dispositivo desenvolvido com o intuito de simular a velocidade do ar ideal para a aplicação, proporcionará maior uniformidade da faixa de aplicação;
 - ❖ A regulagem precisa da vazão do produto químico em conjunto com a do ar gerado, possibilitando a uniformidade quanto ao tamanho das gotas geradas;
 - ❖ Ao alerta sonoro, indicando que o veículo está passando, o que possibilitará a população colaborar com a abertura de janelas e portas;

- ❖ A possibilidade de monitoração da operação de nebulização, através do registro da velocidade de deslocamento e dos trajetos em que já foi aplicado o produto (GPS), sendo que este último também facilita o planejamento operacional do processo;
- ❖ Maior capacidade operacional (área/tempo) devido à possibilidade de aplicação simultânea em ambos os lados perpendiculares ao sentido de deslocamento do veículo;
- Maior proteção aos operadores, tendo em vista o desenvolvimento de cabines herméticas com filtro para purificação do ar (carvão ativado) 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;
- Maior segurança no trânsito, alertando os motoristas quanto ao tráfego de um veículo lento;
- A eliminação do superdimensionamento atualmente empregado no processo.

Por fim, acredita-se que este trabalho alcançou os objetivos a que se propôs, tendo sido desenvolvida uma concepção que atenda de modo satisfatório as necessidades dos usuários deste produto.

Capítulo 6- RECOMENDAÇÕES

Este trabalho desencadeou algumas recomendações para novos trabalhos, as quais seguem:

- a) Sequência das atividades de desenvolvimento do projeto (Fases Preliminar e Detalhado);
- b) Estudo das formas do bocal nebulizador, englobando a maneira com que tais características influem na eficiência da geração de gotas;
- c) Desenvolvimento de equações que relacionem as velocidades do vento durante a aplicação e os respectivos alcances da faixa de nebulização;
- d) Por fim, de posse do protótipo, a realização de uma série de experimentos, buscando avaliar os mecanismos desenvolvidos no projeto, como por exemplo, o simulador da velocidade do vento no bocal nebulizador e o controle destes bocais, avaliando e comparando a sua eficiência em relação aos equipamentos atualmente disponíveis para execução desta operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **TB – 344**: Aplicação de defensivos agrícolas. Rio de Janeiro, 1988. 4 p.

_____. **TB – 394**: Métodos de aplicação de defensivos agrícolas. Rio de Janeiro, 1991. 2p.

ALONÇO, A. dos S. Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. Cap. 12, p. 296-317.

_____. Ensaio, experimentação e pesquisa em mecanização agrícola. In: ALONÇO, A. dos S. **Mecanização Agrícola**. Santa Maria: UFSM/CCR/DER, 1999. p. 21-28. (Caderno didático).

_____. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**. 2004. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

AMSDEN, R. C. Reducing the evaporation of spray. **Agricultural Aviation**, Washington, v.4, n.1, p.88-93, 1962.

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de Tecnologia de aplicação/ ANDEF**. Campinas: Linea Creativa, 2004. Disponível em: <http://www.undef.com.br/aplicacao/>. Acesso em: 7 de out. 2008.

ANDRADE, C. F. S. de. Avaliação da sensibilidade de adultos de *Culex quinquefasciatus* Say a inseticidas químicos de contato. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 259-264, ago./set. 1990.

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.

ANTUNIASSI, U. R. Inovações tecnológicas para a aplicação de defensivos agrícolas. In: BORGES, L. D. (Org). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. cap. 1, p. 21-35.

ARAGÃO, M. B.; AMARAL, R. S. do; LIMA, M. M. Aplicação espacial de inseticidas em saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 147-166, abr./jun. 1988.

ARAÚJO, E. C. de. DGPS: aplicação aérea de precisão. In: BORGES, L. D. (Org.). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. Cap. 7, p. 81-98. (Atualidades Técnicas, 2)

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. Análise da tecnologia de aplicação de inseticidas no combate em escala ao *Aedes aegypti* na fase adulta. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 11.; 2007, Santa Maria. **Anais eletrônicos...** Santa Maria: UNIFRA, 2007. 1 CD-ROM.

BAUMHARDT, U. B.; ALONÇO, A. dos S.; DIAS, V. de O. Tecnologia Agrícola contra a dengue. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 8, n. 75, p. 34-36, jun. 2008a.

BAUMHARDT, U. B. et al. Avaliação da faixa de aplicação de um equipamento UBV pesado utilizado no controle de mosquitos, através de cartões hidrossensíveis. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10.; 2008b, Pelotas. **Anais eletrônicos...** Pelotas: UFPel, 2008. 1 CD-ROM.

BAUMHARDT, U. B. et al. Requisitos a homologação e segurança no projeto de um nebulizador autopropelido para o combate ao mosquito. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13.; MOSTRA DE EXTENSÃO, 6.; MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2008c, Cruz Alta. **Anais eletrônicos...** Cruz Alta: UNICRUZ, 2008. 1 CD-ROM.

_____. Levantamento dos nebulizadores UBV disponíveis no mercado mundial empregados no controle de mosquitos. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13.; MOSTRA DE EXTENSÃO, 6.; MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2008, Cruz Alta. **Anais eletrônicos...** Cruz Alta: UNICRUZ, 2008d. 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.

BENTLEY, M. D.; DAY, J. F. Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 34, n. 1, p. 401-421, Jan. 1989.

BLANTON, F. S. et al. Control of adult mosquitoes in Alaska with aerial sprays. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 43, n. 3, p. 347-50, Mar. 1950.

BOWEN, M. F. 1991. The sensory physiology of host-seeking behavior in mosquitoes. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, n. 1, p. 139-158, Jan. 1991.

BRACCO, J. E. et al. Resistência a inseticidas organofosforados e carbamatos em população de *Culex quinquefasciatus*. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 182-183, mar./abr. 1997.

BRAGA, I. M.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 279-293, out./dez. 2007a.

BRAGA, I. M.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 295-302, out./dez. 2007b.

BRASIL, D. A. **Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos**: uma pesquisa envolvendo 30 empresas situadas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1997. Tese (Mestrado em Engenharia da Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BRASIL. Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em 17 abr. 2008.

_____. Decreto n. 1255 de 29 de setembro de 1994. Promulga a Convenção nº 119, da Organização Internacional do Trabalho, concluída em Genebra, sobre Proteção de Máquinas, em 25 de junho de 1963. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, v.II, n. 788, p. 14.821-14.823, 30 set. 1994. seção 1, pt. I. Disponível em: < <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/33890/decreto-no-1255-de-29-de-setembro-de-1994>>. Acesso em: 17 abr. 2008.

_____. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 de fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 17 abr. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dengue**: instruções para pessoal de combate ao vetor. Manual de Normas Técnicas. Brasília, 2001.

CÂMARA, F. et al. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 2, p. 192-196, mar./abr. 2007.

CAMBRIDGE ANIMAL AND PUBLIC HEALTH LIMITED. **Ficam® ULV technical dossier**. Cambridge, 1987. 50 p.

CAMPOS, J.; ANDRADE, C. F. S. Susceptibilidade larval de duas populações de *Aedes aegypti* a inseticidas químicos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 232-236, ago./set. 2001.

CASTLE, T. et al. Absence of impact of aerial malathion treatment on *Aedes aegypti* during a dengue outbreak in Kingston, Jamaica. **Revista Panamericana de Salud Publica**, Washington, v. 5, n. 2, p. 100-105, Feb. 1999.

CHADEE, D. D. An evaluation of Malathion ULV spraying against caged and natural populations of *Aedes aegypti* in Trinidad, West Indies. **Cahiers ORSTOM**, Bondy, v. 23, n. 2, p. 71-74, Apr./Jun. 1985. (Serie entomologique medicale et parasitologie)

_____. Landing periodicity of the mosquito *Aedes aegypti* in Trinidad in relation to the timing of insecticidal space-spraying. **Medical and Veterinary Entomology**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 189-192, Apr./Jun. 1988.

