

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Émerson da Trindade Lemos

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LEITE PARA  
DETECÇÃO DE MASTITE

Passo Fundo

2018

Émerson da Trindade Lemos

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LEITE PARA  
DETECÇÃO DE MASTITE

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Adriano Luís Toazza.

Passo Fundo

2018

Émerson da Trindade Lemos

**Sistema de monitoramento de leite para detecção de mastite**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista, sob orientação do professor Dr. Adriano Luís Toazza.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Orientador Adriano Luís Toazza - UPF

---

Profa. Dra. Blanca Rosa Maquera Sosa - UPF

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Corrêa Molina - UPF

Este trabalho é dedicado aos meus pais Itamar e Fátima, por serem as pessoas mais importantes em minha vida e fundamentais para a conclusão da minha graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha namorada Franciele Menezes de Oliveira, por todo o suporte oferecido a mim durante estes anos.

Ao meu irmão Anderson da Trindade Lemos, por ser uma referência em minha vida.

Aos meus amigos, Cássio Augusto Rosso, Daniel Belusso, Jordano Berlando, Jordenson Plentz, Lucas do Santos Braun, Marcos André da Silva e Maria Carolina Tagliari Peres, por terem me acompanhado durante estes anos, sendo sempre motivos de inspiração.

Ao meu orientador professor doutor Adriano Luis Toazza, por todos os ensinamentos passados a mim ao decorrer da graduação e principalmente durante o desenvolvimento deste projeto.

Ao meu amigo Rodrigo Busato, por todo conhecimento compartilhado comigo, ajudando-me sempre que necessário.

Ao amigo Elias Sgarbossa o qual sempre esteve a disposição para ajudar-me durante o meu TCC.

A todos os professores do curso por todos os ensinamentos passados a mim.

A todos que de alguma forma estiveram comigo ajudaram-me a realizar este sonho.

“Quem nunca errou, nunca experimentou nada novo.”

Albert Einstein.

## RESUMO

Um grande problema da pecuária leiteira do país, que afeta grande parte do rebanho leiteiro brasileiro é a mastite bovina, e com o grande aumento da produção de leite está cada vez mais sendo discutida entre o governo e os produtores. A principal causa de prejuízos é a mastite subclínica, estágio inicial da doença e de difícil detecção, uma vez que o animal não apresenta sintomas. Para isto, é necessário que haja a detecção de anormalidades nas características do leite, que neste projeto foi criado um protótipo para analisar estas anormalidades através da condutividade elétrica do leite no momento da ordenha. Este projeto é composto por um reservatório junto à ordenhadeira onde é analisado o leite e através de um sistema microcontrolado periférico é feito o acionamento das válvulas solenoides, a leitura do sensor de condutividade elétrica e envia os dados para o sistema central que armazena as informações de cada bovino e realiza a interface com o usuário.

Palavras-Chave: Mastite bovina. Prejuízos. Detecção. Condutividade elétrica. Análise do leite.

## **ABSTRACT**

A big problem in dairy farming in the country that affects a large part of the Brazilian dairy herd is bovine mastitis, and with the large increase in milk production is increasingly being discussed between the government and the producers. The main cause of damage is subclinical mastitis, an early stage of the disease and difficult to detect, since the animal does not present symptoms. For this, it is necessary to detect abnormalities in milk characteristics, which in this project has been created a prototype to analyze these abnormalities through electrical conductivity of milk at the time of milking. This project is composed of a reservoir next to the milking machine where the milk is analyzed and through a microcontrolled peripheral system that activate the solenoid valves, read the electrical conductivity sensor and send this data to the central system that stores the information of each bovine and perform the user interface.

Keywords: Bovine Mastitis. Damage. Detection. Electrical Conductivity. Milk analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Produção de leiteira brasileira.	18
Figura 1 – Representação da distribuição de mastite clínica e subclínica em um rebanho.	20
Figura 2 – Úbere infectado com mastite clínica.	21
Figura 3 – Modelo de ordenhadeira.	29
Figura 4 – Unidade de ordenha e Pulsador.	30
Figura 5 – Fases da ordenha.	30
Gráfico 2 – Valores da condutividade elétrica ao decorrer da ordenha.	32
Gráfico 3 – Relação entre CCS e condutividade elétrica do leite.	33
Figura 6 – Sensor de nível tipo boia.	34
Figura 7 – Sensor de condutividade elétrica.	35
Figura 8 – Válvula Solenoide.	36
Figura 9 – Visão interna da Válvula Solenoide.	36
Quadro 1 – Diferença entre padrões IEEE 802.11.	39
Figura 10 – Topologia Mesh.	41
Figura 11 – Topologia árvore.	41
Figura 12 – Topologia estrela.	42
Figura 13 – Sistema de análise do leite.	43
Figura 14 – Sistema mecânico de análise do leite.	44
Figura 15 – Diagrama dos circuitos eletrônicos.	45
Figura 16 – Simulação do circuito de armazenamento.	46
Figura 17 – Display 20x4.	47
Figura 18 – Módulo de comunicação sem fio Xbee.	48
Figura 19 – Protocolo de comunicação.	48
Figura 20 – Memória EEPROM 24LC512.	49
Figura 21 – Fluxograma do funcionamento da memória.	50
Figura 22 – Bateria chumbo-ácido 12V 1.3A.	50
Figura 23 – Esquemático do carregador da bateria.	51
Figura 24 – Diagrama geral do firmware.	52
Figura 25 – Circuito eletrônico de armazenamento.	53
Figura 26 – Simulação do circuito de análise.	54
Figura 27 – Acionamento das válvulas solenoides.	55
Figura 28 – Transistor Darlington internamente.	56

Figura 29 – Monitor de condutividade elétrica.	58
Figura 30 – Circuito de teste do sensor de condutividade elétrica.	59
Quadro 2 – Valores de tensão pela condutividade obtidos durante os testes.	59
Gráfico 4 – Gráfico dos valores de tensão pela condutividade obtidos durante os testes.	60
Quadro 3 – Valores de tensão pela temperatura obtidos durante os testes.	61
Gráfico 5 – Gráfico dos valores de tensão pela temperatura obtidos durante os testes.	61
Quadro 4 – Valores de resistência pela temperatura obtidos durante os testes.	62
Gráfico 6 – Gráfico dos valores de resistência pela temperatura obtidos durante os testes.	62
Figura 31 – Circuito montado para sensor de temperatura.	63
Figura 32 – Saída do sensor de condutividade elétrica com subtrator.	64
Figura 33 – Saída do sensor de temperatura com subtrator.	65
Quadro 5 – Valores de tensão na saída do subtrator pela condutividade.	65
Figura 34 – Sensor RFID RDM 6300.	67
Figura 35 – Diagrama de montagem do circuito de identificação.	68
Figura 36 – Fonte de alimentação dos circuitos periféricos.	68
Figura 37 – Diagrama geral do firmware do circuito de análise.	69
Figura 38 – Protótipo com as solenoides e recipiente.	70
Figura 39 – Primeiro ciclo do leite.	71
Figura 40 – Segundo ciclo do leite.	71
Figura 41 – Terceiro ciclo do leite.	72
Figura 42 – Botoeira e identificador de animal.	72
Figura 43 – Circuito eletrônico de análise.	73
Figura 44 – Comunicação do circuito de análise.	74
Figura 45 – Comunicação do circuito de armazenamento.	75
Quadro 6 – Comparação de valores.	76
Quadro 7 – Valores obtidos com a primeira análise do leite.	76
Quadro 8 – Valores obtidos com a segunda análise do leite.	77
Figura 46 – Medição da condutividade elétrica da amostra 1.	77
Figura 47 – Medição da condutividade elétrica da amostra 2.	77
Figura 48 – Medição da condutividade elétrica da amostra 3.	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mudança nas características do leite com o aumento da CCS.	19
Tabela 2 – Requisitos microbiológicos da IN51.	20
Tabela 3 – Requisitos microbiológicos da IN62.	21
Tabela 4 – Relação da CMT com a CCS.	22
Tabela 5 – Relação da WMT com a CCS.	23
Tabela 6 – Relação do escore de células somáticas com a CCS.	24

## LISTA DE SIGLAS

CBT – Contagem Bacteriana Total  
CCS – Contagem de Células Somáticas  
CE – Condutividade Elétrica  
CECS – Contagem Eletrônica de Células Somáticas  
CMT – California Mastitis Test  
DHI – Dairy Herd Improvement  
ECS – Escore de Células Somáticas  
FFD – Full Feature Device  
hfe – Ganho de corrente  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IC – Corrente de coletor  
IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers  
IN – Instrução Normativa  
Iout – Corrente de saída  
ISM – Industrial, Scientific and Medical  
kbps – Kilobits por segundo  
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
P – Potência  
PAN – Personal Area Networks  
PCI – Placa de Circuito Impresso  
PNMQL – Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite  
RFD – Reduce Feature Device  
Vin – Tensão de entrada  
Vout – Tensão de saída  
WIFI – Wireless Fidelity  
WMT – Wisconsin Mastitis Test

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3 JUSTIFICATIVA .....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 PRODUÇÃO LEITEIRA NO BRASIL .....	18
2.2 MASTITE BOVINA .....	19
<b>2.2.1 Mastite clínica .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 Mastite subclínica .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3 Contagem de Células Somáticas.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.4 Instruções Normativas 51 e 62.....</b>	<b>23</b>
2.3 DETECÇÃO DA MASTITE.....	24
<b>2.3.1 California Mastitis Test (CMT).....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2 Wisconsin Mastitis Test (WMT) .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3 Contagem Eletrônica de Células Somáticas (CECS).....</b>	<b>26</b>
2.4 ORDENHADEIRA MECÂNICA .....	27
<b>2.4.1 Componentes da ordenhadeira mecânica .....</b>	<b>28</b>
2.4.1.1 Sistema de leite .....	28
2.4.1.2 Sistema de vácuo .....	28
2.4.1.3 Sistema de pulsação .....	29
<b>2.4.2 Principais complicações e defeitos na ordenhadeira .....</b>	<b>31</b>
2.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA DETECÇÃO DE MASTITE.....	31
<b>2.5.1 Alterações na Condutividade Elétrica do leite devido a mastite .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.2 Outros fatores que alteram a Condutividade Elétrica do leite.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.3 Pesquisa sobre a relação da CCS com a condutividade elétrica .....</b>	<b>33</b>

