



Eduardo Rafael Brandt
Wilhan Fernando Berger

**PROJETO DE UM PROTÓTIPO DE CABEÇOTE PARA LIMPEZA DE
BAIAS**

Horizontalina – RS
2017

Eduardo Rafael Brandt
Wilhan Fernando Berger

**PROJETO DE UM PROTÓTIPO DE CABEÇOTE PARA LIMPEZA DE
BAIAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Mestre Adalberto Lovato.

Horizontina – RS

2017

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Projeto de um protótipo de cabeçote para limpeza para baias”

Elaborada por:

Eduardo Rafael Brandt

Wilhan Fernando Berger

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 22/11/2017
Pela Comissão Examinadora

Me. Adalberto Lovato
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Me. Luís Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontalina

Me. Cristiano Rosa dos Santos
FAHOR – Faculdade Horizontalina

Horizontalina - RS

2017

Dedicatória

A nossas esposas, filhas, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, presença e incansável apoio, e incentivo ao longo de toda a caminhada, principalmente no período de desenvolvimento do TFC.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da FAHOR, que contribuíram para a minha formação, em especial ao nosso orientador Adalberto Lovato, que esteve presente durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos e familiares, que em muitas ocasiões entenderam nossa ausência e incentivaram a desenvolver nossos estudos, durante todos estes anos.

RESUMO

A limpeza de baias de suínos é um serviço difícil e prejudicial a saúde, além ser uma atividade que é de difícil empregabilidade. O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um cabeçote de limpeza para um protótipo de limpeza motorizado. O cabeçote é composto de uma escova cilíndrica, ligada ao motor de corrente contínua, D.C. O motor é ligado à um conjunto de baterias totalizando 24V. O artefato contém um raspador frontal para remover o excesso de material das baias, possuindo uma regulagem de altura na frente da máquina. O material do raspador é composto por borracha e chapas metálicas, e a escova por filamentos de nylon, que é ligada ao motor D.C. por uma corrente tipo Renault. O teste realizado na pocilga apresentou bons resultados de limpeza. O excesso de material foi removido facilmente pelo raspador. As dimensões escolhidas foram consideradas adequadas. A escova cilíndrica trabalhou bem. No entanto, é necessário fazer melhorias para limpar os cantos da baia.

PALAVRAS-CHAVES: Máquina de limpeza. Suinocultura. Cabeçote de limpeza.

ABSTRACT

Cleaning pig stalls is a hard and unhealthy job. From the point of view of the employer it also presents the problem of finding the necessary employees to do the job. The main objective of this work is the development of a cleaning head for a motorized self-propelled prototype. The head is composed of a cylindrical brush driven by an electrical D.C. motor. Electrical power is supplied by a lead acid battery, 24V. The device has a front scrapper to remove hard and dry material, with flexible height in front of the machine. Main materials used were rubber and stainless steel in the scrapper, nylon filaments in the rotary brush and Renault type chain linking the D.C. motor to the brush. Tests were made in actual pig stalls and results have shown good cleaning results. Hard and dry material were easily removed. Dimensions are considered suitable. Brush stiffness also worked well. However, improvement must be made in cleaning the square of the stall.

KEYWORDS: Cleaning machine. swine breeding. Cleaning head

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exportação de carne suína, em mil toneladas	17
Figura 2 - Produção de suínos no Brasil, em mil toneladas.....	18
Figura 3 - Baía de terminação.....	20
Figura 4 - Casa QFD.....	24
Figura 5 - Método Makabe.....	25
Figura 6 - Pesquisa Científica x Projeto de Engenharia	27
Figura 7 - 1º Requisito	33
Figura 8 - 2º Requisito	34
Figura 9 - 3º Requisito	34
Figura 10 - 1ª Casa QFD	36
Figura 11 - 2ª Casa QFD	38
Figura 12 - Escova.....	41
Figura 13 - Regulagem de altura da escova	42
Figura 14 - Motoredutor	43
Figura 15 - Sistema de transmissão da escova.....	45
Figura 16 - Controlador PWM	46
Figura 17 - Grampo torpedo.....	46
Figura 18 - Sistema do raspador.....	48
Figura 19 - Sistema de regulagem de altura do raspador	49
Figura 20 - Regulador de altura	49
Figura 21 - Guia do raspador	50
Figura 22 - Sistema da escova	51
Figura 23 - Componentes de transmissão	52
Figura 24 - Sistema de transmissão completo	53
Figura 25 - Limpeza manual da baía.....	54
Figura 26 - Protótipo em teste.....	55

Figura 27 - Raspador removendo dejetos.....	56
Figura 28 - Borracha do raspador	57
Figura 29 - Dejetos retornando com o raspador.....	58
Figura 30 - Baía após limpeza manual.....	60
Figura 31 - Baía após a limpeza com protótipo	61
Figura 32 - Escova cilíndrica.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ferramentas utilizadas.....	29
Quadro 2 - Principais materiais para a fabricação.....	30
Quadro 3 - Nota das características.....	37
Quadro 4 - Notas das características.....	39
Quadro 5 - Especificações do motor	43
Quadro 6 - Resultado do teste	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.5. OBJETIVOS	14
1.5.1 Objetivo Geral	14
1.5.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 SUÍNOS E SUA HISTÓRIA	15
2.1.1 Situação da suinocultura no Brasil	15
2.2 QUALIDADES DAS POCILGAS E MÉTODOS DE MANEJO	18
2.2.1 Baias	19
2.3 DOENÇAS	21
2.4 HIGIENIZAÇÃO	21
2.5 MÁQUINAS PARA LIMPEZA	22
2.6 QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE	23
2.7 NR17 - NORMA REGULAMENTADORA	25
3 MÉTODOS	26
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	26
4 RECURSOS NECESSÁRIOS	29
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
5.1 REQUISITOS E QFD	32
5.2 ESCOLHA DOS COMPONENTES	40
5.2.1 Escolha da Escova	40
5.2.2 Regulagem da Escova	41
5.2.3 Escolha do Motor	42

5.2.4 Transmissão	43
5.2.5 Regulagem de Rotação do Motor	45
5.2.5 Raspador	46
5.3 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	47
5.3.1 Fabricação e Montagem do Sistema do Raspador	47
5.3.2 Fabricação e Montagem do Sistema da Escova	50
5.3.2 Fabricação e Montagem da Transmissão	51
5.4 TESTES DO PROTÓTIPO	53
5.4.1 A Atividade Manual	54
5.4.2 Teste do Protótipo na Baia	55
5.5 RESULTADO DO EXPERIMENTO	56
5.5.1 Sistema do Raspador	56
5.5.2 Sistema de Transmissão	58
5.5.3 Sistema da Escova	59
5.6 ANÁLISE GERAL DO TESTE	59
6 CONCLUSÃO	63
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE	67

1 INTRODUÇÃO

Há muitos anos a criação de porcos faz parte do dia a dia da maior parte dos agricultores do mundo, porém este tipo de criação deixou de ser apenas para seu próprio consumo, e se tornaram uma fonte de renda, onde grandes empresas do ramo alimentício começaram a desenvolver novas maneiras de criação, onde os agricultores entram com a mão de obra e estrutura para abrigar os suínos, e as empresas fornecem os animais e sua alimentação.

Com isso, a necessidade de adequação de suas propriedades, e o grande aumento da criação, foi exigido uma mão de obra mais qualificada para manter os locais em bom estado de higiene e conservação. Pensando em facilitar o trabalho dos criadores, no intuito de diminuir o esforço na limpeza, iniciou o projeto de um protótipo de limpeza de pocilgas, que tem por objetivo principal construir uma máquina inovadora, tendo por base o estudo e aprimoramento de acadêmicos da Faculdade Horizontina FAHOR. Este protótipo deve oferecer, todas as condições possíveis para que haja um bom desempenho, confiabilidade, facilidade no modo de operação, facilidade na manutenção, e principalmente, trazer facilidade para o trabalho braçal da limpeza das baias.

1.1 TEMA

O tema se insere no desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos para o agronegócio, e se refere mais especificamente ao desenvolvimento inicial de um robô para limpeza de pocilgas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O Tema se delimita em estudar, analisar e implementar componentes, tais como: vassoura cilíndrica para a limpeza e um raspador frontal para recolher o excesso de dejetos.

Tais componentes serão analisados individualmente, desde a sua escolha até a apresentação dos resultados, levando em conta os objetivos e requisitos escolhidos. O estudo foi realizado no 2º semestre de 2017.

1.3 JUSTIFICATIVA

A criação de suínos e sua manutenção diária está enfrentando um enfraquecimento de mão de obra, pelo fato da atividade ser desgastante, principalmente no momento da limpeza, onde são poucas pessoas interessadas em realizar atividades como esta, abrindo uma oportunidade para aplicação do trabalho robotizado.

Levando em conta também um aspecto econômico, a criação de um protótipo para a limpeza ajudará o funcionário a realizar o serviço, conseguindo fazer a atividade mais rápido, podendo se ocupar em outras atividades além da limpeza.

Com uma limpeza mais facilitada para o trabalhador, o proprietário da pocilga terá menos problemas futuros com o funcionário, levando em conta o desgaste físico, problema de saúde do trabalhador, pois não precisará fazer mais esforços repetitivos para realizar a limpeza.

Considerando aspectos ambientais, a utilização de um robô para a limpeza melhorará a qualidade da limpeza das baias, fazendo com que o suíno fique em um ambiente mais propício para sua criação, diminuindo possíveis doenças.

O desenvolvimento de um robô para a limpeza fará com que a atividade de criação de suínos seja mais desenvolvida tecnologicamente, considerando a situação atual da atividade, em nível global.

A realização do estudo para o desenvolvimento de um robô para a limpeza abre a possibilidade de possíveis estudos complementares para ele, podendo estudar mais a fundo a área de limpeza de pocilgas.

A área de suinocultura é bastante estudada por diversas entidades, principalmente pela EMBRAPA e seus colaboradores, nas áreas econômicas. Na área de manejos e da qualidade das pocilgas, Sartor (2004) e Carvalho (2013) desenvolveram estudos específicos. Referente as dimensões ideais para as baias de terminação, Fávero (2003) realizou um estudo na área. Considerando a saúde animal e suas doenças, há vários estudos realizados, onde o trabalho de Amaral (2006) se destaca. Referente a higienização das baias, há um estudo realizado pelo

Sesti; Sobestiansky; Barcellos, (1998) explicando como deve ser feita a limpeza corretamente.

Porém, ainda não existe nenhum estudo específico sobre o desenvolvimento de um robô para a limpeza de baias de suínos, abrindo uma oportunidade de realização do estudo.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

De que maneira um robô de limpeza pode realizar a limpeza das baias de uma pocilga diminuindo os esforços e melhorando a qualidade da criação?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de um cabeçote de limpeza que precisará de uma estrutura para seu acoplamento, onde esse cabeçote será constituído de uma escova cilíndrica ligada a um motor para seu funcionamento motorizado, e um raspador frontal para a limpeza pesada das baias.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o referencial teórico;
- Realizar uma pesquisa para a escolha do tipo de escova e diversos componentes;
- Desenvolver o protótipo;
- Realizar teste dos componentes;
- Apresentar resultados obtidos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão da literatura consiste no embasamento teórico a respeito da suinocultura direcionando para o setor de limpeza e higiene de baias de porcos, e os esforços físicos feitos para que se possa ter um ambiente consideravelmente limpo e organizado, conforme exigências do cliente.

2.1 SUÍNOS E SUA HISTÓRIA

A origem do suíno e como ocorreu sua domesticação ainda é discutida, porém, estudos comprovam através de fósseis que eles apareceram a mais de 40 milhões de anos e existem três tipos de suínos: céltico, ibérico e asiático (SEBRAE, 2017).

"Hoje, com cerca de um bilhão de indivíduos vivos - suínos -, é um dos mais numerosos dos grandes mamíferos do planeta" (ROPPA, 2014).

Ainda não é certo afirmar quando ocorreu a primeira domesticação do suíno. Os primeiros registros arqueológicos foram localizados no Oriente Médio, porém as ossadas mais antigas foram encontradas em 1994, em Çayönü, região extremo oeste da Ásia (ROPPA, 2014).

Acredita-se, que a domesticação aconteceu quando os primeiros homens foram cultivar cereais em aldeias, largando o hábito de serem nômades. Com a possibilidade de não precisar mais vagar em procura de alimentos, esses habitantes decidiram domesticar os porcos selvagens encontrados nas regiões onde estavam (ROPPA, 2014).

Os porcos chegaram ao continente americano junto de Cristóvão Colombo, na sua segunda viagem, em 1493, deixando oito animais na região de São Domingos. Por ser um animal de reprodução rápida, logo se espalhou sua população, se expandindo para dentro do continente. Já no Brasil os primeiros porcos chegaram em 1532, no litoral paulista, trazidos por Martim Afonso de Souza (ROPPA, 2014).

2.1.1 Situação da suinocultura no Brasil

A suinocultura brasileira vem em uma constante evolução na sua cadeia de produção, se tornando uma fonte de renda para diversos pequenos a grandes

produtores rurais. É notável perceber a mudança de mentalidade destes produtores, onde apenas produzia porcos para o seu próprio consumo, e agora com incentivos fiscais, apoio de agroindústrias, viu-se a possibilidade de explorar a produção de porcos de forma intensiva.

Atualmente, o Brasil possui a quarta maior produção de suínos do mundo, com 3,7 milhões de toneladas de carne de porco, atrás da China, a maior produtor de suínos, com um rebanho aproximado de 51 milhões de toneladas, e também atrás da União Européia e Estados Unidos (EMBRAPA, 2017).

A China é responsável por mais de 46% de toda produção mundial de suínos. Os maiores produtores em 2012 foram responsáveis por 77,8% da produção mundial. O Brasil obteve o maior crescimento em percentual de produção, e é o único representante da América do Sul entre os dez maiores produtores mundiais (ROPPA, 2014). Na Tabela 1 é possível observar o crescimento e quedas dos maiores produtores mundiais, dos anos de 1995 a 2012. Observa-se que o Brasil durante esse período teve um crescimento de 134,7% da sua produção, enquanto a Polônia no mesmo período teve uma queda de 13,6%.