CHAIM, A.; MAIA, A. H.; PESSOA, M. C. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 963-969, jun. 1999.

CHAVASSE, D. C.; YAP, H. H. **Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance**. Geneve: WHO, 1997.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999a. 14 p. (Boletim técnico, 5)

_____. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South America, 1999b. 15 p. (Boletim técnico, 4)

CHUA, L. et al. Effect of chemical fogging on immature *Aedes* mosquitoes in natural field conditions. **Singapore Medical Journal**, Singapore, v. 46, n. 11, p. 639-644, Nov. 2005.

CHUNG, Y. K. et al. Evaluation of biological and chemical insecticide mixture against *Aedes aegypti* larvae and adults by thermal fogging in Singapore. **Medical and Veterinary Entomology**, Oxford, v. 15, n. 3, p. 321-327, Jul./Sept. 2001.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/legi.cfm>>. Acesso em: 3 abr. 2008.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resoluções do Contran**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 3 de abr. 2008.

CORRÊA, H. G. Redução da evaporação de gotículas contendo herbicida, com emprego de oxietileno docosanol. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 159-171, jan./jun. 1985.

COSTA, M. A. F. da et al. Perdas por evaporação de calda em pulverizações para o controle de mosquitos vetores. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE 2.; 2001, Jundiaí. **Anais eletrônicos...** Jundiaí: Centro de Mecanização e Automação Agrícola do Instituto Agrônomo, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automação/sintag/anais.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007.

CTB - Código Brasileiro de Trânsito. **Código Brasileiro de Trânsito**. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/web/codigos/transito/httoc.htm>>. Acesso em: 3 de abr. 2008.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 325-332, maio/ago. 2003.

CUNNINGHAM, R. T.; BRANN Jr, J. L.; FLEMING, G. A. Factors affecting the evaporation of water from droplets in airblast spraying. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 55, n. 2, p.192-199, Mar./Apr. 1962.

CURTIS, G. A.; BEIDLER, E. J. Influence of ground ULV droplet spectra on adulticide efficacy for *Aedes tritaeniorhynchus*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Fresno, v. 12, n. 2, p. 368-371, Apr./Jun. 1996.

DONALÍSIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 259-272, set./dez. 2002.

DONATTI, J. E.; GOMES, A. de C. Adultrap: descrição de armadilha para adulto de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 255-256, jun. 2007.

DOVER, M. J.; CROFT, B. A. Pesticide resistance and public policy. **Bio-Science**, Washington, v. 36, n. 2, p. 78-85, Feb. 1986.

DUARTE, J. R. O combate aos mosquitos no sistema de galerias de águas pluviais através da fumigação de inseticidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 6.; 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1971.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989.

EL AWADY, M. N. An atomization theory for swirl nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 21, n. 1, p. 70-74, Jan./Feb. 1978.

FERRARI, J. A. Insecticide resistance. In: **The Biology of Disease Vectors**. Colorado: University Press of Colorado, 1996.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual**. 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FOCKS, D. A.; KLOTER, K. O.; CARMICHAEL, G. T. The impact of sequential ultra-low volume ground aerosol applications of malathion on the population dynamics of *Aedes aegypti* (L.). **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, Mclean, Va, v. 36, n. 3, p. 639-647, May. 1987.

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.

FOX, I. Evaluation of ultra low volume aerial and ground applications of malathion against natural populations of *Aedes aegypti* in Puerto Rico. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v.40, n.2, p. 280-283, Apr./Jun.1980.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Plano de intensificação das ações de controle do dengue**. Brasília, 2001. 123 p.

GEBARA, A. B.; ALMEIDA, M. do C. R. R. de. Avaliação de termonebulizações de Propoxur contra mosquitos através de testes biológicos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 1-7, jan./fev.1988.

GEORGHIOU, G. P.; TAYLOR, C. E. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. In: INTERNATIONAL CONGRESS ENTOMOLOGY, 15., 1976, **Proceedings...** Washington, 1976. p. 759-785.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRATZ, N. G. Emergency control of *Aedes aegypti* as a disease vector in urban areas. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Fresno, v. 7, n. 3, p. 353-365, Jul./Sept. 1991.

GUAZZI, D. M. **Utilização do QFD como uma ferramenta de melhoria contínua do grau de satisfação de clientes internos**: uma aplicação em cooperativas agropecuárias. 266 f. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GUBLER, D. J. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. **Trends in Microbiology**, Cambridge, v. 10, n. 2, p.100-103, Feb. 2002.

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.

HOLWAY, R. T.; MORRILL, A. W.; SANTANA, F. J. Mosquito control activities of the U. S. Armed Forces in the Republic of Vietnam. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v. 27, n. 3, p. 297-307, Jul./Sept. 1967.

HUDSON, J. E. The 1982 emergency ultralow volume spray campaign against *Aedes aegypti* adults in Paramaribo, Suriname. **Bulletin of the Pan American Health Organizathion**, Washington, v. 20, n. 3, p. 294-303, Jul./Sept.1986.

KERZNER, H. **Project management: a systems approach in planning, scheduling and controlling**. 6th ed. New York: John Wiley ; Sons, 2001.

KRUSE, C. W.; HESS, A. D.; LUDVIK, G. F. The performance of liquid spray nozzles for aircraft insecticide application. **Journal of the National Malaria Society**, Tallahassee, v. 8, n. 4, p. 312-334, Dez. 1949.

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.

LOGFREN, C. S.; ANTHONY, D. W.; MOUNT, G. A. Size of aerosol droplets impinging on mosquitoes as determined with a Scanning eletron microscope. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 66, n 5, p. 1085-1088, Sept./Oct. 1973.

LOZOVEI, A. N. *Culicídeos* (mosquitos). In: MARCONDES, C. B. **Entomologia Médica e Veterinária**. São Paulo: Atheneu, 2001. (Série Otoneurológica)

LUNA, J. et al. Susceptibilidade de *Aedes aegypti* aos inseticidas temephos e cipermetrina, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 842-843, nov./dez. 2004.

MAAS, W. **ULV application and formulation techniques**. Amesterdam: N.V. Philips-uphar-Crop Protection Division, 1971.

MACHADO NETO, J. G.; COSTA, G. M.; OLIVEIRA, M. L. Segurança do trabalhador em aplicações de herbicidas com pulverizadores de barra em cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 639-648, jul./set. 2007.

MADALOSSO, M. G. **Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MANI, T. et al. Efficacy of thermal fog application of detalcide, a synergized mixture of pyrethroids, against *Aedes aegypti*, the vector of dengue. **Tropical Medicine and International Health**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 1298-1304, Dez. 2005.

MACORIS, M. L. G. et al. Alteração de resposta de suscetibilidade de *Aedes aegypti* a inseticidas organofosforados em municípios do Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 521-522, set./out. 1999.

MARIBONDO, J. de F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. 277f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

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.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 2nd ed. New York: Longman Scientific & Technical and John Wiley & Sons, 1992.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

_____. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 95-104.

MATUO, T. et al. Proteção de Plantas. In: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Tecnologia de Aplicação e Equipamentos**. Brasília: ABEAS, 2005.

MELLON, R. B.; GEORGHIOU, G. P. Rotational use of insecticides in mosquito control programs. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE CALIFORNIA AND VECTOR CONTROL ASSOCIATION, 52., California, 1984. **Proceedings and papers...** California, 1984. p. 65-67.

MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão**. 2004. 296 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974.

MONTEIRO, M. V. de M. Eficiência na aplicação de defensivos com BVO aéreo. In: BORGES, L. D. (Org). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. cap. 8, p. 99-108.

MOUNT, G. A. et al. Ultra-low volume nonthermal aerosols of malathion and haled for adult mosquito control. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v. 28, n. 1, p. 99-103, Jan./Mar. 1968.

_____. Optimum droplets size for adult mosquito control with space sprays or aerosols of insecticides. **Mosquito News**, Aliso Viejo, v. 30, n. 1, p. 70-75, Jan./Mar. 1970.

NELSON, M. J. **Aedes aegypti**: Biología y Ecología. Washington: WHO, 1986.

