

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MELHORIAS EM BIODIGESTORES ANAERÓBICOS
DE PEQUENO PORTE: UMA APLICAÇÃO DO QFD**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lucinéia Carla Loeblein

Santa Maria, RS, Brasil

2014

MELHORIAS EM BIODIGESTORES ANAERÓBICOS DE PEQUENO PORTE: UMA APLICAÇÃO DO QFD

Lucinéia Carla Loeblein

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Leoni Pentiado Godoy
Co-orientador: Prof. Dr. Mario Luiz Santos Evangelista

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Loeblein, Lucinéia Carla
Melhorias em biodigestores anaeróbicos de pequeno
porte: uma aplicação do QFD. / Lucinéia Carla Loeblein.-
2014.
100 p.; 30cm

Orientadora: Leoni Pentiado Godoy
Coorientador: Mario Luiz Santos Evangelista
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2014

1. Desdobramento da Qualidade 2. Meio ambiente 3.
Área rural 4. Biodigestor I. Godoy, Leoni Pentiado II.
Evangelista, Mario Luiz Santos III. Título.

©2014

Todos os direitos autorais reservados a Lucinéia Carla Loeblein. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho somente poderá ser feita com a autorização do autor.

Endereço eletrônico: lucineiacarla@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

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

**MELHORIAS EM BIODIGESTORES ANAERÓBICOS DE PEQUENO
PORTE: UMA APLICAÇÃO DO QFD**

elaborada por
Lucinéia Carla Loeblein

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Leoni Pentiado Godoy, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Mario Luiz Evangelista, Dr. (UFSM)
(Co-orientador)

Alberto Souza Schmidt, Dr. (UFSM)

Edio Polacinski, Dr. (URI)

Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Lovato pela dedicação em ensinar, pelas reflexões sobre o trabalho e pelo incentivo ao estudo.

A professora Leoni pela oportunidade, pela confiança e por todos os ensinamentos.

Ao Tiago pelo amor, companheirismo e confiança.

A minha família pelo apoio e pela liberdade de escolhas.

Aos amigos e colegas do PPGEP pelo companheirismo, amizade, por oportunizarem momentos de alegria.

A Fundação Parque Tecnológico de Itaipu por permitir a realização da pesquisa, agradeço principalmente a Larice, pela troca de conhecimento e acompanhamento durante as visitas aos agricultores.

Aos agricultores do Condomínio Ajuricaba que me receberam e contribuíram com o trabalho.

Aos professores do PPGEP por seus ensinamentos, contribuindo para a minha formação.

Aos funcionários da secretaria do PPGEP pelo excelente trabalho.

Enfim a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

MELHORIAS EM BIODIGESTORES ANAERÓBICOS DE PEQUENO PORTE: UMA APLICAÇÃO DO QFD

AUTORA: LUCINÉIA CARLA LOEBLEIN

ORIENTADORA: DR.^a LEONI PENTIADO GODOY

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2014.

O consistente aumento da população mundial e a redução da pobreza estão aumentando a demanda de alimentos e energia. A necessidade de expansão da agricultura e da pecuária é acompanhada pela indesejável pressão sobre a degradação do meio ambiente. Este último efeito pode ser minimizado através da instalação e operação de biodigestores anaeróbicos em propriedades rurais. No entanto, estudos têm demonstrado que a maior parte dos biodigestores são abandonados depois de algum tempo de uso, tendo como causa a complexidade de operação e o baixo rendimento, que não compensa o acréscimo de mão-de-obra e investimento. Uma nova geração de biodigestores mais eficiente e mais fácil de operar necessita ser desenvolvida. Portanto, este trabalho tem por objetivo propor parâmetros de melhoria em biodigestores de pequeno porte, inserindo melhorias identificadas pelo emprego do Desdobramento da Qualidade (QD). Para tanto, a voz dos consumidores (VOC) foi coletada em um conjunto de agricultores incorporados a uma rede de pequenos agricultores que operam biodigestores no Oeste do Paraná. Através do Desdobramento da Qualidade, a voz do consumidor, ou seja, as suas exigências em relação ao biodigestor foram transformadas em características de produto. A partir dessas características, foram derivados componentes e parâmetros de qualidade capazes de possibilitar maior facilidade de operação e melhor desempenho do biodigestor. Bomba hidráulica específica para dejetos, material do balão armazenador de biogás, controle da temperatura e uniformidade do dejetos entrante foram as principais melhorias identificadas.

Palavras-chave: Desdobramento da Qualidade. Meio ambiente. Área rural. Biodigestor.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Postgraduate Program in Production Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

IMPROVEMENTS ON SMALL SCALE ANAEROBIC BIODIGESTER

AUTHOR: LUCINÉIA CARLA LOEBLEIN

ADVISER: DR.^a LEONI PENTIADO GODOY

Defense Place and Date: Santa Maria, February, 28th, 2014.

A steady increase in global population and reduction of poverty are raising demand for food and energy. A desirable expansion of agricultural and livestock production is accompanied by an undesirable pressure on environment degradation. This latter effect can be minimized through the installation and operation of anaerobic biodigesters in every farm. Past history, however, has demonstrated that most of biodigesters are eventually abandoned. Indeed their operation is complex and doesn't worth the workload and investment. A new generation of biodigesters, more efficient and more friendly operated, has to be developed. Such beneficial innovation can be achieved by applying quality deployment, QD, on designing new equipments. For this deed the voice of customer, VOC, was collected from a set of small farmers, located on the West part of Parana state in Brazil, that already have installed and operate small plants, all them linked as a net, to explore biogas as energy source. Through Quality Deployment, the voice of customer, the desires of the small farmers, were translated into product characteristics. From those characteristics, new components and quality parameters were elicited to address better performance and make operation more user-friendly. Special hydraulic pump for manure, improved material for gas container, better control of temperature and input manure consistency were the most significant improvement identified.

Keywords: Quality deployment. Environment. Rural areas. Biodigester.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre QD, QFDr e QFD (amplo)	27
Figura 2 – Matriz	29
Figura 3 – Modelo conceitual	31
Figura 4 – Desdobramento das quatro fases	33
Figura 5 – QFD estendido	34
Figura 6 – Matriz das Matrizes	36
Figura 7 – Matriz da qualidade	39
Figura 8 – Processo de formação do biogás	40
Figura 9 – Biodigestor modelo indiano	44
Figura 10 – Modelo biodigestor chinês	45
Figura 11 – Biodigestor modelo canadense	46
Figura 12 – Biodigestor tipo barril	47
Figura 13 – Biodigestor semi-enterrado	47
Figura 14 – Equipes envolvidas no programa de biogás doméstico	48
Figura 15 – Retorno para descoberta de novas questões	52
Figura 16 – Localização Sanga Ajuricaba	54
Figura 17 – Gasoduto de biogás Figura 18 – Microcentral Termelétrica	55
Figura 19 – Esquema sanitário do projeto	56
Figura 20 – Tanque de captação e homogeneização dos resíduos	58
Figura 21 – Biodigestor	59
Figura 22 – Balão	60
Figura 23 – Tanque de biofertilizante	60
Figura 24 – Vista frontal da casa de comando Figura 25 – Vista interna	61
Figura 26 – Relação entre idade x operação dos biodigestores	62
Figura 27 – Grau de instrução dos entrevistados	63
Figura 28 – Problemas identificados	65
Figura 29 – Modelo conceitual	66
Figura 30 – Características do produto	72
Figura 31 – Componentes do produto	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Empresas que utilizam QFD.....	26
Quadro 2 – Parâmetros que devem ser controlados.	49
Quadro 3 – Requisitos do consumidor	63
Quadro 4 – Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.....	67
Quadro 5 – Matriz da Qualidade	71
Quadro 6 – Matriz dos componentes do produto	74
Quadro 7 – Matriz de Desdobramento dos Processos	77
Quadro 8 – Parâmetros de qualidade para a tela de retenção	79
Quadro 9 – Parâmetros de qualidade do separador de palha.....	80
Quadro 10 – Parâmetros de qualidade para a bomba	80
Quadro 11 – Parâmetros de qualidade para a resistência elétrica.....	81
Quadro 12 – Parâmetros de qualidade para o queimador de biogás.....	82
Quadro 13 – Parâmetros de qualidade para o aquecimento prévio	82
Quadro 14 – Parâmetros de qualidade para o agitador.....	83
Quadro 15 – Parâmetros de qualidade para o mini compressor de aquário	84
Quadro 16 – Parâmetros de qualidade para o kit de operação.....	84
Quadro 17 – Parâmetros de qualidade para o tanque	85
Quadro 18 – Parâmetros de qualidade para o material PEAD	86
Quadro 19 – Parâmetros de qualidade para o reservatório cúpula balão.....	86
Quadro 20 – Parâmetros de qualidade para o Kit cozinha	87
Quadro 21 – Parâmetros de qualidade para o biodigestor	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIAG	– <i>Automotive Industry Action Group</i>
ASI	– <i>American Supplier Institute</i>
EUA	– Estados Unidos da América
FAO	– Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FMEA	– Análise de Modo e Efeito de Falha
FNR	– <i>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V</i>
FPTI	– Fundação Parque Tecnológico de Itaipu
FTA	– Análise da Árvore de Falha
ha	– Hectares
H₂S	– Ácido sulfídrico
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	– Instituto da Qualidade Automotiva
JODC	– <i>Japan Overseas Development Corporation</i>
JUSE	– <i>Union of Japanese Scientists and Engineers</i>
m³	– Metros cúbicos
OCDE	– Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	– Organização das Nações Unidas
PDPC	– Matriz de Priorização de Diagrama
pH	– Potencial hidrogeniônico
PR	– Paraná
PTI	– Parque Tecnológico de Itaipu
QD	– Desdobramento da Qualidade
QFD	– Desdobramento da Função Qualidade
QFD_r	– Desdobramento da Função Qualidade restrito
RS	– Rio Grande do Sul
SETREM	– Sociedade Educacional Três de Maio
TQC	– Controle da Qualidade Total
UFSM	– Universidade Federal de Santa Maria
VOC	– Voz do consumidor

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice A – Roteiro para entrevista com os agricultores	99
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema e problema	15
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificativa	16
1.4 Estruturação do texto	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Consumo de alimentos <i>versus</i> meio ambiente	20
2.2 Desdobramento da Função Qualidade	21
2.2.1 Histórico do QFD	22
2.2.2 Definições	23
2.2.3 Benefícios do uso do QFD	24
2.2.4 Aplicações do QFD	25
2.2.5 Versões do QFD	26
2.2.5.1 Quatro ênfases	27
2.2.5.2 Quatro fases	32
2.2.5.3 QFD estendido	33
2.2.5.4 Matriz das matrizes.....	34
2.2.6 Como levantar a voz do consumidor	37
2.2.7 Matriz da qualidade	38
2.3 Biogás	39
2.3.1 Biodigestores	43
2.3.1.1 Modelo biodigestor indiano.....	43
2.3.1.2 Modelo biodigestor chinês	44
2.3.1.3 Modelo biodigestor por batelada	45
2.3.1.4 Modelo biodigestor canadense	46
2.3.1.5 Modelo biodigestor BioKöhler.....	46
2.3.2 Operação dos biodigestores pelos agricultores.....	48
3 METODOLOGIA	50
3.1 Caracterização da pesquisa	50
3.2 Métodos de procedimento	51
3.3 Área de estudo	53
3.4 Limitações de pesquisa	56
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	57
4.1 Biodigestor BioKöhler	57
4.2 Análise e consolidação dos dados	62
4.3.1 Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida.....	67
4.3.2 Matriz da Qualidade	69
4.3.3 Matriz dos Componentes do Produto	73
4.3.4 Matriz de Desdobramento de Processos	76
4.3.5 Matriz dos Parâmetros de Qualidade.....	78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89

5.1 Sugestões para trabalhos futuros	91
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE	99

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo dos alimentos, juntamente com a preocupação mundial em torno da erradicação da fome humana demanda um aumento da produção agrícola. Este crescimento da produção agrícola deve estar de acordo com as questões ambientais, de modo a não expor ainda mais o meio ambiente à degradação.

O Brasil, como um dos expoentes da produção agropecuária mundial e com política definida de proteção das matas, ainda carece de mecanismos práticos de proteção do ambiente nas regiões de intensa produção pecuária como suína, bovina e avícola.

Um dos meios de contribuir para a preservação do meio ambiente em pequenas propriedades rurais é a instalação de biodigestores para tratamento dos dejetos animais (DEUBLEIN; SETEINHAUSER, 2008). Biodigestores anaeróbicos podem contribuir na redução da emissão de gases de efeito estufa para o ambiente, reduzem a contaminação da água e do solo e também produzem biofertilizante, metano, gás carbônico e energia elétrica. Proporcionando uma fonte de renda alternativa para o pequeno agricultor, podendo ser um diferencial para a sua sobrevivência econômica.

Os programas modernos de instalação de biodigestores têm revelado a complexidade de sua operação (KALTSCHMITT; SCHOLWIN, 2012; TEUNE et al., 2010), pois, na operação de biodigestores, estão envolvidos problemas de microbiologia, química, termodinâmica e fluídica. Esta é uma situação que os agricultores possuem dificuldade de administrar, por falta de preparo técnico ou por falta de tempo. Há também outras razões plausíveis para que isso aconteça como a falta de conhecimento para operação dos biodigestores, a falta de assistência técnica, a inexistência de incentivos adequados ou mesmo, a inadequação dos equipamentos aos fatores ambientais, sociais e econômicos específicos de cada região agropecuária (BARICHELLO, 2010; NORONHA, 2009).

Sobre a adequação dos biodigestores ao ambiente da região Noroeste do Rio Grande do Sul, produtora expressiva de carne suína e de leite, que o presente trabalho versa. Neste sentido o método inicialmente desenvolvido por Akao, *Quality Function Deployment* (QFD), mais particularmente o Desdobramento da Qualidade (QD) pode ser útil, pois este tem sido utilizado em diversas áreas industriais no desenvolvimento de novos produtos, ou então na melhoria de produtos já existentes.

No presente caso, o QD foi aplicado para verificar o que precisa ser melhorado nos biodigestores, a fim de facilitar o trabalho do produtor rural e oportunizar um maior retorno do investimento. As necessidades dos agricultores, expressadas com “a voz do consumidor”, no jargão do QFD, foram transformadas em características a serem contempladas no projeto de um novo modelo de biodigestor.

Para a aplicação do QD, a voz do consumidor foi levantada em pequenas propriedades rurais que possuem biodigestores instalados, optou-se pelas propriedades que participam do Condomínio Ajuricaba, localizado na cidade de Marechal Cândido Rondon. Estes agricultores se enquadram no programa de agricultura familiar, pois possuem uma renda anual inferior a cem mil reais e, suas principais atividades agrícolas são a produção de leite e carne suína em pequenos plantéis (ITAIPU BINACIONAL, 2012).

Neste condomínio, 33 propriedades rurais possuem biodigestores instalados, que fazem o tratamento dos dejetos suínos e bovinos. O gás produzido é canalizado para uma microcentral termoelétrica para gerar energia, e a eletricidade é utilizada nas propriedades, sendo que o excedente é vendido para a cooperativa de energia da Região (ITAIPU, 2012).

A escolha por estas propriedades rurais ocorreu devida a semelhança entre a extensão das propriedades rurais dessa região do Paraná e as propriedades localizadas na região Fronteira Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS) onde se pretende futuramente instalar biodigestores em um projeto semelhante ao Condomínio Ajuricaba.

A região Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul é composta por 20 municípios, o setor agropecuário da região se caracteriza por propriedades de pequeno porte, uma vez que 70% das propriedades agrícolas possuem menos de 20 hectares (EVANGELISTA et al., 2006). A produção agrícola da região é baseada nos cultivares de soja e milho, os quais, além de serem destinados à exportação, também são a fonte de matéria-prima para a produção de rações que servem como alimento para os animais. A região conta com um rebanho de 486.966 cabeças de suínos, 320.698 cabeças de bovinos e 699.255 cabeças de aves, dados estes obtidos do Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2011. Estes animais produzem, diariamente, grande quantidade de dejetos, os quais, se não forem tratados, contribuem significativamente para a degradação do meio ambiente.

Neste contexto, o desenvolvimento sustentável de uma região está diretamente ligado à produção de energia e à utilização dos combustíveis obtidos de fontes limpas e renováveis (FAO; OCDE, 2012). Os biodigestores anaeróbicos podem ser um caminho responsável, já

que possibilitam o aumento da produção de energia de maneira consciente, ao reduzir a poluição (DEUBLEIN; SETEINHAUSER, 2008).

Projetar e desenvolver biodigestores adequados ao porte, às necessidades, e à cultura agropecuária de cada região pode contribuir significativamente para o bem estar econômico, social, e ambiental. Nesse sentido, a aplicação do QD pode ser fundamental para buscar a melhoria dos biodigestores para produção de biogás e biofertilizante em pequenas propriedades rurais. Isso trará o crescimento dessas pequenas empresas rurais, fortalecendo-as e oferecendo produtos de melhor qualidade a preços competitivos.

1.1 Tema e problema

O tema da referente pesquisa é a aplicação do Desdobramento da Qualidade em biodigestores, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade dos biodigestores anaeróbicos de pequeno porte. O QD foi aplicado em biodigestores utilizados em pequenas propriedades agrícolas, utilizando-se dejetos suínos e bovinos como substrato. O levantamento da voz do consumidor, que constitui de entrevistas para conhecer as necessidades dos usuários em relação aos biodigestores, foi realizado junto aos agricultores que participam do projeto Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar da Microbacia do Rio Ajuricaba no município de Marechal Cândido Rondon. O resultado deste trabalho futuramente será aplicado em projeto similar na região Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul, mais precisamente na cidade de Santo Cristo.

A proteção do meio ambiente é uma necessidade premente e global, particularmente as atividades agrícolas devem ser realizadas de forma a atender essa premência. A proteção do meio ambiente não deve ser um ônus para o agricultor, mas deve ser uma fonte de renda adicional. A utilização de biodigestores anaeróbicos pode satisfazer adequadamente a proteção do meio ambiente com a inclusão de renda extra para o agricultor. Mas, caso o processo de operação do biodigestor seja complexo, o agricultor pode abandoná-lo.

O desenvolvimento de biodigestores com características que tornem a operação mais simplificada para os agricultores pode vir a diminuir as estatísticas de abandono de biodigestores. Para tal, quais são os parâmetros que podem ser melhorados no biodigestor que possam aumentar as chances do agricultor de operá-lo?

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais estão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é propor parâmetros de melhoria em biodigestores anaeróbicos de pequeno porte, com a utilização do Desdobramento da Qualidade.

1.2.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo geral, foram elencados alguns objetivos específicos para delimitar metas mais detalhadas da pesquisa, os quais são:

- a) realizar entrevista com os agricultores que possuem biodigestores instalados para obter a voz do consumidor;
- b) definir os requisitos dos consumidores;
- c) definir as características do produto, dos componentes e subsistemas para atender os requisitos dos consumidores;
- d) definir os parâmetros de melhoria para o projeto de um novo modelo de biodigestor.

1.3 Justificativa

Muitas pessoas estão saindo da pobreza extrema, possuindo um maior poder de compra, aumentando, desta forma, o consumo de alimentos e a necessidade de aumento da produção agropecuária. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação

e a Agricultura (FAO, 2012), o rápido crescimento das receitas colaborou para o aumento do consumo de alimentos por pessoa, o que ocorreu principalmente em países emergentes e em desenvolvimento. O maior aumento do consumo de alimentos por pessoa, desde o ano de 2000, ocorreu na Europa Oriental e Ásia Central, com 24% de crescimento.

Desse modo, é imprescindível a ampliação da produção agrícola, mas sem afetar o meio ambiente. Assunto que foi amplamente debatido durante a reunião dos ministros da Agricultura do G20 e a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável realizadas em junho de 2012, discussão que destacou a necessidade de crescimento sustentável da produtividade agrícola para erradicar a fome e a necessidade de assegurar o uso mais eficiente dos recursos naturais (FAO, 2012).

O aumento da produção agropecuária deve ser realizado preservando o meio ambiente, e isso passa pelo tratamento de dejetos, contribuindo para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Uma das maneiras de tratar os dejetos é o uso de biodigestores. Os biodigestores trazem aos agricultores benefícios como biofertilizante e biogás, mas também exigem mais trabalho e domínio de mais um campo do conhecimento por parte do agricultor.

A instalação de biodigestores em propriedades rurais demanda dos agricultores a sua operação e manutenção. Então, além de todo o trabalho com o trato dos animais, o agricultor terá uma função a mais, o que exigirá tempo e conhecimento. No Brasil, muitos agricultores desistem da instalação de biodigestores, ou os abandonam mesmo depois de instalados, alegando não haver o retorno esperado. Isso geralmente ocorre devido à falta de informação e ao manuseio inadequado. Pesquisas neste sentido podem ser analisadas em Barichello (2010) e Noronha (2009).

A pesquisa realizada por Barichello (2010) constatou que nas 30 propriedades que possuem biodigestores instalados na Microrregião de Santa Rosa – Rio Grande do Sul (RS) 33% deles estão desativados. Com a análise da pesquisa, o autor concluiu que isso se deve à falta de acesso à informação dos agricultores, pois destes 50% não sabiam como utilizar os subprodutos (biofertilizante e gás), e 100% deles não tiveram acesso a treinamentos sobre como manusear esta tecnologia.

Do mesmo modo, Noronha (2009) pesquisou o motivo da não utilização de biodigestores por granjas de suínos na cidade de Marechal Cândido Rondon (Paraná). As razões apresentadas pelos agricultores foram a falta de informação sobre biodigestores, a carência de incentivo financeiro, o alto custo dos biodigestores e, também, o descrédito na possibilidade de que os biodigestores funcionem efetivamente de acordo com o que se propõem, devido a exemplos negativos que tiveram em propriedades vizinhas.

Em vários países estão sendo realizadas pesquisas que buscam a melhoria dos biodigestores, de tal forma que a sua operação fique mais acessível ao agricultor, que incrementem o seu interesse e a sua motivação (KALTSCHMITT; SCHOLWIN, 2012; TEUNE et al., 2010). Nesse sentido as pesquisas científicas podem apoiar o desenvolvimento de melhores biodigestores, adequados ao meio social e cultural do típico agricultor do noroeste do RS.

O QD poderá contribuir para o desenvolvimento de um biodigestor com especificações que facilitem o manejo do mesmo pelos agricultores. Pois, a finalidade dessa ferramenta é projetar a qualidade de um produto, de modo que as necessidades dos consumidores são convertidas em características do mesmo.

Existe certa confusão na determinação do que é o QFD: em muitos trabalhos é utilizada a denominação QFD, no entanto o que o trabalho apresenta é o QD (MIGUEL, 2008). Pois o QFD se divide em QD e QFD restrito, e a combinação dos dois é o QFD amplo, o QD trata da qualidade do produto que é exigida pelo consumidor e o QFD restrito consiste na execução correta do trabalho humano (AKAO, 1990). Neste trabalho será aplicado somente o Desdobramento da Qualidade (QD), pois o objetivo do trabalho é melhorar a qualidade do biodigestor, através do levantamento da voz do consumidor.

Atualmente, o mercado produtor apresenta mudanças rápidas e inovadoras, no entanto é preciso alinhar os produtos às pessoas que os utilizam. Dessa forma, esta proposta se justifica, pois proporciona a melhoria dos biodigestores para as pequenas propriedades rurais. Mas, para que exista um processo de melhoria é necessário um método que interfira positivamente na qualidade do produto, atendendo as expectativas dos usuários. Aqui, justifica-se o uso do QD nessa análise, método criado no Japão para melhoria contínua de produtos.

1.4 Estruturação do texto

Este trabalho foi estruturado em quatro capítulos. O primeiro traz a introdução, incluindo o tema e o problema, os objetivos pretendidos, a justificativa e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 contempla o referencial teórico sobre os seguintes temas: consumo de alimentos no mundo *versus* meio ambiente; Desdobramento da Função Qualidade (QFD),

cujas principais referências na abordagem do assunto foram Akao, 1990; Ohfuji, Ono e Akao, 1997; Cheng e Melo Filho, 2007. Finalmente esse capítulo também irá discutir as contribuições do biogás, apresentando os diversos modelos de biodigestores existentes.

No Capítulo 3, encontra-se descrito o método utilizado, com o objetivo de atribuir confiabilidade nos resultados que serão alcançados, além de apresentar os procedimentos de pesquisa, bem como as técnicas necessárias a serem empregadas quanto à coleta, à análise, e interpretação dos dados coletados.

No Capítulo 4 estão os resultados da análise do levantamento de dados junto aos agricultores do Condomínio Ajuricaba e a aplicação do Desdobramento da Qualidade, apresentando os parâmetros de qualidade que devem ser observados para cada componente do biodigestor.