2.6	SENSORES E VÁLVULAS .....	34
2.6.1	Sensor de nível .....	34
2.6.2	Sensor de condutividade .....	34
2.6.3	Válvula solenoide .....	35
2.6.4	RFID .....	37
2.7	MÓDULOS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO .....	38
2.7.1	Comunicação WIFI .....	38
2.7.2	Comunicação bluetooth.....	39
2.7.3	Comunicação ZigBee .....	39
2.7.3.1	<i>Dispositivos e seus papéis</i> .....	40
2.7.3.2	<i>Topologias da rede ZigBee</i> .....	40
3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	43
3.1	CIRCUITO DE ARMAZENAMENTO .....	45
3.1.1	Hardware.....	45
3.1.1.1	<i>Interface com o usuário</i> .....	46
3.1.1.2	<i>Comunicação</i> .....	47
3.1.1.3	<i>Armazenamento</i> .....	48
3.1.1.4	<i>Fonte de Alimentação</i> .....	50
3.1.2	Firmware .....	51
3.1.3	Protótipo .....	53
3.2	CIRCUITOS DE ANÁLISE.....	53
3.2.1	Hardware.....	54
3.2.1.1	<i>Circuito de potência</i> .....	55
3.2.1.2	<i>Circuito de medição</i> .....	58
3.2.1.3	<i>Comunicação</i> .....	67
3.2.1.4	<i>Fonte de alimentação</i> .....	68
3.2.2	Firmware .....	69

<b>3.2.3 Protótipo.....</b>	<b>70</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE A – Cálculos de dissipação de calor do regulador 5v do circuito de análise</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE B – Cálculos de dissipação de calor do regulador 3,3V de ambos circuitos</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE C – Cálculos de dissipação de calor do regulador 5V do circuito de armazenamento.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE D – Cálculos de dissipação de calor transistores de potência.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A mastite bovina é a maior causadora de prejuízos para produtores de leite, não só pela diminuição da produção e diminuição de sua qualidade, como também pela perda precoce da capacidade do animal de produzir leite. A mesma é caracterizada pela inflamação da glândula mamaria do animal, podendo ser causada por fungo ou bactérias, mais comumente causada por bactérias (FONSECA e SANTOS, 2000). A mastite pode ser classificada em clínica e subclínica, sendo a primeira quando existem sinais visíveis no úbere, tais como, edema, aumento da temperatura, endurecimento e dor na glândula mamaria, pus ou qualquer outra alteração perceptível. Já a segunda, não visível, apenas pode ser detectada através de análise de alterações no leite (FONSECA e SANTOS, 2000). No caso de mastite subclínica algumas das características são o aumento da contagem de células somáticas (CCS), dos níveis de cloro (Cl), sódio (Na<sup>+</sup>) e de proteínas, como também a redução do nível de gordura, lactose, caseína e potássio (K<sup>+</sup>).

Estas alterações biológicas acarretam em mudanças nas características químicas do leite e estas mudanças fazem com que seja possível identificar possíveis casos de mastite em seu estágio subclínico. Uma das formas utilizadas atualmente para a detecção da mastite é a condutividade elétrica (CE) do leite, que será abordada neste trabalho.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema automatizado para detecção de irregularidades no leite, para desta forma informar o operador/produtor sobre um possível caso de mastite em um ou mais de seus animais. Este sistema funcionará em conjunto com a ordenhadeira, de forma a possuir um circuito o qual analisará o leite durante o período de ordenha, armazenará estas informações por um período a ser estipulado e em caso de irregularidade comunicará o operador.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar uma pesquisa sobre mastite bovina;
- b) Realizar uma pesquisa sobre as alterações condutividade elétrica do leite em animais que apresentam a doença;
- c) Analisar qual módulo de comunicação sem fio é mais indicado para esta aplicação;

- d) Analisar qual os melhores microcontroladores para esta aplicação
- e) Projetar um sistema mecânico e elétrico para ser acoplado a ordenhadeira;
- f) Desenvolver uma interface de comunicação entre os circuitos;
- g) Construir um protótipo para comprovar a sua funcionalidade;
- h) Realizar testes genéricos e específicos para comprovar seu funcionamento;

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Este projeto busca minimizar os gastos do produtor, visto que a mastite é o maior problema encontrado hoje em dia em fazendas leiteiras, pois quando a vaca está infectada há uma redução na produção de leite, uma queda em sua qualidade e até mesmo se não detectada a tempo, a perda do animal. Por isso, o monitoramento para uma detecção precoce renderia uma melhor qualidade no leite que será disponibilizado ao consumidor, e também geraria maiores lucros aos produtores e menores perdas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

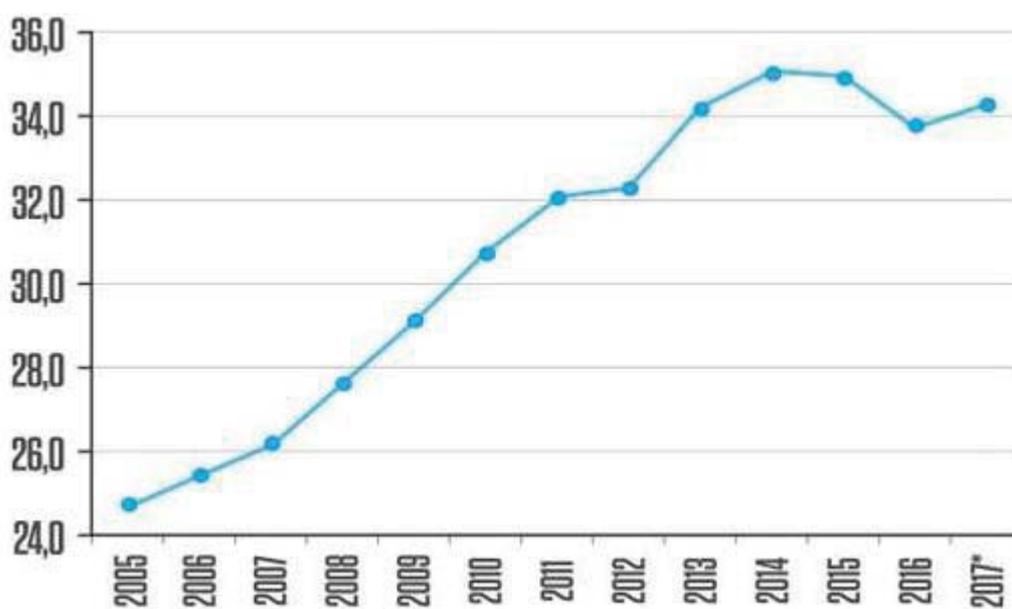
Neste capítulo serão apresentados os conceitos básicos sobre a produção leiteira no Brasil, mastite clínica e subclínica, formas de detecção da doença, funcionamento das ordenhas mecânicas e também serão expostos alguns componentes que serão usados na construção do protótipo.

### 2.1 PRODUÇÃO LEITEIRA NO BRASIL

A produção leiteira no Brasil vem crescendo ano a ano, é o que mostra uma pesquisa sobre aquisição de leite cru feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma vez que mostra que no 4º semestre de 2017 foram adquiridos pelos órgãos avaliados 6,44 bilhões de litros de leite, uma diferença de 2,44 bilhões de litros em com relação a 2006 (IBGE, 2018), primeiro ano onde há informações trimestrais.

Outro indicativo do aumento da produção leiteira é sobre a quantidade de leite produzida durante todo o ano de 2016 que foi de 33,6 bilhões de litros de leite, 55% maior que no ano de 2006 (IBGE, 2018), último ano disponível no site do IBGE, que foi de 21,6 bilhões de litros de leite. No entanto, para 2017 era esperado um aumento de 1,8% comparado com 2016 (CANALRURAL, 2017), como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 – Produção de leiteira brasileira (bilhões de litros).



Fonte: Canalrural, 2017

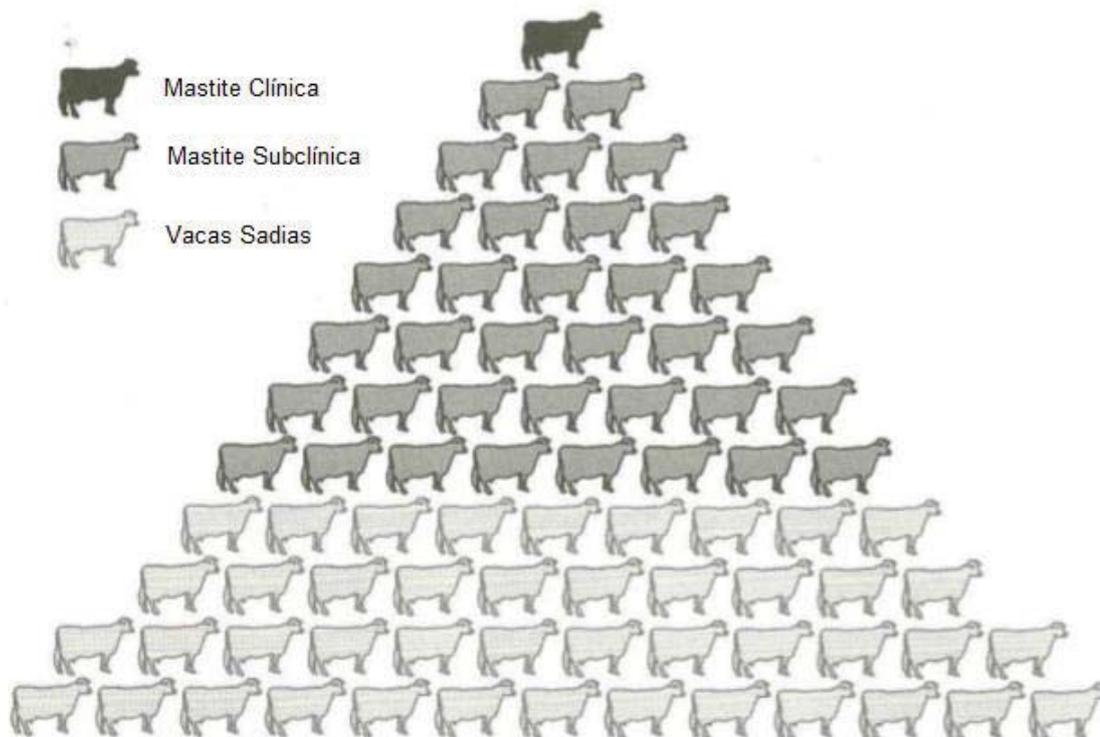
Há também uma expectativa de aumento de 2,5% na produção de leite para 2018, fazendo com que este atinja valores próximos ao ano de 2014, ano recorde de produção, aproximadamente 35,8 bilhões de litros de leite (SANTOS, 2018). Um dos motivos da alta produção é que o leite é considerado um dos produtos mais ricos em suas propriedades nutricionais, isto devido a sua composição com proteínas, gorduras, carboidratos e vitaminas. Por este motivo a qualidade do leite é algo muito importante a ser debatido, uma vez que esta é o maior obstáculo que o setor enfrenta do ponto de vista tecnológico (MULLER, 2002). Uma das maiores causas da queda na qualidade é a mastite bovina, para isto normalmente é analisada a Contagem de Células Somáticas presentes no leite que é um indicador da doença.