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.

NR1 - Norma Regulamentadora N°1. **Disposições Gerais**. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislacao/>>, Acesso em 17 abr. 2008.

NR12 - Norma Regulamentadora N°12. **Máquinas e Equipamentos. Ministério do Trabalho e Emprego.** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em 17 abr. 2008.

NR15 - Norma Regulamentadora N° 15. **Atividades e Operações Insalubres. Ministério do Trabalho e Emprego.** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em 17 abr. de 2008.

NR17 - NORMA REGULAMENTADORA N° 17. **Ergonomia. Ministério do Trabalho e Emprego.** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em 17 abr. 2008.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados.** 1999. 349 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OMS - ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Resistencia de vectores y reservorios de enfermedades a los plaguicidas.** Ginebra, OMS, 1986. (Serie de Informes Técnicos, n. 737).

_____. **Resistencia de los vectores y reservorios de enfermedades a los plaguicidas.** Ginebra, OMS, 1986. (Serie de Informes Técnicos, n. 737).

_____. **Resistencia de vectores de enfermedades a los plaguicidas.** : Ginebra, OMS, 1980. (Serie de Informes Técnicos, n. 655).

OPS - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para su prevención y control.** Washington: OPS, 1995.

OZEKI, Y. **Manual de Aplicação Aérea.** São Paulo: Ed. do Autor, 2006.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações.** 2001. Disponível em: <http://www.comam.com.br>. Acesso em: 20 jul. 2008.

PAHL G.; BEITZ W. **Engineering design: a systematic approach.** 2nd. ed. Berlin: Springer - Verlag, 1988.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações.** São Paulo: E. Blücher, 2005.

PAIXÃO, K. da S. **Avaliação do controle químico de adultos de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) de Fortaleza por meio de métodos convencionais e das armadilhas BG-Sentinel® e MosquiTRAP®.** 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PALCHICK, S. Chemical Control of Vectors. In: **The Biology of Disease Vectors**. Colorado: University Press of Colorado, 1996.

PANT, C. P., YASUNO, M. **Indoor resting sites of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand**. WHO/VBC/70. 1970.

PATEL, S. L. Pesticide spray volume determination. **Agricultural Mechanization in Asia**, Tokyo, v. 12, n. 4, p. 35-40, Oct./Dez. 1981.

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.

PERICH, M.J. et al. Behavior of resting *Aedes aegypti* (*Culicidae: Diptera*) and its relation to ultra-low volume adulticide efficacy in Panamá city. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 37, n. 4, p. 541–546, Jul./Aug. 1992.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos: guia PMBOK**. 3. ed. Four Campus Boulevard, Newtown Square: PMI, 2004.

PNDC - PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA DENGUE. 2007. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/saude/area.cfm?id_area=920>. Acesso em: 8 de out. 2008.

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.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n.1, p.309-320, jan./abr. 2006.

REZENDE, M. C. et al. Instruções para bioensaios para avaliação de aplicações espaciais de inseticidas. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 13, n. 3, p. 185-190, jul./set. 2004.

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.

_____. **Projeto conceitual de máquinas agrícolas**. Santa Maria, [200-]. (Notas de aula).

RODRIGUEZ, R. A. D. **Large scale field evaluation of rotations and mosaic spraying as resistance management strategies in the coastal plain of Chiapas, México**. Cardiff: University of Wales, 2000.

ROSE, R. I. Pesticides and public health: integrated methods of mosquito management. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v. 7, n. 1, p. 17-23, Jan./Feb. 2001.

ROZENDAAL, J. A. **Vector control methods for use by individuals and communities**. Geneve: WHO, 1997.

SANTANA, F. E.; FORCELLINI, F. A.; DIAS, A. Aplicação prática da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2004.

SANTOS FILHO, A. G. dos; SANTOS, J. E. G. G. dos. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Bauru: UNESP/DEM., 2001.

SANTOS, A. C. dos; FORCELLINI, F. A. O projeto do processo no PDP na indústria de alimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado, 2003.

SANTOS, A. C. dos. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos Alimentícios - PDPA com ênfase no projeto do processo**. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SAYER, H. J. An ultra-low-volume spraying technique for the control of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk). **Bulletin of entomological research**, London, v. 50, n. 2, p. 371-386, Apr./Jun.1959.

SCIANI, D. C. **Caracterização tecnológica de nebulizadores UBV**. 2005. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de Brasília, Brasília.

SECCACINI, E. et al. Laboratory and scaled up evaluation of cis-permethrin applied as a new ultra low volume formulation against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Acta Tropica**, Basel, v. 97, n. 1, p. 1-4, Jan./Mar.2006.

SILVA, J. O. da. **Formação da equipe aplicada ao desenvolvimento de produtos: proposta de uma sistemática baseada nas atividades do projeto alinhadas ao perfil do indivíduo, necessário para desempenhar as atividades**. 2007. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SORTHIA, B. K.; CHARI, M. S. Toxicity of some inseticides to honey bees, *Apis flórea* F. and *Apis melipona* L. **Journal of Entomological Research**, New Delhi, v. 9, n. 2, p. 195-197, Jul./Dez. 1985.

SVS - SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Taxa de incidência de dengue, Brasil e Grandes Regiões, 1990-2007**. 2008a. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/taxa_incidencia_dengue2007.pdf>. Acesso em: 8 de out. 2008.

_____. **Casos confirmados de FHD, segundo ano de confirmação, Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federadas, 1990-1991, 1994-2007.** 2008b. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/casos_fhd2007.pdf>. Acesso em: 8 de out. 2008.

_____. **Informe Epidemiológico da Dengue, Janeiro a Abril de 2008.** 2008c. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/boletim_dengue_maio2008.pdf>. Acesso em: 8 de out. 2008.

TEIXEIRA, M. da G. et al. Avaliação de impacto de ações de combate ao *Aedes aegypti* na cidade de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 108-115, abr. 2002.

VILELA, R. A. de G.; MALAGOLI, M. E.; MORRONE, L. C. Trabalhadores da saúde sob risco: o uso de pulverizadores no controle de vetores. **Produção**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 263-272, maio/ago. 2005.

WEIDHAAS, D. E. et al. Relationship of droplet size and dosage to adult mosquito control, with space sprays. In: PRESENTED AT ANNUAL MEETING AMERICAN MOSQUITO CONTROL ASSOCIATION, 25., 1969, Williamsburg. **Proceedings...** Williamsburg, 1969.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Engineering aspects of vector control operation:** first report of WHO Expert Committee on vector biology and control. Genebra, 1977. (Technical Report Series, 603)

_____. Expert Committee on Vector Biology and Control. **Resistance of vectors of disease to pesticides.** 5th report. Geneva, 1980. (Technical Report Series, 655)

_____. Recommendations of the scientific working group on dengue. **UNDP/World Bank/WHO especial programme for research and training in tropical diseases (TDR)**, p. 3-8, 2000.

_____. Dengue prevention and control. **Weekly epidemiological record**, n. 77, p. 41-48, 2002.

_____. **Space spray application of insecticide for vector and public health pest control:** A practitioner's guide. Geneva, p. 7-35, 2003.

_____. **Pesticides and their application:** for the control of vectors and pests of public health importance. 6 ed. Geneva, 2006a. 114 p.

_____. **Equipment for vector control:** specification guidelines. Geneva, 2006b, p. 1-46.

YAP, H. H. et al. Performance of ULV formulations (Pesguard 102/ Vectobac 12AS) against three mosquito species. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Fresno, v. 13, n. 4, p. 384-388, Oct./Nov.1997.

APÉNDICES



APÊNDICE A - Questionário destinado aos motoristas dos veículos equipados com equipamento UBV

Adaptado de Reis (2003)



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola - PPGEA

OBJETIVO

Este questionário tem por objetivo identificar características desejáveis em um veículo autopropelido para a aplicação de inseticidas no combate ao mosquito. Os dados da pesquisa serão empregados no desenvolvimento da concepção da referida máquina.