Tabela 1 - Principais produtores mundiais de carne suína

	1995	2012	Crescimento %
China	33,401	52,389	56,8
Estados Unidos	8,097	9,959	23
Alemanha	3,602	5,459	51,6
Espanha	2,174	3,515	61,7
Brasil	1,470	3,450	134,7
Rússia	1,865	2,717	45,7
Canadá	1,275	2,166	69,9
Vietnã	1,000	2,000	100
França	2,144	1,957	- 8,7
Polônia	1,962	1,695	- 13,6
Dinamarca	1,494	1,603	7,3
Total 11 maiores	58,484	86,910	48,6
Total mundial	78,243	111,730	42,8
11 maiores/Total mundial	74,7%	77,8%	+ 3,1

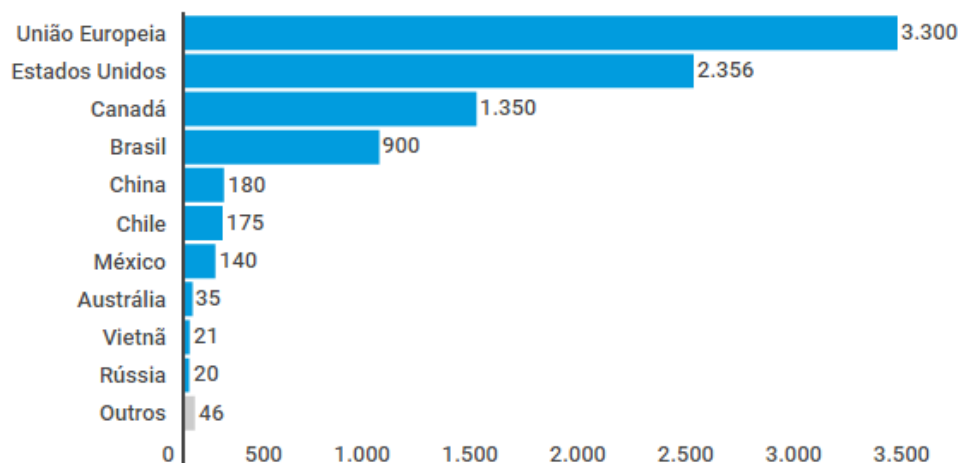
Fonte: Roppa, 2014.

O crescimento dos rebanhos de suínos no Brasil vem crescendo de maneira constante. Desde os anos 2000 até 2016, o Brasil cresceu 176,04%, um número que

tende de continuar a subir. De 2015 a 2016 teve um aumento de 2,4% na produção de suínos.

Referente a exportação da carne suína, o Brasil ocupa a quarta colocação do ranking mundial, conforme a figura 1.

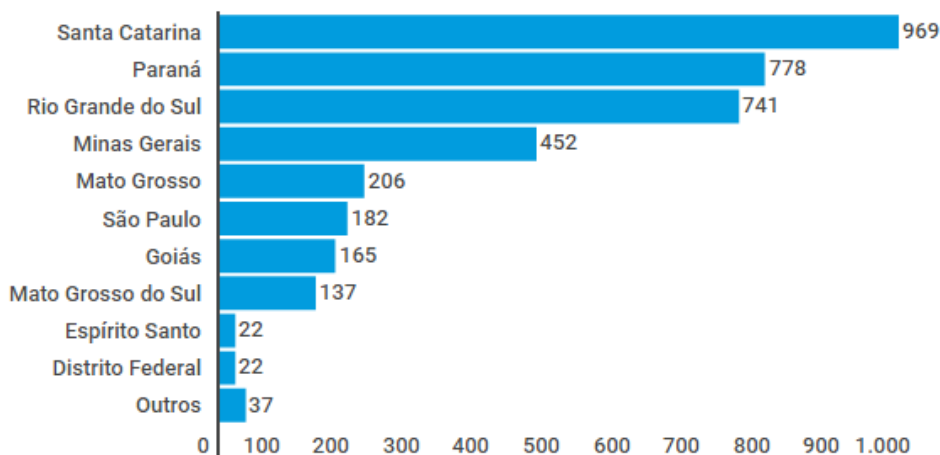
Figura 1 - Exportação de carne suína, em mil toneladas



Fonte: EMPRABA, 2017.

A região Sul do país ainda se destaca por ser a responsável por mais da metade da produção anual do Brasil, porém vem perdendo espaço no cenário atual, com uma queda de 10% da % produzida no país, porém teve um aumento da produção de 137,30% comparada a 16 anos atrás (EMBRAPA, 2017). A figura 2 mostra a importância da região sul na criação de suínos, onde tem uma grande diferença entre outros estados.

Figura 2 - Produção de suínos no Brasil, em mil toneladas.



Fonte: EMBRAPA, 2017.

Na região Sul a suinocultura é uma das principais atividades agrícolas, sendo um gerador de emprego e renda para muitas famílias, principalmente do pequeno ao médio produtor rural.

O pequeno agricultor vê a oportunidade de investir na suinocultura pelo fato de o investimento para construir as pocilgas podem ser financiados para pagamento em até 10 anos, e com a renda produzida pela pocilga é capaz de pagar este empréstimo e ainda sobra para pagar as outras despesas. Com essa possibilidade, os pequenos produtores investem mais em mão de obra e maquinário para as outras atividades de sua propriedade.

A tecnologia disponível no Brasil ligado à criação de suínos ainda é restrita principalmente à grandes criadores, devido ao alto custo de implementação dos mesmos. Para os pequenos criadores ainda há muita dúvida e medo referente a investimentos na tecnologia, pelo fato de não ter um retorno financeiro em um curto prazo. Porém, esse cenário está modificando com a continuação dos jovens no campo, além do que essas tecnologias estão cada vez mais baratas e fáceis de adquirir.

2.2 QUALIDADES DAS POCILGAS E MÉTODOS DE MANEJO

Tem-se, por conhecimento que a qualidade das pocilgas interfere diretamente no desenvolvimento e evolução dos porcos, conseqüentemente resultando em uma

diferença no ganho final do produtor. A higiene nos estábulos afeta diretamente os animais, assim como os seres humanos que estão ligados a este ambiente de uma forma direta e indireta. Estudos feitos demonstram que, pessoas expostas a estes ambientes estáveis têm mais riscos de doenças respiratórias e bronquite crônica do que outras, pois nestes ambientes contêm pelos de animais, urina, microorganismos, partículas vegetais, fezes e outras partículas que causam esses sintomas (LÖFQVIST, 2014).

Existem alguns tipos de criação de suínos que podem ser classificadas de maneira extensiva, onde os animais são criados soltos sem praticamente nenhuma prática de higiene ou cuidados com a saúde do animal, semi - intensivo, onde já existem alguns cuidados com higiene e alimentação dos porcos, existem baias para as fêmeas, porém todas as baias ligadas a piquetes de pastagem, e maneira intensiva onde os animais ficam em confinamento com controle de alimentação existem práticas sanitárias que devem ser seguidas. Neste tipo de sistema também existe a possibilidade de se controlar a temperatura do ambiente, por meio de ventilação, controle da umidade do ar, e limpeza de pisos (SARTOR, 2004).

O sistema intensivo de criação de suínos tem como objetivo proteger o animal contra as avarias do clima, oferecer conforto, e ter um maior controle do manejo, assim obtendo maior produtividade. Porém como os animais ficam em confinamento, o estresse acaba atrapalhando a produtividade, mas pode ser melhorado através do "enriquecimento ambientais", onde são feitas melhorias no sistema de criação, como baias coletivas, manejo diário, utilização de objetos para tirar o estresse animal, melhor qualificação da mão de obra, tudo isso buscando um ambiente melhor para o suíno (CARVALHO, 2013)

2.2.1 Baias

Nestas edificações os suínos ficaram desde o momento em que saem das creches até o momento da comercialização. O piso das baias pode ser totalmente ripado ou com parte ripado e parte com piso compacto, sendo o piso ripado o mais indicado para locais onde a temperatura é mais elevada, porém tem um custo mais elevado. Para que tenha uma diminuição do investimento, a maioria dos criadores

opta por fazer 30% da baia com piso ripado e os outros 70% com piso compacto (FÁVERO, 2003).

O escoamento dos dejetos deve ser do lado de fora das baias trazendo assim mais higiene saúde para os porcos, sendo assim o piso deve ter declive de aproximadamente 3% a 5% (FÁVERO, 2003).

Paredes laterais devem ser de concreto facilitando a limpeza do local, as instalações devem ter tanto proteção para eventuais frentes frias como também boa ventilação, levando em conta a densidade e o tamanho dos animais, pois nesta fase à uma grande formação de calor, gases e dejeções que podem prejudicar o ambiente. Para uma boa baia devem 0,70m, 0,80m, 1,00 m² por animal para qualquer tipo de piso (FÁVERO, 2003).

Na figura 3, é possível observar a estrutura de uma baia de uma pocilga, no estágio de terminação.

Figura 3 - Baia de terminação



Para os sistemas de ventilação, devem ser adotados sistemas de exaustão, ou priorização. O correto dimensionamento renderá em mais conforto e qualidade de vida dos animais, conseqüentemente um melhor ganho de produtividade (FÁVERO, 2003).

2.3 DOENÇAS

De acordo com EMBRAPA, as doenças na suinocultura podem ser divididas em dois grupos, doenças epizoóticas e multifatoriais. As doenças epizoóticas são doenças infecciosas causadas por agentes específicos, que normalmente são caracterizados por ter um alto índice de morbidade e mortalidade, sendo algumas destas doenças, a peste amarela, doença de Aujeszky e Sarna sarcóptica. As doenças multifatoriais são doenças normalmente conhecidas por afetar grandes rebanhos de forma enzoótica, afetando muitos animais, porém tem uma taxa de mortalidade baixa, mas afeta bastante o índice econômico devido a seus efeitos negativos na produção. As doenças multifatoriais têm como exemplo a circo virose suína, pneumonias crônicas, e síndrome da diarreia pós desmame (AMARAL, et al., 2006).

O cuidado com a saúde animal precisa ser levado em consideração por toda sua fase, desde os recém-nascidos até na fase de recolhimento. Na fase adulta, os grandes causadores das doenças estão ligados à má alimentação e falta de higiene. Com uma má alimentação, o suíno tenderá a se alimentar menos, causando uma grande perda de peso, levando o animal a óbito ou a uma perda da qualidade do produto final.

Atualmente, na região sul do Brasil o cuidado com as doenças respiratórias é imprescindível, por conta das baixas temperaturas durante o inverno.

As pneumonias estão entre os principais problemas sanitários da suinocultura tecnificada, causando baixos índices zootécnicos, maiores gastos com medicamentos e condenações de carcaças. No abatedouro, aproximadamente, 50% dos animais apresentam algum tipo de lesão pulmonar, sendo que estas lesões respondem por 50% de todas as condenações de carcaças (SESTI; SOBESTIANSKY; BARCELLOS, 1998).

2.4 HIGIENIZAÇÃO

Uma limpeza diária deve ser feita nas instalações de suínos, para poder assim reduzir a probabilidade de haver infecções gastrointestinais, da pele e de verminoses. Falhas neste tipo de manejo podem acarretar grandes problemas para os produtores,

podendo ter grandes contaminações no rebanho, ocorrências de infecções em recém-nascidos e constantes reinfecções em leitões adultos, resultando em um maior número de animais mortos conseqüentemente também submeter o produtor ter um maior gasto com medicamentos, curativos e mão de obra.

Nas limpezas diárias, é necessário seguir algumas etapas, principalmente em baias ocupadas por animais, como na maternidade, onde é feita uma limpeza diária para a retirada de partes úmidas das baias, também deve ser feito a retirada de esterco e restos de comida, com auxílio de vassouras e pás. Neste caso é permitido o uso da água, porque os animais podem sair para outra baia, liberando o espaço para a desinfecção.

Porém, o uso da água para a limpeza deve ser controlado, porque o seu uso pode causar problemas de saúde no rebanho, principalmente problemas respiratórios. Por esse motivo, não é recomendado a utilização de água em pressão para as fases de terminação, pelo fato de serem animais já de porte elevado e ser inviável manter um sistema de manejo onde seja possível transferir os animais de uma baia a outra.

A limpeza em fase de terminação também é importante porque diminui a chance de propagação de doenças infecciosas e contagiosas. Para facilitar a limpeza destas baias, pode ser utilizado um sistema de gotejamento para melhorar a solubilidade do dejetos, além de refrescar o rebanho. A limpeza pode ser feita com auxílio de pás e escovas (SESTI; SOBESTIANSKY; BARCELLOS, 1998).

2.5 MÁQUINAS PARA LIMPEZA

A mecanização, envolvendo a criação de suínos, possibilitando a otimização no desenvolvimento de trabalhos relacionados a prática da suinocultura, ações que implementadas, conseguem fazer com que as atividades se tornem mais rentáveis e com mais eficiência e rapidez no dia a dia dos trabalhadores.

Ainda existe pouca tecnologia ligada a limpeza pesada de baias, por se tratar de um serviço de maior complexidade, e a necessidade de realizar a limpeza de forma rápida. O cenário da suinocultura, no Brasil, foi deixado de lado pela tecnologia.