No Capítulo 5 estão descritos as considerações finais da pesquisa, com as principais contribuições para a ciência e a sociedade. Além, de indicações para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir do ano 2000, na Alemanha, com a lei sobre prioridade de energias renováveis, iniciou-se na Europa um novo ciclo de pesquisas e desenvolvimento de biodigestores (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). O novo enfoque reconhecia o fracasso das iniciativas anteriores e procura embasar cientificamente os novos projetos. Assim, a partir de uma emenda à mesma lei, ocorrida em 2004, que estabelecia tarifas diferenciadas para energia elétrica advinda de fontes alternativas, o interesse do mercado juntou-se ao interesse técnico (KALTSCHMITT et al., 2012).

Na china, Mao Tse Tung havia iniciado, na década de 1970, por motivos sanitários e de energia, um programa de instalação de pequenos biodigestores no meio rural. Cerca de seis milhões de unidades foram instaladas, mas após o ímpeto inicial, a operação da maior parte foi sendo abandonada (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

A partir de 1992, no entanto, se iniciaram pesquisas mais abrangentes sobre projeto e operação de biodigestores e em 2003 foi estabelecido o Plano Nacional de Construção do Biogás Rural 2003 – 2010, que pretendia atingir a meta de cinquenta milhões de biodigestores instalados ao final desse período (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Percebe-se então, a múltipla função do biodigestor rural: econômica, ambiental e sanitária. Constata-se também, que com a virada do século passou-se a basear os projetos em pesquisas científicas, abandonando os métodos artesanais de construção. Esse enfoque recente requer então, métodos e técnicas de projeto coerentes com o estado atual da arte, como é o caso da aplicação do Desdobramento da Qualidade.

2.1 Consumo de alimentos *versus* meio ambiente

O Programa de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU) elencou oito metas a serem cumpridas até o ano de 2015. A sua primeira meta é a erradicação da pobreza extrema e da fome. A sétima meta é garantir a sustentabilidade ambiental (ONU, 2013).

Outra publicação realizada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2012) expõe a preocupação sobre a necessidade de aumentar de forma sustentável a produtividade agrícola para contribuir na erradicação da fome e garantir o uso mais eficiente dos recursos naturais.

O consumo de alimentos nos países emergentes e em desenvolvimento aumentou de forma considerável nos últimos anos, isso se deve ao aumento da receita da população (FAO, 2012). E este crescimento da demanda dos alimentos subirá ainda mais nas próximas décadas, o que provocará uma pressão sobre os recursos naturais, para o aumento da produção agrícola.

Portanto, existe a necessidade de investimentos na agricultura, para que se obtenha uma maior produtividade agrícola, atendendo a demanda e investindo em produzir de forma sustentável e que garanta a sustentabilidade ambiental.

Em virtude da concorrência, o setor agropecuário brasileiro produz com um percentual de lucros baixos, com dificuldades para custear investimentos e operações para o tratamento dos impactos ambientais, comprometendo a sustentabilidade. As possibilidades de geração de renda com a produção de energia elétrica, venda de créditos de carbono e comercialização de biofertilizantes a partir do tratamento de dejetos, podem tornar viáveis os projetos de utilização de biodigestores (BLEY JUNIOR et al., 2009).

Em minifúndios, como o caso da região Fronteira Noroeste, o lucro que se obtém da produção agropecuária é baixo (EVANGELISTA et al., 2006), em muitos casos servindo somente para a sobrevivência da família. Isso faz com que muitos agricultores ou filhos de agricultores busquem empregos em centros maiores, provocando o êxodo rural. Este é o caso da região Fronteira Noroeste que, conforme Terra e Lemainski (2002), foi a única região do estado do RS que perdeu população na década de 90.

A inserção de biodigestores pode ser um fator a contribuir no desenvolvimento de pequenas propriedades, aumentando a produtividade e a renda, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa, e evitando a poluição dos mananciais hídricos.

2.2 Desdobramento da Função Qualidade

O período pós Segunda Guerra Mundial encontrou as empresas norte americanas assumindo posição hegemônica nos diversos mercados mundiais. A recuperação dos países

derrotados, como Alemanha e Japão, trouxe, nas décadas seguintes, novos fornecedores de bens industriais e de consumo a disputar o mercado com os norte-americanos.

Particularmente o Japão, sem recursos de matéria-prima, sem extensões suficientes de terras agricultáveis para suprir comodamente sua própria população e sem fontes de carvão ou petróleo para prover suas necessidades de energia, teve a necessidade vital de não falhar na oferta de novos produtos aos mercados externos que pretendesse atender. O país precisava então de instrumentos que aumentassem suas chances de atender aos desejos e necessidades dos consumidores. Um dos instrumentos desenvolvidos foi o *Quality Function Deployment*, traduzido para o português como Desdobramento da Função Qualidade - QFD.

O QFD tem sido aplicado em produtos de consumo que são obtidos pelo consumidor final ou em produtos intermediários, como, por exemplo, ferro gusa e peças fundidas. Esse método pode ser aplicado para o desenvolvimento de novos produtos ou na melhoria de produtos já existentes no mercado (CHENG; MELO FILHO, 2007). O QFD também vem sendo bastante utilizado no setor de serviços, na busca da satisfação dos clientes deste setor.

2.2.1 Histórico do QFD

O Desdobramento da Função Qualidade foi concebido no final da década de 60 no Japão. Neste período as indústrias japonesas mudaram seu conceito em relação à produção: antes, os produtos eram desenvolvidos a partir de imitações e cópias e, a partir dos anos 60, iniciou-se o conceito de desenvolvimento de novos produtos com base na originalidade e com o suporte do Controle da Qualidade Total (TQC) (AKAO, 1997).

No ano de 1978, foi publicado o primeiro livro em japonês dos professores Yoji Akao e Shigeru Mizuno sobre QFD. Assim, o QFD foi realmente reconhecido como um método para garantir o controle da qualidade no desenvolvimento de produtos (AKAO, 1990; CHENG; MELO FILHO, 2007).

O QFD foi abordado pela primeira vez no Brasil em 1989, através da publicação de um artigo de Akao e Ohfuji apresentado na *International Conference of Quality Control* (MIGUEL, 2008). Porém, a propagação do conhecimento sobre QFD no Brasil teve uma ênfase maior no início da década de 90, através de um conjunto de ações da Fundação Cristiano Ottoni, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, da

Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE), da *Japan Overseas Development Corporation (JODC)* e da *Sadia Concórdia S.A. (MIGUEL, 2008)*.

Na atualidade o QFD continua sendo bastante utilizado nos mais diversos países. A sua importância pode ser corroborada nos trabalhos recentemente publicados em revistas científicas. Dentre estes, pode-se citar a pesquisa desenvolvida por Gremyr e Raharjo (2013), a qual apresenta, além de uma revisão bibliográfica sobre QFD, uma aplicação prática em um hospital no processo de medicação de pacientes. Após a aplicação do QFD e a implantação das melhorias identificadas, fez-se um estudo de tempo, o qual apontou uma redução de 20% no tempo de prescrição dos medicamentos.

Wang e Chen (2012) publicaram uma pesquisa referente à utilização do QFD para contribuir no desenvolvimento e na definição do design de novos produtos. Além dos trabalhos recém citados, há várias publicações científicas recentes que comprovam sua abordagem nos dias atuais. Dentre estes, há os trabalhos de Behzadian et al. (2013), Chen, Ko e Tseng (2013), Shin et al. (2013), Du et al. (2013).

2.2.2 Definições

Ohfuji, Ono e Akao (1997) definem o Desdobramento da Função Qualidade (QFD) como uma técnica concreta para garantir a qualidade do produto desde o seu desenvolvimento. Por isso, O QFD consiste em uma série de atividades que vão desde o levantamento das exigências dos consumidores até a inserção destas exigências no produto final. No mesmo sentido, Cheng e Melo Filho (2007) conceituam o QFD como uma maneira de transmitir de forma ordenada dados relacionados com a qualidade do produto e de apontar sistematicamente as tarefas necessárias para o alcance da qualidade. Tendo por meta assegurar a garantia da qualidade no momento do desenvolvimento do produto.

Miguel (2008) define o QFD como um método de desenvolvimento de produtos e serviços no qual as definições do produto são estabelecidas através do levantamento das necessidades e requisitos dos consumidores. Dessa forma o QFD permite transformar as necessidades e requisitos em especificações de produto.

Por outro lado, Wang e Chen (2012), de uma forma mais generalizada, afirmam que o QFD fornece uma plataforma de comunicação para reunir diferentes opiniões entre

especialistas da indústria e clientes, e é capaz de transformar os requisitos de marketing em atributos técnicos.

O QFD é um conjunto de rotinas de planejamento e comunicação onde o foco é coordenar as habilidades dentro de uma organização e então manufaturar bens de consumo que os clientes queiram comprar. O objetivo é os produtos serem projetados para refletir os desejos e necessidades dos consumidores, envolvendo assim as pessoas do marketing, engenheiros de design e o pessoal da produção, que precisam trabalhar em conjunto para o seu desenvolvimento. Noutras palavras, o QFD é um tipo de mapa conceitual que fornece os meios para o planejamento interfuncional e a comunicação (HAUSER; CLAUSING, 1988).

Ao desdobrar esses conceitos, conclui-se que o QFD é um método a ser aplicado necessariamente por equipes multifuncionais.

2.2.3 Benefícios do uso do QFD

O próprio Akao (1990) apresenta, já na década de 90, os benefícios trazidos pelo QFD e seus procedimentos. O desenvolvimento de novos produtos que atendem à demanda dos s aumenta a participação no mercado, ajudando a reduzir o prazo de lançamento dos produtos, além de aumentar a confiança dos clientes. Dentro da organização a comunicação interna é essencial para o sucesso da empresa diante de uma concorrência cada vez mais ágil e agressiva. E, o QFD contribui para o aumento da comunicação e a cooperação interdepartamental, além de identificar os problemas nos estágios iniciais de desenvolvimento, resultando na redução dos tempos de desenvolvimento e de processamento.

Cheng e Melo Filho (2007) listam uma variedade de benefícios já comprovados em empresas brasileiras que utilizam o QFD, tais como:

- a) melhoria no desenvolvimento de produtos, com o lançamento de uma quantidade maior de produtos e com maiores chances de sucesso;
- b) menor tempo no desenvolvimento de produtos;
- c) maior faturamento da empresa;
- d) maior participação no mercado;
- e) redução na quantidade de alterações durante o desenvolvimento do produto;
- f) diminuição das reclamações dos usuários;
- g) redução de custos e perdas.

2.2.4 Aplicações do QFD

Carnevali e Miguel (2007) desenvolveram uma pesquisa na qual analisaram as publicações no período de 2000 a 2006, relacionadas com os estudos de QFD. Nesta pesquisa verificou-se que 53% dos casos estudados são aplicações práticas do QFD e, destes, 12% com o objetivo de desenvolver estratégia na empresa, 10% no desenvolvimento de produtos, 14% dos casos aplicados em serviços e outros. A pesquisa também demonstrou que a utilização do QFD não se restringe ao desenvolvimento de produtos, processos e serviços, pois ele também é usado como um método de análise de informações.

A pesquisa realizada por Carnevali, Sassi e Miguel (2004) em empresas brasileiras mostra que o setor com maior utilização do QFD em serviços foi o de saúde (8,1%), seguido por ensino (5,4%), telecomunicações, internet, clubes, laboratórios entre outros (2,7%). Quanto ao desenvolvimento de produtos, o setor com maior utilização foi o automotivo, com 20,8%, seguido de alimentos, com 12,5% dos casos. Nesta pesquisa, constatou-se que os setores que mais utilizam o QFD no Brasil são: automobilístico, eletrodomésticos, metalúrgica básica, produtos alimentícios, bebida, fumo, máquinas e equipamentos, e produtos químicos.

No quadro 1 elaborado por Miguel (2008) a partir de suas experiências e referências bibliográficas, visualiza-se quais as empresas que utilizam o QFD em três países. Observa-se que são empresas de diferentes setores do mercado, e que possuem grande fatia de mercado no ramo que atuam. Isso demonstra que o QFD é um método importante no desenvolvimento de produtos nas empresas.

Brasil	EUA	Japão
Alvin Meritor	3M	Denso
BrasilPrev	Apple	Hitachi
Caraíba Metais	Dow Corning	Komatsu
Daimler Chrysler	DuPont	Matsushita Electronics
Eaton	Eastman Kodak	Mitsubishi
Fiat	Ford Motor Company	Nippon Stells
Multibrás	GE Medical Systems	Nissan
Sadia	General Motors	Pionner
Springer Carrier	IBM	Ricoh
Votocel	Intel	Shimizu Construction
VW Caminhões	Kimberly-Clark	Toshiba
Weg	Xerox	Tokyo Electric Power

Quadro 1 – Empresas que utilizam QFD

Fonte: Miguel (2008).

2.2.5 Versões do QFD

O QFD foi inicialmente desenvolvido pelos professores Akao e Mizuno no Japão. No entanto, com o passar do tempo, muitos elementos conceituais e metodológicos foram adicionados pelo próprio Akao e por outros pesquisadores da área (CHENG; MELO FILHO, 2007).

Com essa evolução surgiu uma variedade de versões de QFD. As quatro mais conhecidas serão conceituadas neste trabalho: quatro ênfases, quatro fases, QFD estendido e matriz das matrizes.

2.2.5.1 Quatro ênfases

Quatro ênfases é a versão original do QFD, é subdividida em Desdobramento da Qualidade (QD) e Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito (QFDr). A combinação destas duas partes forma o QFD amplo (CHENG; MELO FILHO, 2007; OHFUJI; ONO; AKAO, 1997). A relação entre QD, QFDr e QFD (amplo) pode ser observada na figura 1.

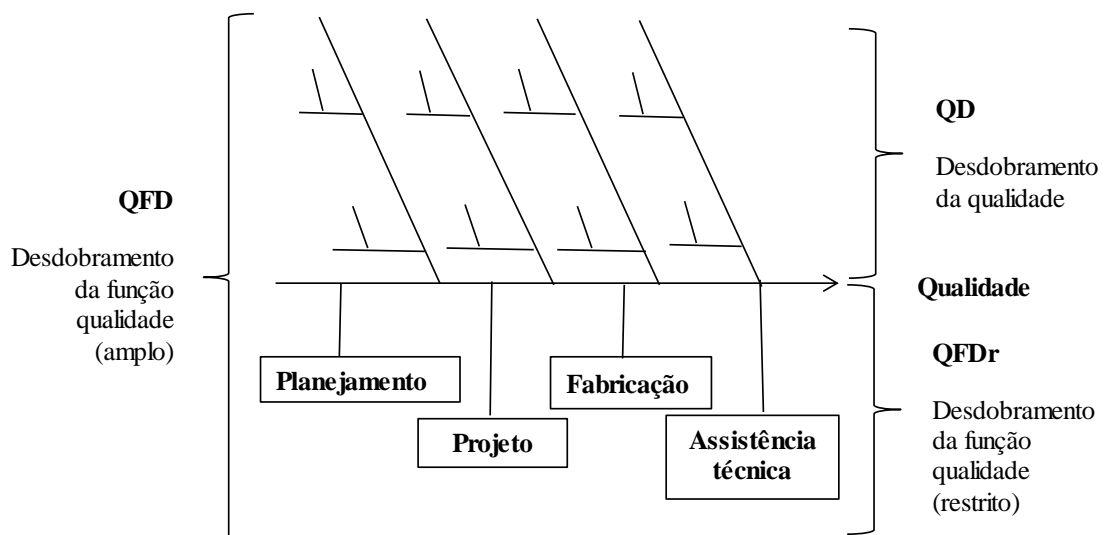


Figura 1 – Relação entre QD, QFDr e QFD (amplo)

Fonte: Cheng e Melo Filho (2007).

Em relação à figura 1, na parte superior existem quatro linhas com inclinação vertical, sendo que elas significam quatro etapas no desenvolvimento do produto. A primeira é a coleta de informações junto com os consumidores e sua transformação em requisitos, a segunda representa “a tradução” destes requisitos em características dos produtos, a terceira leva das características do produto aos seus componentes e a quarta está relacionada com os parâmetros de qualidade que as funções dos componentes devem satisfazer. Esta parte é definida como Desdobramento da Qualidade (QD).

Ohfujii, Ono e Akao (1997, p. 21) definem o Desdobramento da Qualidade como:

Converter as exigências dos usuários em características substitutivas (características de qualidade), definir a qualidade do projeto do produto acabado, desdobrar esta qualidade em qualidade de outros itens tais como: qualidade de cada uma das peças funcionais, qualidade de cada parte e até os elementos do processo, apresentando sistematicamente a relação entre os mesmos.

Neste mesmo sentido, Cheng e Melo Filho (2007), definem o QD como um processo o qual tem por objetivo traduzir e transmitir os dados necessários para o desenvolvimento do produto, de modo que o produto desenvolvido atenda aos requisitos dos clientes. Isso ocorre por meio de desdobramentos ordenados, desde a determinação da voz do consumidor, passando por todos os processos necessários até o produto acabado.

Na parte inferior da figura 1 estão quatro etapas numa visão mais ampla do projeto de produto. Elas indicam que este último envolve também o planejamento, o projeto, a fabricação e assistência pós-venda. Como se nota, esta parte está mais relacionada com os processos que ocorrem dentro da organização ao se buscar a qualidade no produto desenvolvido. Esta parte inferior é conhecida como Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito, e, quando se utiliza tanto a parte inferior como superior, tem-se o QFD amplo.

O Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito é definido por Ohfujii, Ono e Akao (1997, p. 21) como “o desdobramento, em detalhes, das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a qualidade e a lógica de objetivos e meios”. Para Cheng e Melo (2007), o QFD_r consiste em desdobrar as atividades em uma sequência de procedimentos, tarefas, atividades e metodologias para garantir a qualidade, iniciando no desenvolvimento do produto e seguindo na produção, distribuição, vendas e assistência técnica.

De acordo com Miguel (2008), o que nas bibliografias geralmente é denominado QFD é somente o Desdobramento da Qualidade (QD). O desdobramento da função é denominado QFD no sentido restrito. A combinação dessas duas partes, por sua vez, forma o QFD amplo. O objetivo do QD é a qualidade do produto exigida pelo consumidor, e o QFD_r tem por objetivo a execução correta do trabalho humano. Na abordagem prática deste trabalho será aplicado somente o Desdobramento da Qualidade, pois a pesquisa tem como finalidade melhorar a qualidade dos biodigestores, para atender a necessidade dos clientes.

As unidades operacionais do Desdobramento da Qualidade são: tabela, matriz, modelo conceitual e conjunto de padrões. As tabelas possibilitam que as informações coletadas passem de um nível mais subjetivo para um nível mais concreto, de modo que resumem o Desdobramento da Qualidade determinado pelo cliente (GODOY, 1999). Elas podem ser

montadas com o auxílio de ferramentas como Brainstorming, Diagrama de Afinidade ou outras ferramentas de criatividade.

A tabela tem um papel fundamental no QD, geralmente é representada por uma figura triangular, e sua finalidade é demonstrar o detalhamento, de modo sistemático e em níveis. A tabela deve ser realizada em grupo, e os dados podem ser de diversas fontes, como por exemplo, a voz do consumidor. Podem ser usados vários tipos de tabelas como: Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida, Tabela de Desdobramento das Funções, Tabela de Desdobramento de Custo, entre outras. O que define quais tabelas serão utilizadas é o tempo de desenvolvimento, finalidade do produto, tipo de indústria e o nível de proximidade com o cliente (CHENG; MELO FILHO, 2007).

A matriz é formada por duas tabelas, que graficamente é representada por dois triângulos (A e B) e um quadrado de duas abas (C e D) (CHENG; MELO FILHO, 2007), conforme é mostrado na figura 2.

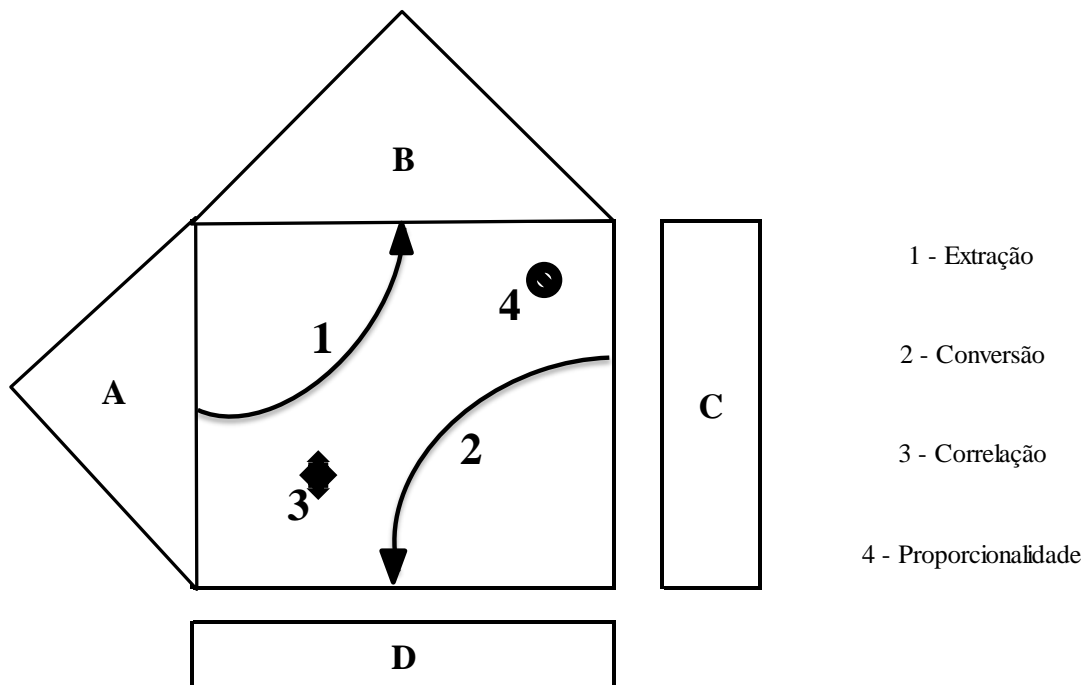


Figura 2 – Matriz

Fonte: Adaptado de Cheng e Melo Filho (2007).

De acordo com Godoy (1999) a matriz tem por objetivo apresentar as relações entre as tabelas, as quais podem ser quantitativas, qualitativas ou de intensidade. A relação

quantitativa é denominada de conversão, pois os dados de uma tabela são transmitidos a outra. Na figura 2, a conversão é indicada pela seta 2.

Na relação qualitativa, uma tabela é obtida por meio de outra, o que é chamado de processo de extração, deste modo para cada requisito de qualidade deve se identificar as características de qualidade do produto (CHENG; MELO FILHO, 2007). Em relação a extração da planilha da parte da esquerda para a superior é importante perceber que se trata de uma conversão do ponto de vista do consumidor para o ponto de vista do Engenheiro (AKAO, 1990). Na figura 2, a extração é indicada pela seta 1.

A relação de intensidade é denominada de correlação (símbolo 3, Figura 2) e proporcionalidade (símbolo 4, Figura 2). A proporcionalidade tem por objetivo verificar as relações entre os componentes de uma mesma tabela. A correlação busca identificar as relações entre os elementos desdobrados de duas tabelas distintas, ou seja, apontar as relações de causa e efeito entre os itens das tabelas que formam uma matriz. Além disso, a correlação permite a priorização dos itens de uma tabela em relação aos itens da outra tabela a qual é indicada por número ou símbolos (CHENG; MELO FILHO, 2007):

- a) Correlação forte: 9 ou \square ;
- b) correlação normal: 3 ou \bigcirc ;
- c) correlação fraca: 1 ou \triangle .

A representação simbólica pode variar de acordo com cada autor, mas sempre haverá uma legenda para correta interpretação. A principal matriz é a matriz da qualidade ou casa da qualidade, a qual será descrita na seção 2.2.7 Matriz da Qualidade.

O conjunto formado pelas tabelas e matrizes é chamado de modelo conceitual, apresenta-se no começo do desdobramento e serve como plano para o Desdobramento da Qualidade. Ele permite a visibilidade das relações entre os desejos e as necessidades dos consumidores com a qualidade do produto oferecido (GODOY, 1999).

O modelo conceitual pode contemplar quatro dimensões, que variam de acordo com a necessidade de abordagem ou não. Estas são: desdobramento da qualidade positiva, confiabilidade, custo e tecnologia (CHENG; MELO FILHO, 2007). Um exemplo de modelo conceitual pode ser observado na figura 3.