CONTATO

ULISSES BENEDETTI BAUMHARDT (Mestrando em Engenharia Agrícola)
AIRTON DOS SANTOS ALONÇO (Orientador, Dr. em Engenharia Mecânica)

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Laboratório de Segurança e Ergonomia – LASERG
Campus da Universidade Federal de Santa Maria
Bairro Camobi
Santa Maria, RS, Brasil
CEP: 97105-900

Fone: +55 3220 9429
+55 3222 0869
+55 9142 6331

E-mail:
ulissesbb@brturbo.com.br;
alonco@ccr.ufsm.br

Cargo do entrevistado: **Motorista dos veículos equipados com nebulizador (UBV pesado).**

Obs: As respostas devem expressar a sua opinião. É recomendado ler a pergunta e as respostas antes de assinalar.

Assinale (X) as alternativas apresentadas conforme o solicitado

01. Quais as regulagens do assento são importantes para você realizar a sua função de modo confortável (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de Respostas
() Altura	38,3%
() Profundidade	10,0%
() Inclinação	41,7%
() Nenhuma	10,0%

02. Quais das regulagens do volante você acha mais útil (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
() Profundidade	27,3%
() Altura	50,0%
() Nenhuma	22,7%

03. Você acha importante o assento ter encosto para o descanso dos braços:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Sim, só o direito	12,1%
<input type="checkbox"/> Sim, só o esquerdo	3,0%
<input type="checkbox"/> Sim, os dois	42,4%
<input type="checkbox"/> Não	42,4%

04. Para a regulagem da velocidade do veículo, o que você acha que seria mais indicado:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Acelerador de pé	78,8%
<input type="checkbox"/> Acelerador de mão	9,1%
<input type="checkbox"/> Ambos	12,1%

05. Caso fossem instaladas luzes de alerta, o que você gostaria que lhe indicassem (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Que a velocidade está inadequada para a aplicação de inseticida	61,5%
<input type="checkbox"/> Que o reservatório de combustível está ficando vazio	15,4%
<input type="checkbox"/> Que as portas da cabine não estão corretamente fechadas	23,1%

06. O painel deve conter (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Velocímetro. Caso positivo, qual tipo você prefere: <input type="checkbox"/> Digital ou <input type="checkbox"/> Analógico	Digital: 13,2% Analógico: 19,7%
<input type="checkbox"/> Indicador de temperatura do motor. Caso positivo, você prefere: <input type="checkbox"/> Digital ou <input type="checkbox"/> Analógico	Digital: 9,2% Analógico: 18,4%
<input type="checkbox"/> Luz indicadora de superaquecimento do motor	21,1%
<input type="checkbox"/> Indicador da aceleração do motor. Caso positivo, você prefere: <input type="checkbox"/> Digital ou <input type="checkbox"/> Analógico	Digital: 6,6% Analógico: 11,8%

07. O indicador de Combustível deve ser:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Digital	30,3%
<input type="checkbox"/> Analógico	33,3%
<input type="checkbox"/> Tanto Faz	36,4%

08. Você acha que o ar condicionado no seu posto de operação é:

- () Necessário
 () Desnecessário
 () Caso marque desnecessário, você acha importante ter um ventilador, () Sim ou () Não

Percentual de respostas
87,9%
12,1%
0,0%

09. Os comandos do ar condicionado ou do ventilador devem ser localizados:

- () No teto
 () No painel central
 () A esquerda do painel
 () Outro. Especificar

Percentual de respostas
9,1%
72,7%
3,0%
15,2%
1) "No ventilador no centro da cabine pelo lado de trás" 2) "No ventilador no centro da cabine pelo lado de trabalho"

10. O painel deve conter dispositivo para indicar a marcha atual do veículo?

- () Sim
 () Não
 () Tanto Faz

Percentual de respostas
33,3%
12,1%
54,5%

11. Para fornecer informações do trajeto que deve ser seguido, você prefere (Pode marcar mais de uma alternativa):

- () O mapa em uma tela (similar a de um computador)
 () Um roteiro impresso
 () Um comando de voz indicando o trajeto

Percentual de respostas
54,0%
24,0%
22,0%

12. Para controlar a velocidade, você prefere um veículo:

- () Com 2 marchas (1 para frente e 1 para ré)
 () Com 3 Marchas (1 para ré, 1 para aplicação de inseticida e 1 para o deslocamento)
 () Com 4 Marchas (1 para ré, 1 para aplicação de inseticida, 1 para o deslocamento em velocidade média e 1 para deslocamento em velocidade rápida)

Percentual de respostas
0,0%
3,3%
96,7%

13. O freio de estacionamento deve ser:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Freio de mão (similar ao dos carros)	20,6%
<input type="checkbox"/> Freio de pé (similar ao das caminhonetes)	44,1%
<input type="checkbox"/> Tanto Faz	35,3%

14. Qual dos veículos você considera mais fácil de controlar:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Com tração traseira	31,4%
<input type="checkbox"/> Com tração dianteira	11,4%
<input type="checkbox"/> Tanto faz	57,1%
Sugestões: 4x4	

15. Você prefere dirigir um veículo:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Pequeno, de até 3 metros de comprimento	6,1%
<input type="checkbox"/> Médio, de 3 a 5 metros	72,7%
<input type="checkbox"/> Grande, maior que 5 metros.	18,2%
<input type="checkbox"/> Tanto Faz	3,0%

16. Quanto à direção, você prefere:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Mecânica	0,0%
<input type="checkbox"/> Hidráulica	91,2%
<input type="checkbox"/> Elétrica	8,8%

17. Para dar a partida do motor, você prefere que esta seja:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Com chave	81,3%
<input type="checkbox"/> Com chave mais botão	18,8%

18. Qual a velocidade máxima que o veículo deve alcançar:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> 40 km/h	3,0%
<input type="checkbox"/> 50 km/h	0,0%
<input type="checkbox"/> 60 km/h	3,0%
<input type="checkbox"/> 70 km/h	15,2%
<input type="checkbox"/> Outra, especificar	78,8%
1) "De acordo com as normas de trânsito" 2) "100 km/h para deslocamento em viagem" 3) "80 km/h" 4) "200 km/h"	

19. Você acha que consegue conduzir a máquina com segurança e controlar simultaneamente a direção e a vazão do bocal nebulizador?

- () Sim
() Não

Percentual de respostas
33,3%
66,7%

20. Você acha importante ter uma luz para a iluminação interna da cabine?

- () Sim
() Não
() Tanto Faz

Percentual de respostas
96,9%
0,0%
3,1%

21. Você acha importante ter um aparelho de som na cabine do veículo?

- () Sim
() Não
() Tanto Faz

Percentual de respostas
59,4%
15,6%
25,0%
Sugestões: "Rádio comunicador"

22. Você prefere:

- () Usar máscara de proteção para a respiração
() Trabalhar em uma cabina pressurizada que proteja o operador
() Ambas as alternativas

Percentual de respostas
12,5%
43,8%
43,8%

23. Quais os tipos de estrada que você atualmente trafega quando utiliza o UBV pesado (Pode marcar mais de uma alternativa):

- () Asfaltadas de boa qualidade
() Asfaltadas de média qualidade
() Asfaltadas de péssima qualidade
() Estradas não pavimentadas de boa qualidade
() Estradas não pavimentadas de média qualidade
() Estradas não pavimentadas de péssima qualidade
() Estradas de difícil locomoção (com barro)

Percentual de respostas
12,7%
24,5%
13,7%
7,8%
20,6%
11,8%
8,8%

24. Existe algum item que não foi citado que você acha interessante estar presente na máquina? Qual (is)?

Respostas: (Obs. As sugestões abaixo selecionadas expressam todas as demais necessidades informadas na íntegra pelos motoristas)

- 1) “Sim, que esta máquina esteja automaticamente ligada ao painel de controle do veículo”;
- 2) “Tanque do equipamento, seja com escala de litragem, para que se possa verificar a quantidade aplicada em determinada área, com material transparente”;
- 3) “Canhão que jogue o inseticida lado esquerdo/direito para facilitar a aplicação em contra-mão”;
- 4) “Rádio comunicador em todos os veículos UBV para apoio técnico e mecânico em urgência, emergência”;
- 5) “Giro-flex tipo os veículos da PM para melhor segurança”;
- 6) “Aparelho GPS em todos os veículos para controlar velocidade, temperatura e localização, etc.”;
- 7) “Item 14 com tração nas 4 rodas, e controle remoto para a UBV e rádio de comunicação nas viaturas”;
- 8) “Queremos ar-condicionado”;
- 9) “Reservatório de água para higienização pessoal”.