## 2.2 MASTITE BOVINA

A mastite bovina é uma doença que ocorre na glândula mamária da vaca quando um agente infeccioso, normalmente uma bactéria, atinge o úbere do animal, causando um processo inflamatório. O nível da inflamação é relativo ao sistema imunológico de cada animal, juntamente com a natureza do agente infeccioso, e este irá ser classificado em dois níveis, a mastite subclínica, quando o animal não apresenta sintomas visíveis, e apenas é detectável através da avaliação das mudanças das características do leite e a mastite clínica quando a inflamação já encontra-se em um estágio mais avançado que além das alterações citadas no caso anterior, também apresentam mudanças na secreção do leite, como também mudanças visíveis no úbere da vaca como, pus, hipertermia, prostração, além do animal sentir dor na glândula mamária (FONSECA e SANTOS, 2000).

Segundo Fonseca e Santos (2000), a incidência da mastite subclínica é responsável por 90% a 95% dos casos da doença, porém, muitas vezes é desconsiderada em análises, visto que a mastite clínica se apresenta de forma mais evidente e de mais fácil diagnóstico. Na figura 1 é possível ver a distribuição de mastite em um rebanho.

Figura 1 – Representação da distribuição de mastite clínica e subclínica em um rebanho.



Fonte: Fonseca e Santos, 2000.

A presença desta enfermidade no rebanho acaba por acarretar em perdas econômicas, principalmente devido à queda de produção do leite e a queda na sua qualidade, além de em casos mais graves, danos irreversíveis aos animais. Por este motivo, algumas cooperativas já estão implantando programas de pagamentos pela qualidade do leite, que pode ser avaliada pela CCS do leite. Para isso, também foram criadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) duas Instruções Normativas (IN's) com relação a qualidade do leite. Tais normas criam um padrão de valores máximos para CCS e para a Contagem Bacteriana Total (CBT), assunto que não será abordado neste trabalho, por não possuir relação com o mesmo.

### 2.2.1 Mastite clínica

A mastite clínica mesmo sendo menos comum e causando menos prejuízo que a subclínica é a que causa maiores perdas com descarte de leite, tanto quanto a perda parcial ou total das glândulas mamárias e até a morte do animal (FONSECA e SANTOS, 2001), por apresentar feridas externas e os demais sintomas já mencionados acima, como mostra a figura 2.

Figura 2 – Úbere infectado com mastite clínica.



Fonte: Governo do Brasil, 2012.

A mastite clínica tem fácil diagnóstico, e pode ser feito através da inspeção visual da glândula mamária do animal, podendo ser notada diferença na coloração e no tamanho das glândulas mamárias como também inflamação no úbere, juntamente com a análise visual do leite para detecção de anormalidades como a presença de coágulos, pus, sangue e alterações na sua coloração (COSTA, 2010).

### **2.2.2 Mastite subclínica**

A mastite subclínica, por não apresentar características visuais, é a mais difícil de ser identificada, facilitando assim que ela se espalhe pelo rebanho, causando sérios problemas na saúde dos animais. Mastites subclínicas crônicas podem, em poucos meses, destruir a capacidade da mama de produzir leite, o que pode causar sérios prejuízos financeiros (DIAS, 2007).

As únicas características da mastite subclínica são alterações químicas e biológicas no leite, como aumento da CCS, aumento do teor de  $Cl^-$ ,  $Na^+$  e proteínas séricas (proteínas encontrada no plasma sanguíneo), devido a uma maior passagem destes elementos através do

sangue, contudo, também há a diminuição nos níveis de lactose, caseína e gordura, devido a haver uma menor síntese destes elementos como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Mudança nas características do leite com o aumento da CCS

Componente do leite	CCS x 10 <sup>3</sup> células/mL				Alteração e motivo
	< 100	< 250	500-1.000	>1.000	
Lactose	4,90	4,74	4,60	4,21	Redução (g/100 mL).
Caseína (total)	2,81	2,79	2,65	2,25	
Gordura	3,74	3,69	3,51	3,13	Redução da síntese
Proteínas séricas (total)	0,81	0,82	1,10	1,31	Aumento. Passagem a partir do sangue.
Cloro	0,091	0,096	0,121	0,147	
Sódio	0,057	0,062	0,091	0,105	

Fonte: Adaptado de MULLER, 2002.

Para detecção da mastite subclínica, existem três testes que são utilizados mais comumente, o *California Mastitis Test* (CMT), *Wisconsin Mastitis Test* (WMT) ou pela Contagem Eletrônica de Células Somáticas (CECS), porém, com o aumento dos íons do leite há também um aumento da condutividade elétrica do leite, o que é reforçado com a diminuição da gordura no leite, já que a mesma não é uma boa condutora de eletricidade.

### 2.2.3 Contagem de Células Somáticas

Quando a glândula mamária é atingida pelo patogênico da mastite, o organismo reage enviando para o local afetado células de defesas, que juntas com as células de descamação de epitélio excretor da glândula mamária são chamadas células somáticas. Portanto, quando o úbere é contaminado com algum agente patogênico, a primeira reação perceptível é a elevação da contagem de células somáticas (GOVERNO DO BRASIL, 2012). As células de defesa normalmente movem-se da corrente sanguínea para o tecido mamário devido a alterações na permeabilidade dos capilares do úbere do animal. (MULLER, 2002).

Se o úbere estiver infectado, a CCS será elevada, acima de 300.000 cél./mL de leite (DIAS, 2007). Já em rebanhos com um maior controle, um úbere sadio tem contagens abaixo de 100.000 cél/mL (TOZETTI et al, 2008). Para identificação dos níveis de CCS do leite há o CMT que é um teste simples e barato, o que o torna muito popular. Seu princípio baseia-se em

misturar ao leite um detergente específico para quebrar as células do leite o poder analisá-lo com relação a sua viscosidade, o que é analisado visualmente, fazendo com seja uma análise subjetiva, há também o teste WMT que é o aprimoramento do CMT, já que elimina a subjetividade do anterior, pois é realizado em um tubo graduado. Por último há o método CECS, o método mais preciso, onde uma pequena amostra de leite é retirada e enviada para um laboratório para análise detalhada (FONSECA e SANTOS, 2000).

Visto o grande problema com a qualidade do leite e a dificuldade de diagnóstico da mastite subclínica, o MAPA criou duas IN's onde prevê valores máximos para CCS, a Instrução Normativa 51 (IN51) e a Instrução Normativa 62 (IN62), que foi criada para complementar a IN51.

#### 2.2.4 Instruções Normativas 51 e 62

Com o grande aumento da produção leiteira, o MAPA criou a Instrução Normativa 51, a qual, veio com o intuito de melhorar a qualidade do leite, estabelecendo padrões e normas para sua produção, as quais estão contidas no Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite (PNMQL), que entrou em vigor em 2005, limitando o valor da CCS em 1.000.000 céls/mL, sendo reduzido para 750.000 céls/mL em 2008, e por fim, em 2011, chegando a 400.000 céls/mL (BRASIL, 2002), como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Requisitos microbiológicos da IN51.

Indicador	A partir de 01.07.2005	A partir de 01.07.2008	A partir de 01.07.2011
CCS	1.000.000	750.000	400.000

Fonte: Instrução Normativa 51

Como grande parte dos produtores não conseguiram adequar-se as determinações da IN51, em 2011 foi criada uma nova instrução normativa, a IN62 cujo objetivo era aumentar o prazo para os requisitos microbiológicos da IN51, modificando os valores e as datas limites para 600.000 céls/mL em 2012, 500.00 céls/mL em 2014 para enfim em 2016 chegar ao nível de 400.000 céls/mL, como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Requisitos microbiológicos da IN62

Indicador	A partir de 01.07.2008	A partir de 01.01.2012	A partir de 01.07.2014	A partir de 01.07.2016
CCS	750.000	600.000	500.000	400.000

Fonte: Instrução Normativa 62

Outra especificação da IN62, é que a ordenha deve ser realizado em ordenhadeiras canalizadas, em circuito fechado e de forma ininterrupta.

### 2.3 DETECÇÃO DA MASTITE

Para a detecção da mastite clínica, não há grandes dificuldades nem testes muito complexos, sendo um deles o exame físico no úbere, que consiste na análise das alterações físicas do úbere da vaca, como por exemplo, nódulos, inchaço, edemas, dor e alterações no tecido mamário. O momento mais adequado para este exame é logo após a ordenha, através de palpções na glândula mamária, juntamente com a análise das características físicas do leite, também conhecido como teste da caneca de fundo escuro, que consiste na retirada dos 3 ou 4 primeiros jatos de leite, que em contraste com o fundo escuro da caneca, irá salientar as alterações no leite, como grumos, sangue, pus ou leite muito aquoso. (FONSECA e SANTOS, 2000). Em contrapartida, os testes para detecção da mastite subclínica são um pouco menos simples, necessitando de produtos ou equipamentos auxiliares. Os testes mais comuns são, o *California Mastites Test (CMT)*, o *Wisconsin Mastitis Test (WMT)* e a Contagem Eletrônica de Células Somáticas (CECS), porém, também existem testes através da condutividade elétrica do leite e a análise microbiológica do leite que é um teste mais complexo, que deve ser feito por laboratório especializado através de culturas microbiológicas do leite (FONSECA e SANTOS, 2000).

#### 2.3.1 California Mastitis Test (CMT)

Este é o teste mais simples e popular para a detecção da mastite, pois de forma indireta estima um valor para a CCS. Para tal teste, é retirada uma quantia de aproximadamente 2mL de leite e é adicionado a mesma quantidade de um detergente específico que é capaz de quebrar as

células da membrana nucleica (DNA) criando uma viscosidade que determinará o nível de CCS (COSTA, 2010). Para a análise, a viscosidade é mensurada em cinco escores: zero, traço, um, dois ou três sinais positivos, o que apresenta uma relação com o nível de Células Somáticas (FONSECA e SANTOS, 2000), como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Relação da CMT com a CCS

Escore	Viscosidade	CCS
0	Ausente	100.000
-	Leve	300.000
+	Leve/moderada	900.000
++	Moderada	2.700.000
+++	Intensa	8.100.000

Fonte: FONSECA e SANTOS, 2010

Apesar de ser um teste eficaz, simples e de baixo custo, para ocasiões mais específicas pode não ser o mais indicado, devido a sua falta de precisão, para isto foi criado o WMT.

### 2.3.2 Wisconsin Mastitis Test (WMT)

Este teste foi criado a partir do CMT, com a intenção de eliminar a subjetividade do anterior, funcionando de uma forma mais aprimorada, uma vez que é realizado em um tubo graduado. O teste é realizado com o mesmo reagente do CMT diluído em água destilada, em mesma proporção, ou seja, 2mL do reagente é misturado a 2mL de leite em um tubo com uma perfuração de 1,15mm de diâmetro na parte superior. Faz-se, então, a homogeneização dessa mistura por meio de movimentos circulares e após o tubo é invertido por 15 segundos para o líquido escoar. Por fim, o tubo é colocado em sua posição original novamente e o resultado do teste é dado em milímetros que podem ser relacionados com a CCS, como mostra a tabela 5.