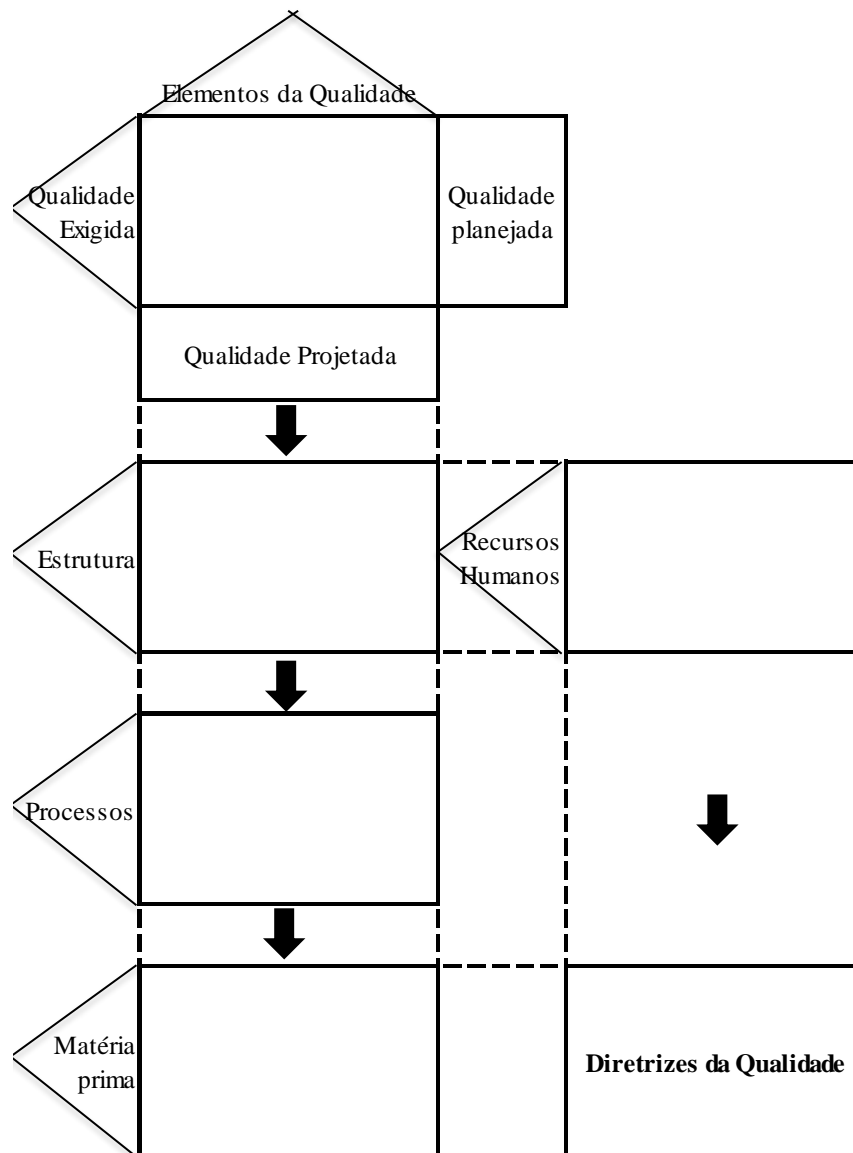


Figura 3 – Modelo conceitual

Fonte: Wagner (2004).

O modelo conceitual tem por objetivo apresentar qual a sequência do trabalho, ou seja quais as tabelas e matrizes que serão usadas para chegar ao objetivo proposto. Pode se considerar, como um fluxograma da aplicação do Desdobramento da Qualidade, e é elaborado antes de colocar em prática as tabelas e matrizes.

O conjunto de padrões é o modo de efetuar a transmissão de informações para as áreas funcionais que farão o produto ou serviço. Para que isso ocorra da melhor forma possível, é necessário que o processo de padronização da empresa esteja adequado (CHENG; MELO FILHO, 2007).

2.2.5.2 Quatro fases

O QFD das quatro fases, como o próprio nome indica, é composto por quatro desdobramentos consecutivos, os quais iniciam no planejamento do produto, seguindo o desdobramento dos componentes, do processo e, finalmente, o planejamento da produção (MIGUEL, 2008). Este método foi desenvolvido por Makabe, divulgado por Don Clausing e adotado pelo *American Supplier Institute* (ASI) (CHENG; MELO FILHO, 2007).

Na primeira fase, esse modelo de QFD inicia no desenvolvimento da matriz da qualidade, relacionando os requisitos do consumidor com as características de qualidade do produto. A segunda fase consiste em desdobrar as características de qualidade do produto em características dos componentes. Na fase seguinte, as características dos componentes são desdobradas em características de processo, e a última fase corresponde em desdobrar as características do processo para parâmetros de planejamento da produção (MIGUEL, 2008). Esta explicação pode ser melhor compreendida através da análise da figura 4, a qual demonstra cada fase do desdobramento e qual a matriz de cada uma delas.

Para Martorano (1993), a versão das quatro fases é a mais recomendada para as necessidades específicas de melhoria de um produto já desenvolvido ou então para o desenvolvimento de um novo produto de baixa complexidade.

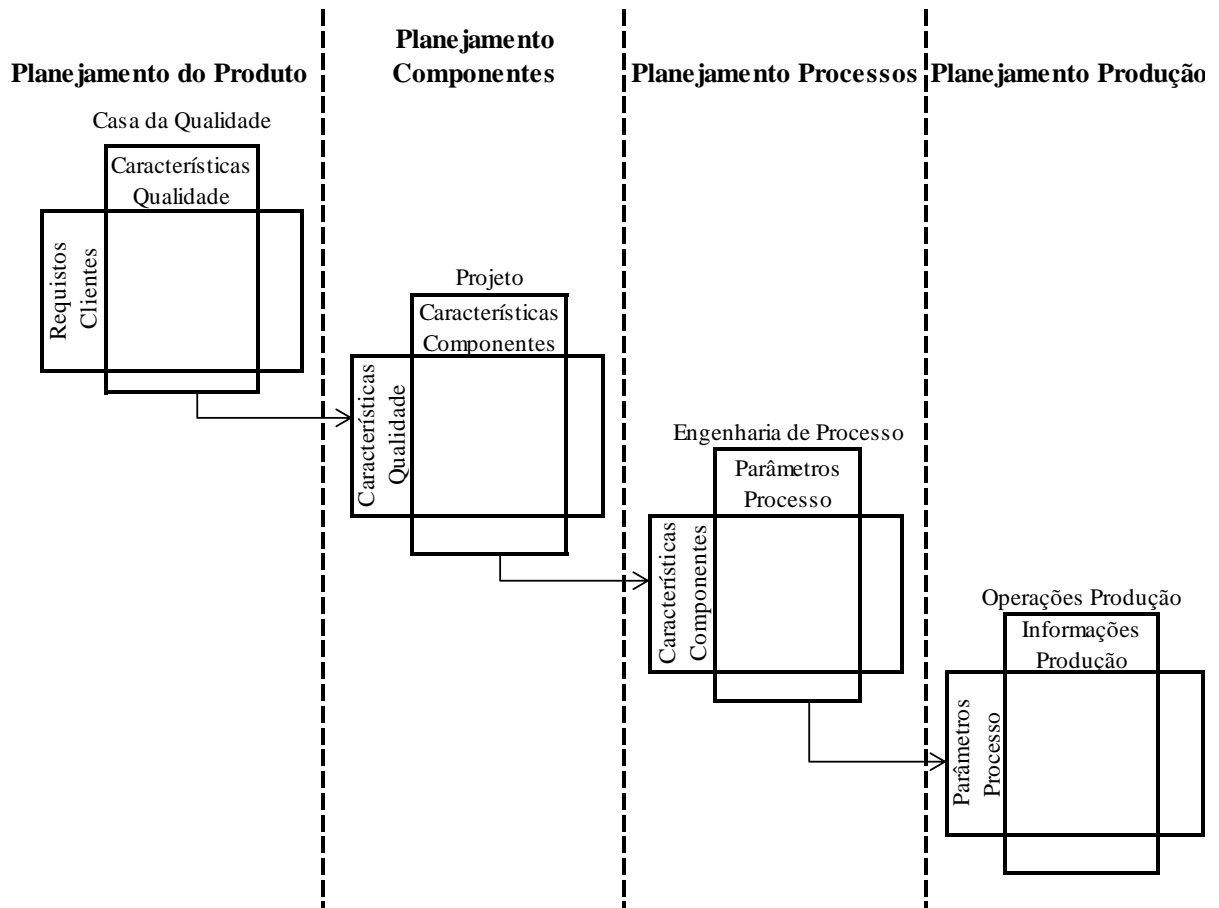


Figura 4 – Desdobramento das quatro fases

Fonte: Peixoto (1998).

2.2.5.3 QFD estendido

O QFD estendido foi criado por Don Clausing a partir do QFD das quatro fases de Makabe. Tem esse nome porque, além dos quatro desdobramentos, usa ainda a tomada de decisão no desenvolvimento de produto (MIGUEL, 2008).

Peixoto e Carpinetti (1998) explicam melhor esta versão do QFD, o qual segue uma lógica de sistemas, uma vez que as informações entram no sistema durante a primeira fase, são processadas nas quatro fases e saem para a produção na última. Não existe entrada de informações nas fases intermediárias e há a tomada de decisão em todas as matrizes. Como se nota nas fases 2 e 3, existem decisões que são tomadas dentro dos processos de QFD, mas não há nenhuma decisão externa que influa no processo. Neste sentido, as decisões a serem

tomadas são efetuadas em cada matriz do QFD, e não em atividades externas de desenvolvimento do produto, como pode ser observado na figura 5.

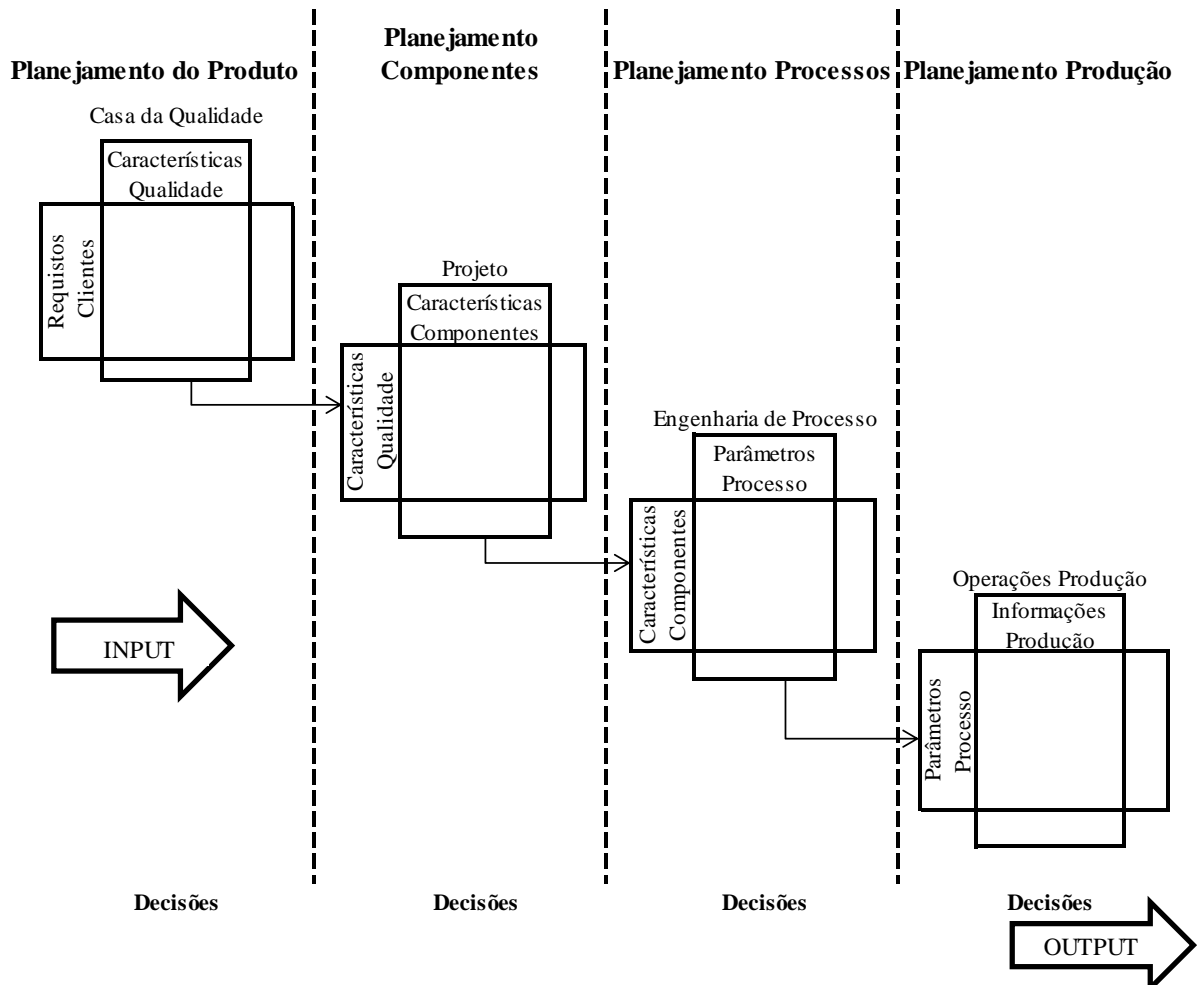


Figura 5 – QFD estendido

Fonte: Adaptado de Peixoto (1998).

2.2.5.4 Matriz das matrizes

Nesta versão, criada por Robert King, o QFD caracteriza-se por um desdobramento sistemático de matrizes, e não de tabelas (CHENG; MELO FILHO, 2007). De acordo com Guazzi (1999), essa abordagem é muito semelhante com a versão das quatro ênfases do Akao. Na abordagem de King, ele reorganizou as matrizes agrupando-as de modo que criou apenas

uma matriz denominada matriz das matrizes, a qual pode ser visualizada na figura 6, com o objetivo de facilitar a compreensão e a aplicação.

Conforme Guazzi (1999) King indicou três alterações do modelo do Akao, as quais, segundo o autor são:

- a) mudaram o modo de ensinar o QFD, pois no Japão se ensina muito por meio de enigmas. King alterou os enigmas deixando-os mais fáceis, facilitando, assim, a aprendizagem das pessoas;
- b) inseriram o método de seleção de *Pugh*, garantindo a inovação no QFD;
- c) reordenaram as matrizes de modo que elas foram rotuladas por colunas e linhas.

Na abordagem de King, podem ser empregadas as sete ferramentas da qualidade. São elas: diagrama de relação, diagrama de árvore, diagrama de setas ou de atividades, matriz de priorização, diagrama de afinidades, programa de processo de decisão e matriz de relacionamento (GUAZZI, 1999). Segundo Guazzi (1999), King sugere caminhos que devem ser percorridos no desenvolvimento das matrizes, facilitando, desse modo, a obtenção dos resultados.

Como se nota pela figura 6, muitas matrizes suplementam as matrizes originais das quatro ênfases, com a utilização de diversas ferramentas de qualidade, como Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Análise da Árvore de Falha (FTA) e Matriz de Priorização de Diagrama (PDPC).

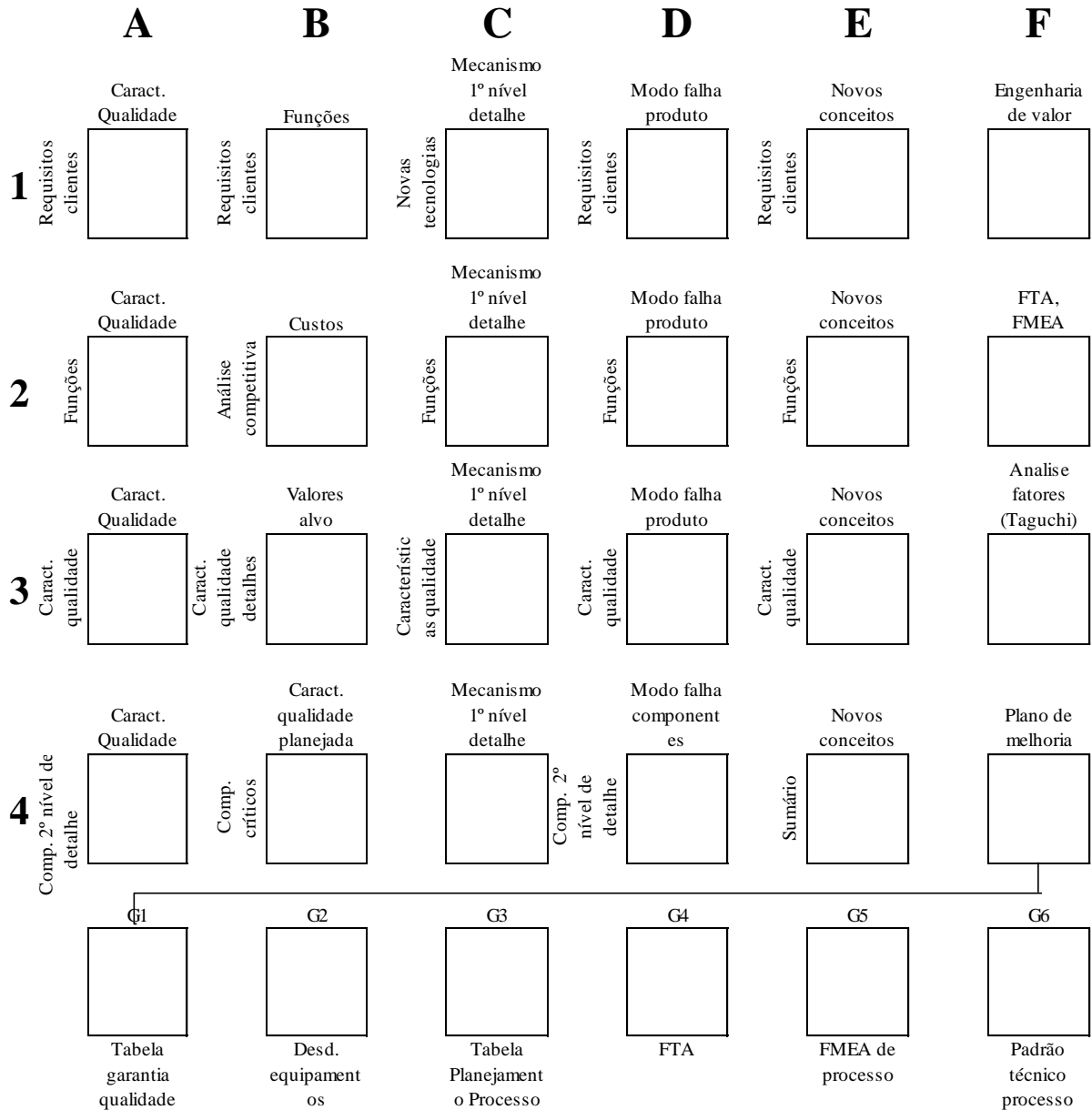


Figura 6 – Matriz das Matrizes

Fonte: King (1989 apud PEIXOTO, 1998).

Nesta pesquisa, será utilizado o método das quatro ênfases desenvolvido por Akao. Para iniciar a metodologia tem-se a necessidade de levantar a voz do consumidor, e os passos para isso estão descritos na seção 2.2.6.

2.2.6 Como levantar a voz do consumidor

A intenção original do QFD era desenvolver um método que permitisse ouvir a voz do consumidor de modo sistemático e implantar no desenvolvimento do produto. Nos EUA surge uma variedade de aplicações do QFD, as quais não se restringem somente ao desenvolvimento de produtos. São exemplos disso: a aplicação do QFD no desenvolvimento de cursos, com a finalidade de determinar qual a necessidade do aluno para que ele adquira conhecimento necessário para determinada área; nas estratégias empresariais para desenvolvimento de equipes; na melhoria de atendimento a clientes em serviços (FICALORA; COHEN, 2010).

De acordo com Ficalora e Cohen (2010), para levantar os requisitos do consumidor é necessário seguir as seguintes etapas:

- a) coletar a voz do consumidor;
 - preparar uma visita aos consumidores,
 - obter a voz do consumidor, tanto negativa como positiva;
- b) classificar a voz do consumidor;
 - necessidade e benefícios,
 - características substitutivas de qualidade,
 - requisitos de segurança,
 - outros;
- c) estruturar as necessidades em um diagrama de afinidades;
- d) organizar as necessidades na seção requisitos do consumidor.

A VOC pode ser levantada de várias maneiras, no entanto devem fazer com que os consumidores descrevam suas necessidades do produto. Alguns pesquisadores realizam esta etapa (VOC) com uma série de passos pré-determinados, segundo Ficalora e Cohen (2010) isto é um grande erro, porque os pesquisadores não tem base para determinar quais os tópicos a serem questionados. Muitas vezes esta abordagem produz declarações ambíguas sem contexto que podem ser interpretadas de várias formas. A interpretação errada das necessidades pode tornar-se um grave erro no futuro, durante o desenvolvimento do produto.

Conforme Ficalora e Cohen (2010), uma abordagem muito melhor é identificar as necessidades dos consumidores, visitando-os com guias de discussão desenvolvidos em torno

de questões abertas. As equipes de entrevistadores possuem um treinamento apropriado quando elas sabem como:

- a) comportar-se adequadamente durante as visitas com clientes;
- b) perguntar questões abertas que busquem fatos e medidas objetivas de necessidade;
- c) investigar fatos de modo mais profundo quando são oferecidas apenas opiniões ou conclusões.

A ideia é deixar os consumidores falarem tanto quanto é possível. A advertência é para ouvir somente e não tentar resolver os problemas. A equipe de entrevista deve estar preparada para, caso seja possível, olhar e até fotografar o cliente utilizando o produto. Assim, ao observar ou capturar as imagens das necessidades não satisfeitas ou problemas enfrentados, conseguem maiores informações sobre essas necessidades. Além disso, contribui para levantar as necessidades não declaradas (FICALORA; COHEN, 2010).

Os resultados das entrevistas são um conjunto de frases de consumidores e descrições de imagens que representam os seus desejos e requisitos. As frases dos consumidores serão uma mistura de verdadeiras necessidades, de maior ou menor favoritismo por determinadas características dos produtos, de sugestões e outros tipos de comentários (FICALORA; COHEN, 2010).

Após a obtenção da voz do consumidor, é necessário analisar os dados coletados. Para isso, utilizam-se ferramentas auxiliares do QFD, como: Tabela, matriz, diagrama de árvore.

2.2.7 Matriz da qualidade

A matriz da qualidade ou casa da qualidade inicia o método de desdobramento. É aquela que relaciona as qualidades exigidas às características da qualidade do produto, ou seja, as especificações do produto (MIGUEL 2008). A matriz da qualidade está presente nas quatro versões do QFD descritas neste trabalho e pode ser visualizada na figura 7.

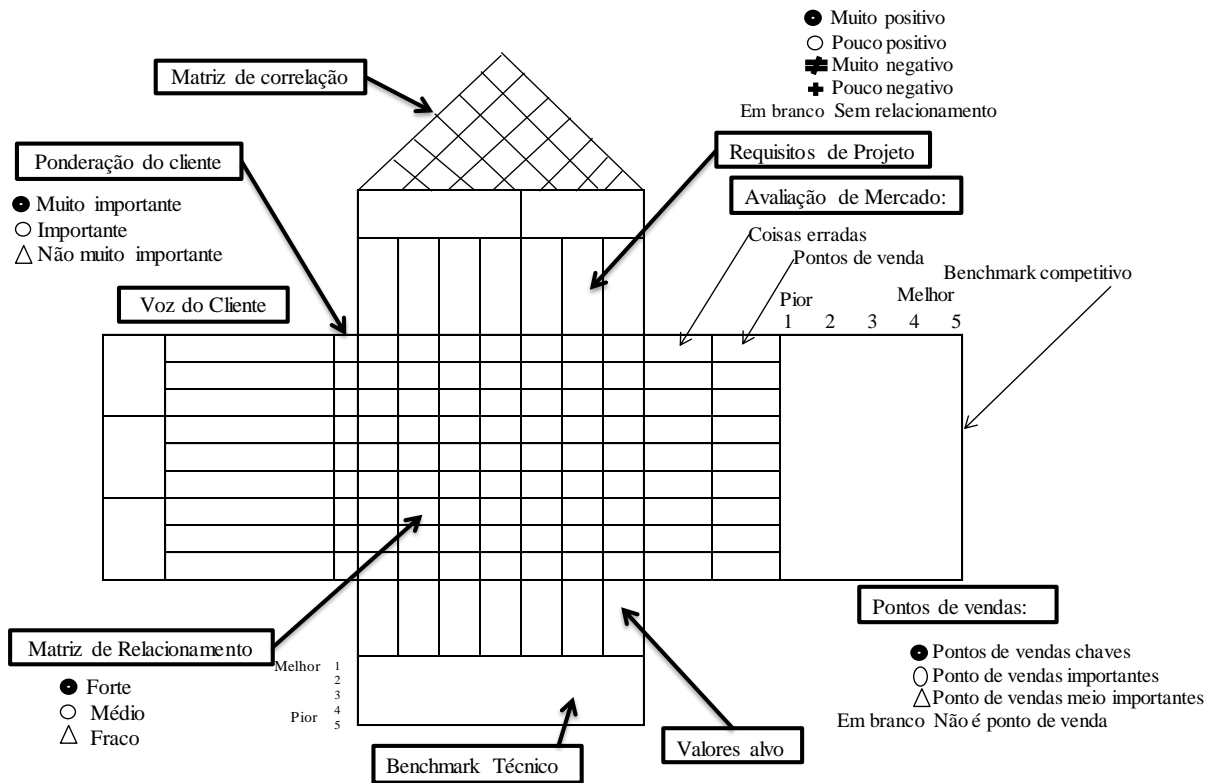


Figura 7 – Matriz da qualidade

Fonte: AIAG (2006).