Na Alemanha, na cidade de Hannover, anualmente acontece uma feira específica para o setor agropecuário, mostrando todas as tecnologias existentes,

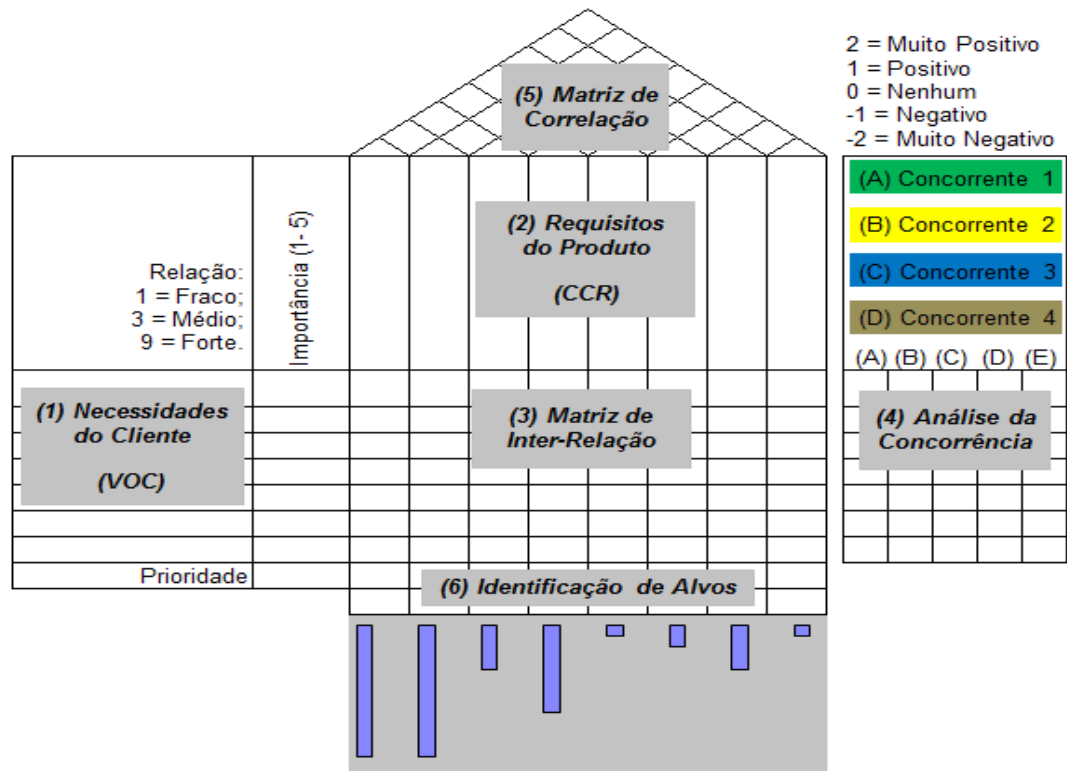
desde a alimentação até limpeza. Na área da limpeza, existem várias tecnologias e automação que buscam facilitar e limpar as baias, porém, são tecnologias usadas apenas para a limpeza de baias desocupadas. Ainda existe uma defasagem de equipamentos para facilitar a mão de obra na limpeza do dia a dia.

2.6 QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE

O QFD (Quality Function Deployment) é um método criado por Yoji Akao que tem como objetivo auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos, buscando garantir a qualidade com o foco nos requisitos do cliente (PEIXOTO, LUIZ, 1998). Através do QFD, é possível classificar os requisitos e dessa forma, priorizar ações e focá-las nas mais importantes.

O desdobramento do QFD se dá por utilização de matrizes, resultado de cruzamento de duas tabelas, uma horizontal e outra vertical, onde busca relacionar cada requisito com suas características. Na figura 4, um exemplo de casa da qualidade, onde é feito o cruzamento dos requisitos do cliente com as características:

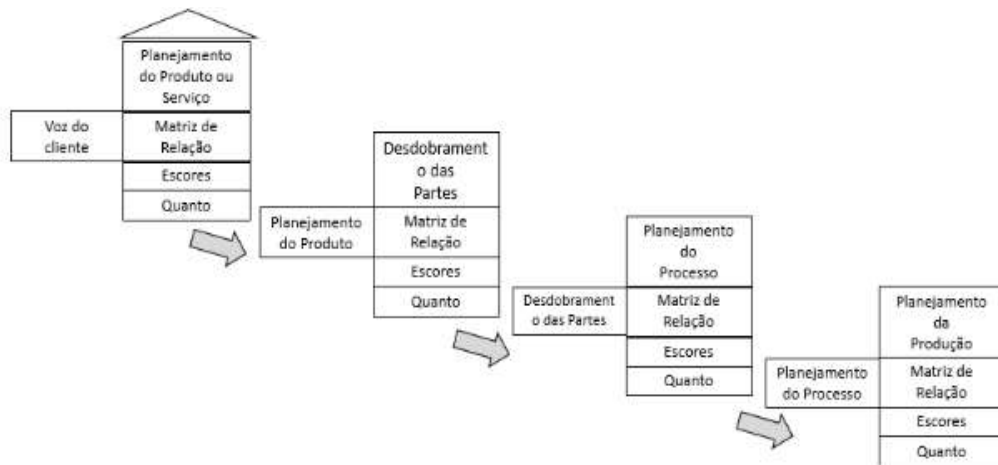
Figura 4 - Casa QFD



Fonte: Silva, 2017.

Existem diversos métodos de realizar QFD posteriores do modelo de Akao, como o QFD das quatro fases, QFD das quatro ênfases, QFD estendido. Todos esses modelos são baseados no formato original de Akao. O modelo de Makabe, se torna o modelo mais simples e uns dos mais utilizados no Brasil. Esse método aborda 4 fases do desdobramento da casa do QFD (MARTINS, 2016). Na figura 5 estão as matrizes do método de Makabe.

Figura 5 - Método Makabe



Fonte: Martins, 2016.

2.7 NR17 - NORMA REGULAMENTADORA

A norma regulamentadora tem por objetivo estabelecer parâmetros ergonômicos necessários para que se possa realizar tarefas, adaptando máquinas, equipamentos, as pessoas, mantendo as características psicofisiológicas dos trabalhadores. O intuito de todas as descrições citadas nesta norma é proporcionar o máximo de conforto, segurança e assim manter a integridade física e psicológica dos trabalhadores, em seus locais de trabalho (MTE, 2002).

A maneira de trabalho levantada neste caso inclui o esforço repetitivo, e contínuo, na limpeza de pocilgas de porcos para poder manter padrões de higiene e qualidade dos serviços prestados.

Sendo assim, para manter todas as condições de trabalho dentro dos parâmetros de ergonomia aceitáveis, cabe as empresas fiscalizar e realizar análises ergonômicas de seus locais de trabalho, devendo estas, no mínimo abordar condições de trabalho descritas na norma regulamentadora (MTE, 2002).

De acordo com MTE (2002), modos de trabalho estão relacionados a levantar peso, movimentação de materiais, os ferramentais de trabalho, condições do ambiente, organização e equipamentos de trabalho.

3 MÉTODOS

O protótipo proposto e desenvolvido teve sua pesquisa e desenvolvimento conforme objetivos e justificativas que foram apresentadas. Por este motivo levou-se em consideração o processo de limpeza desenvolvido nos chiqueiros e as tecnologias existentes para este processo. Resolveu-se elaborar um estudo e desenvolvimento de um novo conceito, para este tipo de processo de limpeza, que atenda às necessidades dos clientes, melhorando as condições de trabalho, diminuindo as chances de futuros problemas de saúde animal e humana.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

O método utilizado para a realização deste trabalho é baseado no Realismo Crítico, onde não apenas se baseia em ciências empíricas e formais, mas sim um método capaz de abordar duas ciências, onde cada uma faz seu papel para difundir os resultados.

Referente ao método de pesquisas da bibliografia e suas características de construção do trabalho, baseou-se no artigo desenvolvido por Wazlawick (1998).

A pesquisa científica e projeto de engenharia são atividades que trabalham de modo interativo. A pesquisa científica tem como objetivo adquirir mais conhecimento, já o projeto de engenharia busca com a realização do trabalho, obter um projeto definitivo (ROOZEMBURG; EEKELS, 1995).

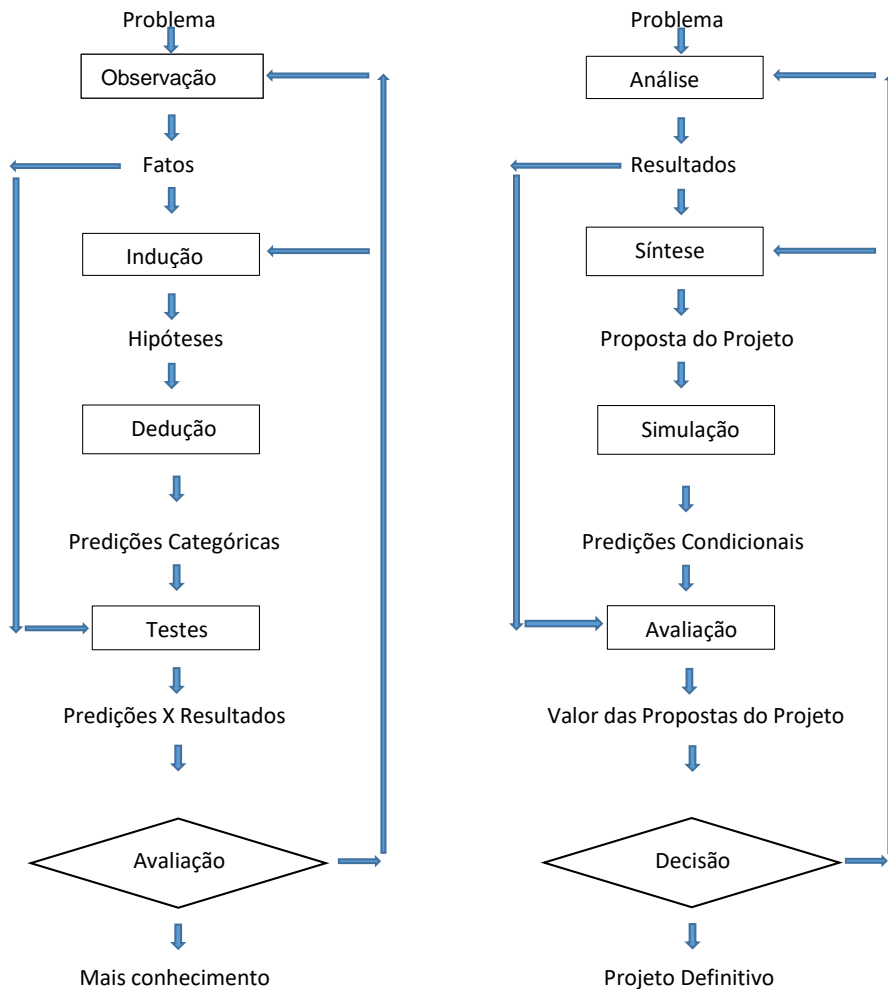
No realismo crítico existem três domínios de conhecimento: o real, o factual e o empírico. Todos os três dentro de uma ontologia bem definida. Dentro dessa ontologia existem três componentes: coisas, estrutura e relação entre as coisas dessa estrutura.

Se as relações entre as coisas dentro dessa estrutura forem corretas, então acontece um evento, que no presente caso, é a limpeza da pocilga.

Esse evento apresenta também um comportamento, que será apresentado posteriormente.

A figura 6, mostra a diferença entre ações da pesquisa científica e projeto de engenharia.

Figura 6 - Pesquisa Científica x Projeto de Engenharia



Fonte: ROOZEMBURG; EEKELS, 1995

A função do artefato é realizar a limpeza da baía das pocilgas de modo que faça uma limpeza completa.

O comportamento desejado é que o cabeçote consiga realizar a limpeza sem que haja esforços nos componentes e para o operador. O sistema do raspador precisa remover o excesso de dejetos e o sistema da escova fazer o acabamento da limpeza.

O artefato é composto por um sistema de raspador, situado na frente do protótipo, onde esse sistema é formado por um tipo de pá e regulagens de altura. Além do raspador, o artefato possui o sistema da escova que é composto por uma escova cilíndrica e seus componentes de regulagem. É necessário que todos esses componentes tenham uma relação com a estrutura do protótipo, desenvolvido por outro grupo de estudo da FAHOR.

O trabalho baseou-se em pesquisa exploratória, porque o artefato construído é um primeiro estágio de futuras pesquisas. Busca-se com o desenvolvimento do artefato observar os fenômenos na etapa de testes a fim de conhecer problemas não levantados anteriormente, para que estes possam ser base de próximos estudos.

As características técnicas deste trabalho baseiam-se em pesquisas bibliográficas, através de livros e artigos para compor o referencial. Também foi realizado pesquisa experimental, onde foram feitos testes para obter os resultados do artefato.

4 RECURSOS NECESSÁRIOS





Para a construção e desenvolvimento deste projeto, foi feita a utilização dos laboratórios da FAHOR, onde possui parte dos equipamentos necessários.

Quadro 1 são apresentadas a lista de ferramentas específicas utilizadas para a realização da construção do protótipo.

Quadro 1 - Ferramentas utilizadas

Indicação	Componente	Descrição	Imagem
1	Esmerilhadora	Esmerilhadora angular 4.1/2" fabricante MAKITA 500 Watss com disco de desbaste;	
2	Esmerilhadora	Esmerilhadora angular 4.1/2" fabricante MAKITA 500 Watts, com disco para corte de metais;	
3	Máquina de Solda	Solda Mig-205 monofásica fabricante V8 BRASIL com Tocha conector Euro de 3 Metros e arame 1,2 mm;	
3.1	Máquina de Solda	Solda com eletrodo revestido	
4	Furadeira de Bancada	Furadeira de Bancada 4 velocidades monofásica fabricante GAMMA;	
5	Torno universal ROMI, modelo TORMAX 20.		
6	Fresa	Fresadora manual SANCHES BLANES.	
7	Serra	Serra fita, Franho FM500 semiautomática com acionamento elétrico, e sistema para desligar automático, ao terminar o corte.	