Muito Obrigado Pela Sua Participação!!!

APÊNDICE B - Questionário destinado aos operadores do equipamento nebulizador UBV

Adaptado de Reis (2003)



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola - PPGEA

OBJETIVO

Este questionário tem por objetivo identificar características desejáveis em um veículo autopropelido para a aplicação de inseticidas no combate ao mosquito. Os dados da pesquisa serão empregados no desenvolvimento da concepção da referida máquina.

CONTATO

ULISSES BENEDETTI BAUMHARDT (Mestrando em Engenharia Agrícola)
AIRTON DOS SANTOS ALONÇO (Orientador, Dr. em Engenharia Mecânica)

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Laboratório de Segurança e Ergonomia – LASERG
Campus da Universidade Federal de Santa Maria
Bairro Camobi
Santa Maria, RS, Brasil
CEP: 97105-900

Fone: +55 3220 9429
+55 3222 0869
+55 9142 6331

E-mail:
ulissesbb@brturbo.com.br;
alonco@ccr.ufsm.br

Cargo do entrevistado: **Operadores do Nebulizador (responsáveis pela calibração, abastecimento, operação e manuseio, enfim, todos que possuem contato direto com o nebulizador “UBV pesado”).**

Obs: As respostas devem expressar a sua opinião. É recomendado ler a pergunta e as respostas antes de assinalar.

Assinale (X) as alternativas apresentadas conforme o solicitado

01. O que você acha da ideia de poder controlar a direção do bocal nebulizador instantaneamente de dentro do veículo, com o intuito de contornar obstáculos como muros e portões:

- () Boa
() Ruim

Percentual de Respostas
93,5%
6,5%

02. Caso o bocal nebulizador fosse controlável por comandos, qual regulagem você considera mais importante (Pode marcar mais de uma alternativa):

- () Horizontal
() Vertical
() Angular

Percentual de respostas
25,9%
31,5%
42,6%

03. Caso fosse projetado um posto de operação para você controlar o bocal nebulizador, este lugar deve ter (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Banco com regulagem	58,0%
<input type="checkbox"/> Banco sem regulagem	0,0%
<input type="checkbox"/> Encosto para os braços	42,0%

04. Para o acesso ao seu posto de operação, você acha importante:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Ter porta individual	86,7%
<input type="checkbox"/> Utilizar a mesma porta do motorista, caso seja de fácil acesso	13,3%

05. Qual o tipo de comando que você considera mais fácil para o controle do bocal nebulizador:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Manche multi-funções (similar ao de vídeo game)	58,1%
<input type="checkbox"/> Alavancas;	3,2%
<input type="checkbox"/> Pedais	0,0%
<input type="checkbox"/> Botões;	38,7%
<input type="checkbox"/> Outro, especificar	0,0%

06. Quantos bocais nebulizadores você acha que poderia controlar simultaneamente caso o veículo se desloque a uma velocidade de 10 km/h.

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> 1 Bocal	33,3%
<input type="checkbox"/> 2 Bocais	60,0%
<input type="checkbox"/> 3 Bocais	0,0%
<input type="checkbox"/> 4 Bocais	6,7%

07. Você se sente capaz de operar comandos simultaneamente com as duas mãos?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Sim, com facilidade	71,4%
<input type="checkbox"/> Sim, mas com dificuldade	28,6%
<input type="checkbox"/> Não me sinto capaz	0,0%

08. Para a regulagem da vazão de ar em cada bocal nebulizador, você prefere que este comando seja:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Digital (apertando botões)	76,7%
<input type="checkbox"/> Alavancas	3,3%
<input type="checkbox"/> Registros	20,0%
<input type="checkbox"/> Outro, especificar	0,0%

09. Para a regulagem da vazão da bomba de formulação, você prefere que este comando seja:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Digital (apertando botões)	77,4%
<input type="checkbox"/> Alavancas	3,2%
<input type="checkbox"/> Registros	16,1%
<input type="checkbox"/> Outro, especificar	3,2%

10. Caso fossem instaladas luzes de alerta, o que você gostaria que lhe indicassem (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Que a quantidade de produto químico no tanque está prestes a terminar	27,4%
<input type="checkbox"/> Que o bocal nebulizador está em operação	17,9%
<input type="checkbox"/> Que a vazão de ar está acima ou abaixo da recomendada	21,4%
<input type="checkbox"/> Que a vazão de bomba de inseticida está acima ou abaixo da recomendada.	33,3%

11. O que você acha do veículo conter água para limpeza das mãos?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Necessário	93,5%
<input type="checkbox"/> Desnecessário.	6,5%

12. O que você acha do veículo possuir uma moto-bomba para abastecer os reservatórios?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Necessário	54,8%
<input type="checkbox"/> Desnecessário	45,2%

13. Você acha que o ar condicionado no seu posto de operação é:

Necessário

Desnecessário

Caso marque desnecessário, você acha importante ter um ventilador, Sim ou Não.

Percentual de respostas
87,1%
0,0%
Sim: 12,9% Não: 0,0%

14. Você prefere:

Usar máscara de proteção para a respiração

Trabalhar em uma cabina pressurizada que proteja o operador

Ambas as alternativas

Percentual de respostas
18,8%
59,4%
21,9%

15. Você prefere que seu posto de operação:

Fique isolado do posto do motorista

Fique no mesmo ambiente que o do motorista

Tanto faz

Percentual de respostas
3,2%
83,9%
12,9%

16. O que você acha de no tanque químico do veículo ter um agitador de calda:

Importante

Desnecessário

Tanto faz

Percentual de respostas
71,0%
9,7%
19,4%

17. O que você acha do veículo ter um tanque de tríplice lavagem para a limpeza das embalagens:

Importante

Desnecessário

Tanto faz

Percentual de respostas
73,3%
23,3%
3,3%

18. O que você acha do veículo contar com iluminação do bocal nebulizador:

Importante

Desnecessário

Tanto faz

Percentual de respostas
73,3%
26,7%
0,0%

19. Quais das medições você considera que devem ser disponibilizadas na máquina (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Temperatura do ar;	24,2%
<input type="checkbox"/> Umidade relativa do ar	14,7%
<input type="checkbox"/> Direção do vento	27,4%
<input type="checkbox"/> Velocidade do vento	25,3%
<input type="checkbox"/> Pressão atmosférica	8,4%
<input type="checkbox"/> Outras	0,0%

20. Existe algum item que não foi citado que você acha interessante estar presente na máquina? Qual (is)?

Respostas: (Obs. As sugestões abaixo selecionadas expressam todas as demais necessidades informadas na íntegra pelos operadores do nebulizador)
1) “Marcador do consumo de combustível e inseticida”; 2) “Proteção da máquina para efeito de chuva e proteção da mesma para sol/chuva/ferrugem. E conservação da mesma”; 3) “Uma cobertura para a máquina de fácil acesso para o operador no período chuvoso, caso ela esteja em operação, não podendo molhar o motor da mesma”; 4) “Que fossem colocados, no veículo, luzes sinalizadoras, quando o veículo estiver em operação e sirene que, promova algum som de alerta, para que a população fique atenta durante o trabalho de operação”; 5) “GPS para se localizar, quando o trabalho for realizado em área desconhecida dos operadores”; 6) “Isolamento da cabine para não passar ruídos vindos da máquina”; 7) “Manômetro com maior durabilidade”; 8) “Tubulação com diâmetro uniforme”; 9) “Não usar válvula solenóide para seleção do fluido, estraga rápido por interferência do tempo. Usar a manual”.