Tabela 5 – Relação da WMT com a CCS

CMT	WMT (mm)	CCS (cél./ml)	Perdas na produção de leite
0	3	140.000	
	4	165.000	5%
	5	195.000	
Traços	6	225.000	
	7	260.000	
	8	300.000	8%
	9	340.000	
	10	380.000	
1	11	420.000	
	12	465.000	
	13	515.000	
	14	565.000	
	15	620.000	
	16	675.000	9%
	17	730.000	a
	18	790.000	18%
	19	855.000	
	20	920.000	
	21	990.000	
	22	1.055.000	
	23	1.130.000	
	24	1.200.000	
2	25	1.280.000	
	26	1.360.000	
	27	1.440.000	
	28	1.525.000	
	29	1.610.000	19%
	30	1.700.000	a
	31	1.800.000	25%
	32	1.920.000	
	33	2.030.000	
	34	2.180.000	

Fonte: FONSECA e SANTOS, 2000

### 2.3.3 Contagem Eletrônica de Células Somáticas (CECS)

A Contagem Eletrônica de Células Somáticas é um dos modos de avaliação mais precisos e mais modernos, tanto para avaliação individual quanto para todo o rebanho. Este processo baseia-se na retirada de amostras individuais que são enviadas para um laboratório especializado, onde são avaliadas.

Este método apresenta inúmeras vantagens com relação aos anteriores, uma vez que é um processo que pode ser automatizado, gerando uma maior rapidez e precisão no resultado, como também é possível manter a amostra em temperatura ambiente e enviar para o laboratório através dos correios e além do mais que este teste não depende da interpretação de quem o realiza. Para uma maior facilidade, o Dairy Herd Improvement (DHI), Associação americana

que ajuda produtores de leite, desenvolveu um método para facilitar a interpretação dos resultados relacionando o resultado com o valor da CCS de forma linear através de escore de células somáticas (ECS) (FONSECA e SANTOS, 2000), como mostra a tabela 6.

Tabela 6 – Relação do escore de células somáticas com a CCS

ECS	Média da CCS (x1.000/ml)	Varição
0	12,5	0-17
1	25	18-34
2	50	35-70
3	100	71-140
4	200	141-282
5	400	283-565
6	800	566-1.130
7	1.600	1.131-2.262
8	3.200	2.263-4.525
9	6.400	4.526

Fonte: FONSECA e SANTOS, 2000

Como não existe um valor definido para dizer que a vaca está infectada, utiliza-se valores de ECS acima de 4 para indicar a mastite, este valor não foi adotado de forma aleatória, mas sim, baseado em análises estatísticas, uma vez que a CCS em animais sadios dificilmente ultrapassam o valor de 300.000 cél/mL (FONSECA e SANTOS, 2000).

## 2.4 ORDENHADEIRA MECÂNICA

Existem duas formas de realizar a ordenha da vaca, sendo elas a ordenha manual e a ordenha mecânica. A ordenha manual é realizada normalmente em pequenas propriedades onde a produção leiteira não é muito grande e é realizada pelas mãos do ordenhador em um balde, onde depois passa por um coador para ir para o refrigerador, porém, não é um modo muito eficiente e após a publicação da IN62, não é mais aceito este tipo de ordenha, restando apenas a ordenha mecânica, que é um sistema parcialmente automatizado, o qual realiza a sucção do leite através da simulação da mamada do bezerro (VILELA, 2011).

Ordenhadeiras mecânicas podem ser divididos em dois modelos, sendo o primeiro conhecido como Balde ao pé, onde as quatro teteiras são ligadas por mangueiras ao pulsador que é conectado a um recipiente (balde) que fica próximo do animal e o leite é armazenado temporariamente até ser levado ao resfriador. Este processo não é aceito pela IN62 por ser considerado um processo semi fechado, uma vez que o leite entra em contato com o ar no

momento da passagem do balde para o resfriador, restando somente o outro método para ordenha, através de ordenhadeiras canalizadas. Esta, por sua vez, é um sistema completamente fechado, uma vez que o leite é direcionado ao resfriador sem contato com o ar.

### **2.4.1 Componentes da ordenhadeira mecânica**

Ordenhadeiras mecânicas possuem 3 sistemas principais, que são eles, o sistema de vácuo, o sistema de leite e o sistema de pulsação, como mostram as figuras 3 e 4. Estes sistemas serão descritos neste capítulo.

#### *2.4.1.1 Sistema de leite*

O sistema de leite tem a função de levar o leite do teto da vaca até o reservatório e é dividido em linha de leite e unidade de ordenha.

Linha de leite: Fornece vácuo para a ordenha e conduz o leite até o reservatório. Dependendo de sua altura com relação ao piso podem ser classificados como linha baixa, linha intermediária ou linha alta, na figura 3 representada na cor amarela.

Unidade de ordenha: Sua função é aplicar vácuo ao teto da vaca e retirar o leite do úbere, representado na figura 4.

#### *2.4.1.2 Sistema de vácuo*

O sistema de vácuo é dividido em bomba de vácuo, regulador, reservatório, frasco sanitário, vacuômetro e tubulação.

Bomba de vácuo: Esta é considerada a parte principal do equipamento, normalmente composta por uma bomba rotativa de palhetas com rotor excêntrico e como o próprio nome sugere ela tem a função de criar vácuo na tubulação comprimindo e eliminando o ar para a atmosfera.

Regulador de vácuo: A função de regulador de vácuo é manter o nível de vácuo estável em todo o sistema, controlando a entrada ou interrupção do ar conforme a necessidade.

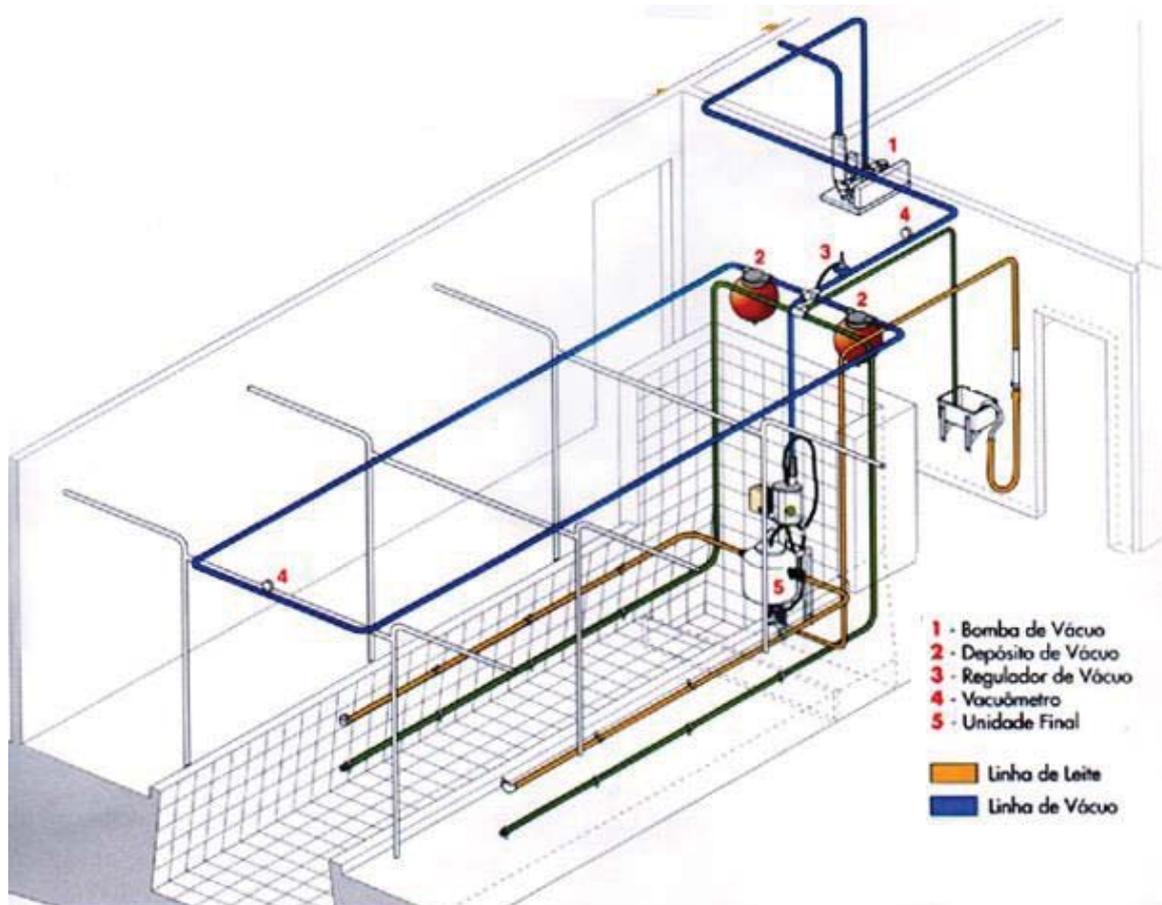
Reservatório de vácuo: O reservatório é um sistema de segurança que evita que líquidos entrem na bomba de vácuo e deve ser instalado o mais próximo possível da mesma.

Frasco sanitário: Sua função é não permitir que haja a passagem de leite da unidade final para o sistema de vácuo.

Vacuômetro: Sistema que mostra ao ordenhador o nível de vácuo.

Tubulação: A tubulação tem a finalidade de levar o ar até a bomba, na figura 3 representada na cor azul.

Figura 3 – Modelo de ordenhadeira.