Quadro 1 - Ferramentas utilizadas. Continuação







Indicação	Componente	Descrição	Imagem
8	Serra manual	Cabo em plástico e arco em aço, com dimensões aproximadas de 600X40X20 mm.	
9	Rebitadeira manual	Corpo de alumínio, cabo forjado em aço cromo vanádio e temperado, fuso e ponteiros em aço especial, com bitola para quatro rebites diferentes, 2.4, 3.2, 4e 4.8	
10	Furadeira manual	Furadeira 550 Watts, 2700 rpm modelo BT-ID 550/1 da marca einhell.	
11	Chaves em geral	Chaves de fenda, chave estrela, de boca, alicate simples e de pressão, chave de regulagem etc.	

Os principais materiais utilizados para a fabricação dos componentes estão descritos no quadro 2.

Quadro 2 - Principais materiais para a fabricação

Identificação	Componente	Descrição	Imagem
1	Tubo	Tubo inox 15mmx15mmx1,5mm	
2	Barra Redonda	Laminada, aço 1020, diâmetro 57,15mm	
3	Barra Redonda	Trefilada, aço 1020, diâmetro 15mm	
4	Chapa	Aço 1020, espessura 3,75mm	

Quadro 2 - Principais materiais para fabricação. Continuação

Identificação	Componente	Descrição	Imagem
5	Chapa	Aço 1020, espessura 0,79mm	
6	Rolamento de esfera	Marca FAG, interno 17mm, externo 40mm, largura 12mm	
7	Parafuso Allen	M8 cabeça cilíndrica; M6 cabeça cilíndrica	
8	Parafuso Sextavado	M8 oxidado preto; M10 oxidado preto	
9	Porcas	Sextavadas M8 e M10	
10	Arruelas	Lisas, tamanho M6, M8 e M10 zincado branco	
11	Rebites	Rebites de repuxo de alumínio diâmetro 3,93mm e 4,76mm	
12	Borracha	Lençol de borracha com lona	
13	Nylon	Chapa de nylon espessura 10mm	
14	Espia e conduíte	Espia e conduíte de conjunto de bicileta	
15	Mola	Mola espiral de compressão	

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi construído um protótipo capaz de alcançar os objetivos do trabalho, através de realização de testes prático dos componentes. A seguir, será apresentado todos os resultados obtidos, desde sua elaboração até testes e resultados obtidos.

5.1 REQUISITOS E QFD

Para a construção do protótipo, foram levados em conta alguns requisitos levantados pelo proprietário da pocilga, local onde foram realizados os testes. De acordo com os requisitos, foram então, definidas suas principais características.

Cada requisito foi detalhado e expandido, buscando definir os critérios e características de cada um. Na figura 7, 8 e 9, estão especificados os requisitos.

Figura 7 - 1º Requisito

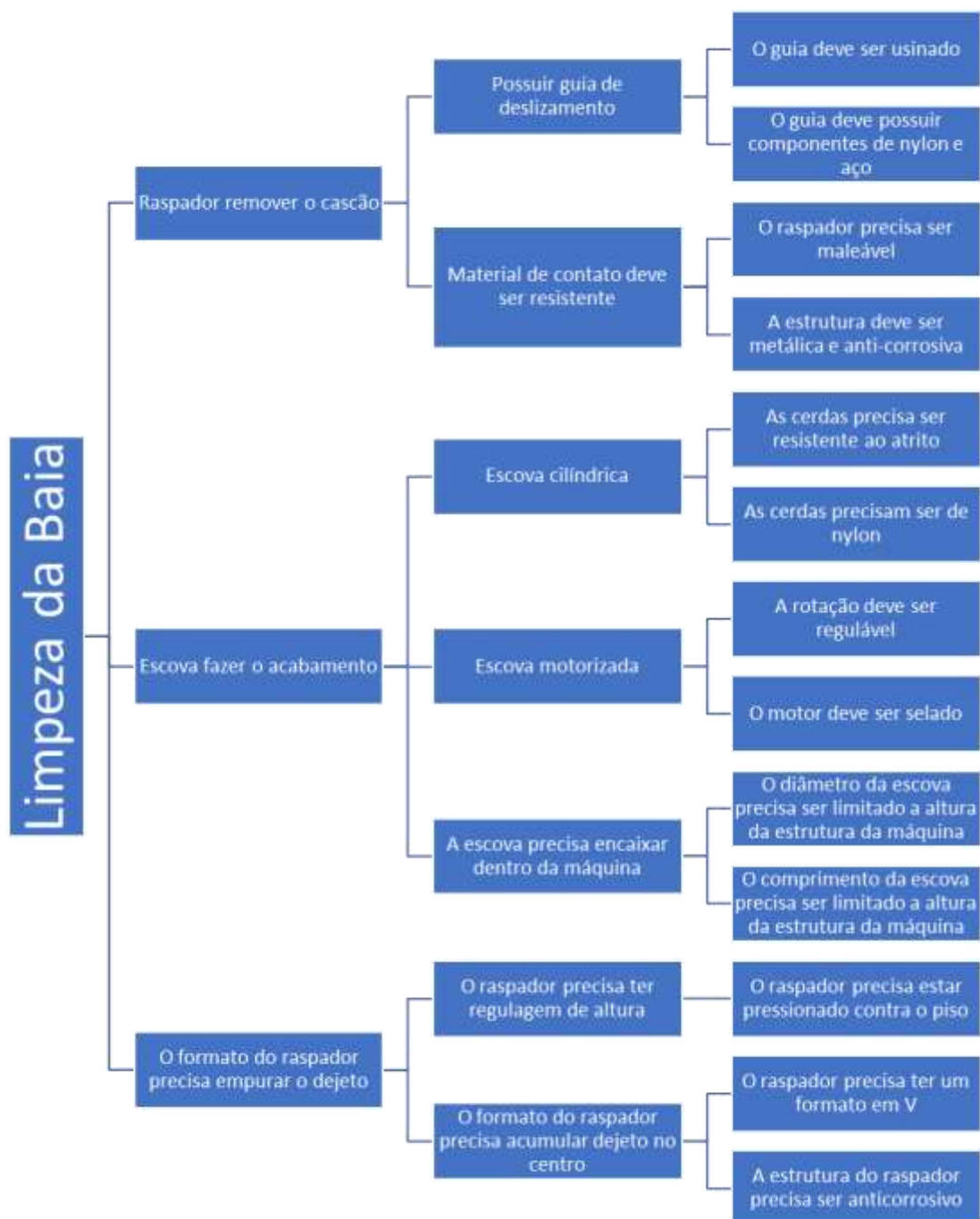


Figura 8 - 2º Requisito

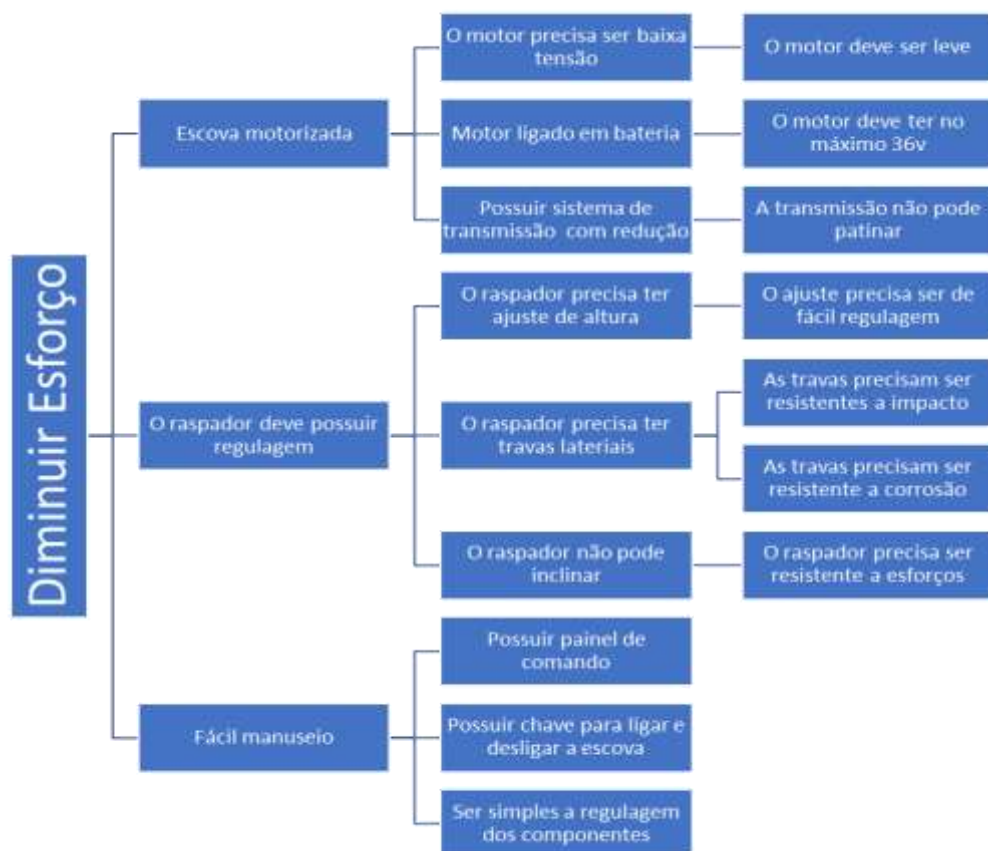
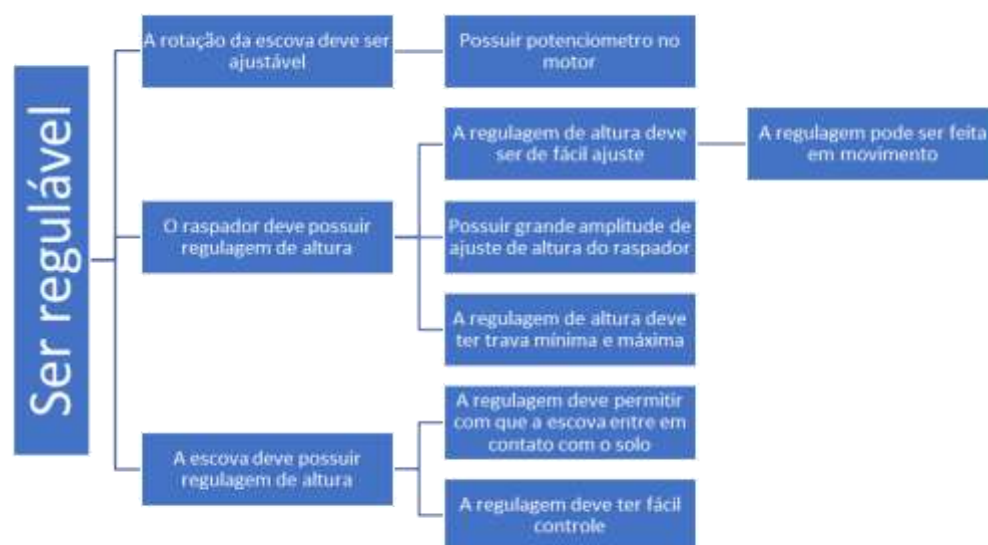


Figura 9 - 3º Requisito



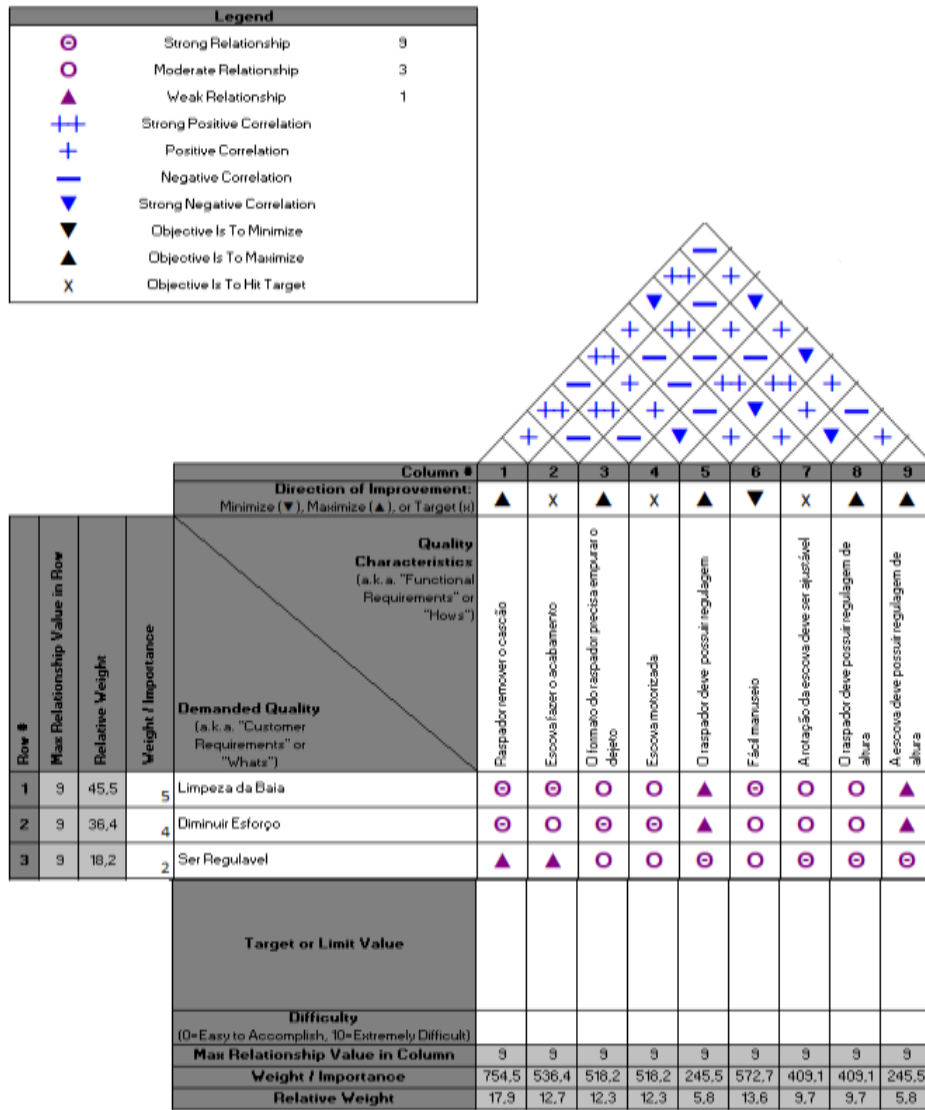
Com os requisitos e suas características definidas, o próximo passo foi a elaboração da casa QFD, para apenas poder quantificar e qualificar os requisitos. Foi utilizado o método de Makabe para a construção do QFD, levando em conta a primeira e segunda casa QFD, por se tratar de um protótipo, sem uso comercial, além de que a elaboração completa do método de Makabe leva um tempo bastante elevado, mesmo elaborando em uma equipe grande.