Muito Obrigado Pela Sua Participação!!!

APÊNDICE C - Questionário destinado aos pesquisadores, diretores, coordenadores, entre outros que possuam conhecimento do processo de nebulização

Adaptado de Reis (2003)



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola - PPGEA

OBJETIVO

Este questionário tem por objetivo identificar características desejáveis em um veículo autopropelido para a aplicação de inseticidas no combate ao mosquito. Os dados da pesquisa serão empregados no desenvolvimento da concepção da referida máquina.

CONTATO

ULISSES BENEDETTI BAUMHARDT (Mestrando em Engenharia Agrícola)
AIRTON DOS SANTOS ALONÇO (Orientador, Dr. em Engenharia Mecânica)

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Laboratório de Segurança e Ergonomia – LASERG
Campus da Universidade Federal de Santa Maria
Bairro Camobi
Santa Maria, RS, Brasil
CEP: 97105-900

Fone: +55 3220 9429
+55 3222 0869
+55 9142 6331

E-mail:
ulissesbb@brturbo.com.br;
alonco@ccr.ufsm.br

Cargo do entrevistado: **Pesquisadores, Responsáveis pela aquisição, Diretores, Coordenadores, enfim, funcionários que tenham conhecimento do processo de nebulização no controle dos mosquitos.**

Obs: As respostas devem expressar a sua opinião. É recomendado ler a pergunta e as respostas antes de assinalar.

Assinale (X) as alternativas apresentadas conforme o solicitado

01. O que você acha da ideia de poder controlar o bocal nebulizador instantaneamente de dentro do veículo, com o intuito de contornar obstáculos como muros e portões:

- () Boa
() Ruim

Percentual de Respostas
88,2%
11,8%

02. O que você acha do desenvolvimento de um mecanismo para geração de ar, a fim de simular a velocidade do vento ideal durante a nebulização?

- Necessário
 Desnecessário

Percentual de respostas
70,6%
29,4%

03. Você acha que o método de nebulização a ultra baixo volume, é a melhor maneira do combate ao mosquito adulto?

- Sim
 Não. Especificar qual seria em sua opinião:

Percentual de respostas
70,6%
29,4%
1) "Eliminação de criadouros"
2) "Controle mecânico e educativo"

04. Quais das medições você considera que devem ser disponibilizadas na máquina (Pode marcar mais de uma alternativa):

- Temperatura do ar
 Umidade relativa do ar
 Direção do vento
 Velocidade do vento
 Pressão atmosférica
 Outras

Percentual de respostas
19,0%
19,0%
24,1%
29,3%
8,6%
0,0%

05. Qual o combustível que você recomendaria para alimentação da máquina?

- Diesel
 Gasolina
 Biodiesel
 Álcool
 Gás Natural
 Outro, especificar:

Percentual de respostas
17,4%
26,1%
17,4%
13,0%
13,0%
13,0%
Flex (álcool/gasolina)

06. O que você acha da construção de uma máquina especificamente desenvolvida para o combate ao mosquito?

- Importante
 Desnecessário

Percentual de respostas
100,0%
0,0%

07. Você acha necessário que a máquina para nebulizar o inseticida sirva de transporte às equipes de agentes de rua?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Não	87,5%
<input type="checkbox"/> Sim	12,5%

08. Qual a autonomia que você considera satisfatória em termos de combustível?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> 1 dia de operação	23,5%
<input type="checkbox"/> 2 dias de operação	35,3%
<input type="checkbox"/> 3 dias de operação	41,2%
<input type="checkbox"/> Outra, especificar:	0,0%

09. Qual a autonomia que você considera satisfatória em termos de produto químico?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> 1 dia de operação	70,6%
<input type="checkbox"/> 2 dias de operação	17,6%
<input type="checkbox"/> 3 dias de operação	11,8%
<input type="checkbox"/> Outra, especificar:	0,0%

10. Qual a durabilidade do veículo você considera satisfatória, caso as manutenções sejam realizadas de acordo com o fabricante?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Até 5 anos	17,6%
<input type="checkbox"/> De 5 a 7 anos	23,5%
<input type="checkbox"/> De 7 a 10 anos	58,8%
<input type="checkbox"/> Outra, especificar:	0,0%

11. Qual o tempo de uso você julga satisfatório, sem a substituição de nenhum componente do sistema, como bombas, compressor, tanques ou outros?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Até 1 ano	23,5%
<input type="checkbox"/> De 1 a 2 anos	17,6%
<input type="checkbox"/> De 2 a 3 anos	29,4%
<input type="checkbox"/> Mais de 3 anos. Especificar:	29,4%
	1) "5 anos"
	2) Entre 3 e 4 anos"

12. Qual o tempo que você julga satisfatório, para a substituição de qualquer parte do sistema?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Até 3 horas	5,9%
<input type="checkbox"/> De 3 a 6 horas	23,5%
<input type="checkbox"/> De 6 a 12 horas	41,2%
<input type="checkbox"/> Outro. Especificar: 1) "72 horas"	29,4%

13. Você acha que uma máquina construída para o combate ao mosquito deve ter preço:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Inferior ao disponibilizado na aquisição do conjunto, caminhoneta mais nebulizador (menor que R\$ 100.000,00). Caso marque esta opção qual seria este valor:	41,2% "± R\$ 80.000,00"
<input type="checkbox"/> Similar ao disponibilizado na aquisição do conjunto caminhoneta mais nebulizador (em torno de R\$ 100.000,00);	41,2%
<input type="checkbox"/> Maior que o disponibilizado na aquisição do conjunto caminhoneta mais nebulizador (mais de R\$ 100.000,00). Caso marque esta opção qual seria este valor:	17,6% "Entre R\$ 120.000,00 e 150.000,00"

14. Qual a faixa de aplicação que você julga ser necessária para um bom controle dos mosquitos?

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> 30 metros	0,0%
<input type="checkbox"/> 30 a 50 metros	41,2%
<input type="checkbox"/> 50 a 60 metros	23,5%
<input type="checkbox"/> Mais de 60 metros	35,3%

15. Qual a eficiência no processo de controle de mosquitos adultos você considera satisfatória para o intradomicílio?

	Percentual de respostas
Abaixo de 50%	0,0%
De 50 a 60%	5,9%
De 60 a 70%	29,4%
Mais de 70%. Especificar: "80 a 90%"	64,7%

16. Qual a eficiência no processo de controle de mosquitos adultos você considera satisfatória para o peridomicílio?

- Abaixo de 50%
 De 50 a 60%
 De 60 a 70%
 Mais de 70%. Especificar:

Percentual de respostas
0,0%
11,8%
29,4%
58,8%
"85 a 95%"

17. Qual o número de funcionários que você considera ideal para operar uma máquina de combate ao mosquito:

- 1 operador (Sendo ele o motorista e o controlador do nebulizador);
 2 operadores (Sendo 1 o motorista e o outro o controlador do nebulizador);
 3 operadores (Sendo 1 o motorista e os outros 2 os controladores do nebulizador);
 Mais de 4 operadores (Sendo 1 o motorista e o restante controladores do nebulizador).