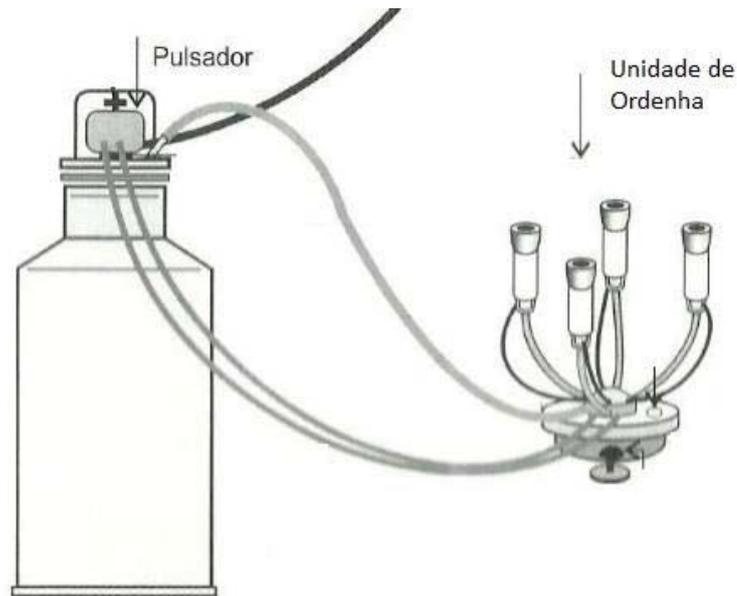


Fonte: Adaptado de [http://www.incomagri.com.br/ordenhadeira\\_canalizada.php](http://www.incomagri.com.br/ordenhadeira_canalizada.php)

#### 2.4.1.3 Sistema de pulsação

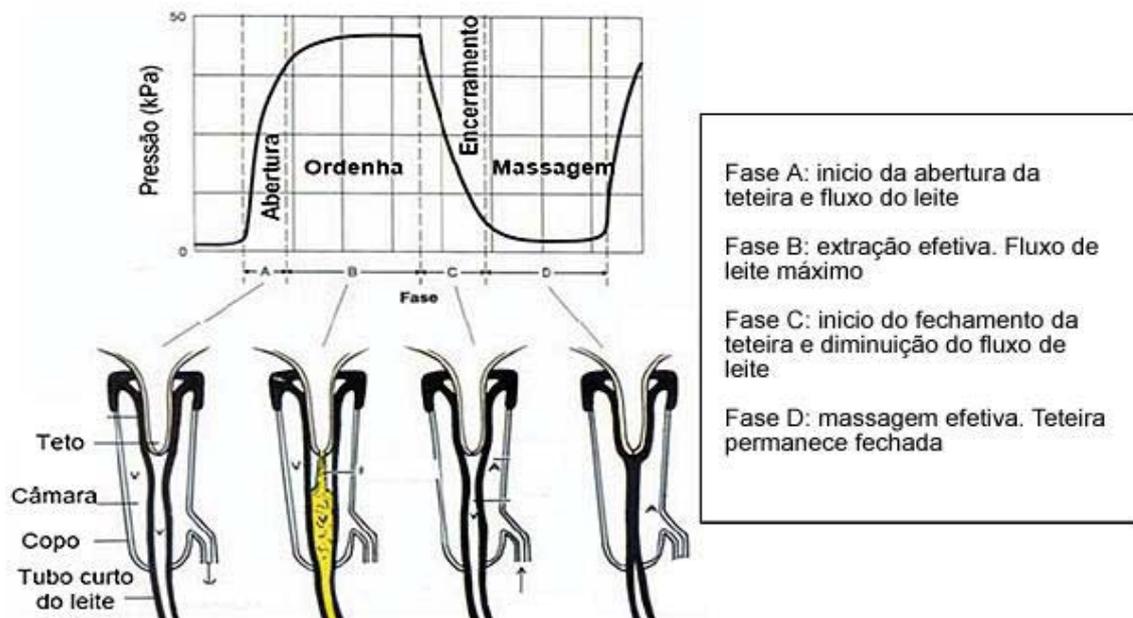
O sistema de pulsação é composto apenas pelo pulsador, figura 4, cuja função é alternar entre vácuo e entrada de ar no interior da câmara de pulsação, localizada entre o copo de inox e a teteira, fazendo assim que o sistema alterne entre as fases de ordenha e massagem do teto. O sistema de pulsação deve funcionar de forma bem ajustada, pois o ciclo é dividido em quatro fases sendo dois de ordenha (A e B) e dois de massagem (C e D), como mostra a figura 5, no instante A, a teteira está se abrindo, já no instante B a teteira está totalmente aberta e começa a retirar o leite. A fase C é determinada como o momento em que a teteira está se fechando já a fase D é quando a teteira está completamente fechada realizando a massagem do teto.

Figura 4 – Unidade de ordenha e Pulsador



Fonte: Adaptado de [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-705173901-ordenhadeira-westmilk-mod-oil-300-c-01-unidade-de-ordenha-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-705173901-ordenhadeira-westmilk-mod-oil-300-c-01-unidade-de-ordenha-_JM)

Figura 5 – Fases da ordenha



Fonte: <http://rehagro.com.br/mastite-bovina-a-manutencao-do-equipamento-de-ordenha-e-fundamental-para-evitar-a-ocorrencia/>

### 2.4.2 Principais complicações e defeitos na ordenhadeira

O equipamento mal regulado ou com defeito pode causar complicações na saúde do animal, sendo um fator de risco para ocorrência de mastite. Dentre estes possíveis defeitos estão:

**Teteiras defeituosas:** Quando as teteiras não encontram-se em perfeitas condições podem resultar na transferência de micro-organismos de um teto para os outros, como também de uma vaca infectada, para uma que não esteja. Outro problema é quando a borracha das teteiras passam do tempo de troca, isto pode gerar rachaduras na mesma, criando o acúmulo de gordura, o que é propício para proliferação de bactérias e também prejudicam a massagem no teto da vaca.

**Impacto na glândula mamária:** Também conhecido como gradiente de pressão reversa, ocorre quando há uma flutuação no nível de vácuo na teteira, podendo ocorrer devido a entrada de ar em uma das teteiras. Isto acaba fazendo com que retornem algumas gotículas de leite para o interior da glândula mamaria em alta velocidade, facilitando a uma possível infecção.

**Lesões no teto:** Um manejo inadequado da ordenhadeira mecânica pode causar ferimentos, rachaduras, ressecamento da pele e lesões. O uso de desinfetantes, vácuo muito elevado e falhas no sistema de pulsação podem ser a causa destes problemas que facilitam a proliferação de bactérias que é fator de risco para a mastite.

## 2.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA DETECÇÃO DE MASTITE

A condutividade elétrica (CE) é a capacidade que um elemento tem de conduzir corrente elétrica e varia de acordo com cada substância. A CE é o inverso da resistência elétrica que é medida em Ohms e é calculada como o quociente da tensão elétrica pela corrente. Uma solução eletrolítica tem sua CE medida pela capacidade que a solução tem de permitir a passagem de corrente em uma distância de 1cm e é normalmente medida em Siemens/centímetro (S/cm) (RODRIGUES, 1998).

Estudos sobre a detecção da mastite através da condutividade elétrica tiveram início a partir do ano de 1940 e atualmente é utilizado em vários dos mais modernos equipamentos de ordenha (SANTOS, 2005).

### 2.5.1 Alterações na Condutividade Elétrica do leite devido a mastite

Como visto anteriormente a mastite causa alterações na composição do leite, sendo estas fundamentais para a alteração na condutividade do leite.

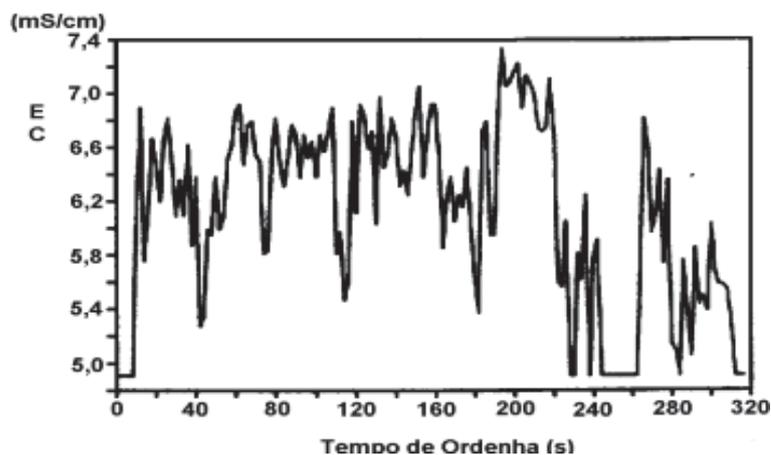
Uma vez que o úbere está infectado há uma maior permeabilidade entre os capilares do sangue para a glândula mamária, que aumenta com o agravamento da doença. Esta permeabilidade faz com que íons que encontram-se no sangue do animal passem para o leite, como por exemplo o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$ , em contra partida, com o úbere infectado há uma menor síntese de alguns componentes do leite, entre elas a caseína, que por sua vez possui Potássio ( $\text{K}^+$ ) que tem seu nível diminuído (RODRIGUES, 1998 e SANTOS, 2005).

Estes íons são os principais causadores do aumento da CE do leite, sendo que estes valores para um animal sadio encontra-se em torno de 4 a 5 mS/cm, chegando a valores de 5,75 mS/cm em casos subclínicos e 6,75 mS/cm em casos clínicos (SANTOS, 2005).

### 2.5.2 Outros fatores que alteram a Condutividade Elétrica do leite

Existem vários fatores que podem acarretar na mudança da CE do leite, entre elas estão, período em que o animal se encontra no ciclo estral (ciclo “menstrual” ou cio do animal), a raça do animal, alterações na alimentação, silagem de má qualidade e aplicação de antibióticos em quartos não infectados com mastite. Outro fator que pode alterar a CE do leite é o aumento do intervalo entre ordenhas, pois causa um aumento dos níveis de  $\text{Na}^+$ , bem como,  $\text{Cl}^-$  e a diminuição de  $\text{K}^+$ . Também foi observado que a CE não se mantém constante durante a ordenha, variando ao decorrer da mesma, como mostra o gráfico 2:

Gráfico 2 – Valores da condutividade elétrica do leite ao decorrer da ordenha



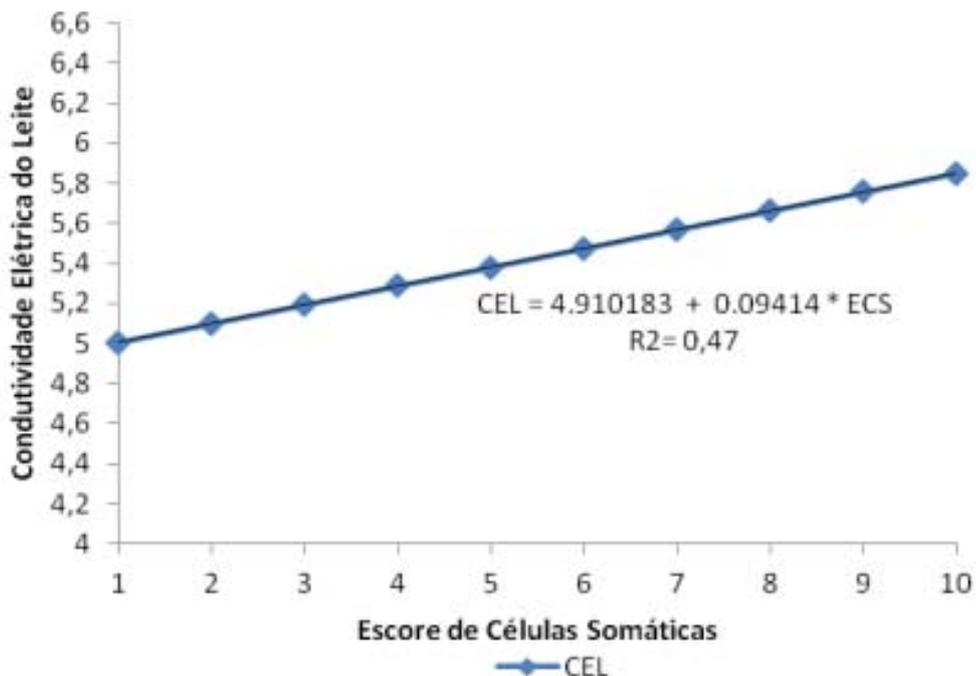
Fonte: Rodrigues, 1998.