Vale salientar que a elaboração do QFD tem apenas o intuito de priorizar os requisitos e as características, buscando com que o protótipo busque atingir estes requisitos.

Para a elaboração do QFD, foi utilizado um modelo disponível na internet, no site www.qfdonline.com/, através de uma planilha protegida do Excel. Por conta disso, as legendas estão na língua inglesa.

Na figura 10 mostra a primeira casa QFD.

Figura 10 - 1ª Casa QFD



Na primeira Casa do QFD foram colocados os 3 requisitos mais relevantes e todas suas características. Durante a escolha das características, foram levados em conta aqueles ligados a requisitos isolados, não considerando os outros. Por conta disto, acabou-se repetindo algumas características. Para consideração das notas, leva-se em conta a melhor nota atribuída.

O peso da importância para primeira casa foi escolhido pelos integrantes do trabalho, dando mais importância para a "Limpeza de baia", com peso 5, e o menos importante, "Ser regulável" com peso 2. Com a correlação entre os requisitos e as características, pode se observar que a limpeza de baia foi o requisito mais importante,

seguido de diminuir esforço e ser regulável. Para as características, no quadro 3 está especificado suas posições e suas notas.

Quadro 3 - Nota das características

Característica	Pontuação QFD	Importância
Raspador remover o cascão	754,5	5
Fácil manuseio	572,7	4
Escova fazer acabamento	536,4	4
Formato do raspador precisa empurar o dejetto	518,2	3
Escova motorizada	518,2	3
A rotação da escova deve ser ajustável	409,1	2
O raspador deve possuir regulagem de altura	409,1	2
A escova deve possuir regulagem de altura	245,2	1

De acordo com a pontuação obtida no QFD, o "raspador remover o cascão" obteve a melhor nota, e por último, a "escova deve possuir regulagem de altura" teve a pior pontuação.

Para a construção da segunda casa, então foram relacionadas as característica com o desdobramento das partes. A importância nesse caso já foi calculada pela própria planilha.

Na figura 11, mostra a segunda casa QFD.

De acordo com a pontuação elaborada pela segunda casa QFD, no quadro 4 está especificado suas posições e suas notas.

Quadro 4 - Notas das características

Características	Pontuação QFD	Importância
Raspador possuir regulagem de altura	575,2	5
A regulagem de altura deve ser de fácil ajuste	520,7	5
Possuir grande amplitude de ajuste de altura	491,8	4
Possuir chave para ligar a escova	487	4
A regulagem da escova deve ter fácil controle	455,9	4
Ser simples as regulagens dos comandos	433,5	4
Escova motorizada	417,1	4
Possuir painel de comando	403,7	3
Material de contato do raspador deve ser resistente	398,5	3
Possuir potenciômetro no motor	378,2	3
O formado do raspador deve acumular o dejetto no centro	373	3
Possuir sistema de transmissão com redução	347,1	3
Motor ligado em bateria	347,1	3
A regulagem de altura deve ter trava mínima e máxima	327,6	3
O motor precisa ser de baixa tensão	319,9	2
O raspador não pode inclinar	300,4	2
A escova precisa encaixar dentro da máquina	292,7	2
A regulagem da escova deve permitir que entre em contato com o solo	273,2	2
Escova cilíndrica	257,2	2
O raspador precisa ter travas laterais	226,2	1
Possuir guia de deslizamento	226,2	1

Pode-se observar que as melhores notas estão ligadas ao sistema de raspador e suas regulagens, seguidas pelo sistema de limpeza da escova.

Com as características qualificadas em importância, a construção do protótipo será de acordo com cada importância, dando mais ênfase no sistema do raspador, mas não menosprezando as características que obtiveram menor pontuação.

5.2 ESCOLHA DOS COMPONENTES

Nesta fase da elaboração do projeto, foram realizadas pesquisas e escolha dos componentes necessários para realizar a função de limpeza. Por ter um orçamento limitado, buscou-se obter peças e componentes usados para a construção do protótipo.

5.2.1 Escolha da Escova

A escolha da escova para o protótipo teve como principal orientação o seu custo de aquisição, tamanho e diâmetro. Através destes pontos, foi realizada uma pesquisa com empresas especializadas na fabricação de escovas cilíndricas para limpeza. Através da pesquisa e orçamentos concedidos por empresas, se tornou inviável a compra, por conta do elevado custo e demora a entregar. Com isso, foi feita uma busca em equipamentos de limpeza industrial.

A escova que foi utilizada no protótipo foi concedida por uma empresa parceira. Ela estava montada em um equipamento de limpeza industrial, que estava parada por ter sido substituída por um modelo novo.

A escova possui um eixo central com rolamentos para facilitar a sua rotação. Em uma de suas extremidades, a escova possui um pinhão que faz parte do sistema de transmissão entre a escova e o motor. A escova possui diâmetro de base de 70mm e comprimento de 510mm, que julga ser adequado para o protótipo. Na figura 12, está representada uma imagem referente a escova.

Figura 12 - Escova



5.2.2 Regulagem da Escova

Para a regulagem da altura da escova, o equipamento de limpeza industrial já possuía um sistema de regulagem manual de altura, específico para aquela escova. Pelo fato do sistema de regulagem de altura estar pronto e com todos os componentes funcionando, apenas foi necessário remover do equipamento, realizar alguns ajustes e montar no chassi do protótipo.

Na figura 13 estão ilustrado os componentes e o sistema de regulagem de altura da escova.

Figura 13 - Regulagem de altura da escova



5.2.3 Escolha do Motor

A escolha do motor para o acionamento motorizado da escova teve por orientações a necessidade de ser resistente a água, peso e tamanho reduzido, e baixo custo de aquisição.

Foi realizada pesquisas de motores elétricos disponíveis no mercado, visando um motor resistente e de baixo custo. Durante as pesquisas sobre os modelos, foi especulado, a necessidade desde motor ser no máximo 36V, porque seria ligado em um conjunto de baterias, fazendo assim, diminuir a quantidade de motores disponíveis no mercado.

Dentre as opções disponíveis no mercado, foi escolhido o motor Balmer (Motor Redutor Balmer D - 19 24V), pelo fato de sua fácil aquisição e custo reduzido, baixa voltagem, tamanho e peso reduzido, e a facilidade de ligar ao conjunto de baterias. A figura 14, mostra o motor utilizado no protótipo, e no quadro 5, suas especificações.

Figura 14 - Motoredutor



Fonte: Adaptado de Balmer

Quadro 5 - Especificações do motor

Código	30020520
Tensão	24V DC
Corrente	2,8 A
Potência	45W
Rotação	180 rpm

5.2.4 Transmissão

Para a escolha da transmissão, foi levada em conta principalmente a durabilidade, ganho de rotação e facilidade de manutenção. Através disto, foi realizada uma pesquisa em busca de um sistema de transmissão capaz de atender os requisitos.

Pelo fato da escova já possuir um pinhão acoplado em seu eixo central, a escolha pelo tipo de transmissão ficou limitada a corrente. A corrente escolhida foi do tipo Renault modelo de rolos. A transmissão por corrente tem a garantia que não irá patinar e terá uma manutenção simples.

Para ter um ganho de rotação na escova, foi utilizada uma coroa de 60 dentes, que foi removido do mesmo equipamento de limpeza industrial. Considerando que o motor possui uma rotação de trabalho de 180 RPM, e o pinhão da escova possui 10

dentes, foi possível chegar a uma rotação estimada de trabalho da escova, no qual está elaborado nas equações abaixo:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Onde n_1 é a rotação do motor, Z_1 é a quantidade de dentes da coroa, n_2 é a rotação do pinhão e Z_2 é a quantidade de dentes do pinhão.

$$\frac{180 \text{ rpm}}{n_2} = \frac{10 \text{ dentes}}{60 \text{ dentes}}$$

$$n_2 = 1080 \text{ rpm}$$

Considerando que o pinhão está acoplado na escova, a rotação de trabalho da escova ficou com 1080 rpm para um teste inicial de desempenho. Na figura 15, pode observar o conjunto inteiro da transmissão.

Figura 15 - Sistema de transmissão da escova



5.2.5 Regulagem de Rotação do Motor

Levando em consideração o tipo de motor e de transmissão, foi necessário fazer a aquisição de um dispositivo para regular a rotação do motor. Para essa aquisição foi levado em conta o custo, a facilidade de regulagem e que esse dispositivo não diminuísse a potência do motor.

Para isso, foi realizada pesquisa de mercado em busca de potenciômetros e controladores PWM capazes de realizar a função.

Dentre as opções disponíveis no mercado, foi feito a aquisição de um controlador PWM para motores com tensão de até 30V, e corrente de 10A. Com isso, este controlador irá apenas controlar a carga que chega ao motor, não diminuindo sua potência. A figura 16 mostra o modelo adquirido.

Figura 16 - Controlador PWM



Fonte: Adaptado de Mercado Livre

5.2.5 Raspador

Para a escolha dos componentes que fazem parte do sistema do raspador, foi levado em conta a custo de aquisição e a facilidade de realizar ajuste de altura.

Para o sistema de regulagem de altura, foi feito a aquisição de um grampo torpedo, utilizado na indústria para a fixação de componentes em dispositivos. Este grampo possui uma grande resistência, por ser um conjunto robusto, e possuir travas mínima e máxima. O modelo de grampo torpedo utilizado está mostrado na figura 17.

Figura 17 - Grampo torpedo



Fonte: Adaptado de Kifix

Para que a regulagem fosse feita de maneira mais simples, foi adquirido um conjunto de trocador de marcha de bicicleta, espia, conduite e mola, para fixar no grampo e fazer a regulagem no painel do protótipo.

A estrutura do raspador foi construída a partir de tubos de aço inox, por ser um material mais resistente à corrosão. A chapa frontal do raspador foi confeccionada a partir de uma chapa de aço 1020, que foi pintada com tinta automotiva poliuretano.

Para o material de contato com o solo, foi escolhido um lençol de borracha com lona interna. A borracha é um material de fácil limpeza, fácil aquisição e baixo custo, além de ser maleável o suficiente para remover o dejetos, atendendo as necessidades.

5.3 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para que pudesse ser feita todas as etapas de fabricação e montagem dos conjuntos de limpeza do protótipo, foi necessário trabalhar em conjunto com a fabricação da estrutura do protótipo, caso de estudo desenvolvido por colegas da FAHOR.

5.3.1 Fabricação e Montagem do Sistema do Raspador

Para o sistema do raspador, os tubos de inox foram cortados e unidos por solda MIG. O ângulo da abertura do raspador de 165° foi escolhido de acordo com a necessidade, visto que o ângulo escolhido foi o melhor que poderia ter. A largura do raspador precisou ser maior que a largura da estrutura e de mesma largura em relação a rodas do protótipo, buscando assim, deixar sempre limpo o caminho para as rodas não patinar.

A chapa frontal do raspador foi dobrada de acordo com o ângulo da estrutura do raspador. Para fixar na estrutura, a chapa e a estrutura foram furadas e rebitadas com rebite de diâmetro 3,93mm.

O material de contato que foi utilizado para raspar foi cortado deixando sobrar em cada extremidade do raspador 10mm, para quando se aproximar das paredes da baia, não raspe o metal da estrutura. Para fixar o raspador na chapa, foram feitos furos e presos com rebites \varnothing 4,76mm. Na figura 18, pode-se observar o formato do raspador.

Figura 18 - Sistema do raspador



Para a regulagem de altura do raspador, o grampo torpedo foi soldado na estrutura do protótipo, deixando com que a alavanca ficasse para cima, evitando com que ela se encostasse a outra parte do protótipo. Para a fixação do grampo ao raspador, foi utilizada uma barra roscada M14, presa no grampo e no raspador, com a utilização de porcas auto travante, a fim com que a estrutura não se solte.

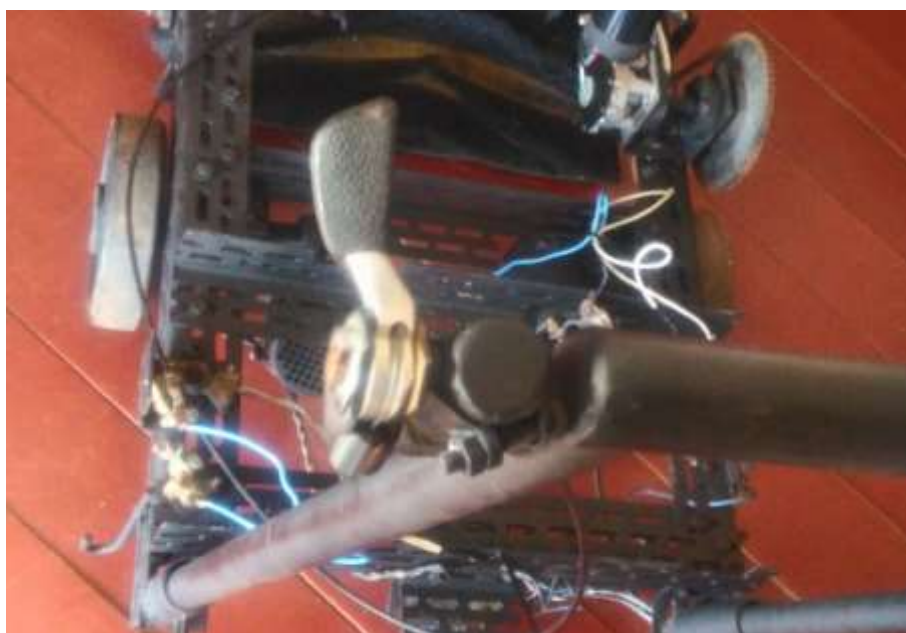
Ainda no sistema de regulagem de altura do raspador, para que pudesse ser feito a regulagem no painel do protótipo, foi utilizado o conjunto de trocador, espia, conduite e mola. Foi confeccionada uma estrutura com chapas de aço 1020 para poder prender a mola e passar a espia. Foi furada a haste do grampo e preso em sua parte superior a espia. Em sua parte inferior, foi colocada à mola para que o conjunto ficasse fixo. O conduite passa por dentro do protótipo, buscando evitar contato com partes móveis, e o trocador ficou na parte superior do protótipo, próximo ao painel de comando. A figura 19 mostra o sistema da regulagem de altura do raspador.