Percentual de respostas
5,9%
94,1%
0,0%
0,0%

18. O que você acha da aplicação de inseticida em ambos os lados da rua simultaneamente?

- Necessário, sempre que possível
 Desnecessário
 Desaconselhável. Especificar o porquê:

Percentual de respostas
58,8%
29,4%
11,8%
1) "Muitas ruas não permitem este tipo de aplicação, seja pela distância entre as calçadas, seja pelo sentido das mãos de direção"

19. Em termos de disponibilidade de peças no mercado, você acha que a máquina deve apresentar:

- 30% das peças encontradas facilmente no mercado
 50% das peças encontradas facilmente no mercado
 70% das peças encontradas facilmente no mercado
 Mais de 70% das peças encontradas facilmente no mercado

Percentual de respostas
0,0%
0,0%
17,6%
82,4%

20. O que você acha do mapeamento por GPS das áreas nebulizadas:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Importante	100,0%
<input type="checkbox"/> Desnecessário	0,0%

21. Quanto à forma do veículo, você julga ser melhor o:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Formato arredondado	20,0%
<input type="checkbox"/> Formato quadrado	20,0%
<input type="checkbox"/> Formato misto (arredondado e quadrado);	60,0%
<input type="checkbox"/> Outro. Especificar:	0,0%

22. Quanto a cor do veículo, qual você julga ser melhor:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Branca	81,3%
<input type="checkbox"/> Preta	0,0%
<input type="checkbox"/> Vermelha	0,0%
<input type="checkbox"/> Azul	0,0%
<input type="checkbox"/> Outro, especificar:	18,8%
1) "Amarela, por ser uma cor mais chamativa à distância"	
2) "Branca salpicada de preto"	

23. O que você acha de no tanque químico do veículo ter um agitador de calda:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Importante	94,1%
<input type="checkbox"/> Desnecessário	5,9%
<input type="checkbox"/> Tanto faz	0,0%
Sugestão: "Com o veículo em movimento já acontece a mistura, daí a não necessidade do acessório"	

24. O que você acha de no veículo ter um tanque de tríplice lavagem para a limpeza das embalagens:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Importante	52,9%
<input type="checkbox"/> Desnecessário	47,1%
<input type="checkbox"/> Tanto faz	0,0%

25. Quanto ao transporte, o veículo deve ser capaz de se deslocar em (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Trajetos intermunicipais	26,1%
<input type="checkbox"/> Trajetos interestaduais	19,6%
<input type="checkbox"/> Nas cidades	26,1%
<input type="checkbox"/> Em zonas rurais	28,3%

26. Quais os tipos de estradas que o veículo deverá trafegar (Pode marcar mais de uma alternativa):

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Asfaltadas de boa qualidade	19,2%
<input type="checkbox"/> Asfaltadas de média qualidade	15,1%
<input type="checkbox"/> Asfaltadas de péssima qualidade	12,3%
<input type="checkbox"/> Estradas não pavimentadas de boa qualidade	16,4%
<input type="checkbox"/> Estradas não pavimentadas de média qualidade	12,3%
<input type="checkbox"/> Estradas não pavimentadas de péssima qualidade	11,0%
<input type="checkbox"/> Estradas de difícil locomoção (enlameada)	13,7%

27. Caso existam garagens cobertas para o estacionamento de veículos destinados à nebulização, responda. Qual a altura máxima que o veículo deve possuir a fim de ser possível o seu estacionamento nestes locais:

	Percentual de respostas
<input type="checkbox"/> Abaixo de 2 metros	52,9%
<input type="checkbox"/> Acima de 2 metros	47,1%

28. Em média, quantos veículos seriam necessários para atender à demanda do seu estado, caso fossem substituir toda a frota existente:

Especificar _____.

Número de estados que apresentaram resultados coerentes	4
Total de veículos	505

29. Enumere de 1 a 5, em ordem de importância, as características mais desejáveis neste novo produto (Veículo de Combate ao Mosquito):

	Percentual de respostas (com a característica mais desejável)
<input type="checkbox"/> Vida útil longa	20,5%
<input type="checkbox"/> Econômico	23,1%
<input type="checkbox"/> Barato	25,0%
<input type="checkbox"/> Eficiente	11,2%
<input type="checkbox"/> Pouca manutenção	20,1%

30. Existe algum item que não foi citado que você acha interessante estar presente na máquina? Qual (is)?

Respostas: (Obs. As sugestões abaixo selecionadas expressam todas as demais necessidades informadas na íntegra pelos pesquisadores, coordenadores dos CCZ, entre outros, que responderam os questionários)

- 1) “Registro de vazão, de tempo, velocidade, consumo de combustível(litros/hora) na aplicação, que possam subsidiar a supervisão independente do acompanhamento in loco”;
- 2) “Adaptar uma escala de medição em litros nos reservatórios de inseticida e gasolina para termos o quantitativo real do consumo do inseticida e gasolina”;
- 3) “Marcador de horas de aplicação, marcador de volume aplicado, área tratada, GPS e sistema de auto limpeza”;
- 4) “Que o regulador de vazão do produto químico seja digital”;
- 5) “O veículo equipado com a máquina é de uso exclusivo ao combate do mosquito, não podendo ser utilizado em outra função, nem ser retirada a máquina do mesmo”;
- 6) “Fácil manutenção”;
- 7) “Tacômetro, manômetro e horímetro”
- 8) “Não incluir válvulas solenóides, sempre torneira mecânica”
- 9) “Vazão medida da máquina em ml/min”;
- 10) “Dispositivo de nível de óleo do compressor (reto)”.

Muito Obrigado Pela Sua Participação!!!

APÊNDICE D- Ofício de formalização e apresentação da pesquisa**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola - PPGA**

Ofício nº 001/2008

Assunto: Informações sobre os questionários UBV pesado

Prezado Srs.,

Encaminho a Vossa Senhoria os formulários a serem aplicados junto aos motoristas (questionário 01) e operadores dos UBV's pesados (questionário 02), como também, ao pessoal ligado à aquisição, planejamento, coordenação, ou seja, aos que tenham conhecimento do processo de nebulização no controle dos mosquitos (questionário 03). Esclareço que estes questionários fazem parte do desenvolvimento do projeto de um veículo autopropelido para o combate ao mosquito e buscam a identificação dos desejos e necessidades dos envolvidos no processo. Este é um trabalho acadêmico que está sendo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Vale lembrar que as questões neles contidas são objetivas e visam obter a opinião de cada participante, não sendo necessário que esses se identifiquem.

Informo ainda que eventuais dúvidas sobre esses documentos poderão ser por mim esclarecidas, através do telefone (0xx55) 3222-0869, (0xx55) 9142-6331 ou pelo e-mail: ulissesbb@brturbo.com.br.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Ulisses Benedetti Baumhardt'.

Ulisses Benedetti Baumhardt
Eng. Mecânico/Mestrando em Engenharia Agrícola

Lista dos Requisitos dos Clientes (Continuação do APÊNDICE – E)

N° do R. C.	Requisitos dos clientes
1	Ter projeto simples
2	Ter baixo custo de fabricação
3	Ser de fácil fabricação e montagem
4	Ter baixo consumo específico
5	Ser leve
6	Ser capaz de gerar gotas uniformes no tamanho indicado para o combate ao mosquito
7	Ter dispositivos para controlar a posição do Bocal Nebulizador
8	Ter mecanismo para geração de fluxo de ar no Bocal Nebulizador
9	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento
10	Ter regulagem precisa da vazão de inseticida e do ar gerado
11	Ter capacidade de tração para deslocamento em terrenos adversos
12	Ter sistema de registro instantâneo de velocidade e da rota nebulizada
13	Ter instrumentos para monitorar as condições climáticas
14	Ser de estrutura resistente e de componentes de elevada vida útil
15	Ter dispositivos de alerta aos operadores quanto a inconformidades operacionais
16	Ter dois postos de operação seguros e ergonômicos
17	Ter dispositivo para realização de tríplice lavagem das embalagens
18	Ter reservatório de água com tanque coletor para a higiene pessoal
19	Ter mecanismo antifurto
20	Ter mecanismo para desativar todos os componentes em caso de colisão
21	Ser de boa dirigibilidade (estabilidade, manobrabilidade)
22	Ter acessos seguros e ergonômicos (cabine e reservatórios)
23	Ter os sistemas de controle de fácil manuseio e entendimento
24	Ter sistema de navegação
25	Ter dispositivos para facilitar a dosagem e abastecimento do produto
26	Ser desenvolvido em Módulos
27	Ter componentes padronizados
28	Ter elevado percentual de peças facilmente encontradas no mercado
29	Ter dispositivo para registro das horas de funcionamento dos componentes do veículo
30	Ter confiabilidade
31	Ter autonomia compatível com a operação
32	Ter aviso sonoro e luminoso à população
33	Ter potência compatível à operação
34	Ser compacta