A construção da casa da qualidade é a primeira fase para descrever os requisitos dos consumidores e sua importância, os requisitos de projeto e a relação entre os requisitos de projeto e os requisitos dos consumidores. A casa da qualidade exerce um papel significativo no sucesso da aplicação do QFD e, para construí-la, é necessário uma equipe qualificada para determinar quais são os elementos importantes da casa da qualidade (CHEN; KO; TSENG, 2013). As qualidades exigidas expressam os requisitos, necessidades e expectativas dos consumidores, traduzidas pelo que é denominado de voz do consumidor.

2.3 Biogás

O biogás é constituído de 60 a 65% de metano (CH₄) e 35 a 40% de dióxido de carbono (CO₂), mas também contém resquícios de outros gases (GERARDI, 2003). O biogás

é produzido a partir da biomassa, sendo que esta é toda matéria viva e os restos das substâncias que existem na Terra. Portanto, trata-se de um combustível inesgotável e renovável. Mas a maior parte desta energia é perdida, sendo lançada na atmosfera na forma de gases ou calor, pela decomposição natural das substâncias orgânicas (BARRERA, 1993).

A produção do biogás ocorre após decomposição da biomassa por bactérias microscópicas que liberam gases para a atmosfera. O biogás pode ser obtido de resíduos agrícolas ou excremento de animais e mesmo do homem (BARRERA, 1993). O processo pelo qual o biogás é formado pode ser dividido em vários estágios (FRIEHE et al., 2012). A figura 8 apresenta uma descrição sucinta da complexidade deste processo.

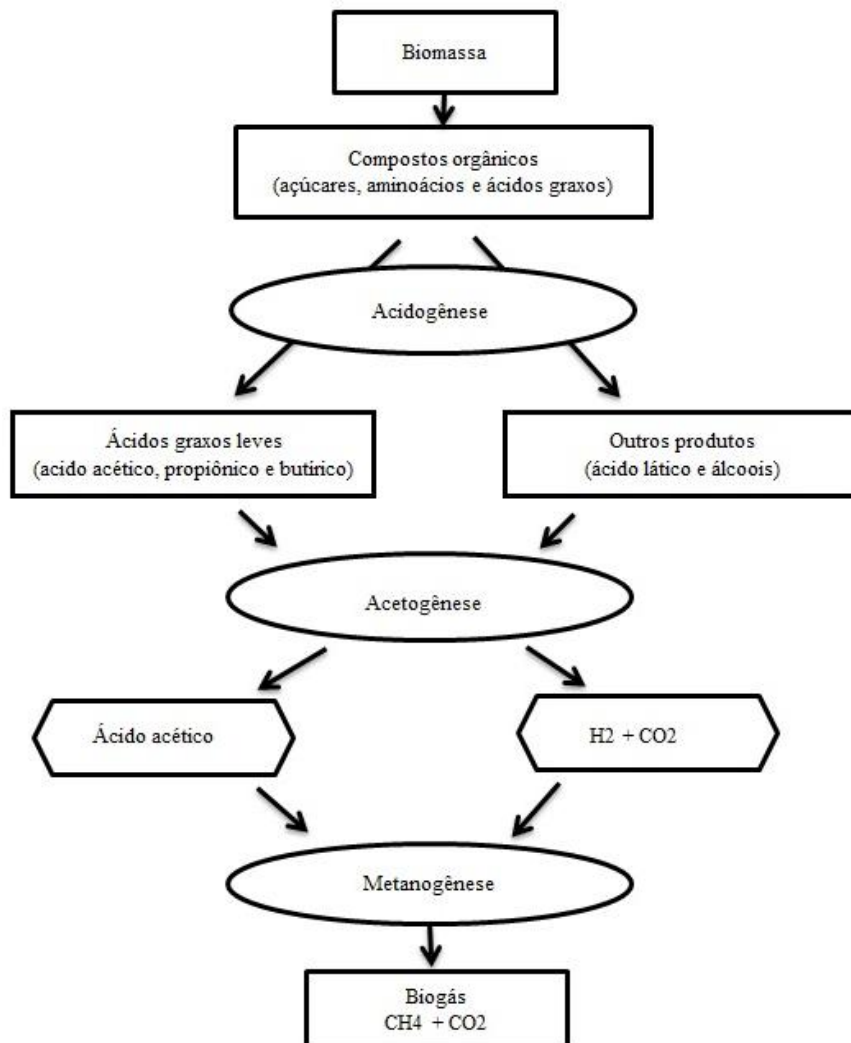


Figura 8 – Processo de formação do biogás

Fonte: Adaptado de Friehe et al. (2012).

O primeiro estágio na produção do biogás é a hidrólise. Nela, os compostos complexos da biomassa, como carboidratos, proteínas e gorduras, são quebrados em compostos orgânicos mais simples, como, por exemplo, aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. Essas bactérias hidrolíticas deste estágio liberam enzimas que decompõem o material por meios bioquímicos (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

O segundo estágio é a acidogênese (fase de acidificação). Nele, os produtos formados no processo anterior são quebrados novamente pelas bactérias fermentativas que formam ácidos graxos leves (ácido acético, propiônico e butírico) como também dióxido de carbono e hidrogênio. Além disso, são formadas pequenas quantidades de ácido láctico e álcoois (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

O terceiro estágio é a acetogênese, onde a formação de ácido acético é obtida pelas bactérias acetogênicas. Neste estágio também se formam dióxido de carbono e hidrogênio. A pressão parcial do hidrogênio é muito importante porque, se for excessiva, vai prejudicar o estágio anterior e então os ácidos propiônico, isobutírico, hexanóico e isovalérico se acumulam e inibem a formação do metano no quarto estágio (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

Por esta razão, as bactérias acetogênicas devem coexistir numa comunidade bem equilibrada com as metanogênicas, pois estas últimas bactérias consomem hidrogênio e dióxido de carbono durante a formação de metano. Noutras palavras, é preciso assegurar um ambiente adequado para o trabalho das bactérias acetogênicas (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

Durante a metanogênese, que é o estágio final da geração do biogás o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em metano pelas bactérias anaeróbicas metanogênicas. Neste ponto, é preciso esclarecer que há dois tipos de bactérias metanogênicas: um tipo utiliza o hidrogênio e o dióxido de carbono para formar o metano, e o outro utiliza a quebra da molécula de ácido acético (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

A proporção do metano obtida pela quebra da cadeia do ácido acético ou pela combinação do dióxido de carbono e hidrogênio é influenciada pela biomassa de entrada no processo. Todos os quatro estágios são influenciados pelas condições ambientais, principalmente pelo pH e temperatura. Quando estes fatores ambientais não estão de acordo com o necessário, as bactérias metanogênicas apresentam uma taxa de crescimento menor. Para manter o equilíbrio de produção entre os estágios, estes dois parâmetros, pH e

temperatura, devem ser adequados a estas bactérias metanogênicas (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008; FRIEHE et al., 2012).

Conforme Deublein e Steinhauser (2008) o biogás tem uma variedade de usos, e por ser proveniente de biomassa é uma fonte de energia renovável. Alguns benefícios do uso de biogás são:

- a) em alguns países a produção do biogás é subsidiada, possibilitando aos agricultores uma renda extra;
- b) biogás pode contribuir para a manutenção de pequenas propriedades rurais;
- c) pode ser gerada energia através de biomassas que são descartadas;
- d) redução significativa dos custos para eliminar resíduos orgânicos, pois diminui significativamente a quantidade de substrato;
- e) quantidade muito menor de odor é lançada no ambiente;
- f) produção de energia elétrica e/ou calor, sem agredir o meio ambiente.

Além disso, o biogás pode auxiliar no saneamento ambiental, pois pode ser produzido a partir do lixo urbano (BARRERA, 1993). O biogás é composto principalmente por metano (50-75%), dióxido de carbono (20-50%), sulfeto de hidrogênio (0,01-04%) e outros gases (FRIEHE et al., 2012). O biogás com teor acima de 45% de metano é inflamável (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Um dos grandes problemas em relação ao biogás é a presença de ácido sulfídrico (H_2S) na sua composição, esse ácido em pequenas quantidades pode causar ao homem irritação nos olhos e garganta, já a exposição em doses elevadas pode causar coma e até a morte (FRARE, GIMENES, PEREIRA, 2009). Além dos problemas causados na saúde do ser humano, o ácido sulfídrico também provoca a oxidação de partes e peças em aço do biodigestor. Uma das soluções encontradas para diminuir o percentual de ácido sulfídrico é a utilização de um mini compressor de aquário, o qual injeta pequena quantidade de ar no biodigestor, esta quantidade de ar a ser injetada deve ser de 3 a 6% do total de volume de biogás (WEITHÄUSER et al., 2012).

A produção de biogás é um processo biológico e ocorre naturalmente quando há ausência de oxigênio, é bastante encontrado no fundo de lagos, pântanos, aterros sanitários, no rúmen de ruminantes (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). No entanto para que o biogás possa ser aproveitado como uma fonte de energia este processo deve acontecer em equipamentos conhecidos como biodigestores.

2.3.1 Biodigestores

O biodigestor é um recipiente completamente fechado onde são depositadas matérias orgânicas diluídas em água. Esta mistura passa por um processo de fermentação anaeróbica, na qual se obtêm biofertilizante e biogás (CASTANHO; ARRUDA, 2008; GASPAR, 2003).

O biofertilizante é um fertilizante orgânico líquido natural e, é produzido a partir da fermentação anaeróbica de uma mistura de produtos orgânicos (dejetos suínos, bovinos, frutas) com água. Possui uma composição extremamente variável, pois depende da biomassa utilizada. Os biofertilizantes são aplicados no solo e sob as plantas, como fonte de nutrientes e proteção contra doenças e pragas (SILVA et al., 2007). É uma opção viável e de grande importância para praticar o desenvolvimento agrícola ambientalmente sustentável, pois contribui para uma produção alternativa e de baixo custo. Além de não poluir o meio ambiente, ainda mantém a conservação do solo, através da fertilidade e da biodiversidade (ALFONSO; LEYVA; HERNÁNDEZ, 2005).

Em geral, vários tipos de biomassa podem ser utilizados como substratos para a produção do biogás, mas, a maioria dos biodigestores utiliza esterco líquido para a fermentação (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Os biodigestores podem ser classificados de acordo com o abastecimento de biomassa em: contínuos ou intermitentes. Contínuo quando recebe diariamente biomassa e é proporcional à descarga de biofertilizante, e intermitente quando se utiliza da capacidade máxima de armazenamento de biomassa, mantendo-a armazenada até a completa biodigestão e em seguida é retirado todo o biofertilizante (SOUZA, 2010).

Existem vários modelos de biodigestores, mas os mais conhecidos são o indiano, o modelo chinês, o biodigestor por batelada e o modelo canadense, os quais serão abordados no trabalho. Além destes, também será discutido o modelo Köhler, no qual foi realizado o Desdobramento da Qualidade.

2.3.1.1 Modelo biodigestor indiano

O modelo indiano (Figura 9) possui uma cúpula que tem como finalidade armazenar o gás, a qual geralmente é produzida com fibra de vidro ou ferro e se movimenta de acordo com

a quantidade de gás. Quando se enche de biogás, a cúpula sobe em volta de uma guia de metal. Ela é móvel e a pressão é constante (BARRERA, 1993). O processo de fermentação ocorre mais rápido, pois o biodigestor é enterrado, aproveitando-se a temperatura do solo, que não varia muito (BONTURI; VAN DIJK, 2012; BRONDANI, 2010).

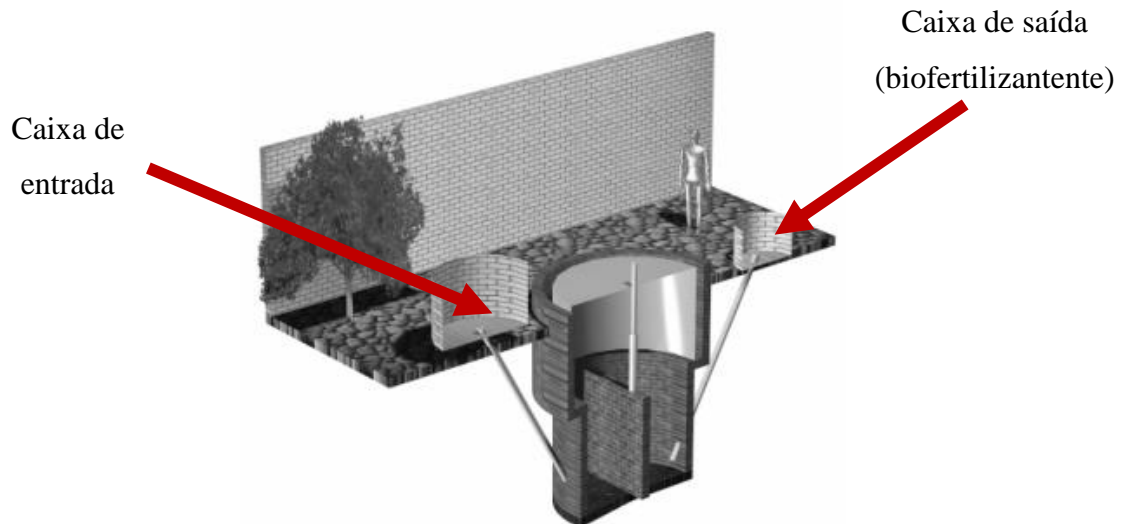


Figura 9 – Biodigestor modelo indiano

Fonte: Deganutti et al. (2002).

2.3.1.2 Modelo biodigestor chinês

Este modelo é mais rústico, possui um recipiente em alvenaria, o qual é enterrado, onde ocorre a fermentação. Geralmente funciona sob alta pressão, variando de acordo com a quantidade de gás produzida e com a sua demanda. O modelo chinês (Figura 10) recebe críticas por ser construído em alvenaria, o que exige um trabalho qualificado, uma vez que os tijolos precisam ser assentados sem que ocorra o escoamento da argamassa. Para isso, utiliza-se uma técnica, a qual usa o próprio peso do tijolo para que ele se mantenha na posição correta até a secagem da argamassa. Além disso, são necessárias camadas de impermeabilizantes internas e externas para evitar infiltrações e vazamentos (GASPAR, 2003).

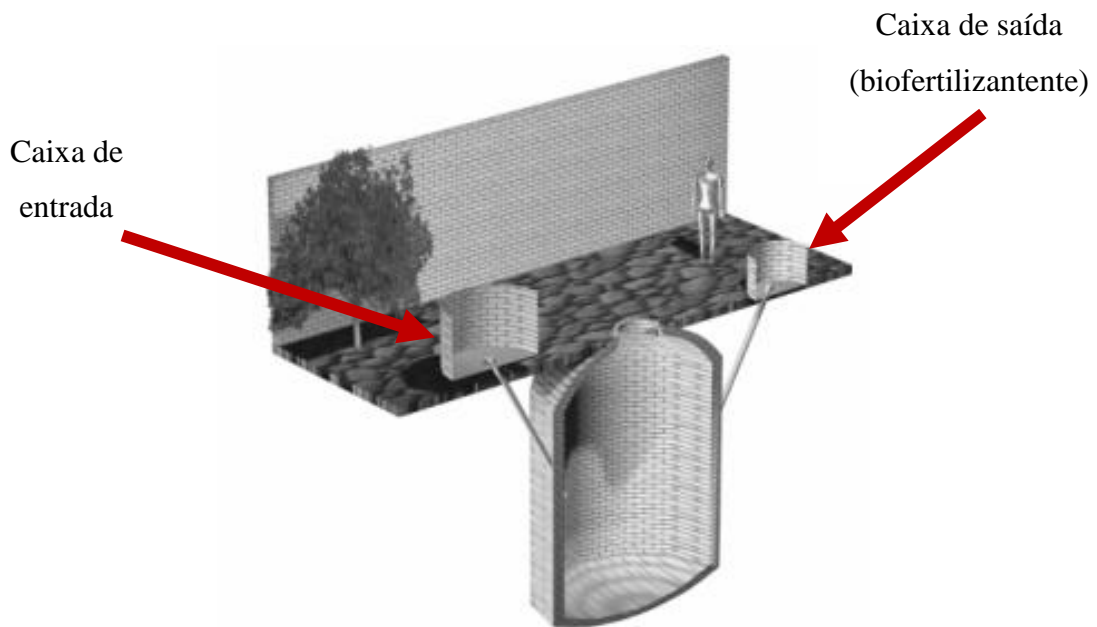


Figura 10 – Modelo biodigestor chinês

Fonte: Deganutti et al. (2002).

2.3.1.3 Modelo biodigestor por batelada

É um modelo que exige pouco trabalho operacional por ser bastante simples, compreendendo apenas um tanque anaeróbio ou podendo ter vários tanques em série. Trata-se de um modelo intermitente, que é abastecido somente uma vez, passando pelo período de fermentação e produção do biogás e posteriormente descarregado por completo para receber uma nova carga de biomassa (BONTURI; VAN DIJK, 2012).

Este modelo de biodigestor se adapta melhor ao ambiente onde se tem disponibilidade de biomassa em períodos mais longos, como, por exemplo, em granjas de aves, onde a biomassa fica disponível após a venda dos animais, quando é realizada a limpeza do galpão. Enquanto que, os modelos chinês e indiano, são mais adaptados para locais em que se recebe a biomassa diariamente, como no caso de granjas de bovinocultura de leite e suínos (DEGANUTTI et al., 2002).

2.3.1.4 Modelo biodigestor canadense

O modelo canadense é composto por uma lagoa anaeróbica coberta por uma cúpula, que infla de acordo com a quantidade de biogás, conforme pode ser observado na figura 11. Este modelo de biodigestor possui uma grande área de exposição ao Sol, pois sua largura é maior que a profundidade, produzindo, assim, uma quantidade superior de biogás (BRONDANI, 2010).

O modelo canadense é mais frequente em granjas que possuem grande produção de dejetos, principalmente nas de suínos. No Brasil este é o modelo mais utilizado nas propriedades rurais (OLIVEIRA, 2012).



Figura 11 – Biodigestor modelo canadense

Fonte: Neves (2010).

2.3.1.5 Modelo biodigestor BioKöhler

O biodigestor utilizado nas propriedades rurais no Condomínio de Energias Renováveis da Agricultura Familiar na Bacia do Rio Ajuricaba foi desenvolvido pela empresa

Köhler Biodigestores Ltda, a qual é uma empresa incubada no Parque Tecnológico Itaipu (PTI) (ITAIPU, 2010). O reservatório para a biodigestão deste modelo de biodigestor é produzido a partir de fibra de vidro, e o modelo tem como funcionalidade realizar a biogestão anaeróbica dos dejetos dos animais para a produção de biogás e biofertilizantes com elevada eficiência e custo reduzido (KÖHLER; KÖHLER, 2005).

O reservatório para a biodigestão é composto por duas caixas d' água acopladas, em forma de barril, como pode ser observado na figura 12. Por ser um modelo produzido com fibra de vidro é extremamente leve e durável, facilitando o transporte e a instalação (KÖHLER; KÖHLER, 2005).

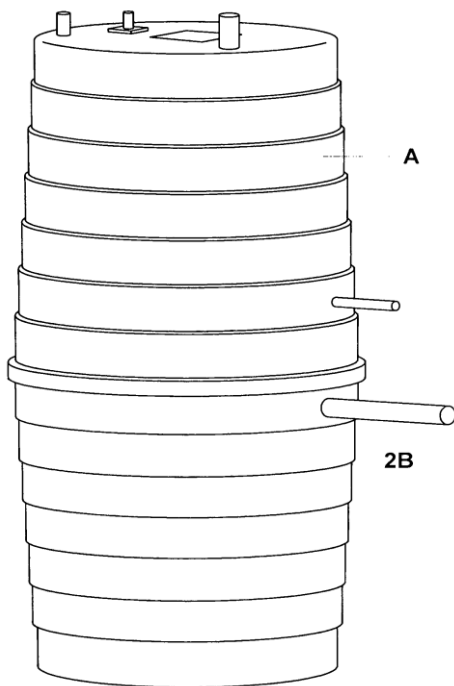


Figura 12 – Biodigestor tipo barril

Fonte: PTI, KÖHLER, KÖHLER (2012).

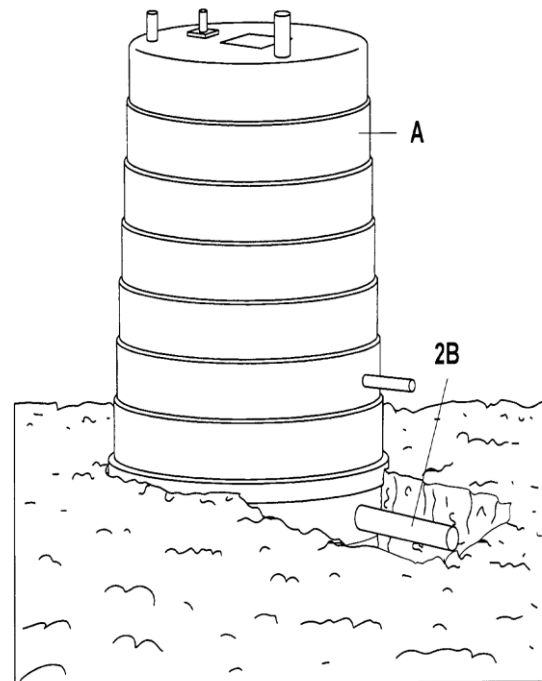


Figura 13 – Biodigestor semi-enterrado

Fonte: PTI, KÖHLER, KÖHLER (2012).

Uma das partes do reservatório é enterrada e a outra metade permanece acima da superfície do solo, conforme figura 13. Este modo de instalação contribui para o aumento da radiação do sol na superfície do tanque, intensificando o aumento do calor interno e, conseqüentemente, da produção de gás (KÖHLER; KÖHLER, 2005).

2.3.2 Operação dos biodigestores pelos agricultores

Os esforços feitos nos Estados Unidos da América (EUA) relatados por Lusk (1998) indicam que em meados da década de 90, cerca de 50% dos biodigestores instalados anteriormente estavam operantes e outros 50% não operavam, haviam fracassado. A chance de fracassar e de haver digestores anaeróbicos não operando dentro dos EUA é de 50%, mas o índice da década de 90 já é melhor quando comparado com o índice da década de 1970. O índice de fracassos depende também do tipo de biodigestor: aqueles de mistura completa e os horizontais apresentam índices de fracasso de 70% e 63% respectivamente, e os biodigestores de lagoa coberta apresentam um índice de 22% (LUSK, 1998).

No Brasil este dado não é muito diferente, pois, conforme pesquisas realizadas por Barichello (2010) e Noronha (2009), existe uma alta quantidade de biodigestores abandonados e um dos motivos para que isso venha a ocorrer é falta de conhecimento de operação dos mesmos pelos agricultores.

Conforme figura 14, Teune et al. (2010) apresentam o modelo das funções de cada setor no programa de biogás, mas não detalham as funções de manutenção e operação do agricultor. Liebetrau et al. (2012) definem a operação como a colocação da biomassa no biodigestor e também dar destino ao biogás e biofertilizante. A manutenção consiste em monitorar toda a lista, a qual está apresentada no quadro 2, e atuar quando um parâmetro sai fora de especificação.

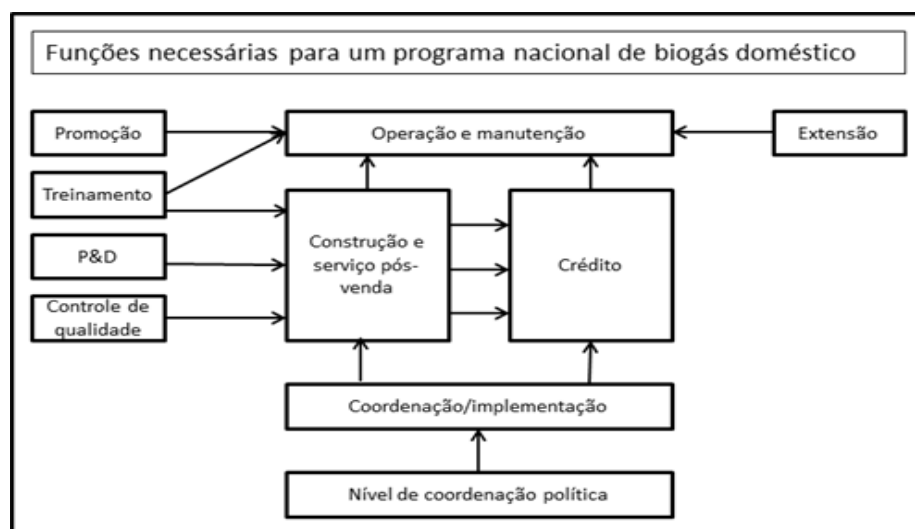


Figura 14 – Equipes envolvidas no programa de biogás doméstico

Fonte: Adaptado de Teune et al. (2010).