Figura 19 - Sistema de regulagem de altura do raspador



A figura 20 mostra o sistema de regulagem com o trocador de marcha situado no painel do protótipo.

Figura 20 - Regulador de altura



Para que a estrutura do raspador ficasse fixa na mesma posição, foram confeccionadas duas chapas de nylon para deslizar o raspador e mantê-lo no centro.

Essas chapas foram presas na estrutura do protótipo com auxílio de parafuso M8, porca e arruela. Para que o raspador ficasse centralizado, foram torneados dois guias metálicos para deslizar no rasgo da chapa de nylon. Esses guias foram soldados na estrutura do raspador. Na figura 21 pode-se observar o guia e a chapa de deslizamento.

Figura 21 - Guia do raspador



No apêndice A ao A10 estão os desenhos de cada componente que fazem parte do sistema do raspador, com suas respectivas especificações.

5.3.2 Fabricação e Montagem do Sistema da Escova

O sistema da escova, por se tratar do conjunto que estava previamente montado na máquina de limpeza industrial, o primeiro passo foi fazer a desmontagem da escova e seus componentes de regulagem de altura.

Para prender a regulagem de altura no raspador, foi necessário utilizar uma parte da chapa da estrutura do protótipo. Essa estrutura foi posicionada na frente do veículo, fazendo com que a escova fique o mais próximo da parte frontal do protótipo.

Para que a regulagem funcionasse, foi necessário confeccionar dois mancais para que a barra de regulagem de altura deslizesse sobre eles.

Com o regulador de altura fixo na estrutura do protótipo, foi montada a escova na parte inferior da regulagem de altura, fixando-a nas peças originais do sistema antigo. A figura 22 mostra o sistema de regulagem de altura e a escova na parte inferior.

Figura 22 - Sistema da escova



No apêndice B ao B6 estão os desenhos de cada componente que fazem parte do sistema da escova, com suas respectivas especificações.

5.3.2 Fabricação e Montagem da Transmissão

Para o sistema de transmissão, foi necessária a usinagem de diversas peças para poder fazer a montagem e ligar a transmissão do motor à coroa e da mesma até o pinhão.

Para prender o motor à estrutura do protótipo, foi necessário cortar uma chapa a laser e dobrar, formando assim um suporte para o motor. A partir disto, foi necessário usinar um eixo de ligação entre o motor e a coroa. Esse eixo foi fabricado de aço 1020, e em uma de suas extremidades foi feito um furo com rosca M4 para prender no eixo do motor.

Para fixar o eixo na coroa, foi usinado uma flange de aço 1020, e furada para prender com parafusos M6 na coroa.

Para aliviar a tensão no eixo do motor, foram usinadas duas flange para prender rolamento, um em cada extremidade do suporte. As flanges foram furadas e fixadas com parafuso M6 no suporte e no motor.

O suporte foi fixado na estrutura do protótipo com parafusos M8 e porcas travantes, para que não deslize sobre a estrutura. A figura 23 mostra os componentes do motor, suporte, coroa, eixo e flanges. No apêndice C ao C6 estão os componentes e suas respectivas especificações.

Figura 23 - Componentes de transmissão



Para ligar a coroa até o pinhão da escova, foi utilizada a corrente do tipo Renault. Para que esta corrente ficasse firme e não flambasse, foi necessário usinar um guia de nylon para a corrente. O guia foi fixado na estrutura do protótipo com parafuso M8 e porcas. A figura 24 mostra o sistema de transmissão completo.

Figura 24 - Sistema de transmissão completo



5.4 TESTES DO PROTÓTIPO

Para a realização dos testes do protótipo, o equipamento foi sujeito a esforços reais, no ambiente que foi projetado para trabalhar, dentro das baias com os suínos. Os testes foram realizados numa propriedade na localidade de Lajeado Seco, no município de Horizontina, RS.

Essa propriedade, atualmente possui duas pocilgas de suínos, com capacidade em torno de 1500 suínos cada uma. Uma terceira pocilga está sendo construída para aumentar a produção. Um funcionário contratado realiza a limpeza diariamente das baias, que é realizada manualmente, duas vezes por dia.

5.4.1 A Atividade Manual

A fim de mostrar a dificuldade e o grande esforço exigido para efetuar a limpeza, o proprietário mostrou como é realizado o serviço. Na figura 25 pode observar o serviço de limpeza da baia.

Figura 25 - Limpeza manual da baia



A atividade de limpeza da baia acontece em duas etapas, primeiramente é necessário molhar a baia com o sistema de borrifador da própria pocilga. Após estar molhado o dejetto, é feita uma limpeza com uma ferramenta parecida com uma pá para remover o excesso de dejetto. Essa primeira etapa é realizada em todas as baias.

A segunda etapa da limpeza da baia é com a utilização de uma vassoura com cerdas grossas para fazer o acabamento da primeira etapa.

Para a limpeza completa de uma das pocilgas, o funcionário leva em torno de duas horas, variando de acordo com o tamanho do suíno e tamanho da baia.

Durante a atividade, foi possível observar um grande esforço e trabalho repetitivo para poder limpar a baia, causando sempre desconforto para o trabalhador. O esforço de vai-e-vem da escova é o que mais causa cansaço, comentou o proprietário.

5.4.2 Teste do Protótipo na Baia

Após a demonstração da atividade manual para a limpeza, foram realizados os ajustes necessários para o teste da baia. Foram medidas as cargas das baterias e verificado todas as regulagens do sistema de limpeza.

Na figura 26 está demonstrado o protótipo realizando o teste dentro da baia.

Figura 26 - Protótipo em teste



5.5 RESULTADO DO EXPERIMENTO

Após os testes executados dentro da baía, foi possível apresentar e analisar os resultados de cada componente de limpeza do protótipo. A realização do teste foi fundamental para conseguir identificar e apontar possíveis melhorias dos sistemas.

5.5.1 Sistema do Raspador

Observando o raspador durante a realização do teste, que de acordo com os requisitos, ele desempenhou a função de remover o excesso de dejetos. Na figura 27 é possível observar o dejetos sendo removido com o raspador.

Figura 27 - Raspador removendo dejetos



O raspador removeu bem o dejetos sem que houvesse esforço excessivo dos motores de deslocamento do protótipo. O seu raio de abertura fez com que o dejetos fosse deslocado até a lâmina d'água sem muita dificuldade. Mesmo com uma grande quantidade de dejetos sendo removido pelo raspador, ele se manteve alinhado e estável durante todo o percurso, por conta do guia e trava serem resistentes.

A borracha utilizada para entrar em contato com o solo desempenhou sua função corretamente, sem danificar o piso e não deixando excesso de dejetos para trás. Após todo o teste realizado, a borracha manteve-se em perfeitas condições. Na figura 28, pode-se observar a borracha do raspador.

Figura 28 - Borracha do raspador



Porém, ao fazer o retorno com o protótipo, observou-se que a regulagem de altura apresentou defeito. Ao erguer o raspador com o trocador de marcha, observou-se que o mesmo não estava na altura mínima. Por conta disso, ao retornar de ré com o protótipo, o raspador voltou trazendo dejetos consigo. Na figura 29, pode-se observar o dejetos retornando junto com o protótipo.

Figura 29 - Dejeto retornando com o raspador



5.5.2 Sistema de Transmissão

A transmissão da escova durante a realização do teste desempenhou sua função sem danos que compromettesse o funcionamento, alcançando dessa maneira os objetivos esperados.

Ela funcionou durante todo o período do teste dentro da baia, mantendo a rotação de trabalho constante. A transmissão se manteve alinhada durante o teste, devido à utilização de um guia para a corrente.

O motor não apresentou avarias, porém apresentou um superaquecimento devido ao excesso de carga das baterias, que estavam ligadas em 36V, e o motor tem capacidade de absorver 24V.

Também pode-se observar que no decorrer do teste a corrente juntou bastante dejeto em seu contorno, ocasionando oxidação precoce do material da corrente. Isso por conta de não haver uma proteção adequada para a mesma.

5.5.3 Sistema da Escova

Durante a realização dos testes, o sistema da escova funcionou corretamente e atendeu parcialmente os requisitos do projeto. A escova desempenhou a função de fazer o acabamento da limpeza, porém apresentou um desgaste acima do esperado.

Referente a velocidade de rotação da escova, constatou-se que não teve a necessidade de fazer alteração da rotação do motor com o controlador PWM. O sistema trabalhou em todo momento 100% da capacidade de operação do motor, efetuando um acabamento de boa qualidade.

Não teve a necessidade de realizar a regulagem de altura da escova durante a limpeza, pois havia sido regulada antes de realizar os testes. Porém, a regulagem de altura da escova ficou numa posição do protótipo onde era difícil de manusear. Caso fosse necessário realizar a regulagem de altura da escova, seria necessário efetuar a parada do protótipo.

A escova, por se tratar de um produto usado e ter cerdas muito macias, durante a realização do teste, foi possível observar que ela perdeu algumas das cerdas devido ao atrito. Por conta das cerdas serem muito afastadas uma das outras, no momento em que a escova entrou em contato com a água, as cerdas grudaram-se em si, aumentando o espaçamento entre elas.

5.6 ANÁLISE GERAL DO TESTE

De acordo com o teste realizado dentro da baia, constatou-se que o sistema de limpeza do protótipo atendeu os principais requisitos do projeto, onde o raspador removeu todo o excesso de dejetos, e a escova realizou o acabamento da limpeza. O protótipo apresentou pequenos problemas, mas nada que afetasse o desenvolvimento do teste.

Observando nas figuras 30 e 31 é possível comparar a qualidade da limpeza, uma limpeza manualmente e a outra com o protótipo.

Figura 30 - Baia após limpeza manual



Figura 31 - Baia após a limpeza com protótipo



Considerando os requisitos e suas características, após o teste realizado foi possível elaborar um quadro, analisando todas as características e verificando se foram alcançados ou não. O quadro 6 mostra o resultado desta análise.

Quadro 6 - Resultado do teste

Característica	Resultado do Teste
Raspador remover o cascão	Atendeu o requisito
Fácil manuseio	Atendeu parcialmente o requisito
Escova fazer acabamento	Atendeu o requisito
Formato do raspador precisa empurar o dejetos	Atendeu o requisito
Escova motorizada	Atendeu o requisito
A rotação da escova deve ser ajustável	Atendeu o requisito
O raspador deve possuir regulagem de altura	Atendeu o requisito
A escova deve possuir regulagem de altura	Atendeu parcialmente o requisito
Raspador possuir regulagem de altura	Atendeu o requisito
A regulagem de altura deve ser de fácil ajuste	Atendeu o requisito
Possuir grande amplitude de ajuste de altura	Atendeu parcialmente o requisito
Possuir chave para ligar a escova	Atendeu o requisito
A regulagem da escova deve ter fácil controle	Não atendeu o requisito
Ser simples as regulagens dos comandos	Atendeu parcialmente o requisito
Escova motorizada	Atendeu o requisito
Possuir painel de comando	Atendeu o requisito
Material de contato do raspador deve ser resistente	Atendeu o requisito
Possuir potenciômetro no motor	Atendeu o requisito
O formato do raspador deve acumular o dejetos no centro	Atendeu o requisito
Possuir sistema de transmissão com redução	Atendeu o requisito
Motor ligado em bateria	Atendeu o requisito
A regulagem de altura deve ter trava mínima e máxima	Atendeu parcialmente o requisito
O motor precisa ser de baixa tensão	Atendeu o requisito
O raspador não pode inclinar	Atendeu o requisito
A escova precisa encaixar dentro da máquina	Atendeu o requisito
A regulagem da escova deve permitir com que entre em contato com o solo	Atendeu parcialmente o requisito
Escova cilíndrica	Atendeu o requisito
O raspador precisa ter travas laterais	Atendeu parcialmente o requisito
Possuir guia de deslizamento	Atendeu o requisito

6 CONCLUSÃO

O estudo, desenvolvimento e construção do protótipo de limpeza teve como objetivo desenvolver um equipamento capaz de realizar a limpeza de baias de suínos, diminuindo os esforços do trabalhador.

A partir dos resultados apresentados durante o trabalho, o objetivo de construir o protótipo de limpeza, especialmente do cabeçote responsável pela limpeza foi alcançado. Durante a apresentação dos resultados, na seção 5, pode-se observar todos os passos seguidos para desenvolver o protótipo, como o desenvolvimento da ferramenta QFD e seus requisitos, a pesquisa exploratória para os componentes necessários para efetuar a limpeza, todo o processo de construção do protótipo. Após todos os passos para construir o protótipo, os testes de campos para testar os componentes foram realizados. Através do teste realizado, foi possível observar e analisar os objetivos e requisitos e verificar se foram alcançados, além de que, no item 7, foram apresentadas sugestões para futuros estudos.