### 2.5.3 Pesquisa sobre a relação da CCS com a condutividade elétrica

Uma pesquisa realizada por Filho et al (2013), teve como objetivo analisar a relação entre a CCS e a CE do leite para avaliar uma possível análise da CE para critério de seleção para mastite, podendo assim substituir outros métodos.

Esta pesquisa mostrou que é possível substituir o método da contagem da CCS pelo método de análise da CE, uma vez que estas características tem uma grande relação entre si como pode ser visto no gráfico 3 que mostra a relação entre a condutividade elétrica do leite e o escore de células somáticas. Portanto, é preferível realizar a medição através da CE uma vez que esta é mais fácil e barata do que a verificação da CCS, já que a primeira pode ser realizada no local da própria ordenha e a segunda necessita ser coletada uma amostra de leite, enviado a um laboratório especializado para só depois de alguns dias ser obtido o resultado. (FILHO et al, 2013).

Gráfico 3 – Relação entre CCS e condutividade elétrica do leite



Fonte: Filho et al, 2013.

Com isto é possível visualizar que há uma relação linear de 0,09414 mS/cm da CE com o ECS a partir do ponto de 4.9101 mS/cm.

## 2.6 SENSORES E VÁLVULAS

Neste subcapítulo serão detalhados os sensores e válvulas que foram pesquisados e serão utilizados neste projeto.

### 2.6.1 Sensor de nível

Para o projeto há a necessidade de ser utilizado um sensor de nível para ser informado para o sistema quando o recipiente está cheio e pode ser realizada a medição da condutividade elétrica do leite.

O sensor de nível é um componente com a função de mandar um sinal elétrico para o sistema quando o nível de líquido atingir a altura estabelecida.

Este sensor funciona com um *reed-switch* localizado na parte fixa do sensor que é acionado quando um ímã que fica na parte móvel do mesmo se aproxima, fechando os contatos do sensor e enviando o sinal ao microcontrolador ( $\mu C$ ).

Figura 6 – sensor de nível tipo boia.



Fonte: <https://www.icos.com.br/sensor-de-nivel/montagem-lateral/LA26M-40/>

### 2.6.2 Sensor de condutividade

Também há a necessidade para este projeto de um sensor de condutividade elétrica, que realizará a mensuração da condutividade do leite.

Figura 7 – Sensor de condutividade elétrica



Fonte: Adaptado de <http://webpages.charter.net/tdsmeter/products.html>

Este sensor tem um funcionamento simples, possuindo apenas dois eletrodos que medem a condutividade do líquido no qual se encontra imerso. Conforme a condutividade do líquido ele apresenta uma saída de corrente de 4 a 20 mA entre seus terminais, sendo 4 mA quando a solução apresenta condutividade elétrica  $0 \mu\text{S}/\text{cm}$  e 20 mA quando a condutividade elétrica for de  $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 2.6.3 Válvula solenoide

Para este projeto serão utilizadas quatro válvulas solenoides (figura 8) que realizarão o enchimento do reservatório para que atinja um nível ideal para medição da condutividade elétrica.

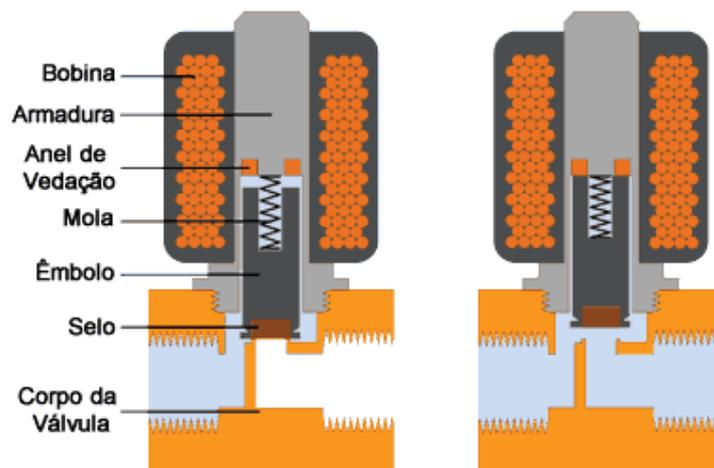
Para um melhor entendimento do funcionamento da válvula será demonstrado através de uma visão interna da válvula solenoide na figura 9.

Figura 8 – Válvula Solenoide.



Fonte: <https://www.vidadesilicio.com.br/quickview/index/view/id/304>

Figura 9 – Visão interna da Válvula Solenoide



Fonte: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenoid/>

O funcionamento da válvula é relativamente simples, uma vez que ela em seu estado normal está vedando a passagem de líquidos e quando a bobina é energizada há a passagem de uma corrente em seus enrolamentos criando um campo magnético que faz com que o êmbolo seja movimentado para cima, liberando a passagem do líquido pela válvula.

#### 2.6.4 RFID

A tecnologia RFID, sigla advinda da língua inglesa que significa *Radio Frequency Identification* ou em português, Identificação por Radiofrequência é uma forma de identificação que usa ondas de rádio para identificar de forma automática um objeto ou ser vivo. Esta tecnologia é capaz de transportar e armazenar dados através de ondas de rádio, de forma rápida e eficaz (MIOTTO, 2017).

Para que a comunicação ocorra é necessário que haja uma *tag* (ou etiqueta) e um leitor RFID, a *tag* é um dispositivo que pode armazenar e transmitir dados, utilizando apenas sinais de rádio, sem a necessidade de contato, esta *tag* é composta por um microchip e uma antena e pode ser classificada em três modelos de acordo com suas características, sendo estes modelos, somente-leitura, escrita-leitura e WORM (*write once read many*), onde é possível escrever uma vez na *tag* e depois só é possível realizar a leitura da mesma, outra forma de classificação das *tags* é de acordo com sua alimentação podendo ser ativa ou passiva, na sua forma ativa ela necessita de alimentação junto a mesma. Já em sua forma passiva ela é alimentada pelo campo magnético gerado pelo leitor RFID, o que faz com que seu alcance seja limitado, uma vez que ela possui um alcance de 3 metros aproximadamente, enquanto a ativa pode chegar a até 100 metros de alcance. (MIOTTO, 2017).

O leitor RFID são equipamentos capazes de ler e escrever nas *tags*, se as mesmas possuírem um sistema de leitura e escrita, um leitor que trabalha com uma *tag* passiva deve operar no modo *full duplex*, uma vez que deve transmitir uma onda contínua (que será refletida pela *tag*) e receber a resposta da *tag* simultaneamente.

A transferência de dados pode ocorrer de três formas distintas, sendo elas, *full duplex*, *half duplex* e sequencial, nos procedimentos *full duplex* e no *half duplex* a transferência de energia ocorre de forma contínua, apenas diferenciando-se pelo fato que no modo *full duplex* a transferência de dados pode ocorrer simultaneamente nos dois sentidos e no modo *half duplex* a transferência de dados deve ocorrer primeiro em um sentido (ex. leitor → *tag*) para somente após finalizado começar a troca de dados em outro sentido (ex. *tag* → leitor). Por outro lado no modo sequencial há a transferência de energia somente no modo leitor → *tag*.

## 2.7 MÓDULOS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Neste capítulo serão detalhadas três formas de comunicação sem fio, comunicação wifi, comunicação bluetooth e comunicação ZigBee.

### 2.7.1 Comunicação WIFI

O surgimento da tecnologia *wireless-fidelity* (WI-FI) deu-se devido a grande necessidade de mobilidade para o acesso à internet. Para tal, foi definido que a comunicação seria realizada em uma frequência ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), uma faixa de frequência que não necessita de aprovação de nenhuma entidade especializada (SOUZA e MAIA, 2016), sendo por padrão 869MHz utilizada na Europa, 915MHz na América do Norte e na América do Sul e 2,4GHz no mundo todo.

Com isto, o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) aprovou o IEEE 802.11, onde neste padrão a taxa de transmissão máxima era de 2 Mbps em uma frequência de 2,4 GHz com largura de banda 22 MHz. Como o padrão anterior não possuía uma taxa de transmissão satisfatória para algumas aplicações, foi criado o padrão IEEE 802.11a, um padrão que tem como taxa máxima de transmissão 54Mbps e trabalha a uma frequência de 5GHz com largura de banda de 20MHz, o que evita muita interferência, uma vez que poucos equipamentos trabalham nesta faixa de frequência, porém, tem seu alcance reduzido. Outro padrão lançado foi o IEEE 802.11b, com frequência de trabalho 2,4 GHz e largura de banda 22MHz, um padrão mais barato que o IEEE 802.11a e uma transmissão máxima de 11Mbps, porém por sua vez atingia uma distância maior que seu antecessor. O próximo padrão a ser lançado foi o IEEE 802.11g, padrão similar ao 802.11b porém com taxa máxima de transmissão de 54Mbps e largura de banda 20MHz. Em 2009 foi lançado um novo padrão que abrangeu todos os anteriores, o padrão IEEE 802.11n, o qual trabalha com frequência de 2,4GHz e 5GHz e largura de banda 20MHz e 40MHz e taxa máxima de transferência de dados de 150Mbps (SOUZA e MAIA, 2016). O quadro 1 demonstra a diferença entre os padrões.

Quadro 1 – Diferença entre padrões IEEE 802.11

Padrão	Frequência (GHz)	Largura de Banda (MHz)	Transmissão Máxima (Mbps)	Alcance (m)
IEEE 802.11	2,4	22	2	100
IEEE 802.11a	5	20	54	50
IEEE 802.11b	2,4	22	11	100
IEEE 802.11g	2,4	20	54	100
IEEE 802.11n	2,4 / 5	20 / 40	150	250

Fonte: Próprio Autor

Devido ao grande alcance e a grande taxa de transferência deste padrão de comunicação torna-se mais oneroso do que outros que serão detalhados a baixo e que atendem de forma satisfatória a necessidade do projeto, por este motivo não será utilizado módulos WIFI.

### 2.7.2 Comunicação bluetooth

A tecnologia bluetooth começou a ser desenvolvida em 1994 pela *Ericsson mobile communications*, que visava substituir os cabos para conexão entre dispositivos eletrônicos. A tecnologia bluetooth também opera na banda ISM, com isto, é possível formar pequenas redes de áreas pessoais PAN (*Personal Area Networks*) ou *piconets* que é uma rede formada por até oito dispositivos sendo um destes o mestre e os demais os escravos (SILVA, 2009).

O modo de Comunicação bluetooth tem baixa transmissão de dados se comparado com o WIFI, como também menor alcance, variando de 1Mbps a 3Mbps com alcance de 2 a 10 metros. Porém, se comparado ao protocolo Zigbee, ainda possui uma taxa de transmissão mais elevada, o que o torna mais oneroso financeiramente, e possui uma rede pequena com apenas 8 dispositivos o que não seria o ideal para o projeto visando aplicações futuras.