O quadro 2 apresenta os parâmetros que o agricultor deve controlar nos biodigestores, e sua frequência de controle, para que o processo de produção do biogás seja constante durante o ano, e não sofra distúrbios no processo. Estes distúrbios ocorrem justamente quando o ambiente para o desenvolvimento das bactérias não é o ideal.

Processos avaliados	Periodicidade
Quantidade de biomassa na entrada	Diário
Quantidade de biofertilizante na saída	Diário
Temperatura da biomassa	Diário
Quantidade de gás gerado	Diário
Composição do biogás	Diário
Composição dos resíduos da fermentação	Mensal
pH	Mensal
Concentração de amônio	Mensal
Nitrogênio total	Mensal
Carga orgânica	Mensal
Tempo de permanência	Mensal
Taxa de produção de gás específico	Mensal
Composição da entrada	Mensal
Produtos intermediários (ácidos orgânicos)	Mensal

Quadro 2 – Parâmetros que devem ser controlados.

Fonte: Adaptado de Liebetrau et al. (2012).

Conforme o quadro 2 percebe-se que existe uma grande quantidade de parâmetros que devem ser controlados pelos agricultores, isso faz com que a operação dos biodigestores pelos agricultores se torne uma tarefa difícil. Além disso, os agricultores não estão acostumados a lidar com estes parâmetros no dia-a-dia do trabalho no campo, são parâmetros complexos de serem avaliados. Por isso, o controle dos biodigestores é um desafio, portanto tem-se a necessidade de pesquisas para desenvolvê-los com melhores condições de uso.

3 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho de pesquisa, após a definição do objeto de estudo, foi preciso identificar os procedimentos metodológicos necessários para a pesquisa. A pesquisa tem por objetivo descobrir respostas para problemas, mediante emprego de procedimentos. Para que o conhecimento possa ser considerado científico, é necessário descrever o método, desde a sua concepção do tema até a descrição dos resultados finais e conclusões.

3.1 Caracterização da pesquisa

Conforme o emprego dos resultados, o estudo se caracteriza por uma pesquisa aplicada, pois os resultados da pesquisa serão utilizados para a resolução de problemas que ocorrem na utilização de biodigestores.

Objetiva-se aplicar futuramente os resultados do QD no projeto Agropecuária Limpa, desenvolvido pela SETREM (Sociedade Educacional Três de Maio) o qual tem por objetivo instalar 15 biodigestores, em pequenas propriedades localizadas no município de Santo Cristo, RS, para promover a recuperação dos recursos hídricos no polo regional de pecuária de leite e suínos. Além da instalação de um laboratório central de controle de qualidade para monitorar os biodigestores (SETREM, 2012).

Miguel (2010, p. 129) define o estudo de caso como “um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise”. A pesquisa é um estudo de caso, pois envolve o estudo aprofundado de um fenômeno, isto é, a operação dos biodigestores pelos agricultores.

3.2 Métodos de procedimento

Os procedimentos utilizados no trabalho foram a pesquisa bibliográfica, entrevistas e observação. A primeira foi desenvolvida na fase inicial da pesquisa, a fim de buscar embasamento teórico quando da realização do trabalho sobre QD e biodigestores, e foi realizada em livros, revistas, artigos, periódicos científicos e patentes.

Para a obtenção dos dados em relação às exigências dos consumidores com o produto optou-se por realizar entrevistas pessoais, pois, conforme Ohfuji, Ono e Akao (1997), a melhor maneira de adquirir dados dos clientes ao vivo é por meio de entrevistas e enquetes.

As entrevistas foram realizadas nas propriedades rurais que participam do projeto “Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar” desenvolvido na cidade de Marechal Cândido Rondon. Estas entrevistas foram registradas por meio de anotações.

A entrevista foi classificada em não estruturada, na modalidade de entrevista focalizada (MARKONI, LAKATOS, 2010), de modo que as perguntas foram abertas e ocorreram por meio de uma conversação informal. Seguiu-se um roteiro de tópicos, o qual se encontra no Apêndice A (página 99) deste trabalho. Para a realização das entrevistas, foram observadas as instruções de Ficalora e Cohen (2010) descritas na seção 2.2.6 “Como levantar a voz do consumidor”.

A determinação do tamanho da amostra para as entrevistas, de acordo com Ficalora e Cohen (2010), é difícil de predeterminar, pois varia de acordo com a complexidade do produto e do número de necessidades dos consumidores. Segundo os mesmos autores, a primeira entrevista trás uma grande quantidade de informações, a segunda entrevista contém informações que já foram obtidas na primeira e assim por diante. A cada nova entrevista tem-se menos novas informações. Conforme a figura 15, desenvolvida em um trabalho de Griffin e Hauser (1993), após 12 entrevistas, para o levantamento da voz do consumidor, tem-se 75% das informações necessárias, e com mais oito entrevistas obtém-se apenas 15% de novas informações. Seguindo o estudo de Griffin e Hauser (1993) buscou-se realizar 12 entrevistas.

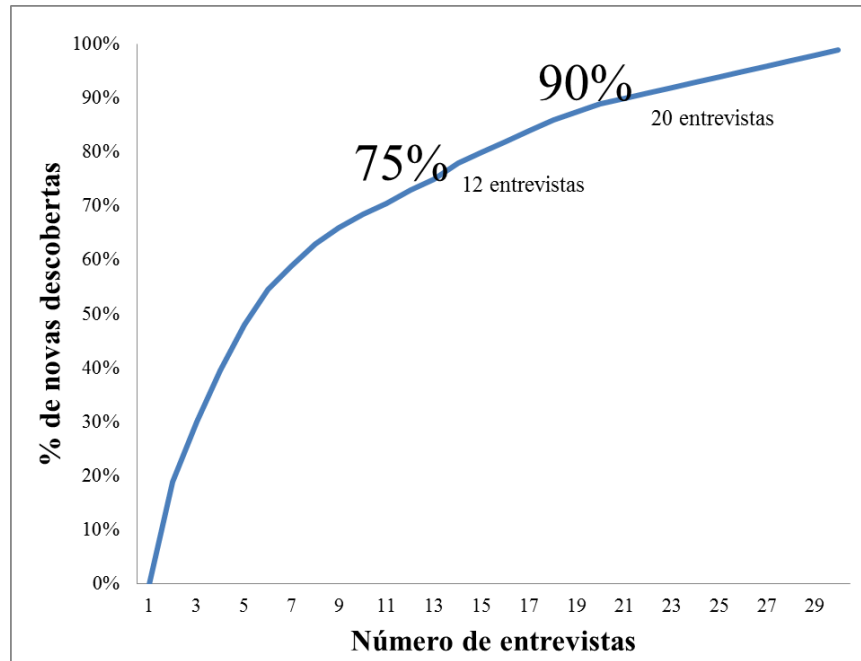


Figura 15 – Retorno para descoberta de novas questões

Fonte: Adaptado de Griffin e Hauser (1993).

Além das entrevistas, também se utilizou como procedimento de coleta de dados a observação. Ela consiste em uma forma de obtenção de dados para conseguir informações por meio da utilização dos sentidos – ver, ouvir, e, além disso, examinar os fatos e fenômenos (MARCONI; LAKATOS, 2007). A observação foi realizada nas propriedades rurais, buscando visualizar na prática o funcionamento dos biodigestores, a fim de verificar se existem especificações que não foram citadas durante a entrevista e analisar a consistência dos dados obtidos através dela.

Neste estudo, a abordagem foi quali-quantitativa: qualitativa, porque analisa os requisitos dos consumidores, e quantitativa, porque transformou estes dados em números através das matrizes do QD. De acordo com Martins (2010), a combinação das duas abordagens é positiva, pois admite que a vantagem de uma amenize a desvantagem da outra. Desse modo, a combinação permite que cada abordagem seja fortalecida.

Esses métodos não se diferenciam só pela sistemática pertinente a cada um deles, mas pela forma de abordagem do problema. Com isso, é necessário enfatizar que o método precisa estar apropriado ao tipo de estudo que se deseja fazer, mas é a natureza do problema ou seu nível de aprofundamento que, de fato, determina a escolha do método (RICHARDSON, 1999).

O estudo de caso, com a utilização do método QD para melhoria contínua dos biodigestores, constitui-se num misto entre as duas principais sistemáticas de pesquisa. Ou seja, possui aspectos quantitativos e qualitativos.

O método quantitativo distingue-se pelo emprego da quantificação, tanto na coleta de informações, quanto no seu tratamento por meio de técnicas estatísticas e na aplicação do QD. Neste trabalho se utilizou métodos estatísticos para o levantamento e compilação de informações necessárias à modelagem de suas tabelas e matrizes.

Quanto ao aspecto qualitativo, ele se caracteriza deste modo na medida em que utilizou as informações colhidas qualitativamente, na forma participativa com que foi conduzido o debate entre a pesquisadora e os agricultores entrevistados. O método qualitativo difere em relação ao método quantitativo na medida em que não emprega ferramentas estatísticas como base no processo de análise e interpretação dos dados e informações obtidas (RICHARDSON, 1999).

A construção de modelos conceituais, de matrizes e de tabelas em um estudo particular da utilização do QD, é específica para cada contexto e não pode ser inteiramente replicada em outras situações. No estudo de utilização do QD, busca-se, acima de tudo, proporcionar um auxílio no processo através de um envolvimento interno, ao invés de assumir uma postura de puro observador (CHENG, 2003).

Por fim, é importante que se tenha presente que o QD possui um enfoque sistêmico. Pois de acordo com a linha de pensamento de Cheng (2003), uma das propriedades emergentes da investigação pelo método de Desdobramento da Qualidade, envolve os participantes do processo, e seu objetivo é produzir melhor entendimento e aprendizagem, em prol do desenvolvimento da qualidade em produtos, serviços e nos processos de produção.

3.3 Área de estudo

A obtenção da voz do consumidor é direta quando já existem esses consumidores. Quando não for esse o caso, é preciso ouvir pessoas que tenham conhecimento do assunto, tanto no aspecto técnico como comercial.

Neste caso, o grupo de consumidores pode ser encontrado num projeto patrocinado pela Fundação Parque Tecnológica Itaipu, onde foram instalados 33 biodigestores de pequeno

porte construídos em fibra de vidro em pequenas propriedades agrícolas, nenhuma propriedade maior que 25 hectares.

O projeto foi uma iniciativa conjunta entre a Itaipu Binacional, a EMATER, a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento e o Município de Marechal Cândido Rondon, e nomeado como Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar da Microbacia da Linha Ajuricaba. Seu objetivo é promover a sustentabilidade das atividades agrícolas e pecuárias em pequenas propriedades rurais por meio do uso do biogás e biofertilizante.

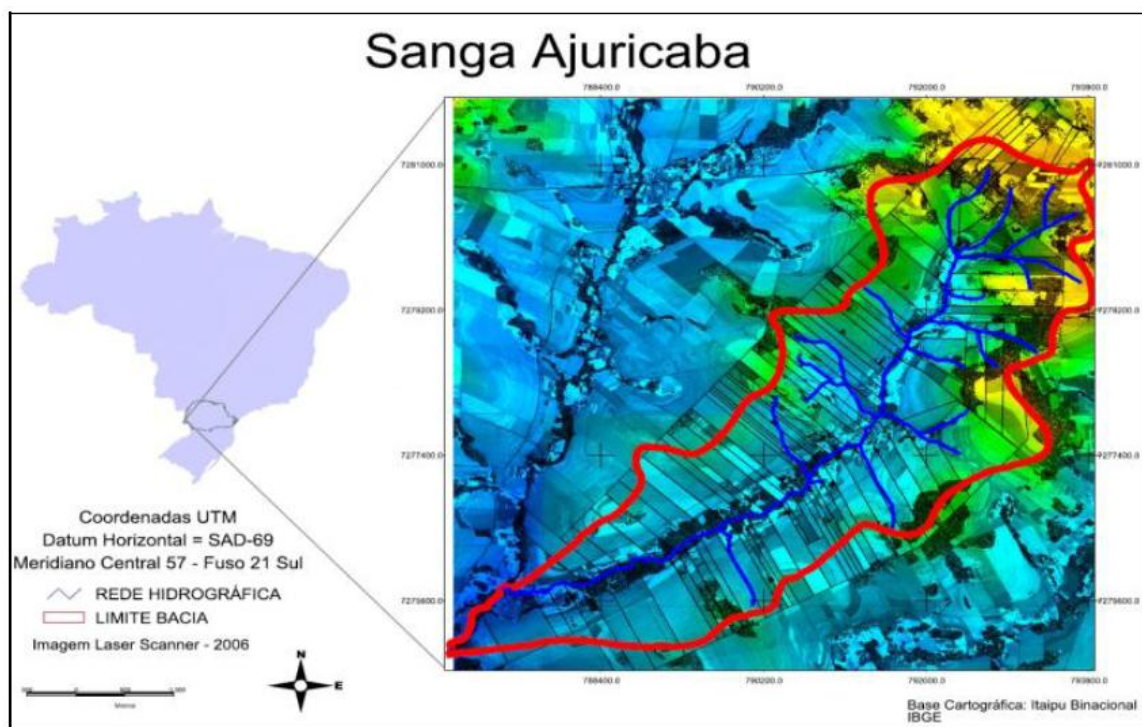


Figura 16 – Localização Sanga Ajuricaba

Fonte: Pasqual et al. (2011).

Na figura 16, observa-se a localização da Sanga Ajuricaba. No entorno, estão localizadas as propriedades que participam do projeto, que teve início no ano de 2009. Inicialmente, foi realizado o levantamento dos produtores pertencentes à Linha Ajuricaba que possuíam interesse em participar do programa. Em cada propriedade foi realizado um estudo para verificar quais as melhorias que precisavam ser feitas na infraestrutura dos galpões para a instalação dos biodigestores, além do levantamento de quantos animais havia na propriedade para dimensionar o tamanho do biodigestor.

Os produtores rurais receberam todos os recursos para estas melhorias, incluindo os biodigestores a um custo zero, sendo que o único investimento que cada agricultor necessitou realizar foi a contratação de mão de obra, ou a utilização da mão de obra própria para a adequação das instalações.

Nestas propriedades, é realizado o tratamento dos dejetos suínos e bovinos, e o gás produzido é canalizado para uma Microcentral Termelétrica, totalizando 22 quilômetros de gasodutos (Figura 17) que ligam as propriedades rurais até a Microcentral (Figura 18).



Figura 17 – Gasoduto de biogás

Fonte: Pesquisa (2013).



Figura 18 – Microcentral Termelétrica

Fonte: Pesquisa (2013).

Na Microcentral Termelétrica estão instalados os equipamentos para a geração de energia térmica e elétrica. O projeto inicial foi constituído com três objetivos principais, conforme figura 19: produzir energia elétrica e vender para a companhia de eletricidade, usar o biogás como energia térmica para a secagem de grãos e transformar o biogás em biometano para o uso veicular, e abastecer os carros dos participantes do projeto. No entanto, conforme observado durante a visita, até setembro de 2013, ainda não estava ocorrendo a venda de energia elétrica, assim como o biometano não estava sendo utilizado.

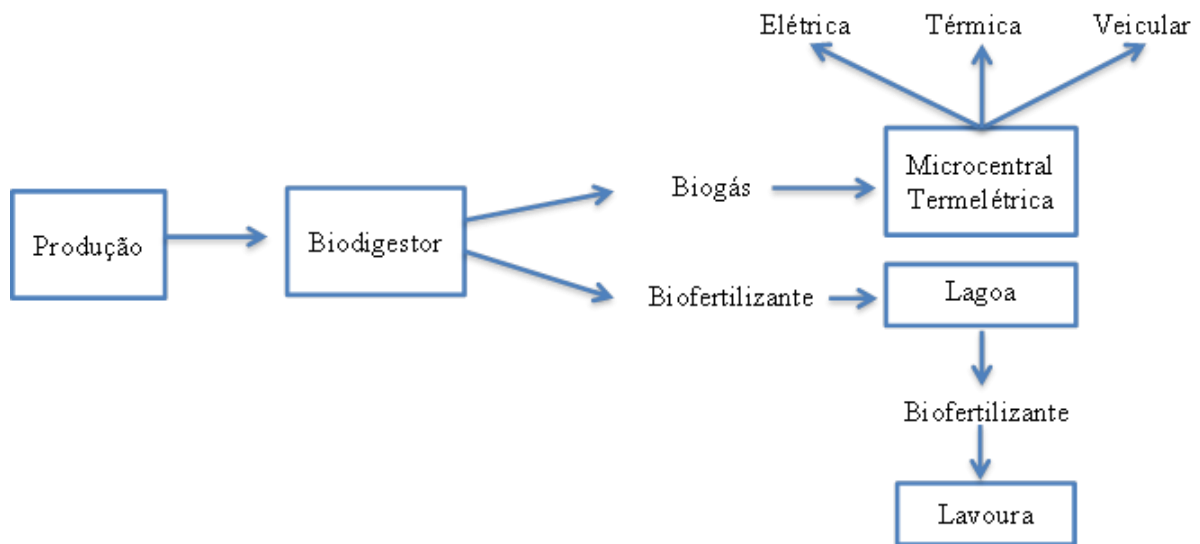


Figura 19 – Esquema sanitário do projeto

Fonte: Adaptado de Itaipu Binacional (2012).

Nas visitas realizadas em 2013, constatou-se que o biogás é utilizado somente como energia térmica na cozinha de algumas propriedades. Foram instalados fogões, devidamente adaptados para biogás, fornecidos por uma indústria fabricante de eletrodomésticos. A energia térmica também é utilizada para a secagem dos grãos durante o período de colheita. O restante do biogás é queimado na Microcentral Térmelétrica, através de um queimador do tipo Flare.

3.4 Limitações de pesquisa

Este estudo é específico para biodigestores de pequeno porte.

Não foi possível comparar o biodigestor, pois não existem concorrentes no mercado para este modelo.

A elaboração do Desdobramento da Qualidade não foi realizada em conjunto com o fabricante do biodigestor.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente estudo aborda o desenvolvimento e a construção de protótipos de biodigestores anaeróbicos de leiteo fluidizado que incorpore melhorias, tecnologias e componentes capazes de os tornarem adequados ao uso em unidades agropecuárias de pequeno porte.

Para o presente caso, entende-se por propriedade de pequeno porte aquela caracterizada por uma área menor que 25 ha, e um rebanho médio equivalente a 20 vacas lactantes, ou 100 suínos em fase de terminação.

Sendo o processo interno de biodigestão, um processo complexo que envolve a atividade de quatro famílias de bactérias, é necessário que a intervenção do agricultor no processo seja auxiliada por tecnologias que a tornem simples, adequada ao seu nível de conhecimento e ao tempo que nela pode despende.

A pesquisa leva a aplicação do QD para a melhoria de um produto já existente no mercado, a partir da identificação das exigências e necessidades que os atuais consumidores perceberam neste produto.

O levantamento dos dados ocorreu nos meses de maio e setembro de 2013. Foram entrevistados 12 agricultores pertencentes ao projeto Ajuricaba. As entrevistas foram realizadas com o apoio de um roteiro pré-estruturado (apêndice A). Após as primeiras entrevistas, notou-se que muitas das informações se tornavam redundantes, após a oitava entrevista, notou-se, que o retorno de novas questões foi praticamente nulo até a última entrevista, corroborando com a teoria de Griffin e Hauser (1993).

4.1 Biodigestor BioKöhler

Os biodigestores de pequeno porte atualmente existentes no Brasil, grande parte deles são fabricados em alvenaria e não contém nenhum elemento novo que já não estivesse disponível há muitas décadas. Os novos modelos introduzidos no mercado nos últimos anos apenas trocaram a alvenaria por um material mais moderno como a fibra de vidro, e

adaptaram bombas comerciais para alimentação dos mesmos. Foram colocados ainda, compressores normais, e balões externos para armazenar o gás.

O biodigestor utilizado nas propriedades rurais no Condomínio de Energias Renováveis da Agricultura Familiar na Bacia do Rio Ajuricaba foi desenvolvido pela empresa Köhler Biodigestores Ltda. Os componentes que fazem parte do biodigestor Bioköhler podem ser visualizados nas figuras 20 até 25.



Figura 20 – Tanque de captação e homogeneização dos resíduos

Fonte: Pesquisa (2013).

A figura 20 apresenta o tanque onde os resíduos provenientes das salas de alimentação, ordenha e espera, são depositados e onde ocorre a diluição do dejetos na água. A concentração indicada é de um litro de água para um quilograma de dejetos. Neste tanque, deve ser realizada a homogeneização da mistura para a completa diluição e, posteriormente, o escoamento para o biodigestor, através do uso de bombas.



Figura 21 – Biodigestor

Fonte: Pesquisa (2013).

O biodigestor BioKöhler é formado pela junção de duas caixas d' água produzidas em fibra de vidro, sendo que uma parte fica enterrada e a outra exposta ao meio (Figura 21). Para uma melhor produção de biofertilizante e biogás, a introdução de dejetos no biodigestor deve ser realizada diariamente, ou seja, é classificado como um biodigestor de fluxo contínuo. Neste, ocorre a fermentação anaeróbica dos dejetos, os quais devem permanecer ali por cerca de 30 dias até que ocorra a eliminação do biogás e biofertilizante.



Figura 22 – Balão

Fonte: Pesquisa (2013).

A figura 22 apresenta o balão onde é armazenado o biogás na propriedade rural. Este balão é produzido em Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e sua capacidade de armazenamento varia de acordo com o tamanho do biodigestor, podendo ser de 1 a 5m³ de biogás. Quando este balão está cheio, o compressor é acionado automaticamente e o gás enviado para a Microcentral.



Figura 23 – Tanque de biofertilizante

Fonte: Pesquisa (2013).

O biofertilizante é armazenado em um tanque, que pode ser de fibra de vidro (Figura 23), ou então é formado por uma lagoa coberta por geomembrana, conhecida como esterqueira. O biofertilizante é considerado um adubo orgânico, e permanece no depósito por mais alguns dias, para melhorar as suas qualidades nutricionais, até que seja usado para a adubação das lavouras.



Figura 24 – Vista frontal da casa de comando

Fonte: Pesquisa (2013).



Figura 25 – Vista interna

Fonte: Pesquisa (2013).

As figuras 24 e 25 apresentam a casa de máquinas, onde estão instalados o compressor que envia o biogás para a central quando o balão está cheio, o horímetro para verificar o tempo que o compressor trabalha e saber quanto de biogás é enviado para a Microcentral, um filtro de partículas para evitar que as impurezas do processo possam prejudicar a compressão do biogás, e o quadro de comando que controla todo o sistema de compressão.

4.2 Análise e consolidação dos dados

A análise dos dados e informações colhidas em campo deve ser feita com a utilização de critérios embasados em teoria cientificamente aceita. Pois os consumidores, neste caso os agricultores, expressam aquilo que pensam sobre o produto, dizendo o que está bom e o que não está bom de um modo simples, e estas informações precisam ser trabalhadas para que possam ser benéficas na elaboração do QD.

Em relação aos entrevistados, 67% deles, eram pessoas acima de 55 anos, e 33% possuíam até 55 anos. Uma das observações obtidas durante a pesquisa de campo foi de que as pessoas acima de 55 anos permaneciam operando os biodigestores, enquanto as pessoas mais jovens já os haviam abandonado, conforme figura 26. Essa constatação comportamental leva à necessidade de ampliar a análise que originalmente focava aspectos técnicos de equipamentos para abranger também o lado humano.