Conclui-se que o cabeçote de limpeza do protótipo atendeu os requisitos e desempenhou o seu propósito de efetuar a limpeza. Pode-se observar também que com o protótipo, a limpeza ficou com melhor acabamento. Para que o protótipo possa ser desenvolvido a fim de ser comercializado, são necessários maiores estudos em cada um dos componentes, buscando obter um produto inovador no mercado.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para o cabeçote de limpeza, sugere-se um estudo sobre os componentes prioritários como a escova, sistema de regulagem da escova e raspador, transmissão

Para a escova, sugere-se um estudo sobre o tipo de cerdas, sua durabilidade e qualidade na limpeza, com o objetivo de fazer com que a escova realize uma limpeza de melhor qualidade, sem que tenha um grande desgaste durante a sua aplicação. Na figura 32 mostra um exemplo de escova com o formato das cerdas diferenciado.

Figura 32 - Escova cilíndrica



Fonte: Adaptado de www.mfrural.com.br.

Outro possível estudo que se sugere é no sistema de transmissão, na substituição do sistema com corrente por outro método de transmissão, pelo fato da corrente ser de material corrosivo, e o equipamento trabalhar em ambiente hostil, a durabilidade da corrente diminui, sendo obrigado que cada vez que seja feita a limpeza da baia, lubrificar a corrente.

Referente às regulagens da escova e do raspador, sugere-se um estudo de viabilidade de instalação de um sistema automático para regulagem, utilizando motores elétricos de baixa tensão, similares aos modelos usados em veículos automotivos.

REFERÊNCIAS

- ALBERTON, Geraldo C.; MORES, Marcos A. Z. **Interpretação de lesões no abate como ferramenta de diagnóstico das doenças respiratórias dos suínos**. In Acta Scientiae Veterinariae. 36 (Supl 1): s95-s99, 2008. ISSN 1679-9216 (Online). Disponível em: <http://www.ufrgs.br/actavet/36-suple-1/13_lesoes%20no%20abate.pdf>, acessado em 15 mar. 2017
- AMARAL, Armando Lopes do. et al. **Boas Práticas de Produção de Suínos**. Circular Técnica, 50. 1ª ed. Embrapa Suínos e Aves. Em PDF. Concórdia, 2006. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7m.pdf>, acessado em 27 mar. 2017.
- CARVALHO, Carolina Magalhães Caires. et al. **Bem Estar na Suinocultura**. Artigo 193, vol 11, n.02. 2013. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO_193.pdf>, acessado em 30 mar. 2017.
- EMBRAPA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/>>, acessado em 29 mar. 2017.
- FÁVERO, Jerônimo Antônio (Coord). **Embrapa: Produção Suínos**. 2003. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/construcao.html>>, acessado em 30 mar. 2017.
- MARTINS, Vitor William Batista. et al. **Utilização do Desdobramento da Função Qualidade QFD Para Análise e Proposta de Melhoria no Serviço de Transporte Público**. Disponível em: < <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/783/408>>, acessado em 02 out.2017.
- MTE – Ministério do Trabalho e Emprego, Normas regulamentadoras: NR 15 – máquinas e equipamentos. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br> > Acesso em: 21 set. 2017.
- LÖFQVIST, Ditte. **Ekonomiska aspekter av stallhygien och djurskötarens "djuröga" i grisproduktion**. Uppsala, 2014.
- QFD ONLINE. **Template: Traditional House of Quality**. Disponível em :< <http://www.qfdonline.com/templates/>>, acessado em 20 set. 2017.
- ROPPA, Luciano. **Evolução do Mercado Mundial de Suínos nos Últimos 30 anos**. In Associação Brasileira de Criador de Suínos (ABCS). **Produção de Suínos: Teoria e Prática**. Em PDF. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Livro_producao_bloq.pdf>, acessado em 31 mar. 2017.
- ROOZENBURG, Norbert F. M. EEKELS, Johan. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 1995.
- SARTOR, Valmir; SOUZA, Cecília de F.; Tinoco, Ilda de F.F. **Informações Básicas Para Projetos de Construção Rurais: Instalação para suínos**. Viçosa, 2004. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/suinos.pdf>>, acessado em 29 mar. 2017.
- SEBRAE. **Suinocultura: Carne in natura, embutidos e defumados**. 2008. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BECAE/\\$File/NT000390A6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BECAE/$File/NT000390A6.pdf)>, acessado em 31 mar. 2017.

SESTI, Luiz; SOBASTIANSKY, Jurij; BARCELLOS, David E. S. N. de. **Limpeza e desinfecção em suinocultura. Suinocultura Dinâmica**, Embrapa Suínos e Aves, ano VI, n. 20, out. 1998. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/actavet/36-suple-1/13_lesoes%20no%20abate.pdf>, acessado em 17 abr. 2017.

SILVA, Vinícius. **QFD: 6 Passos Para Preencher e Analisar a Casa da Qualidade**. Disponível em: <<http://www.kitemes.com.br/2017/05/02/qfd-os-6-passos-para-preencher-e-analisar-a-casa-da-qualidade/>>, acessado em 04 out. 2017.

PEIXOTO, Manoel O. C.; CAPINETTI, Luís C.R. **Aplicação de QFD Integrando o Modelo de Akao e Modelo QFD Estendido**. *In* Gestão & Produção. v. 5, n 3, p 221-238, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v5n3/a05v5n3.pdf>>, acessado em 02 out. 2017.

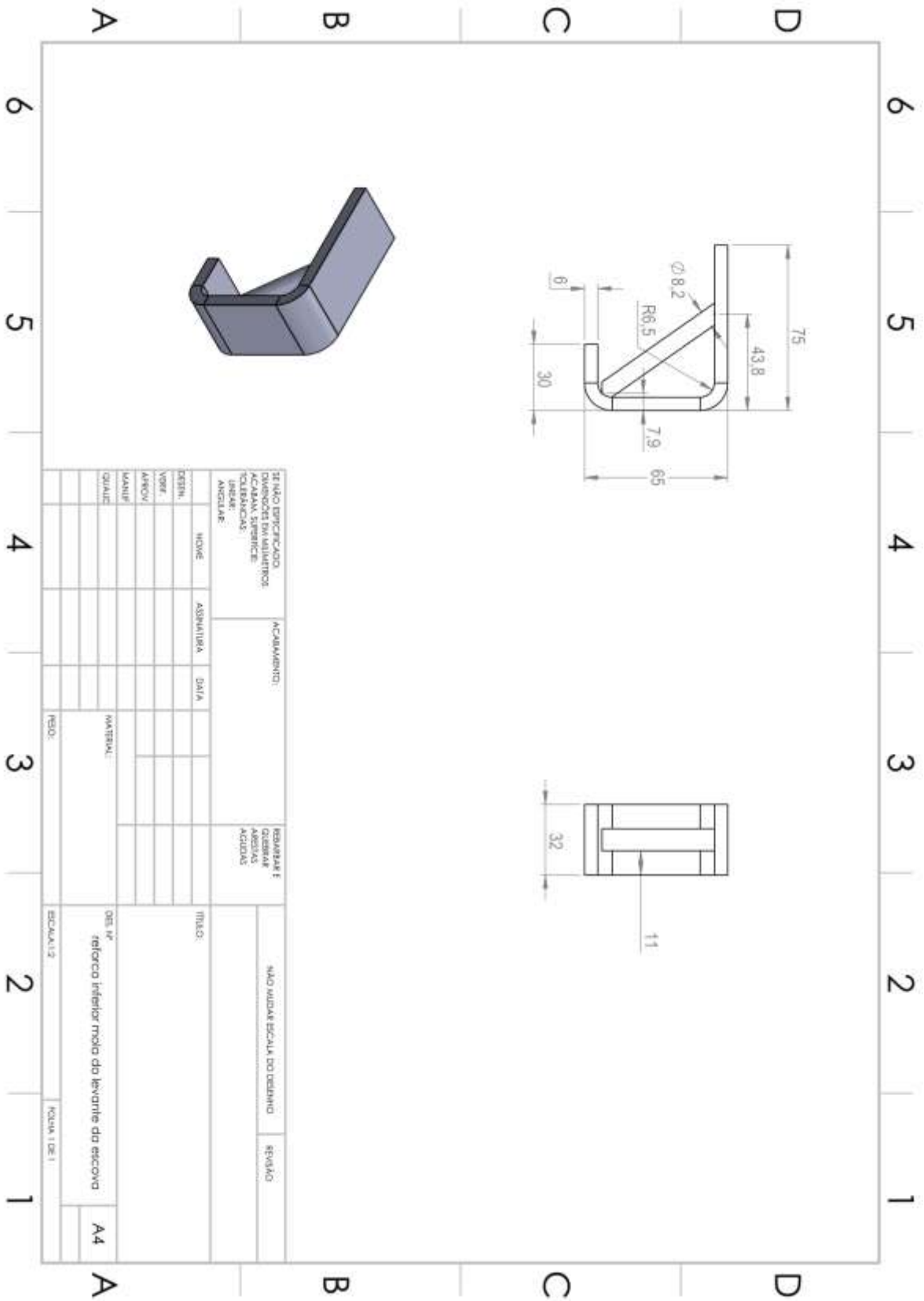
WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico**. Revista de Sistema de Informação da FSMA, nº6, 2010, p3-10.

APÊNDICE

LISTA DE APÊNDICES

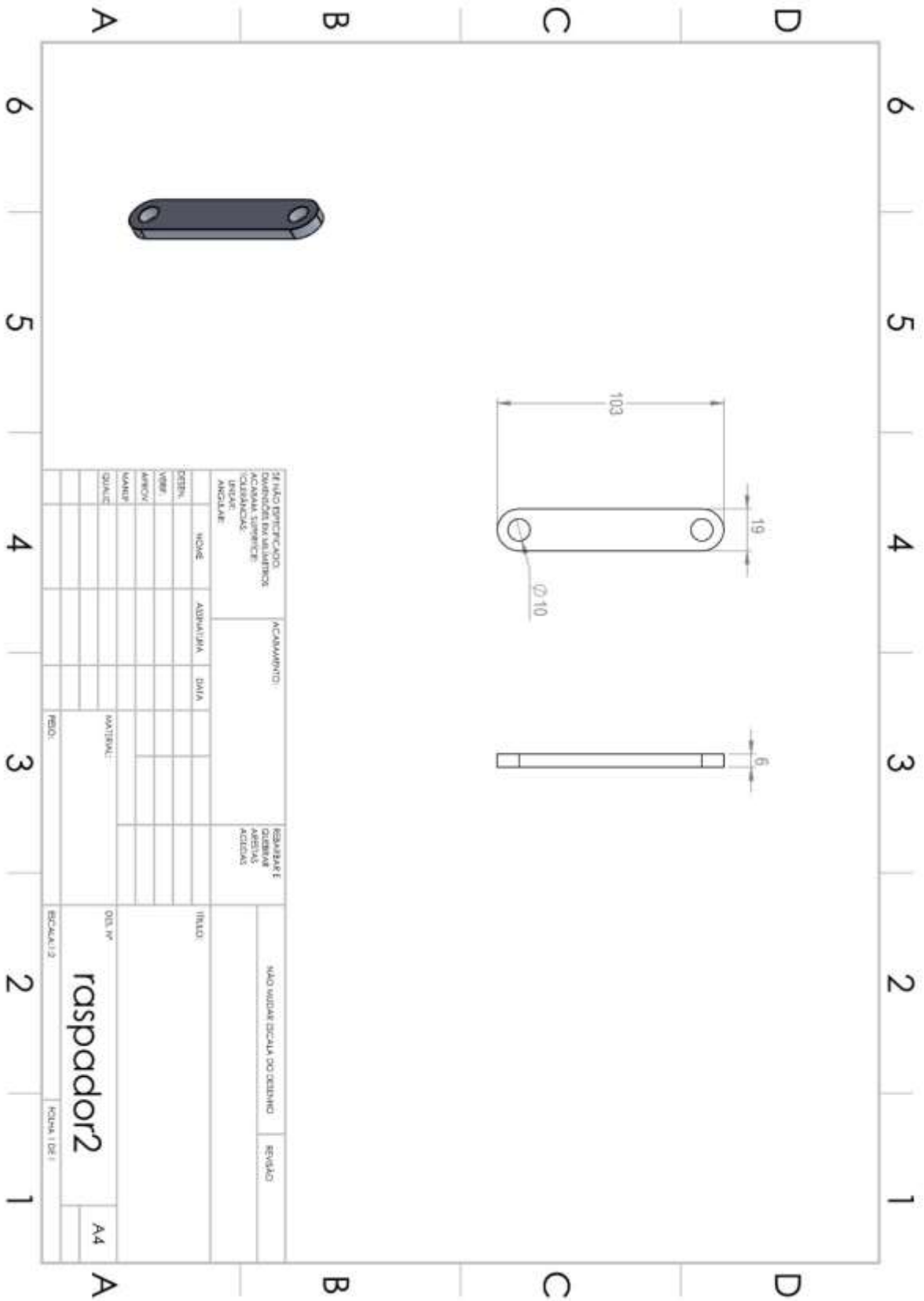
Apêndice A - Chapa frontal do raspador	69
Apêndice A1 – Deslizador do guia	70
Apêndice A2 - Guia.....	71
Apêndice A3 - Tubo frontal do raspador.....	72
Apêndice A4 - Tubo do raspador lateral.....	73
Apêndice A5 - Encosto da mola da regulagem do raspador.....	74
Apêndice A6 - Componente do grampo torpedo 1	75
Apêndice A7 - Componente do grampo torpedo 2	76
Apêndice A8 - Componente do grampo torpedo 3	77
Apêndice A9 - Componente do grampo torpedo 4	78
Apêndice A10 - Montagem do grampo torpedo.....	79
Apêndice B - Escova.....	80
Apêndice B1 - Pinhão	81
Apêndice B2 - Suporte do levante da escova	82
Apêndice B3 - Encosto do levante da escova	83
Apêndice B4 - Chapa de ligamento do levante da escova	84
Apêndice B5 - Eixo principal do levante da escova	85
Apêndice B6 - Eixo central da escova.....	86
Apêndice C - Suporte dos mancais.....	87
Apêndice C1 - Rolamento do eixo.....	88
Apêndice C2 - Mancal do rolamento	89
Apêndice C3 - Eixo de ligação	90
Apêndice C4 - Flange da coroa	91
Apêndice C5 - Coroa	92
Apêndice C6 - Motor	93