### 2.7.3 Comunicação ZigBee

O Padrão ZigBee surgiu da união de empresas do setor de eletrônica que decidiram padronizar um sistema de comunicação sem fio para utilizar em automação. Para isto, foi criada a *Alliance ZigBee*, que é responsável pela criação e manutenção do Padrão ZigBee, aberto para livre aquisição. Este padrão, por possuir menor complexidade, consome menos energia, o que

gera um menor custo ao mesmo tempo que têm sua taxa de transmissão reduzida variando de 20Kbps a 250Kbps. Estes dispositivos, como os anteriores, também trabalham na frequência ISM. (RAMOS, 2013).

### 2.7.3.1 Dispositivos e seus papéis

Os Dispositivos ZigBee podem ser classificados de duas formas, sendo Full Feature Device (FFD) ou Reduced Feature Device (RFD). O dispositivo FFD possui sua pilha de instruções completa podendo atuar em qualquer papel, que será visto a seguir, pois pode se comunicar com qualquer dispositivo na rede, e é considerado o dispositivo pai. O dispositivo RFD possui instruções reduzidas e pode comunicar-se apenas com dispositivos FFD e são considerados dispositivos filhos, uma vez que necessitam de outro dispositivo para entrar na rede.

Dispositivos ZigBee podem atuar em três papéis, sendo eles:

**Coordenador:** Dispositivo que tem a finalidade de criar a rede em um canal de comunicação específico que deve ser exercido por um dispositivo FFD e que tem a finalidade de permitir o acesso de roteadores e dispositivos finais a rede

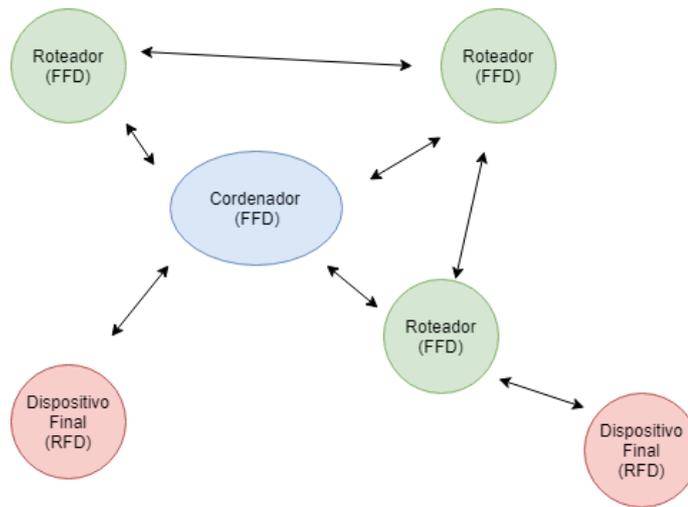
**Roteador:** Dispositivo utilizado quando o ambiente possui algum tipo de barreira, para oferecer caminhos alternativos para os dados. Este papel também deve ser exercido por um dispositivo FFD.

**Dispositivos finais:** São responsáveis pelo envio e recebimento de dados, podendo ser exercidos por dispositivos RFD (RAMOS, 2013).

### 2.7.3.2 Topologias da rede ZigBee

A rede ZigBee pode ser configurada em duas topologias, estrela ou *peer-to-peer*. Na topologia *peer-to-peer* os módulos FFD podem comunicar-se com o módulo FFD mais próximo, desta forma, criando a possibilidade de haver um roteamento de dados. Esta topologia pode ainda ser dividida em dois modelos, sendo a topologia Mesh ou malha e a topologia em árvore. Na topologia Mesh, cada dispositivo FFD pode comunicar-se com todos os dispositivos FFD que estão dentro da distância de alcance do mesmo, como mostra a figura 10 (RAMOS, 2013).

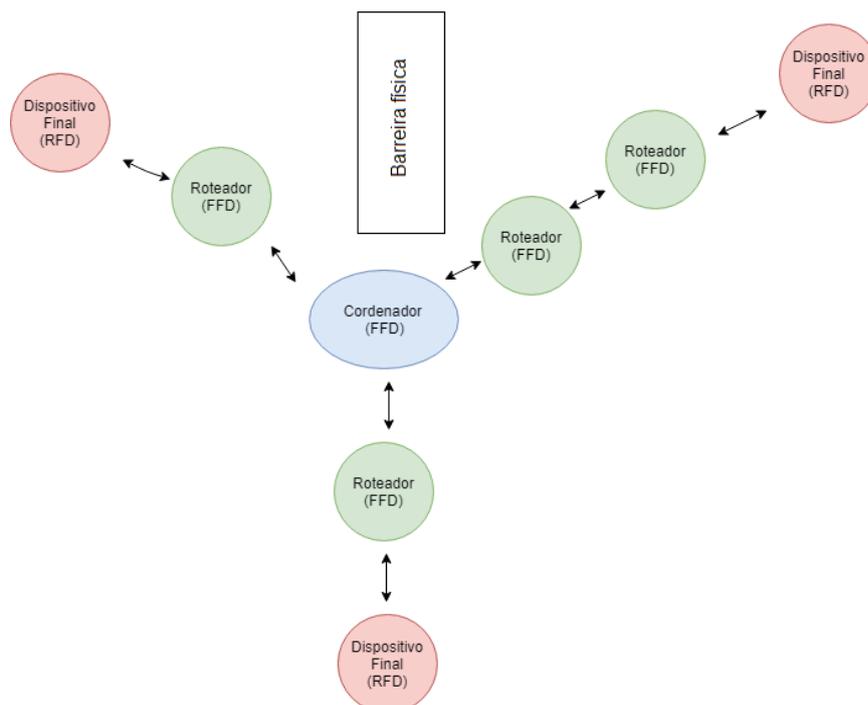
Figura 10 – Topologia Mesh



Fonte: Adaptado de Ramos (2013)

Por outro lado, na topologia em árvore os dispositivos crescem de forma padronizada, por isto este nome, uma vez que os dispositivos finais representariam as folhas e os roteadores os galhos de uma árvore, desta forma um dispositivo final deve comunicar-se com apenas um dispositivo FFD que criará um caminho para os dados, assim, os módulos podem ser utilizados até mesmo em casos onde há uma barreira entre os dispositivos, como mostra a figura 11 (RAMOS, 2013).

Figura 11 – Topologia árvore

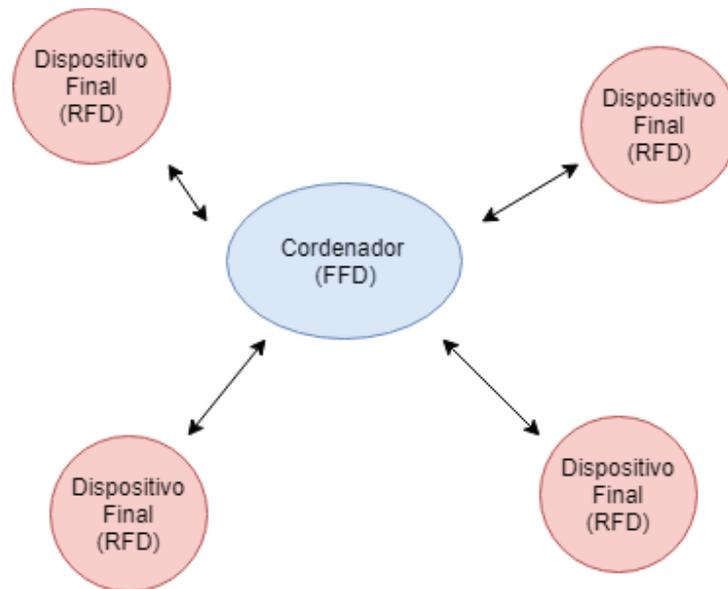


Fonte: Adaptado de Ramos (2013)

No caso da figura 11 é possível verificar que mesmo com uma barreira entre os dispositivos finais superiores eles possuem um caminho para troca de informações.

Porém, para o projeto, a topologia estrela, a mais simples, atende de forma satisfatória todos os requisitos, uma vez que não haverá barreiras físicas e nem a necessidade de roteamento de dados no interior da sala de ordenha. Nesta topologia, a comunicação se dá apenas entre o coordenador e os dispositivos finais, sem haver roteador, como mostra a figura 12.

Figura 12 – Topologia estrela

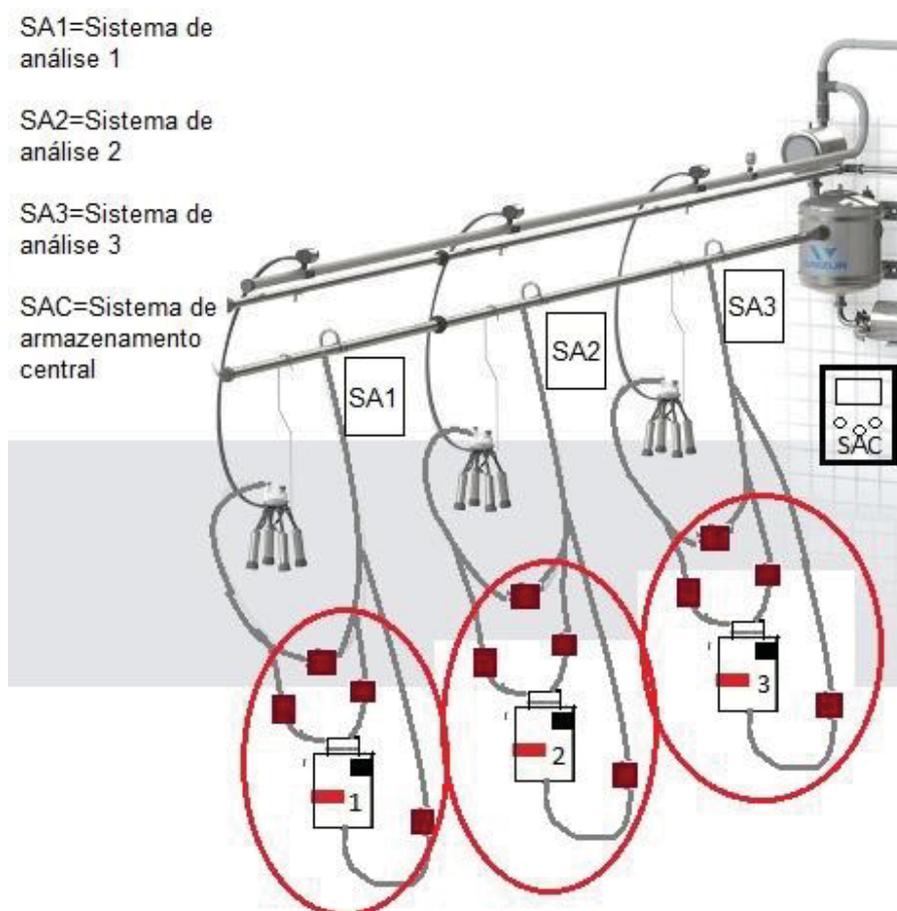


Fonte: Adaptado de Ramos (2013)

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Este projeto visa otimizar a forma com que é analisado o leite para detecção de possível caso de mastite bovina. Para isto, será adicionado à ordenhadeira, um sistema secundário que será acoplado logo após a saída do leite da unidade de ordenha, para que o leite seja analisado ao decorrer de toda a ordenha, segue figura 13 e figura 14 para ilustrar o sistema.