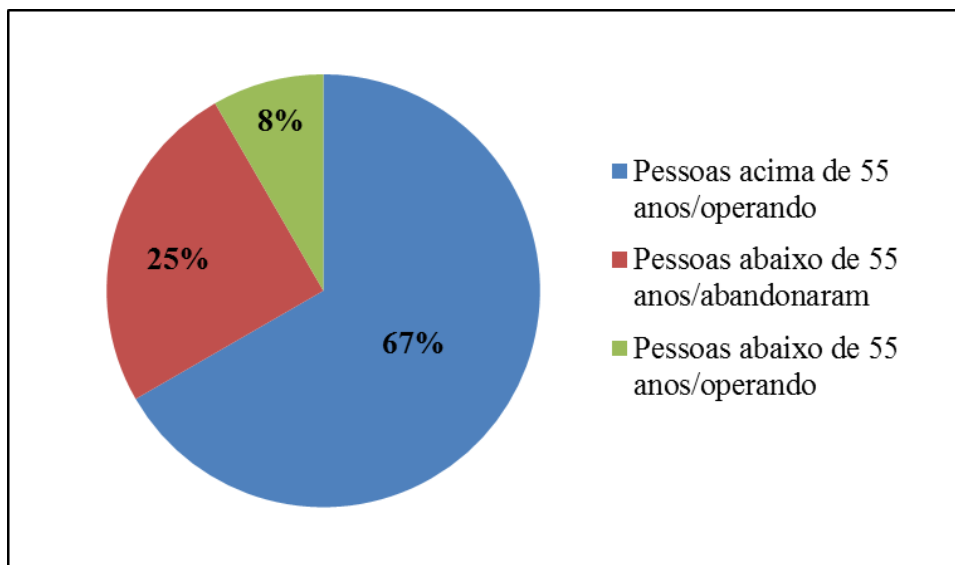


Figura 26 – Relação entre idade x operação dos biodigestores

Fonte: Pesquisa (2013).

Em relação ao grau de instrução dos entrevistados, 67% deles possuíam somente o ensino fundamental e estes eram justamente as pessoas acima de 55 anos. E, 33% possuíam o ensino médio, representando as pessoas abaixo de 55 anos (Figura 27).

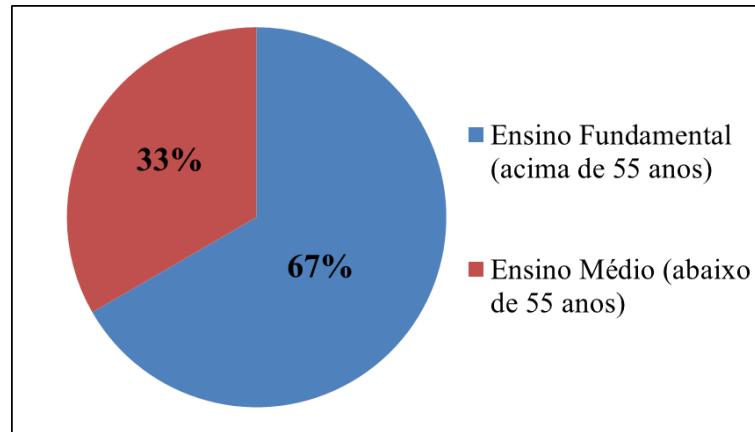


Figura 27 – Grau de instrução dos entrevistados

Fonte: Pesquisa, 2013

Tratando-se de um estudo de caso, é preciso encontrar um fundamento teórico para tal comportamento, o que foi encontrado no livro de Herzberg, Mausner e Snyderman (1959) - *The Motivation to Work*. Seguindo a teoria de Herzberg (1968), dividiram-se os requisitos dos trabalhadores, em higiênicos e motivacionais, conforme quadro 3.

Motivacionais	Higiênicos
Possibilidade de vender o biogás	Não haver problema com os registros
Uso econômico do biofertilizante	Poder usar a bomba mesmo com palhas
Adequação e modernização das instalações	Poder remover com facilidade os sólidos não voláteis
Fácil de controlar a consistência da biomassa	Não haver problema com produtos de limpeza
Sistema para controle da temperatura do biodigestor	Água quente para higienização dos equipamentos
Chama adequada	Balão resistente
Usar biogás na cozinha	Compressor resistente a oxidação
Coleta de água da chuva	Tanque resistente
Aproveitar o biogás economicamente	Tampa do biodigestor estar bem vedada
Possibilidade de gerar energia elétrica	Não entupir tubulação
Calefação da casa	Controlar o choque térmico da biomassa que entra no biodigestor
Possibilidade de vender o biofertilizante	

Quadro 3 – Requisitos do consumidor

Fonte: Pesquisa (2013).

A razão da escolha dos fatores de Herzberg com o intuito de classificar as demandas dos consumidores se deve ao fato de que o autor, em seu livro sobre motivação para o trabalho, já citava graus de satisfação diferentes para o trabalho entre, por um lado, grupos de pessoas de baixo nível educacional e mais idosas, e por outro, o grupo mais jovem ou com nível mais alto de educação (HERZBERG; MAUSNER; SNYDERMAN, 1959).

Essa situação foi encontrada entre os entrevistados do Projeto Ajuricaba: as pessoas idosas operavam e cuidavam dos seus biodigestores, e os jovens e mais bem educados os tinham abandonado. Por essa razão todos os fatores de motivação/desmotivação foram classificados segundo a teoria de Herzberg.

Os fatores motivacionais são aqueles que levaram o agricultor a adotar e operar o biodigestor. O levantamento realizado em campo detectou os cinco fatores motivacionais principais: receber dinheiro pelo gás, utilizar o biofertilizante, obter apoio financeiro para adequar as instalações de ordenha e pocilga, utilizar o gás na propriedade rural e perceber a qualidade do biofertilizante na unidade rural.

De menor intensidade os fatores motivacionais foram a captação de água da chuva para uso no estábulo, a possibilidade de obter água aquecida para a higienização dos utensílios utilizados na atividade leiteira e a perspectiva da possibilidade de calefação na residência, a fim de aumentar o conforto da família.

Entre os fatores higiênicos são importantes àqueles relacionados ao entupimento da bomba, e o colapso do balão, seguido do entupimento da tubulação e das rachaduras da caixa do biodigestor. A figura 28 apresenta as maiores dificuldades enfrentadas pelos agricultores em relação aos fatores higiênicos, observa-se que a bomba do biodigestor entupiu em 100% dos entrevistados, o balão de armazenamento de biogás furou em 58% das propriedades entrevistadas.

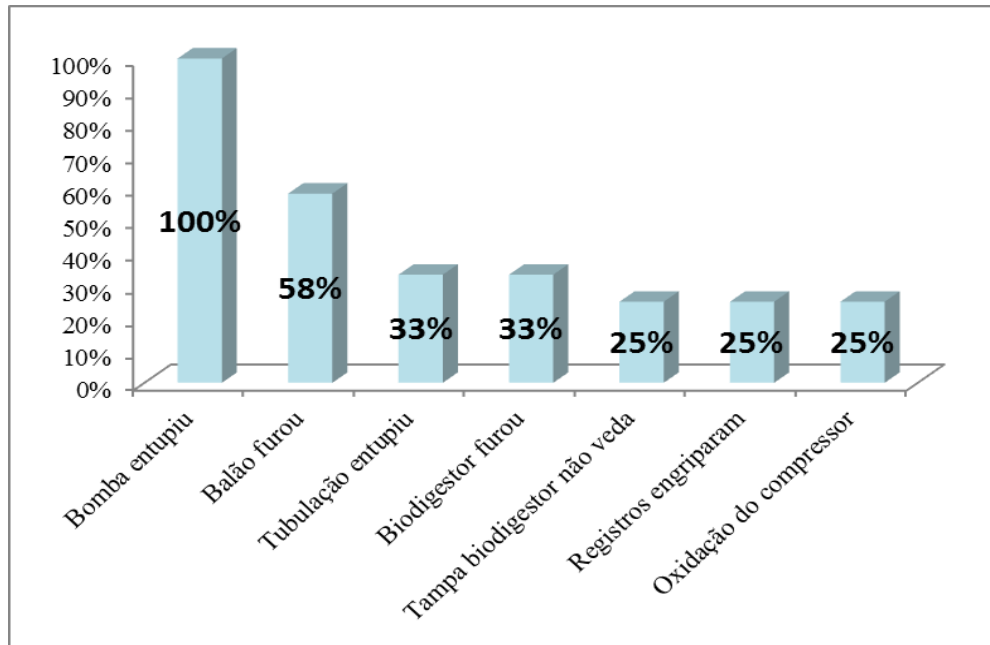


Figura 28 – Problemas identificados

Fonte: Pesquisa (2013).

4.3 Definição das matrizes do Desdobramento da Qualidade

O conjunto de matrizes do QD, sempre inicia com as demandas do consumidor, que são amplas, algumas vagas, outras extremamente pontuais, e que devem ser interpretadas, analisadas, especificadas e, em certos casos, sintetizadas. Elas envolvem aspectos de manejo, de manutenção, econômicos, motivacionais e sociais, que geram as características técnicas do equipamento.

A partir dessa primeira matriz, pode existir a opção de matrizes alternativas na seleção das demais, dependendo do objetivo final do QD. Pois o objetivo final pode ser a construção de um protótipo, ou a produção em massa, ou a redução de custos, ou, ainda, a introdução de inovações tecnológicas, portanto, a definição de quais matrizes serão usadas varia de acordo com o objetivo final do QD.

O objetivo do presente estudo é recomendar parâmetros de melhoria no biodigestor, a fim de, aumentar as chances de sucesso no rendimento do equipamento e na motivação dos agricultores em operá-lo. Por essa razão, o desdobramento ocorre da seguinte forma: das características, deve-se desdobrar os componentes, formando a segunda matriz; dos

componentes obtidos da segunda parte, parte-se para os processos a serem adotados na construção de protótipos de pré-produção em massa; conseqüentemente os parâmetros de qualidade serão ditados pelas condições de construção e operação destes protótipos. Deste modo tem-se o modelo conceitual para este trabalho (Figura 29), o modelo é o fluxo das matrizes que devem ser usadas para se chegar aos objetivos traçados no QD.

É possível perceber que, neste ponto, custos não é prioridade, uma vez que, por ora, se está em busca das melhorias que podem ser implantadas no biodigestor, independente do custo. Além disso, não há a venda do equipamento, existe a adesão do agricultor em operar e fazer uso do equipamento.

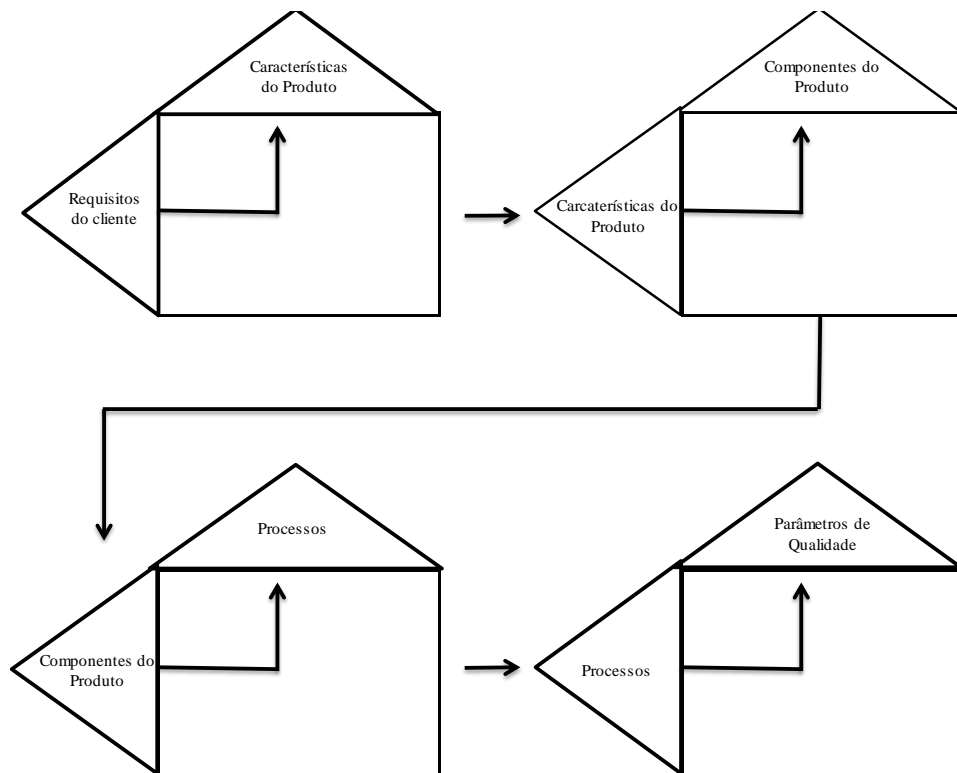


Figura 29 – Modelo conceitual

Fonte: Adaptado de AKAO (1990).

Outro aspecto a considerar é que as melhorias estão sendo feitas sobre um biodigestor que ainda é único no mercado brasileiro, portanto não há comparação com equipamentos concorrentes.

4.3.1 Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida

Uma das maneiras de se melhorar a qualidade de produtos é através do levantamento das percepções negativas que os consumidores são capazes de expressar. Estas percepções juntamente com algumas positivas vão constituir a Voz do Consumidor. A partir da análise da voz do consumidor elaborou-se a Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida (Quadro 4), na qual constam as necessidades dos clientes de forma estruturada e organizada, divididas em três níveis.

TABELA DE DESDOBRAMENTO DA QUALIDADE EXIGIDA		
1º nível	2º nível	3º nível
Gerar retorno econômico	Valor do biogás	Possibilidade de vender o biogás
		Possibilidade de gerar energia elétrica
	Valor do biofertilizante	Uso econômico do biofertilizante líquido
		Possibilidade de vender o biofertilizante
Benéfico a vida rural	Uso no estábulo	Água quente para higienização dos equipamentos
		Coleta de água da chuva
		Adequação e modernização das instalações
	Uso na residência	Usar biogás na cozinha
		Chama adequada
		Calefação da casa
Bom funcionamento	Bombas e tubulações adequadas para dejetos	Não haver problema com os registros
		Não entupir tubulação
		Poder usar a bomba mesmo com palhas
		Compressor resistente a oxidação
	Não ter problema com o reservatório de biogás	Balão resistente
	Não haver problemas com o tanque	Tanque resistente
Fácil operação	Pouco tempo despendido na operação	Adequação e modernização das instalações
	Pouco esforço físico	Registros autolimpantes
Produzir biogás e biofertilizante de boa qualidade	Tempo adequado de permanência dos dejetos no biodigestor	Poder remover com facilidade os sólidos não voláteis
		Fácil de controlar a consistência da biomassa
	Produzir biogás no inverno	Sistema para controle da temperatura do biodigestor
	Ambiente adequado para as bactérias presentes no biodigestor	Controlar o choque térmico da biomassa que entra no biodigestor
		Não haver problema com produtos de limpeza

Quadro 4 – Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida

Fonte: Pesquisa (2013).

No quadro 4 estão descritos as exigências dos consumidores, ou seja, as características do produto que precisam ser atendidas para a satisfação do cliente. Um dos requisitos é o retorno financeiro do biodigestor, o qual pode ocorrer por meio do biofertilizante ou biogás.

O biogás pode ser vendido, através do uso de gasodutos, ou então se tem a possibilidade de geração de energia elétrica na própria propriedade. O biofertilizante pode ser usado na propriedade na adubação de lavouras, reduzindo o uso de adubos químicos, também podendo ser vendido para outros produtores rurais.

Os biodigestores podem trazer inúmeras vantagens para as propriedades rurais, desde que o projeto proporcione esses benefícios. No estábulo, pode se utilizar o biogás para aquecer a água de higienização dos equipamentos de ordenha. As instalações precisam ser adequadas para facilitar o recolhimento dos dejetos, além disso, é importante utilizar a água da chuva para limpeza do chão. No uso residencial, o biogás pode ser usado no fogão doméstico, desde que produza uma chama contínua e regular. E também pode ser utilizado para a calefação da casa durante o inverno.

Uma das exigências dos clientes é o bom funcionamento dos biodigestores, isso quer dizer que as bombas e tubulações por onde passam os dejetos não podem entupir. Poder usar a bomba, mesmo com presença de palhas, sem ter necessidade de removê-las. O compressor deve ser resistente à oxidação, para não ocorrer seguidamente problemas de manutenção. O balão de armazenamento de biogás e o tanque de biodigestão devem ser resistentes, para não vazar biogás e biomassa para o meio ambiente. E, ter uma produção de biogás constante o ano inteiro.

Além disso, o equipamento precisa ser de fácil manutenção e operação, para que o agricultor não necessite despender muito tempo para o trabalho. Para isso acontecer, deve haver uma adequação e modernização das instalações, de acordo com a necessidade de cada propriedade. Os registros autolimpantes, eliminam a necessidade diária de desmontagem para a sua limpeza.

Um dos fatores importantes é a produção de biogás e biofertilizante com qualidade, essa qualidade é influenciada pelo tempo de permanência da biomassa no biodigestor. No verão, onde o tempo de permanência é menor a qualidade do biogás é inferior (conforme observado pelos agricultores durante o uso do fogão). Isso ocorre, pois, quanto maior o tempo de retenção da biomassa, maior é a produção de metano, o que aumenta o poder calorífico do biogás. Portanto, existe a necessidade de controle da temperatura dentro do biodigestor e também dos dejetos entrantes, assim como a consistência da biomassa, para que o tempo de

retenção seja adequado produzindo biogás com qualidade e quantidade semelhante tanto no inverno como verão.

A partir da tabela de desdobramento da qualidade exigida pelo consumidor, inicia-se o planejamento da qualidade do produto. Neste caso iniciando com a Matriz da Qualidade.

4.3.2 Matriz da Qualidade

A Matriz da Qualidade, conforme quadro 5, é elaborada através do cruzamento de duas tabelas de desdobramento: Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida, ou seja, os requisitos do consumidor e a Tabela de Desdobramento das Características do Produto. As características do produto são os requisitos que definem tecnicamente o biodigestor, essas características foram obtidas por meio de extração da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida. Ou seja, a parte esquerda do quadro 5, apresenta os requisitos de qualidade exigidos pelos agricultores, enquanto que a parte superior apresenta as características técnicas que o biodigestor precisa ter para atender as exigências dos consumidores.

Após ser realizada a extração das características do produto, realizou-se a correlação. Neste caso correlacionou-se os requisitos dos consumidores com as características de qualidade do biodigestor. Em relação à correlação foram usados os seguintes valores para indicar qual intensidade de correlação existente:

- a) 9 - Correlação forte;
- b) 3 - Correlação normal;
- c) 1 - Correlação fraca.

O grau de importância dos requisitos do consumidor foi determinado de acordo com a frequência que apareceram durante as entrevistas, definiram-se os valores de 1 a 5 adaptados de AKAO (1990).

- a) 5 - Muito importante;
- b) 4 - Importante;
- c) 3 - Média Importância;
- d) 2 - Pouco importante;
- e) 1 - Sem importância.

E em seguida calculou-se o peso relativo, o peso absoluto e o grau de importância para as características de produto. O valor do peso absoluto é a soma dos resultados da

multiplicação do grau de importância de cada item pelo valor da sua correlação, e o peso relativo é o valor do peso absoluto, mas em percentual. O grau de importância das características do produto é obtido através do peso relativo, ordenando-se as características da mais importante até aquela sem importância.

E em seguida calculou-se o peso relativo, o peso absoluto e o grau de importância para as características de produto. O valor do peso absoluto é a soma dos resultados da multiplicação do grau de importância de cada item pelo valor da sua correlação, e o peso relativo é o valor do peso absoluto, mas em percentual. O grau de importância das características do produto é obtido através do peso relativo, ordenando-se as características da mais importante até aquela sem importância.

		CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO																											
		Grau de importância	Registro desmontável	Separação da palha	Corte da palha	Homogeneização dos dejetos	Redução das perdas na canalização	Redução do ácido sulfídrico	Adequação do compressor	Resistência do material do balão	Adequação da capacidade do depósito	Resistência do tanque de biodigestão	Melhoria da tampa do tanque de biodigestão	Controle dos produtos de limpeza	Remoção dos sólidos não voláteis	Inserção de dreno inferior	Instalação de gasoduto	Instalação de gerador de energia elétrica	Instalação de laboratório de análise	Controle da consistência da biomassa	Controle da viscosidade da biomassa	Aquecimento	Isolamento térmico	Sistema de aquecimento secundário	Pré-aquecimento	Controle de produção do biogás	Utilização doméstica do biogás	Dissolução do biofertilizante	
R E Q U I S I T O S D O S C L I E N T E S	Possibilidade de gerar energia elétrica	3	1	1	1	1	1	3	1	3	3	1	1	1	1	1	3	9	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	
	Possibilidade de vender o biofertilizante	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	9	
	Água quente para higienização dos equipamentos	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	9	1	1	9	1
	Calefação da casa	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1
	Registros autolimpantes	2	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Não entupir tubulação	4	3	9	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Poder usar a bomba mesmo com palhas	5	3	9	9	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Compressor resistente a oxidação	3	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Balão resistente	5	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tanque resistente	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tampa do biodigestor estar bem vedada	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Não haver problema com produto de limpeza	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Poder remover com facilidade os sólidos não voláteis	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Possibilidade de vender o biogás	5	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1
	Uso econômico do biofertilizante	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	9
	Fácil de controlar a consistência da biomassa	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1
	Sistema para controle da temperatura do biodigestor	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	3	9	1	1	1
	Controlar o choque térmico da biomassa que entra no biodigestor	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	9	9	1	1	1
	Chama adequada	5	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1
	Usar biogás na cozinha	5	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1
Coleta de água da chuva	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Peso absoluto		110	154	148	124	118	156	110	132	132	114	100	104	114	106	128	140	128	100	106	140	140	126	166	150	128	140	140	
Peso relativo		3%	5%	4%	4%	4%	5%	3%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	3%	3%	4%	4%	5%	5%	4%	4%	4%		
Grau de importância das características do produto		2	5	4	3	3	5	2	3	3	2	2	2	2	2	3	4	3	2	2	4	3	5	5	3	4	4		

Quadro 5 – Matriz da Qualidade

Fonte: Pesquisa (2013).

Aplicando-se a matriz da qualidade, obteve-se o gráfico da figura 30, o qual apresenta as principais características técnicas que o biodigestor deve possuir para atender as exigências dos consumidores.

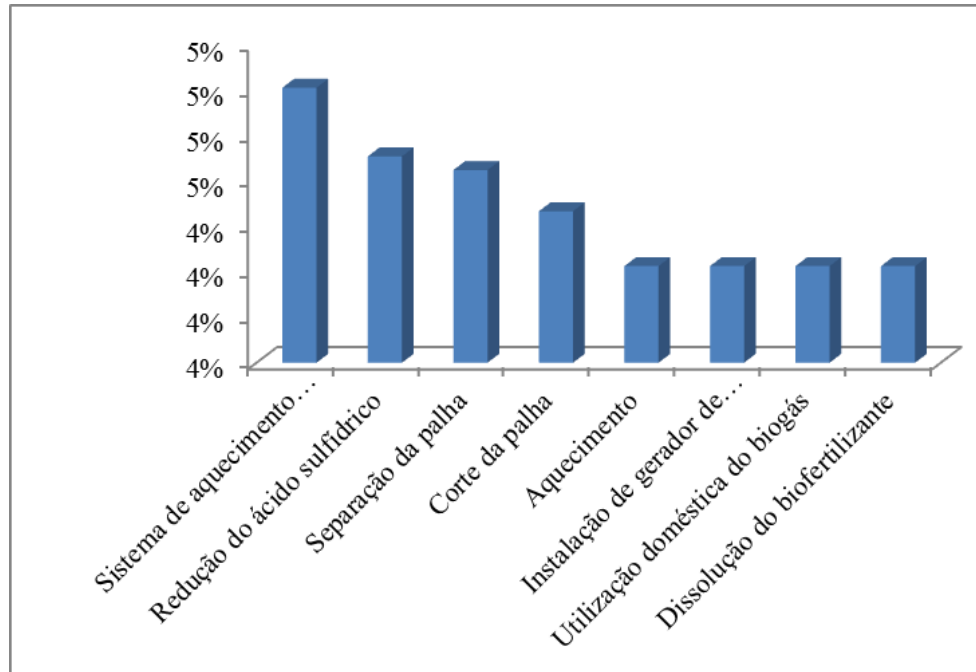


Figura 30 – Características do produto

Fonte: Pesquisa (2013).

Conforme a figura 30, as características mais importantes do biodigestor são:

- a) contar com um sistema de aquecimento secundário, utilizando o biogás como fonte de energia para aquecimento de água a ser usado na higienização dos equipamentos e para o sistema de calefação da casa do agricultor. Buscando melhorar a qualidade de vida dos pequenos agricultores;
- b) outra característica importante, principalmente para a saúde dos agricultores envolvidos no processo, é a produção de biogás com menor presença de ácido sulfídrico (H_2S);
- c) dispor de um sistema que corte ou separe a palha, para evitar o entupimento da tubulação e bomba;
- d) ter uma serpentina de aquecimento acoplada dentro do biodigestor, para manter a temperatura da biomassa constante durante todos os períodos do ano. Além disso,

- deve ser construído um tanque de pré-aquecimento com serpentinas, neste tanque os dejetos serão aquecidos até a mesma temperatura do biodigestor. Desta forma, no momento em que os dejetos serão despejados para o biodigestor, não haverá choque térmico, mantendo as condições ambientais de trabalho para as bactérias;
- e) a produção de energia elétrica a partir do biogás é uma característica relevante, pois é considerado um fator motivacional para os agricultores. Pois proporciona retorno financeiro, e contribui para a manutenção da operação dos biodigestores;
 - f) possuir um sistema para controlar a densidade do biofertilizante, para possibilitar a sua aplicação na lavoura;

É interessante notar que, em relação ao equipamento, são mais importantes os fatores higiênicos do que motivacionais de Herzberg. Pois, no presente caso, os fatores motivacionais conduzem a características externas ao equipamento, como o mercado para o biogás e as técnicas agrícolas relacionadas à aplicação do biofertilizante. E, mais próximo do operador do equipamento, estão os fatores higiênicos como: o uso da bomba com palhas, resistência do tanque de biodigestão e a resistência do balão de biogás.