Apêndice A5 - Encosto da mola da regulagem do raspador



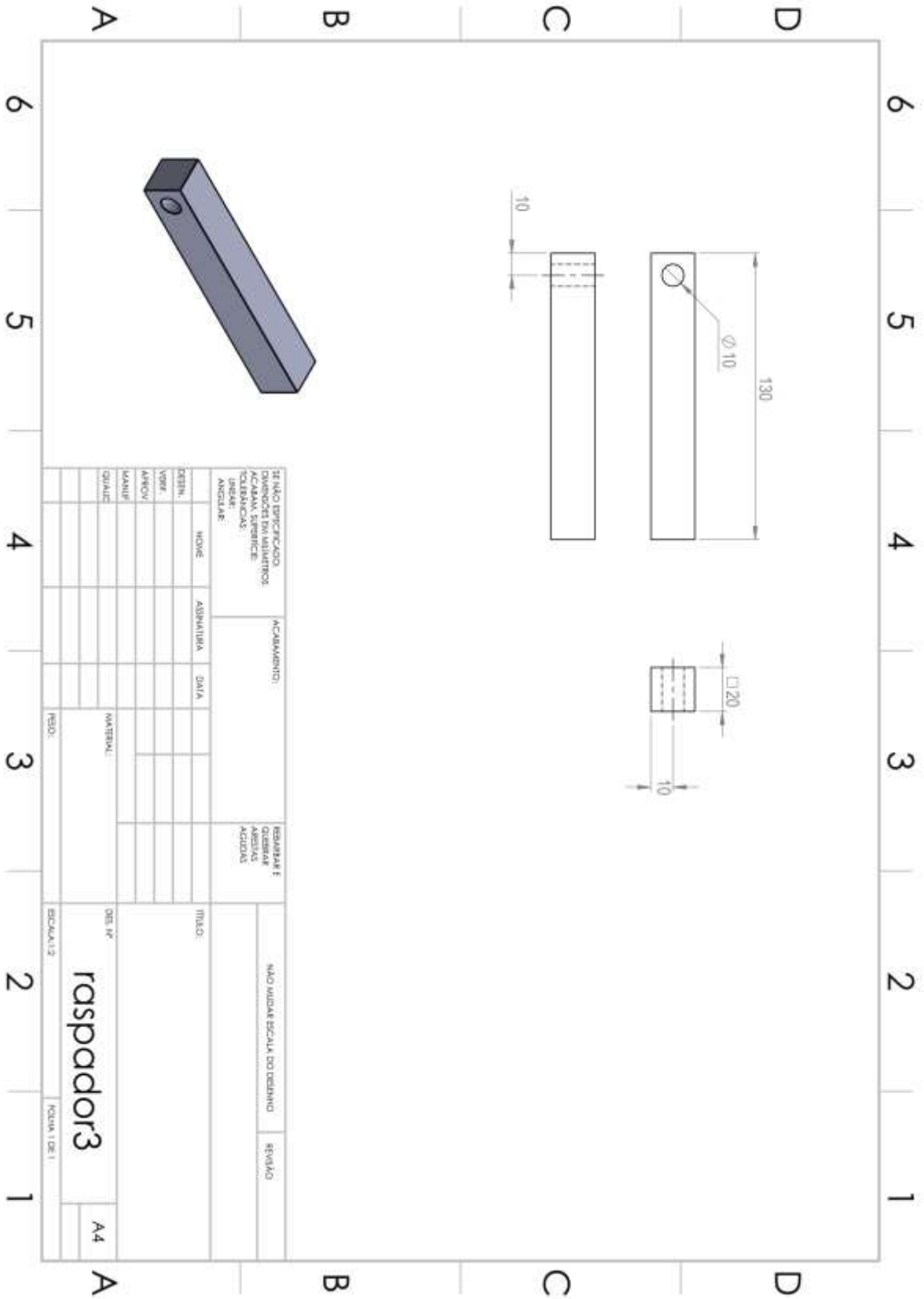
SE NÃO ESPECIFICADO DIMENSIONE EM MILÍMETROS		ACABAMENTO:		RESISTÊNCIA CORRENTE ABREVIAÇÃO ACORDO	
ACABAMENTO SUPERFÍCIE ESCRIBANÇAS LAPAS ANGULARES		ASSINATURA	DATA	TÍTULO:	
TIPO:	MODELO			DET. Nº	
VISTO:				reforço inferior mola da levante da escova	
ABREV:				MATERIAL:	
UNID:				QTD:	
QUANT:				ESCALA: 1:2	
				FOLHA 1 DE 1	
				A4	

Apêndice A7 - Componente do grampo torpedo 2



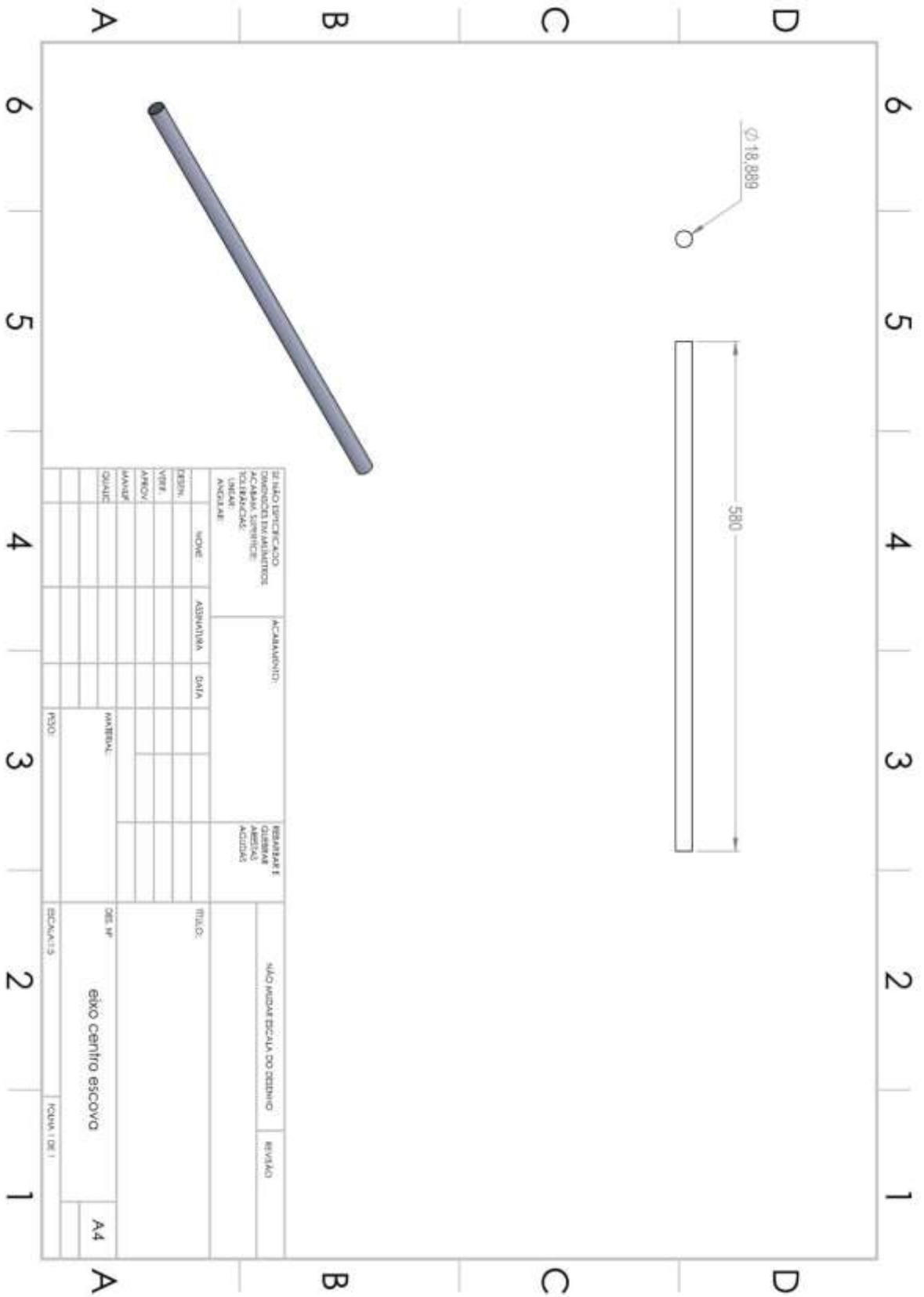
SE NÃO ESPECIFICADO, DIMENSÕES EM MILÍMETROS		ACABAMENTO:		RESERVA E OBSERVAÇÕES ADICIONAIS	
ACABAMENTO SUPERFÍCIE		ACABAMENTO		MATERIAL:	
ACABAMENTO ANGULAR		DATA		FECH.	
NOME		TÍTULO		Escala 1:2	
ZOOM		AUTOMÁTICA		FOLHA 1 DE 1	
VISTA		DATA		raspador2	
MATERIAL		TÍTULO		A4	
QUANTO		TÍTULO			
QUALIDADE		TÍTULO			

Apêndice A8 - Componente do grampo torpedo 3

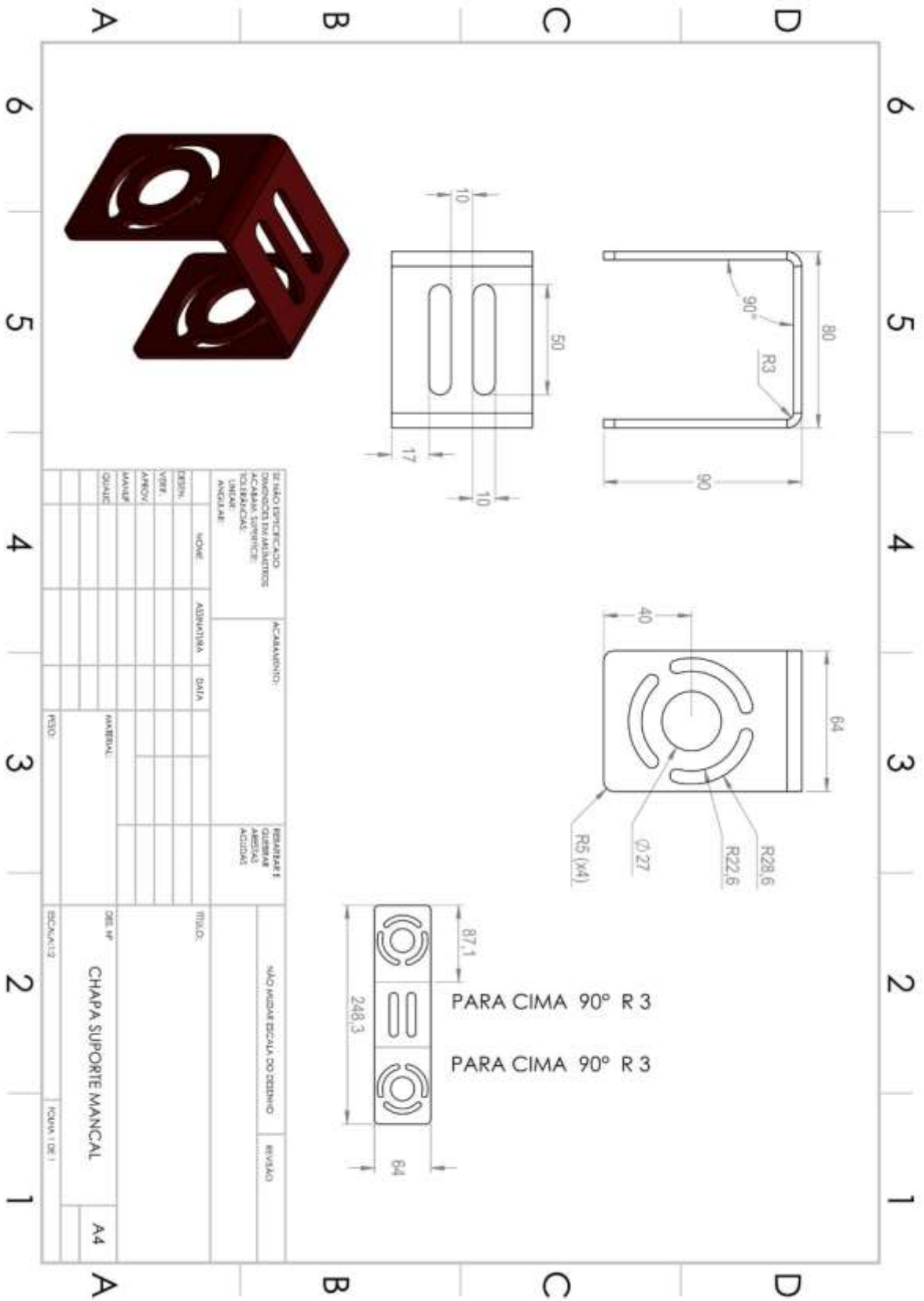


SE NÃO ESPECIFICADO DIMENSÕES EM MILÍMETROS		ACABAMENTO:		RESERVAR E OBSERVAR ABERTAS ACORDOS	
ACABAMENTO SUPERFÍCIE ESCALONAMENTOS ANGULARES		ASSINATURA	DATA	TÍTULO:	
DESENH.	MODELO			OBJ. Nº	
VERIF.				raspador3	
APROV.				ESCALA: 1:2	
MANUT.				FOLHA 1 DE 1	
QUALIF.				A4	
				MATERIAL:	
				REPO:	

Apêndice B6 - Eixo central da escova



Apêndice C - Suporte dos mancais



Apêndice C5 - Coroa