APÊNDICE G - Descrição das imagens apresentadas nos princípios de solução

Nº	Descrição das imagens		
1	Reservatório de formato cilíndrico	31	Bocal nebulizador centrífugo
2	Reservatório de formato quadrado	32	Bocal nebulizador centrífugo que possibilita entrada de ar para simulação de velocidades do vento
3	Reservatório de formato esférico	33	Atuador elétrico
4	Reservatório de formato retangular	34	Atuador hidráulico
5	Reservatório de formato retangular	35	Atuador pneumático
6	Reservatório de formato cilíndrico	36	Sistema de posicionamento com quatro atuadores
7	Reservatório de formato misto (retangular e cilíndrico)	37	Sistema de posicionamento com três atuadores
8	Bomba de formulação de acionamento elétrico	38	Sistema de posicionamento com dois atuadores
9	Reservatório pressurizado	39	Sistema moto-bomba (bomba centrífuga)
10	Escoamento do fluido por gravidade	40	Bomba centrífuga acionada por motor elétrico
11	Tubulação rígida	41	Bomba centrífuga acionada por motor hidráulico
12	Tubulação flexível	42	Válvula com solenóide (acionamento elétrico)
13	Tubulação mista (rígida e flexível)	43	Válvula manual
14	Filtro de ar em papel plissado com tampas emborrachadas	44	Regulagem realizada com registros
15	Filtro de ar em papel plissado com tampas metálicas	45	Regulagem realizada de modo digital
16	Filtro de ar em papel plissado com tampas emborrachadas de formato cônico	46	Regulagem automatizada, o radar verifica a velocidade de deslocamento do veículo e ajusta a vazão da bomba automaticamente
17	Compressor "soprador" de lóbulos rotativos (parafuso)	47	Regulagem através de registro com posicionamento-vazão pré-definidos
18	Ventilador centrífugo	48	Regulagem através de registro
19	Compressor de pistão	49	Regulagem digital
20	Ventilador axial	50	Controle do tipo manche
21	Acoplamento elástico	51	Controle tipo manche com posições pré-definidas
22	Sistema de transmissão continuamente variável - CVT	52	Controle por alavancas
23	Embreagem	53	Aparelho de medição portátil (termo-higro-anemômetro)
24	Motor elétrico	54	Estação metereológica embarcada (informações ilustradas em tela)
25	Motor hidráulico	55	Luzes rotativas com sirene
26	Tubulação rígida	56	Luz rotativa
27	Tubulação flexível emborrachada	57	Luzes rotativas com sirene e mensagens com voz
28	Tubulação flexível plástica	58	Luz rotativa e mensagens com voz
29	Tubulação mista (rígida e flexível)	59	Indicador de nível analógico
30	Bocal nebulizador centrífugo, com ventilador centrífugo, para simulação de velocidades do vento	60	Indicador de nível digital

Descrição das imagens apresentadas nos princípios de solução (Continuação do APÊNDICE – G)

Nº	Descrição da imagem		
61	Reservatório de material translúcido com escala volumétrica	86	Sistema de amortecimento com amortecedor e mola helicoidal
62	Reservatório de combustível para motores do ciclo Diesel	87	Sistema de amortecimento com suspensão a ar
63	Reservatório de combustível para motores do ciclo Otto	88	Sistema de amortecimento com feixes de mola reta e amortecedor
64	Acumulador de energia elétrica	89	Sistema de transmissão continuamente variável - CVT
65	Reservatório de Gás Natural Veicular - GNV	90	Sistema hidráulico
66	Motor de combustão interna	91	Sistema elétrico (inversor de frequência)
67	Motor de combustão interna com acoplamento elástico	92	Caixa de câmbio (transmissão)
68	Motor de combustão interna acoplado em gerador de energia elétrica	93	Acelerador de mão
69	Motor de combustão interna com embreagem	94	Acelerador de mão e de pé
70	Motor elétrico	95	Acelerador de pé
71	Tração traseira (diferencial) proveniente da fonte de potência	96	Direção pinhão-cremalheira (mecânica)
72	Motor hidráulico (para cada roda, 4x4)	97	Direção pinhão-cremalheira (elétrica)
73	Tração 4x4 proveniente da fonte de potência	98	Direção pinhão-cremalheira (hidráulica)
74	Tração dianteira proveniente da fonte de potência	99	Direção através de articulação com acionamento hidráulico
75	Pneu com alta flutuação	100	Freio a disco nas quatro rodas
76	Esteira de borracha	101	Freio a disco nas rodas dianteiras e a tambor nas traseiras
77	Pneu com flutuação média	102	Freio com lona de acionamento a ar
78	Eixo tandem	103	Mapa em monitor
79	Sistema de amortecimento com barra de torção e amortecedor	104	Mapa fixado em suporte
80	Sistema de amortecimento com amortecedor e suspensão a ar	105	Mapa ilustrado em monitor e informação por voz
81	Sistema de amortecimento com amortecedor e mola helicoidal	106	Aparelho de GPS (sistema de posicionamento global) portátil
82	Sistema de amortecimento com suspensão a ar	107	Aparelho tacógrafo digital com armazenamento dos dados em disco
83	Sistema de amortecimento com feixes de mola reta e amortecedor	108	Aparelho tacógrafo digital com armazenamento dos dados em mini cartões
84	Sistema de amortecimento com barra de torção e amortecedor	109	Painel de monitoração analógico
85	Sistema de amortecimento com amortecedor e suspensão a ar	110	Painel de monitoração digital

Descrição das imagens apresentadas nos princípios de solução (Continuação do APÊNDICE – G)

Nº	Descrição da imagem	
111	Painel de monitoração misto (analógico/digital)	126 Sistema de amortecimento com barra de torção e amortecedor
112	Cabine pressurizada com dois postos de trabalho, descontaminação do ar através de filtro de carvão ativado e portas de acesso aos operadores independentes.	127 Sistema de amortecimento com amortecedor e suspensão a ar
113	Cabines pressurizadas individuais (motorista e operador do nebulizador), com descontaminação do ar através de filtro de carvão ativado e porta única de acesso a cada posto. Possibilita a rotação da cabine do operador do nebulizador para melhor visualização do(s) bocal(is) nebulizadores	128 Sistema de amortecimento com amortecedor e mola helicoidal
114	Cabines pressurizadas individuais (motorista e operador do nebulizador), com descontaminação do ar através de filtro de carvão ativado e porta única de acesso a cada posto.	129 Sistema de amortecimento com suspensão a ar
115	Ajuste da direção escamoteável, regulagem da posição horizontal e inclinação do encosto	130 Sistema de amortecimento com feixes de mola reta e amortecedor
116	Ajuste da altura do volante, regulagem horizontal e inclinação do encosto	131 Ventilador
117	Ajuste da altura, regulagem horizontal e inclinação do encosto no assento.	132 Condicionador de ar
118	Ajuste da altura e da profundidade do volante, regulagem horizontal, vertical e inclinação do encosto no assento.	133 Luzes de sinalização de formato retangular
119	Ajuste na altura e inclinação do encosto no assento	134 Luzes de sinalização de formato misto (retangular e circular)
120	Ajuste da altura, regulagem horizontal e inclinação do encosto no assento.	135 Luzes de sinalização de formato circular
121	Ajuste na inclinação do encosto no assento	136 Luz individual com comandos de ajuste instalados dentro da cabine
122	Escada e puxador para auxílio ao acesso a cabine	137 Luzes com direcionamento pré-definido
123	Puxador para a(s) mão(s) para auxílio ao acesso a cabine	138 Reservatório com água para higienização das mãos e tríplex lavagem das embalagens; tanque para lavagem das embalagens; e reservatório para armazenamento da água contaminada.
124	Suporte para os pés para auxílio ao acesso a cabine	139 Dosador portátil para a preparação da calda
125	Suporte para os pés e mão (s) para auxílio ao acesso a cabine	140 Dosagem (mistura) automática através de válvula eletroeletrônica