4.3.3 Matriz dos Componentes do Produto

A partir da matriz da qualidade, se elaborou a matriz dos componentes do Produto, ou seja, da tabela das características do produto se extraiu os componentes do biodigestor. Essa matriz pode ser visualizada no quadro 6, que para sua elaboração, seguiu a mesma metodologia do quadro 5. E se obteve 4 características (especificações de projeto) importantes para que o biodigestor tenha um desenvolvimento superior.

		COMPONENTES DO PRODUTO																													
		Grau de importância	Telas de retenção	Separador de palha	Bomba cortadora	Entrada do dejetos por gravidade	Derivação de retorno	Agiador	Queimador de biogás	Resistência elétrica	Aquecimento prévio	Aerador	Mini compressor de aquário	Curvas de grande raio	Lã de rocha	Poliestireno expandido	Registros de esfera rosqueável	Balão em PEAD	Cúpula - reservatório de gás	Rede de gasoduto	Gerador	Kit de operação	Kit cozinha	Compressor de inox	Tampa e pescoço redimensionado	Espalhador de chorume	Tanque de biodigestão	Instrumentação	Manual e vídeo		
C A R A C T E R Í S T I C A D O P R O D U T O	Separação da palha	5	9	9	3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Sistema de aquecimento secundário	5	1	1	1	1	1	3	9	9	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Pré-aquecimento	5	1	1	1	1	3	3	9	3	9	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Redução do ácido sulfídrico	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Corte da palha	4	3	3	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Instalação de gerador de energia elétrica	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Utilização doméstico do biogás	4	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	9	3	1	1	1	1	1	
	Aquecimento	4	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Dissolução do biofertilizante	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	
	Resistência do material do balão	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Adequação da capacidade do depósito de biogás	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Homogeneização dos dejetos	3	1	3	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Instalação de gasoduto	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Redução das perdas na canalização	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Controle de produção de biogás	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	3	1
	Adequação do compressor	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	
	Resistência do tanque de biodigestão	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	
	Remoção dos sólidos não voláteis	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3	1	1	
	Instalação de Laboratório de análise	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	9	3	
	Isolamento térmico	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Registro desmontável	2	1	3	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Inserção de dreno inferior	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	1	1	
	Controle da consistência da biomassa	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Controle da viscosidade da biomassa	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	3	1	
	Melhoria da tampa do tanque de biodigestão	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	3	1	1	
	Controle dos produtos de limpeza	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	9	
Peso absoluto		136	146	134	154	120	126	184	132	132	136	154	106	134	134	98	106	106	114	114	132	118	106	98	134	122	116	104			
Peso relativo		4,0%	4,3%	3,9%	4,5%	3,5%	3,7%	5,4%	3,9%	3,9%	4,0%	4,5%	3,1%	3,9%	3,9%	2,9%	3,1%	3,1%	3,4%	3,4%	3,9%	3,5%	3,1%	2,9%	3,9%	3,6%	3,4%	3,1%			
Grau de importância do componente		4	4	3	5	3	3	5	3	3	4	5	2	3	3	1	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	3	2	2		

Quadro 6 – Matriz dos componentes do produto

Fonte: Pesquisa (2013).

Após a aplicação da matriz dos componentes, obteve-se os principais componentes que o produto deve ter para atingir as características de qualidade exigidas pelos consumidores, os quais podem ser visualizados na figura 31.

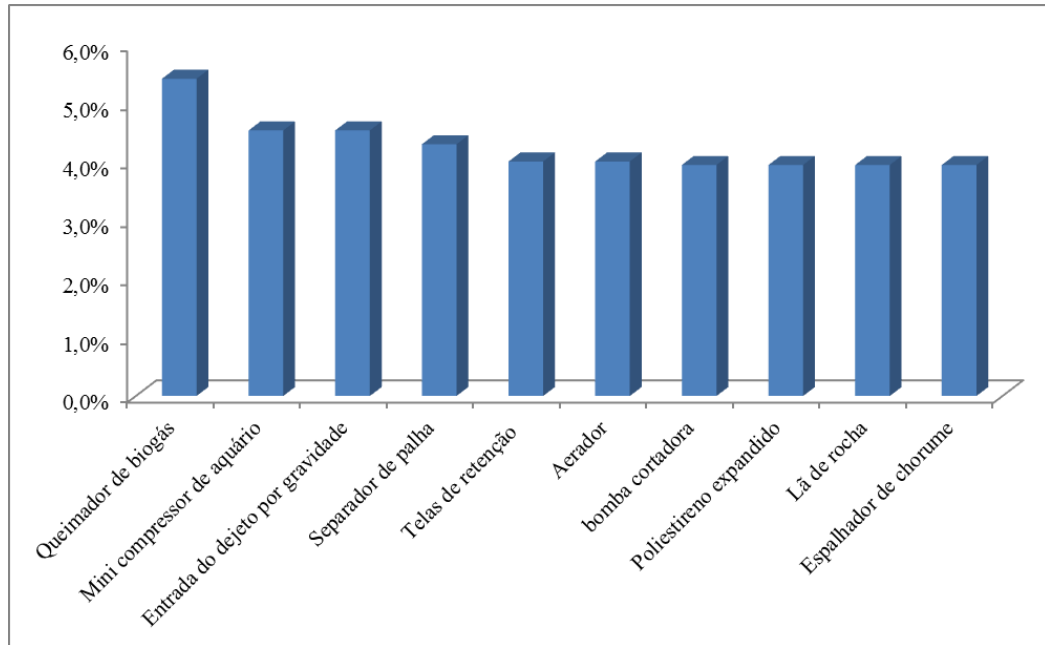


Figura 31 – Componentes do produto

Fonte: Pesquisa (2013).

No projeto do biodigestor é importante que seja adicionado um separador de sólidos e líquidos, o qual é um equipamento que atua como um filtro, separando as fibras presentes no dejetto, e deste modo impedindo que a palha circule pela bomba e tubulação, evitando assim, o entupimento da bomba.

Outra solução encontrada, que pode ser implantada, é desnivelar o biodigestor para que não ocorra a necessidade de usar bomba. Deste modo, o dejetto circula do tanque de homogeneização para o biodigestor por gravidade. No entanto, deve-se tomar cuidado, pois apesar deste modelo não ter os custos com a bomba e o separador, ainda pode ocorrer o entupimento da tubulação, principalmente se houver curvas.

Para produzir biogás e biofertilizante com maior qualidade e produtividade, o biodigestor deve operar a uma temperatura constante, pois as bactérias presentes são muito sensíveis à oscilação de temperatura. E uma das maneiras encontradas para manter a

temperatura adequada, é a inserção de serpentinas dentro do biodigestor. Na serpentina irá circular água quente que aquece a biomassa. Esta água pode ser aquecida por meio da utilização do próprio biogás, com a instalação de um queimador apropriado. Para uma maior eficiência do aquecimento, acoplam-se canos aquecidos de água do lado externo do tanque do biodigestor, evitando que se perca calor para o meio.

Além disso, é necessário evitar o choque térmico entre a biomassa entrante e a biomassa que já se encontra no biodigestor, pois o mesmo pode influenciar na qualidade e na quantidade de biogás produzido. Para tanto, deve haver um sistema de aquecimento prévio dos dejetos. Este sistema poderá também ser realizado por meio da utilização de queimador a biogás, que irá aquecer a água que circula pela serpentina inserida no tanque de homogeneização.

A presença de ácido sulfídrico no biogás é um problema que precisa ser solucionado. Portanto, tem-se a necessidade de instalar um equipamento que elimine, ou pelo menos diminua a quantidade de ácido sulfídrico presente no biogás. Neste caso foi sugerido a instalação de um mini compressor de aquário, que injeta uma pequena quantidade de ar, que faz com que diminua a produção do ácido sulfídrico no biodigestor.

4.3.4 Matriz de Desdobramento de Processos

Na matriz dos processos (Quadro 7) analisam-se quais as etapas que cada componente terá que passar, padronizou-se para cinco possíveis processos: projetar, dimensionar, construir, comprar ou instalar. Neste caso foram atribuídos valores para a necessidade de realização de cada processo, onde se definiram os seguintes valores:

- a) 9 – Processo importante, ou seja, é necessário realizar;
- b) 3 – Processo de média importância tem-se a necessidade de realizar, mas o mesmo não tem grande relevância para tal componente;
- c) 1 – Processo sem importância, este processo não precisa ser efetivado para o componente.

	Grau de importância	PROCESSOS DOS COMPONENTES					
		Projetar	Dimensionar	Construir	Comprar	Instalar	
COMPONENTES DO PRODUTO	Queimador de biogás	5	9	1	9	1	9
	Mini compressor de aquário	5	1	9	1	9	9
	Entrada do dejetos por gravidade	5	1	9	9	1	9
	Aerador	4	1	9	1	9	9
	Separador de palha	4	9	1	9	1	9
	Telas de retenção	4	1	9	1	9	9
	Espalhador de churume	3	1	9	1	3	1
	Aquecimento prévio	3	9	1	9	1	9
	Agitador	3	1	9	1	9	9
	Kit de operação	3	1	9	1	9	1
	Bomba cortadora	3	1	9	1	9	9
	Resistência elétrica	3	1	9	1	9	9
	Lã de rocha	3	9	1	9	1	9
	Poliestireno expandido	3	9	1	9	1	9
	Derivação de retorno	3	1	3	1	9	9
	Tanque de biodigestão	3	9	1	9	1	9
	Rede de gasoduto	2	9	1	3	1	3
	Material PEAD	2	9	1	9	1	9
	Cúpula - reservatório de gás	2	9	1	9	1	9
	Gerador	2	1	1	1	1	1
	Instrumentação	2	9	1	9	9	9
	Compressor de inox	2	1	9	1	9	3
	Manual e vídeo	2	9	1	9	1	9
	Kit cozinha	2	1	9	1	9	9
	Curvas PVC	2	1	9	1	9	9
	Registros de esfera rosqueável	1	1	9	1	9	3
	Tampa e pescoço redimensionado	1	1	9	1	9	1

Quadro 7 – Matriz de Desdobramento dos Processos

Fonte: Pesquisa (2013).

O queimador de biogás, para ser usado no aquecimento da água que irá circular nas serpentinas, precisa ser projetado, construído e instalado. É necessário projetar o tanque de aquecimento prévio dos dejetos, pois ainda não existe biodigestor que possua este sistema.

O separador de palha, que consiste em um filtro que separa o dejetos líquido das fibras, precisa ser projetado, pois seu formato para pequenos biodigestores não existe. O que existe são grandes equipamentos separadores para biodigestores de alto volume, mas estes não estão disponíveis no mercado brasileiro.

As telas de retenção devem ser instaladas para evitar que as fibras se juntem ao dejetos. Estas precisam ser dimensionadas, compradas e instaladas. O agitador deve ser dimensionado, comprado e instalado para cada biodigestor.

A bomba cortadora é própria para ser usada com dejetos, porque possui um sistema que corta fibras e sólidos que podem estar presentes no dejetos. Evitando assim, o entupimento da tubulação e bomba, e reduzindo o tempo de manutenção. Além disso, a bomba possui um sistema de auto limpeza. Como já existe no mercado, tem-se a necessidade de dimensionar, comprar e instalar para cada projeto de instalação de biodigestores. No dimensionamento, devem ser levados em conta fatores tais como motor, sistema de arrefecimento e método de instalação.

No projeto do biodigestor, a derivação de retorno está projetada, instalada e funcionando. Portanto, para cada novo projeto tem-se a necessidade de dimensionar esta derivação, comprar e instalar, sem a necessidade de alterações de projeto.

4.3.5 Matriz dos Parâmetros de Qualidade

Neste projeto de Desdobramento da Qualidade, para cada componente foram levantados os parâmetros de qualidade. Estes parâmetros de qualidade devem ser levados em conta quando do desenvolvimento do projeto para o novo biodigestor.

Os parâmetros de qualidade para a tela de retenção podem ser observados no quadro 8. A tela deve ter a sua dimensão especificada de acordo com as especificações da bomba, além disso, a resistência mecânica do material tem de resistir ao uso de raspadores e cargas acidentais. O material precisa ser resistente à corrosão, devido à composição química do dejetos. A posição da tela de retenção no tanque deve ser levada em conta para equilibrar a quantidade de material que passa por ela, para que não haja congestionamento de impurezas antes da grade. O ângulo de instalação deve facilitar a remoção de material retido na grade.

Conforme o quadro 8, os itens mais importantes para a tela de retenção das sujidades estão relacionados com a sua instalação no tanque de homogeneização, correspondem à sua posição e ao ângulo de instalação (grau de importância – 5).

	Grau de importância	Telas de retenção				
		Dimensão da malha	Resistência mecânica do material	Resistência à corrosão	Posição no tanque	Ângulo de instalação
Projetar	9	1	1	1	1	1
Dimensionar	1	9	3	1	3	3
Construir	9	1	1	1	1	1
Comprar	1	9	9	9	1	1
Instalar	9	1	1	1	9	9
Peso absoluto		45	39	37	103	103
Peso relativo		14%	12%	11%	31%	31%
Grau de importância		2	2	2	5	5

Quadro 8 – Parâmetros de qualidade para a tela de retenção

Fonte: Pesquisa (2013).

Para projetar o separador de palha, é necessário levar em consideração alguns fatores importantes, como: malha da tela, potência do motor, redutor de velocidade, constante de mola, resistência mecânica, resistência a abrasão, resistência a corrosão e capacidade, conforme observado no quadro 9.

O tamanho da abertura da malha da tela deve ser dimensionado, para que os sólidos do dejetto que passam pelas aberturas, possam ser admitidos pela bomba. A potência do motor será definida de acordo com a altura manométrica da tubulação e da quantidade de dejetto. A constante de mola precisa ser adequada à força necessária para o dejetto passar pela tela durante o percurso no separador. Outros fatores importantes são: a resistência mecânica da tela, para que a mesma não se deforme com a pressão do dejetto; resistência à abrasão em função da presença de pedriscos no dejetto; resistência à corrosão, principalmente da mola. A capacidade deve ser dimensionada de acordo com o número de animais e o tamanho do biodigestor.

	Grau de importância	Separador de palha							
		Malha da tela	Potência do motor	Redutor de velocidade	Constante de mola	Resistência mecânica	Resistência à abrasão	Resistência à corrosão	Capacidade
Projetar	9	9	3	3	9	9	9	9	9
Dimensionar	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Construir	9	9	3	3	9	9	9	3	3
Comprar	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalar	9	1	9	1	1	1	1	1	3
Peso absoluto		173	137	65	173	173	173	119	137
Peso relativo		15%	12%	6%	15%	15%	15%	10%	12%
Grau de importância		5	4	3	5	5	5	4	4

Quadro 9 – Parâmetros de qualidade do separador de palha

Fonte: Pesquisa (2013).

A bomba cortadora deve ser robusta a fibras longas, pois geralmente as bombas engasgam com fibras longas. A bomba precisa ser adequada à alta viscosidade, pois existe uma relação ótima entre o dejetto e a água. Ela, também precisa ser resistente à abrasão, porque o dejetto contém resíduos de areia e pedriscos. Além destes fatores, a tensão da bomba deve ser de 220 volts (V), pois é o padrão da eletrificação rural, e as conexões precisam ser padronizadas para acoplar com tubos de dimensões padronizadas. Os parâmetros de qualidade que devem ser levados em consideração para a bomba, podem ser visualizados no quadro 10.

	Grau de importância	Bomba cortadora								
		Capacidade	Altura manométrica	Robusta a fibras longas	Adquada a alta viscosidade	Resistente a corrosão	Resistente à abrasão	Trifásica	Tensão 220 V	Conexões padronizadas
Projetar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dimensionar	9	3	3	9	9	3	9	3	3	3
Construir	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Comprar	9	1	1	9	9	1	9	3	3	3
Instalar	9	1	1	1	1	1	1	3	9	9
Peso absoluto		47	47	173	173	47	173	83	137	137
Peso relativo		5%	5%	17%	17%	5%	17%	8%	13%	13%
Grau de importância		2	2	5	5	2	5	3	4	4

Quadro 10 – Parâmetros de qualidade para a bomba

Fonte: Pesquisa (2013).

Em relação à resistência elétrica utilizada para o aquecimento de água das serpentinas. A mesma deve ter tensão de 220 volts, o controle da temperatura poderá ser realizado com termostato sensor de platina, por ser mais barato e neste caso não haver necessidade de tanta precisão. Além disso, deve estar protegido contra uma possível falta de água, para não queimar. Os parâmetros de qualidade podem ser observados no quadro 11.

	Grau de importância	Resistência elétrica		
		220 volts	Termostato sensor platina	Protegido da falta água
Projetar	1	1	1	1
Dimensionar	9	3	3	3
Construir	1	1	1	1
Comprar	9	3	3	3
Instalar	9	3	3	1
Peso absoluto		83	83	65
Peso relativo		36%	36%	28%
Grau de importância		5	5	4

Quadro 11 – Parâmetros de qualidade para a resistência elétrica

Fonte: Pesquisa (2013).

Para que o queimador de biogás opere de forma adequada satisfazendo a necessidade dos consumidores, ele deve ter: capacidade suficiente para aquecer o volume de dejetos nos dias frios de inverno; acendimento automático independente da presença ou não do operador; termostato com sensor de platina para manutenção da temperatura adequada; segurança contra falhas no acendimento para evitar o potencial de explosão, e ser testado logo após a instalação. No quadro 12, encontram-se os seus parâmetros de qualidade.

	Grau de importância	Queimador de biogás					
		Capacidade	Acendimento automático	Termostato	Segurança contra não acendimento	FMEA	Resistência elétrica de reserva
Projetar	9	9	9	9	9	3	3
Dimensionar	1	1	1	1	1	1	1
Construir	9	1	9	3	9	3	3
Comprar	1	1	1	1	1	1	1
Instalar	9	1	9	3	9	1	3
Peso absoluto		101	245	137	245	65	83
Peso relativo		12%	28%	16%	28%	7%	9%
Grau de importância		2	5	3	5	2	2

Quadro 12 – Parâmetros de qualidade para o queimador de biogás

Fonte: Pesquisa (2013).

O aquecimento prévio precisa atender alguns pré-requisitos para que opere com a qualidade desejada, os quais podem ser observados no quadro 13. A capacidade de aquecimento prévio deve ser adequada com a quantidade de dejetos e temperatura necessária para garantir que as temperaturas, interna e externa, sejam iguais. Evita-se assim, o choque térmico com as bactérias presentes no biodigestor. Utilizar um termostato com sensor de platina preciso, para que, a temperatura externa do dejetos tenha realmente a mesma temperatura do biodigestor.

	Grau de importância	Aquecimento prévio			
		Capacidade do tanque de pré-aquecimento	Termostato com sensor de platina	Capacidade da bomba de água quente	Comprimento da serpentina
Projetar	9	9	9	3	3
Dimensionar	1	1	1	1	1
Construir	9	3	9	3	3
Comprar	1	1	1	1	1
Instalar	9	3	9	3	3
Peso absoluto		137	245	83	83
Peso relativo		25%	45%	15%	15%
Grau de importância		4	5	3	3

Quadro 13 – Parâmetros de qualidade para o aquecimento prévio

Fonte: Pesquisa (2013).

Para haver uma homogeneização e conseqüentemente uma facilidade maior de eliminação dos dejetos pela canalização e bomba, é necessário instalar um sistema de agitação da biomassa, que pode ser realizado por meio de um agitador. Os parâmetros de qualidade para a instalação de um agitador estão apresentados no quadro 14.

O agitador deve ter sua velocidade controlada para que a velocidade da agitação não interfira no desempenho das bactérias. O tamanho da hélice deve ocupar toda a área de circunferência do biodigestor. É indispensável um cuidado com a vedação do eixo para não haver vazamentos de biomassa. Ademais, o material do agitador não pode ter efeito sobre as bactérias, pois existe a possibilidade de ocorrer desprendimentos de metais ou seus compostos que podem interferir na vida das bactérias.

	Grau de importância	Agitador					
		Controle da velocidade do agitador	Tamanho da hélice	Controle de tempo de agitação	Vedação do eixo	Resistente a corrosão	Sem efeito sobre as bactérias
Projetar	1	1	1	1	1	1	1
Dimensionar	9	9	9	9	9	9	9
Construir	1	1	1	1	1	1	1
Comprar	9	9	9	9	1	9	9
Instalar	9	1	1	1	9	1	1
Peso absoluto		173	173	173	173	173	173
Peso relativo		17%	17%	17%	17%	17%	17%
Grau de importância		5	5	5	5	5	5

Quadro 14 – Parâmetros de qualidade para o agitador

Fonte: Pesquisa (2013).

Em relação ao mini compressor de aquário, deve haver alguns cuidados especiais (Quadro 15), como o controle do tempo para a entrada da quantidade correta de ar e controle de segurança para que o percentual de O₂ não ultrapasse 3-6% do total do volume do biogás.

	Grau de importância	Mini compressor de aquário			
		Controle de tempo	Controle de segurança	Tensão de operação 220 volts	Capacidade de compressão
Projetar	1	1	1	1	1
Dimensionar	9	9	9	3	3
Construir	1	1	1	1	1
Comprar	9	1	1	9	9
Instalar	9	9	9	9	9
Peso absoluto		173	173	191	191
Peso relativo		24%	24%	26%	26%
Grau de importância		4	4	5	5

Quadro 15 – Parâmetros de qualidade para o mini compressor de aquário

Fonte: Pesquisa (2013).

O kit de operação é necessário para que a operação do biodigestor ocorra com maior segurança e qualidade, conforme quadro 16. Fazem parte desses equipamentos: o Equipamento de Proteção Individual (EPI), para o operador usar durante a limpeza e manutenção dos biodigestores; válvula de segurança, a qual é um item fundamental para evitar que o biodigestor trabalhe sob risco de explosão. Além destes, o Kit deve conter um conjunto de peças sobressalentes, ou seja, componentes reservas para um reparo rápido e eficiente do biodigestor, juntamente com as devidas ferramentas. O kit Embrapa é um kit importante para o agricultor realizar análise da qualidade do biogás.

	Grau de importância	Kit de operação (ferramentas e instrumentos)				
		Conjunto EPI	Válvulas de segurança	Kit Embrapa	Peças sobressalentes	Ferramentas
Projetar	1	1	1	1	1	1
Dimensionar	9	9	9	3	3	3
Construir	1	1	1	1	1	1
Comprar	9	9	9	1	3	3
Instalar	1	1	1	1	1	1
Peso absoluto		165	165	39	57	57
Peso relativo		34%	34%	8%	12%	12%
Grau de importância		5	5	2	3	3

Quadro 16 – Parâmetros de qualidade para o kit de operação

Fonte: Pesquisa (2013).

O tanque precisa ser reprojetoado para que ele atenda as necessidades dos consumidores, no quadro 17 constam os parâmetros de qualidade. Por isso, deve ser resistente à tração e ao cisalhamento para evitar rompimentos, como já ocorreram; a tampa precisa ser hermeticamente vedada, pois, deste modo, evita a perda de biogás para o ambiente. Além disso, deve ser melhorada a planicidade da tampa, que deve ser inferior a 1 mm. O tanque carece de um sistema de drenagem dos sólidos para manutenção periódica a fim de retirar os sólidos depositados no fundo do biodigestor. A área de seção transversal deve ser superior a 200 mm, e possuir drenos para amostras de biomassa, os quais devem estar distribuídos da seguinte forma: um em posição de coleta representativa do tanque, e outros dois em pontos potenciais de falta de agitação. O tanque também carece de isolamento térmico para evitar perda de calor para o meio, através de um material que possua coeficiente de condutividade térmica menor que 0,05 W/m.K (watt por metro kelvin).

	Grau de importância	Reprojetar tanque							
		Resistência a tração	Resistência ao cisalhamento	Drenagem dos sólidos depositados	Vedação hermética da tampa	Entrada do eixo do agitador	Drenos para amostras de biomassa	Isolamento térmico	Entrada alternativa de dejetos
Projetar	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Dimensionar	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Construir	9	9	9	9	9	9	3	9	9
Comprar	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalar	9	1	1	9	9	9	3	9	9
Peso absoluto		173	173	245	245	245	137	245	245
Peso relativo		10%	10%	14%	14%	14%	8%	14%	14%
Grau de importância		4	4	5	5	5	4	5	5

Quadro 17 – Parâmetros de qualidade para o tanque

Fonte: Pesquisa (2013).

O balão em PEAD (Quadro 18), ou seja, o armazenador de biogás deve ser resistente à tração, fadiga e aos raios solares, pois irá ficar em contato direto no tempo (sol, chuva, frio, calor). Portanto, o material precisa ser extremamente resistente para não deteriorar com o passar do tempo. Além disso, o balão necessita de certa elasticidade, pois, a quantidade de biogás presente nele irá oscilar.

	Grau de importância	Balão em PEAD					
		Resistência a tração	Resistência a fadiga	Impermeável a gases	Resistência a raios solares	Estanqueidade nos acoplamentos	Flexibilidade
Projetar	9	9	9	9	3	3	9
Dimensionar	1	1	1	1	1	1	1
Construir	9	9	3	3	3	9	3
Comprar	1	1	1	1	1	1	1
Instalar	9	3	3	1	3	9	3
Peso absoluto		191	137	119	83	191	137
Peso relativo		22%	16%	14%	10%	22%	16%
Grau de importância		5	4	3	2	5	4

Quadro 18 – Parâmetros de qualidade para o material PEAD

Fonte: Pesquisa (2013).

O projeto da cúpula trata-se de um reservatório de gás em concreto e cúpula flexível, o qual deve ter algumas características, conforme quadro 19. O reservatório precisa ser resistente a tração, para suportar a pressão do gás e do próprio peso. Ter a membrana interior impermeável a biogás e a membrana exterior resistente aos raios solares. Estanqueidade nos acoplamentos, flexibilidade nas membranas para evitar que rasguem e dreno inferior para drenar água, o qual deve ter tampa que estanca completamente.

	Grau de importância	Projeto - Cúpula do reservatório de gás						
		Resistência a tração	Resistência a fadiga	Impermeável a gases	Resistência a raios solares	Estanqueidade nos acoplamentos	Flexibilidade	Dreno para umidade
Projetar	9	9	3	9	9	9	9	9
Dimensionar	1	1	1	1	1	1	1	1
Construir	9	9	3	9	3	9	3	9
Comprar	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalar	9	3	3	9	3	9	9	9
Peso absoluto		191	83	245	137	245	191	245
Peso relativo		14%	6%	18%	10%	18%	14%	18%
Grau de importância		4	3	5	4	5	4	5

Quadro 19 – Parâmetros de qualidade para o reservatório cúpula balão

Fonte: Pesquisa (2013).

O kit cozinha (Quadro 20) é composto por fogão, tubulação e válvula redutora de pressão. O fogão para biogás deve ser instalado com segurança nos acoplamentos e nas vedações, a válvula redutora de pressão deve possuir o selo do INMETRO e estar dentro do prazo de validade.

	Grau de importância	Kit cozinha		
		Fogão	Tubulação	Válvula redutora de pressão
Projetar	1	1	1	1
Dimensionar	9	3	3	9
Construir	1	1	1	1
Comprar	9	3	3	3
Instalar	9	9	9	3
Peso absoluto		137	137	137
Peso relativo		33%	33%	33%
Grau de importância		5	5	5

Quadro 20 – Parâmetros de qualidade para o Kit cozinha

Fonte: Pesquisa (2013).

O quadro 21 apresenta de modo sintetizado os parâmetros de melhoria que necessitam ser observados em cada componente, na busca da satisfação do cliente. Ao analisar o quadro 21, nota-se que os componentes que possuem maior número de parâmetros de qualidade são justamente aqueles ligados ao maior número de insatisfações dos usuários. Portanto, estes itens devem ser considerados críticos no desenvolvimento no novo biodigestor.

Componente	Parâmetros de qualidade							
Bomba cortadora	Robusta a fibras longas	Adequada a alta viscosidade	Resistente à abrasão	Tensão de operação 220 V	Conexões padronizadas	Trifásica	Resistente a corrosão	Capacidade
Separador de palha	Malha da tela	Resistência mecânica	Resistência abrasão	Constante de mola	Potência do motor	Resistência à corrosão	Capacidade	Redutor de velocidade
Reprojetar tanque	Drenagem dos sólidos depositados	Vedação hermética da tampa	Entrada do eixo do agitador	Isolamento térmico	Entrada alternativa de dejetos	Drenos para amostras	Resistência a tração	Resistência ao cizalhamento
Projeto - Reservatório cúpula balão	Estanqueidade nos acoplamentos	Dreno para umidade	Impermeável a gases	Resistência a raios solares	Flexibilidade	Resistência a tração	Resistência a fadiga	
Rede de gasoduto	Testes de estanqueidade	Pontos de purga	Sinalização	Tubulação PEAD	Profundidade da tubulação	Previsão de manutenção	Capacidade de armazenamen	
Queimador de biogás	Acendimento automático	Segurança contra não acendimento	Termostato	Capacidade	FMEA	Resistência elétrica de reserva		
Agitador	Controle da velocidade do agitador	Tamanho da hélice	Controle de tempo de agitação	Vedação do eixo	Resistente a corrosão	Sem efeito sobre as bactérias		
Balão em PEAD	Resistência a tração	Estanqueidade nos acoplamentos	Resistência a fadiga	Flexibilidade	Impermeável a gases	Resistência a raios solares		
Telas de retenção	Posição no tanque	Ângulo de instalação	Resistência à corrosão	Dimensão da malha	Resistência mecânica do material			
Kit de operação (ferramentas e instrumentos)	Conjunto EPI	Válvulas de segurança	Peças sobressalientes	Ferramentas	Kit Embrapa			
Mini compressor de aquário	Tensão de operação 220 volts	Capacidade de compressão	Controle de tempo	Controle de segurança				
Aquecimento prévio	Termostato com sensor de platina	Capacidade do tanque de pré-aquecimento	Capacidade da bomba de água quente	Comprimento da serpentina				
Lã de rocha	Isolamento contra umidade	Durabilidade maior que 10 anos	Resistente a luz do sol	Condutividade menor que 0,05				
Resistência elétrica	Tensão de operação 220 V	Termostato sensor platina	Protegido da falta água					
Kit cozinha	Fogão	Tubulação	Válvula redutora 2 Kgf/cm ²					
Compressor de inox	Tensão de operação 220 V	Capacidade	Motor trifásico					
Desnívelar biodigestor	Profundidade	Base de concreto						
Derivação de retorno	Diâmetro da tubulação	Registro de gaveta						
Registros Tigre	Esfera	Desmontável						
Espalhador de chorume	Mangueira da bomba	Bomba de sucção						

Quadro 21 – Parâmetros de qualidade para o biodigestor

Fonte: Pesquisa (2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biodigestores passa a ser cada vez mais difundida e aplicada em diversos países. Além dos fatores ambientais que impulsionam o uso dos biodigestores, também existe o aumento da demanda de energia, que instiga o uso e as pesquisas por novas fontes energéticas. Em países desenvolvidos onde já existem políticas estabelecidas, como no caso da Alemanha, os biodigestores são aplicados principalmente para a produção de energia elétrica. Nos países em desenvolvimento, como Índia e China, o uso de biodigestores ocorre devido à necessidade de tratamento dos dejetos e são importante fonte de biofertilizante nas propriedades rurais.

No Brasil, o uso dos biodigestores está apenas iniciando, e os equipamentos e instalações são extremamente simples quando comparados com aqueles recentemente desenvolvidos em países da Europa. Portanto, o Brasil ainda carece de pesquisas para a adequação dos biodigestores à realidade nacional, além de uma política governamental de incentivo à sua utilização.

A presente pesquisa buscou contribuir para mudar este cenário, pois teve como objetivo propor parâmetros de melhoria para biodigestores de pequeno porte, através da aplicação do método do Desdobramento da Qualidade. Estes parâmetros estão descritos no quadro 20, para cada componente do biodigestor, identificou-se os parâmetros que devem ser observados durante o desenvolvimento do novo modelo de biodigestor.

Dentre os principais componentes a serem melhorados no biodigestor, pode-se citar a bomba cortadora, o separador de palha, o tanque de biodigestão, a cúpula – reservatório de gás. Para a bomba cortadora os parâmetros essenciais são: robusta a fibras longas, adequada à alta viscosidade, resistente à abrasão, tensão de 220 volts e conexões padronizadas. Para o separador de palha os parâmetros são: resistência mecânica, resistência à abrasão, constante de mola e malha da tela. Identificaram-se, os seguintes parâmetros para o tanque de biodigestão: vedação hermética da tampa, isolamento térmico, entrada alternativa de dejetos, entrada do eixo do agitador, drenagem dos sólidos depositados. E os parâmetros identificados para a cúpula – reservatório de gás, foram: estanqueidade nos acoplamentos, dreno para umidade, impermeável a gases, flexibilidade e resistência aos raios solares.

A aplicação do Desdobramento da Qualidade, além de identificar os parâmetros de qualidade trouxe outros benefícios, como conhecer com detalhes o biodigestor e desdobrar

cada componente, e reconhecer mais profundamente a importância e o funcionamento de cada um. Também oportunizou o contato direto com os usuários, neste caso os agricultores que possuem biodigestores instalados em suas propriedades, pois na aplicação do QD é essencial ouvir o ponto de vista do consumidor. Isso permitiu observar não somente o uso dos biodigestores, mas todo o projeto desenvolvido no Condomínio Ajuricaba.

Após as entrevistas e a observação da real situação do Condomínio Ajuricaba, notou-se que a produção de energia elétrica com o biogás, ainda carece de muitas pesquisas e política governamental. Consequentemente, alterou-se o foco do Projeto Agropecuária Limpa, antes baseado na produção de energia elétrica, agora focado na produção de biofertilizante e o consumo do biogás na propriedade para melhoria da qualidade de vida do agricultor.

Além dessas contribuições, obtiveram-se algumas características imprescindíveis para o desenvolvimento de biodigestores com melhor desempenho. A qualidade do produto não deve limitar-se somente aos aspectos técnicos do biodigestor, pois foram encontrados outros elementos que afetaram os resultados obtidos na implantação do projeto Ajuricaba. Portanto, esses elementos podem ser divididos em fatores sociais, econômicos, técnicos, de conhecimento e de sustentabilidade.

Como fator social, constatou-se que a idade do agricultor está relacionada com a operação do sistema, e que deverá haver estudos sobre como motivar os agricultores das gerações mais novas para o uso de biodigestores.

Em relação à questão econômica, é imprescindível que a operação de biodigestores traga retorno econômico aos agricultores, que pode ocorrer por meio da retribuição financeira do gás produzido, calefação da casa, aquecimento da água de higienização, uso do gás doméstico e uso do biofertilizante. A possibilidade de retorno financeiro por meio da venda de energia elétrica, ou do gás veicular, neste caso, é descartada no atual momento, devido à falta de infraestrutura e de regulamentação legal.

Em relação ao fator técnico, percebe-se certa dificuldade em relação à aquisição de componentes específicos para biodigestores, pois não existem no mercado brasileiro. No modelo pesquisado, estes componentes foram substituídos por outros modelos, sem as necessárias características técnicas para uso com biodigestores, que acarretaram em problemas durante o seu uso. Um exemplo é a bomba, o componente com o maior número de comentários negativos. O modelo utilizado é específico para ser usado com água, no entanto é usado com dejetos, como estes possuem uma densidade maior e a presença de sujidades, que provocaram o entupimento da bomba em 100% das propriedades entrevistadas. Outro

exemplo que pode ser citado é o compressor a ar, como foi utilizado com biogás, em alguns casos oxidou.

Outro parâmetro de adequação técnica do biodigestor é a obtenção de um maior rendimento e uma operação mais robusta. O maior rendimento virá do controle de temperatura e da uniformização do dejetto entrante. A operação mais robusta virá de alteração no material de construção do balão de gás do biodigestor e do uso de bomba adequada.

O aumento do conhecimento abrange o agricultor, como operador do sistema, e a universidade e os institutos de pesquisa, no que diz respeito ao desenvolvimento de métodos e práticas de operação. As áreas do conhecimento a serem difundidas abrangem: o valor do biofertilizante, o valor das energias térmicas no uso doméstico e no estábulo, bem como os custos de operação e manutenção.

Entre as partes interessadas, estão os órgãos responsáveis pela preservação do meio ambiente, sendo que, para estes, são parâmetros importantes a não poluição das águas, a não degradação dos solos pelo uso de fertilizantes químicos e a redução do efeito estufa.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Desenvolver o projeto mecânico para o novo biodigestor, com todas as especificações técnicas.

Verificar a viabilidade econômica deste novo modelo de biodigestor.

Aplicar o QFDr, ou seja, criar uma série de procedimentos, tarefas, metodologias iniciando no desenvolvimento do produto, produção, distribuição e vendas.

Verificar o funcionamento do biodigestor com estes novos parâmetros, sua instalação e seu uso, bem como uma pesquisa sobre a aceitação pelo agricultor.

Criar um plano de assistência e educação para conscientizar o meio rural e as autoridades locais sobre a função de biodigestores na preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALFONSO, E. T.; LEYVA, A.; HERNÁNDEZ, A. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate. **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 7, n. 2, p. 47-54, dez. 2005.

AKAO, Y. **QFD: Past, Present, Future**. In: International Symposium on QFD. Linköping, 1997. Disponível em: < http://www.qfdi.org/QFD_History.pdf>. Acesso em 16 jan. 2013.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design**. Cambridge: Productivity Press, 1990.

AIAG - AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Solução eficaz de problemas: uma orientação para cultura, processo, ferramentas & treinamento**. Trad. Instituto da Qualidade Automotiva – IQA. São Paulo: IQA, 2006.

BARICHELLO, R. **O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso da região noroeste do Rio Grande do Sul**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993.

BEHZADIAN, M. et al. PROMETHEE Group Decision Support System and the House of Quality. **Group Decis Negotiation**, v. 22, n. 2, p. 189-205, mar 2013.

BLEY JUNIOR et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2 ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura, TechnoPolitick Editora, 2009.

BONTURI, G. L.; VAN DIJK, M. Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Campinas, v. 8, n. 2, out. 2012.

BRONDANI, J. C. **Biodigestores e biogás: balanço energético, possibilidades de utilização e mitigação do efeito estufa**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CARNEVALLI, J. A.; MIGUEL, P. A. C. Revisão, análise e classificação da literatura sobre o QFD – tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 3, p. 557-579, set.-dez. 2007.

CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 33-49, jan.-abr. 2004.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 06., 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UTFPR, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/chines1_000g7gph0mm02wx5ok0wtedt3q5rn9mk.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2013.

CHEN, L. H.; KO, W. C.; TSENG, C. Y. Fuzzy Approaches for Constructing House of Quality in QFD and Its Applications: A Group Decision-Making Method. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 60, n. 1, fev. 2013.

CHENG, L. C. QFD em desenvolvimento de produto: características metodológicas e um guia para intervenção. **Revista Produção**, Florianópolis, v. 3, n. 2, jun. 2003.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Blücher, 2007.

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 08 mar. 2013.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

DU, Y. et al. Reuse-oriented redesign method of used products based on axiomatic design theory and QFD. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 79-86, 2013.

EVANGELISTA, M. L. S. et al. A sustentabilidade no sistema produtivo da atividade leiteira na Região Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UFSCAR, 2006. Disponível em: <<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais.php>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

FAO. **El estado mundial de la agricultura y la alimentación**. Roma: FAO, 2012.

FAO; OCDE (Coord.). **Sustainable agricultural productivity growth and bridging the gap for small family farms**. Interagency Report to the Mexican G20 Presidency. México, jun 2012.

FICALORA, J.; COHEN, L. **Quality function deployment and Six Sigma: a QFD handbook**. 2. ed. Boston: Prentice Hall, 2010.

FRARE, L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N. C. Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás. **Rev. Eng. Sant. Ambiental**, v. 14, n. 2, abr./jun. 2009.

FRIEHE, J. et al. Fundamentals of anaerobic digestion. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V (FNR). **Guide to Biogas: from production to use**. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V/Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012. cap. 2. p. 21-30.

FPTI; KÖHLER, P. M.; KÖHLER, P. A. **Conjunto extravasor interno de biodigestor**. BR n. PI 0905588-6, 21 dez. 2009, 28 fev. 2012.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GERARDI, M. **The microbiology of anaerobic digesters**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

GODOY, L.P. **Desenvolvimento de metodologia para melhoria dos serviços hospitalares: caso do Hospital Universitário de Santa Maria**. 1999. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

GREMYR, I.; RAHARJO, H. Quality function deployment in healthcare: a literature review and case study. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 26, n. 2, p. 165-146, 2013.

GRIFFIN, A.; HAUSER, J. R. The voice of the customer. **Marketing Science**, Chicago, v. 12, n. 1, 1993.

GUAZZI, D. M. **Utilização do QFD como uma ferramenta de melhoria contínua do grau de satisfação de clientes internos**: uma aplicação em cooperativas agropecuárias. 1999. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, Boston, maio-jun., 1988.

HERZBERG, F. One more time: how do you motivate employees? **Harvard Business Review**, Boston, jan.-fev., 1968.

HERZBERG, F.; MAUSNER, B.; SNYDERMAN, B. **The Motivation to Work**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1959.

IBGE, 2011. **Pecuária 2011**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=pecuaria2011>>. Acesso em 05 mar. 2013.

ITAIPU BINACIONAL. **Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar da Microbacia da Linha Ajuricaba**. Boletim informático, jun. 2012.

ITAIPU. **Centro de Biogás atuará em parceria com diversas instituições**. Foz do Iguaçu, 27 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/centro-de-biogas-atuara-em-parceria-com-diversas-instituicoes>>. Acesso em 10 jan. 2013.

ITAIPU. **Empresa incubada no PTI vence licitação do Ajuricaba**. Foz do Iguaçu, 20 jul. 2010. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/jornal-energia/empresa-incubada-no-pti-vence-licitacao-do-ajuricaba>>. Acesso em: 07 fev. 2013.

KALTSCHMITT, M., SCHOLWIN, F. Purpose of the guide. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V (FNR). **Guide to Biogas**: from production to use. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V/Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012. cap. 1. p. 17-20.

KALTSCHMITT, M. et al. Significance of biogas as a renewable energy source in Germany. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V (FNR). **Guide to Biogas**: from production to use. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V/Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012. cap. 12. p. 214-223.

KÖHLER, P. M., KÖHLER, P. A. **Biodigestor a base de fibra de vidro para produção de biogás e biofertilizante.** BR n. MU 8400800-8 U, 12 fev. 2004, 20 set. 2005.

LIEBETRAU, J. et al. Operation of biogas plants. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V (FNR). **Guide to Biogas: from production to use.** Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V/Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012. cap. 5. p. 85-113.

LUSK, P. **Methane recovery from animal manures the current opportunities casebook.** Golden: National Renewable Energy Laboratory, 1998.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas S.A., 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** São Paulo: Atlas S.A., 2010.

MARTINS, R.A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P.A.C (Coord.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MARTORANO, E. **O QFD no projeto e desenvolvimento de produtos com ênfase nas quatro fases.** 1993. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

MIGUEL, P. A. C. Adoção do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. In: MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. cap. 06.

MIGUEL, P. A. C. **Implementação do QFD para o desenvolvimento de novos produtos.** São Paulo: Atlas, 2008.

NEVES, V. L. V. **Construção de biodigestor para produção de biogás a partir da fermentação de esterco bovino.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Biocombustíveis) – Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2010.

NORONHA, A. C. G. **Razões da não utilização de biodigestores em granjas sunícolas em Marechal Cândido Rondon.** 2009. 86 f. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. **Métodos de Desdobramento da Qualidade (1)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997.

OLIVEIRA, M. M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

ONU. **The millennium development goals: eight goals for 2015**. Disponível em: <<http://www.undp.org/content/undp/en/home/mdgoverview.html>>. Acesso em 06 fev. 2013.

PASQUAL, J. C. et al. A utilização do sensoriamento remoto para o planejamento de condomínios de agroenergia a partir de biogás de biomassa residual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.

PEIXOTO, M. O. C. **Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD-estendido e QFD das quatro ênfases**. 1998. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PEIXOTO, M. O. C.; CARPINETTI, L. C. R. Aplicação de QFD integrando o modelo de Akao e o modelo QFD estendido. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 5, n. 3, p. 221-238, dez 1998.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SETREM. **Agropecuária Limpa: Projeto de recuperação de recursos hídricos em pólo regional de pecuária de leite e suinocultura**. Três de Maio: Setrem, 2012.

SHIN, J. et al. An energy security management model using quality function deployment and system dynamics. **Energy Policy**, v. 54, p. 72-86, mar. 2013.

SILVA, A. F. et al. **Comunicado Técnico: Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Embrapa, 2007.

SOUZA, K. C. G. **Modelo de simulação para análise da viabilidade de geração de energia a partir da utilização de biodigestores**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

TERRA, O.; LEMAINSKI, J. **Desenvolvimento desigual no Rio Grande**: o desafio de reverter o esvaziamento do noroeste gaúcho. Porto Alegre: Gente do Livro, 2002.

TEUNE, B. et al. **Feasibility study of a national biogás programme on domestica biogás in the Philippines**. SNV & Winrock, abr. 2010.

WAGNER, A. **Utilização do método QFD como indutor de diretrizes para a melhoria da qualidade**: um estudo de caso. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

WANG, C. H.; CHEN, J. N. Using quality function deployment for collaborative product design and optimal selection of module mix. **Computers & Industrial Engineering**, n. 63, p. 1030-1037, 2012.

WEITHÄUSER, M. et al. Gas processing and options for utilisation. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V (FNR). **Guide to Biogas**: from production to use. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V/Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012. cap. 6. p. 115-138.

APÊNDICE

Apêndice A – Roteiro para entrevista com os agricultores

Contexto da propriedade rural:

Quantidade de pessoas envolvidas no trabalho;
Nível de escolaridade;
Quantidade de animais;
Quantidade de hectares.

Operação do biodigestor:

O funcionamento do biodigestor;
Existem equipamentos que não funcionam bem;
Funcionamento das bombas, compressor;
Diferenças entre o inverno e o verão;
Recolhimento dos dejetos, como ocorre;
O conhecimento dos agricultores em relação às bactérias presentes no biodigestor;
Relação entre vantagens do biodigestor versus aumento de trabalho;
Quantidade de gás produzido;
Forma de medir esta quantidade de gás;
Tempo despendido no manejo do biodigestor;
Quais os controles que são realizados no biodigestor (pH, temperatura);
Treinamento sobre como operar e manutenção de biodigestores;
Acompanhamento de técnicos.

Destinação do biofertilizante:

Aumento de produtividade na lavoura com o uso do biofertilizante;
Redução de custos com o uso do biofertilizante.

Destinação do gás:

Uso do gás na cozinha;
Aquecimento da água;
Valor monetário recebido mensalmente pela venda do gás.

Registros:

Observar se alguns registros “engripam”;
Observar o tipo de registro e depois verificar no catálogo se o diâmetro de passagem é igual ao diâmetro nominal.

Válvulas de segurança:

Observar se continuam funcionando adequadamente;
Observar se já houve conferência/ troca da válvula;
Observar se os usuários pensam que seria necessário um teste periódico.

Dimensões das tubulações:

- Observar se o diâmetro da tubulação é o mesmo em todas as unidades;
 - A relação entre o comprimento e o diâmetro, juntamente com as características da bomba permitem um bom funcionamento em todas as unidades;
 - Observar se todas as conexões são soldáveis ou se existem conexões rosqueáveis.
- Observar se houve manutenção.

Bomba:

- Observar o tipo da bomba;
- Observar se todas são autoaspirantes;
- Observar o modelo da bomba e depois, no catálogo, se são de rotor aberto;
- Observar se funcionam ou não com restos de palha;
- Observar se funcionam com dejetos bovinos no inverno, com alimentação de ensilagem.

Motor da bomba:

- Observar a potência;
- Observar se são monofásicos ou trifásicos;
- Observar o grau de proteção;
- Observar se seguem norma NEMA ou IEC;
- Observar a proteção contra falta de fase;
- Observar se a instalação tem disjuntor diferencial residual;
- Observar os aterramentos.

Compressor:

- Observar o tipo do compressor;
- Observar a potência do compressor;
- Observar a capacidade do compressor;
- Verificar se já houve troca do compressor;
- Observar o tipo de óleo que é utilizado;
- Observar o estado geral (externo) do compressor.

Manejo dos dejetos:

- Como separam a palha;
- Como medem a densidade ou consistência;
- Como limpam a tubulação depois do bombeamento;
- Como homogeneizam os dejetos.

Sugestões:

- O que pode ser melhorado no biodigestor.