Figura 13 – Sistema de análise do leite.



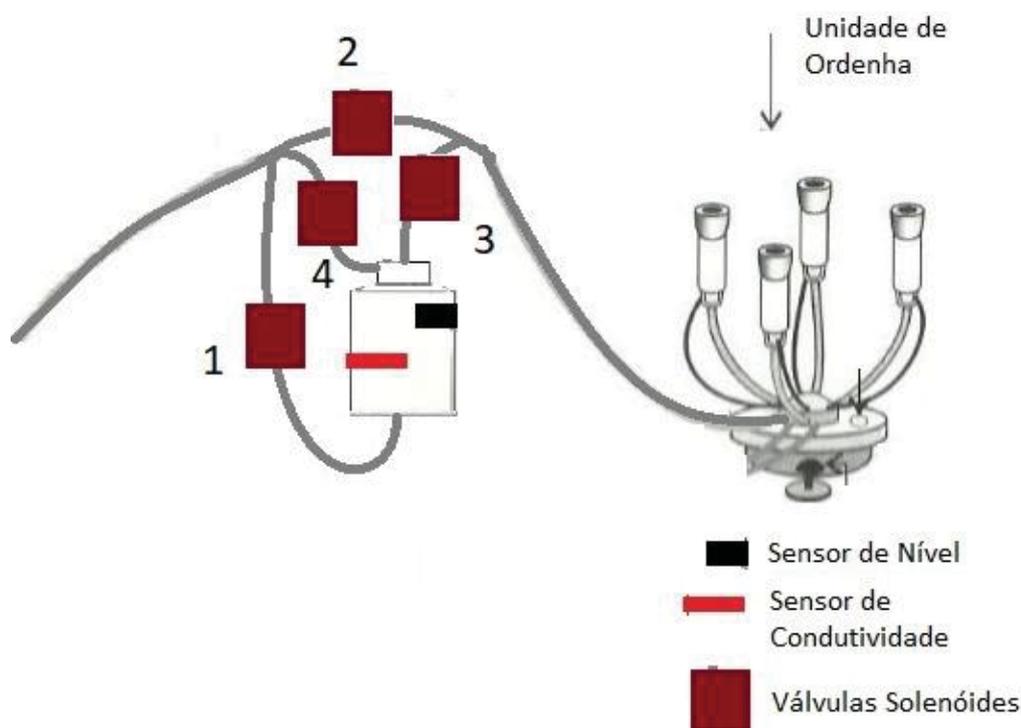
Fonte: Próprio Autor

Cada sistema funcionará de forma independente e terá seu controle realizado por um circuito microcontrolado que ficará próximo ao sistema mecânico de análise do leite (circulado em vermelho) que será detalhado a seguir.

Estes sistemas serão controlados por circuitos eletrônicos microcontrolados os quais enviarão os dados para um sistema de armazenamento central que armazenará os dados de cada animal que passou pela ordenha e também fará a interface com o operador. Para esta aplicação o microcontrolador de cada sistema de análise individual deverá possuir no mínimo: um

conversor analógico para digital, para fazer a leitura do sensor de condutividade, quatro pinos de saída, para acionamento das válvulas solenoides, um pino de entrada, para detecção de nível e uma porta serial para comunicação com o circuito de armazenamento. Já para o circuito de armazenamento, o microcontrolador deverá possuir uma grande capacidade de armazenamento de dados, os quais irão variar de acordo com a quantidade de animais que serão ordenhados e a quantidade de ordenhas diárias.

Figura 14 – Sistema mecânico de análise do leite.

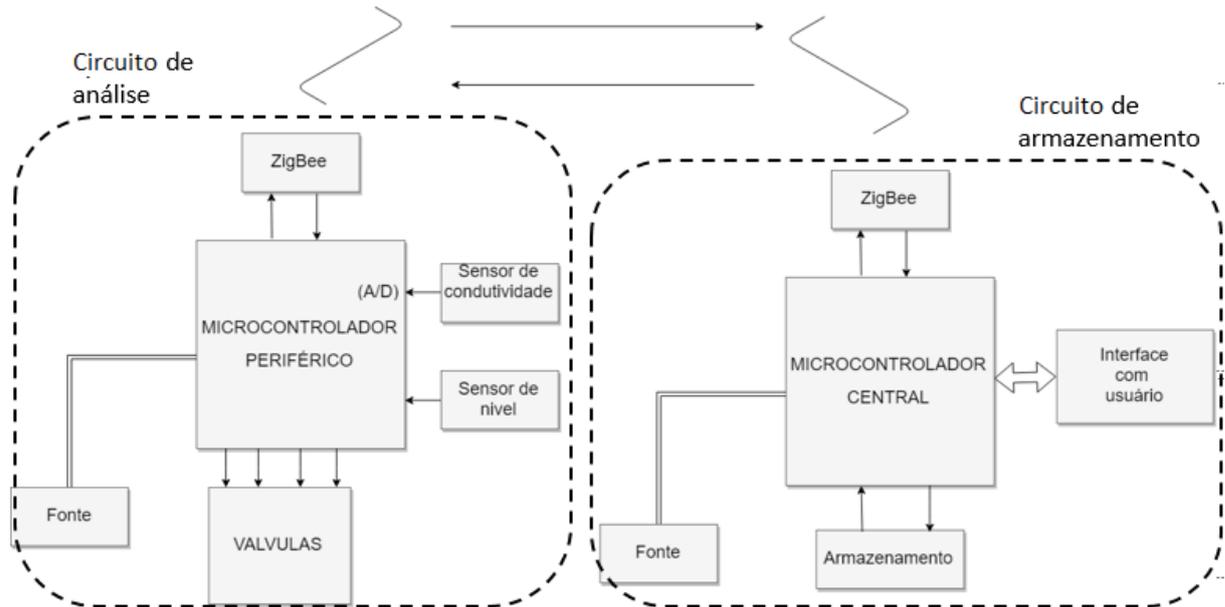


Fonte: Próprio Autor

O sistema mecânico funcionará de forma que as válvulas solenoides 1 e 2 ficarão fechadas ao mesmo tempo que as válvulas 3 e 4 ficarão abertas para o enchimento do recipiente. Quando o sensor de nível detectar que o nível está adequado para a medição fechará as válvulas 3 e 4 e abrirá a válvula 2 para o leite seguir o curso normal enquanto é feita a medição. Após a medição ter sido concluída, abrirão as válvulas 1 e 3, onde a válvula 1 ficará aberta por alguns segundos para a troca do leite e quando a mesma se fechar abrirá a válvula 4, permanecendo a válvula 3 aberta e fechará a válvula 2, para que o processo comece novamente e assim se repetirá até o final da ordenha para que seja medida a condutividade do leite durante todos os estágios da ordenha.

Para desenvolvimento do projeto foi usado como base o diagrama do circuito de armazenamento e de análise demonstrados na figura 15.

Figura 15 – Diagrama dos circuitos eletrônicos



Fonte: Próprio Autor

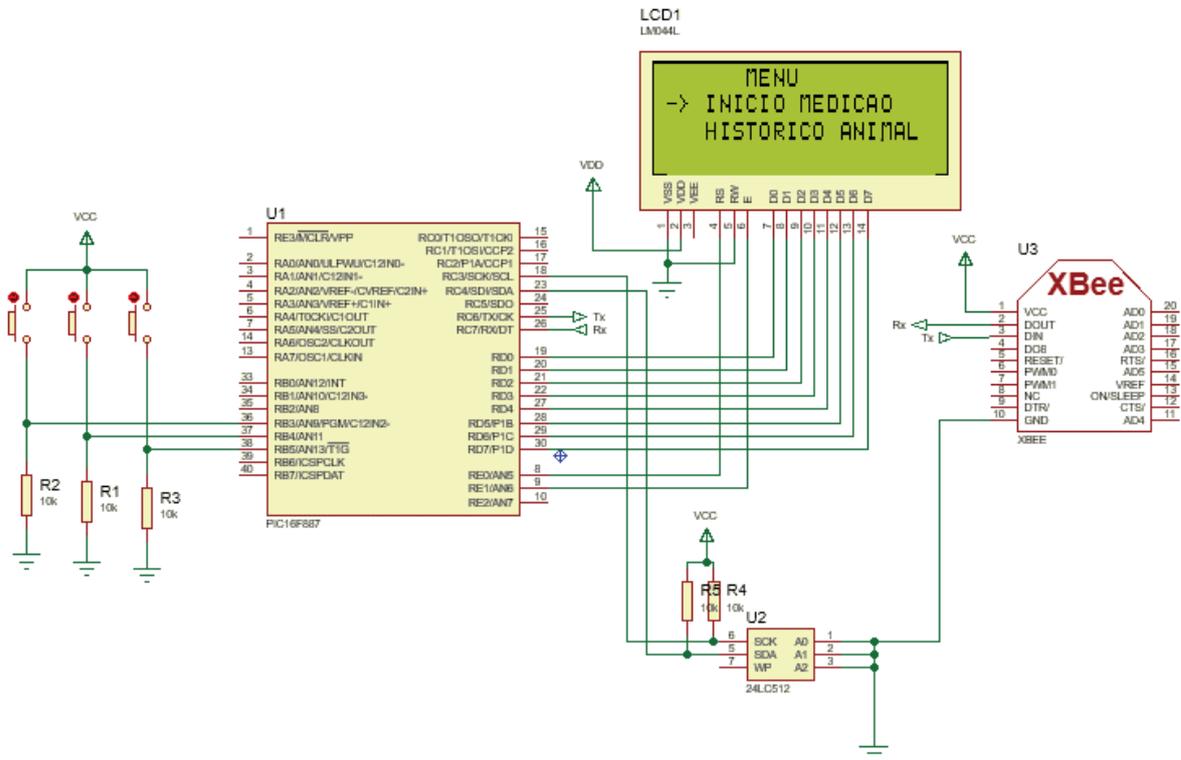
### 3.1 CIRCUITO DE ARMAZENAMENTO

O circuito de armazenamento tem como objetivo receber as informações advindas dos circuitos de análise e armazená-las, ao mesmo tempo que deve realizar a interface com o usuário.

#### 3.1.1 Hardware

Para criação do hardware do circuito de armazenamento foi utilizado o software proteus 8 professional, onde inicialmente foi simulado o circuito como demonstrado na figura 16.

Figura 16 – Simulação do circuito de armazenamento



Fonte: Próprio Autor

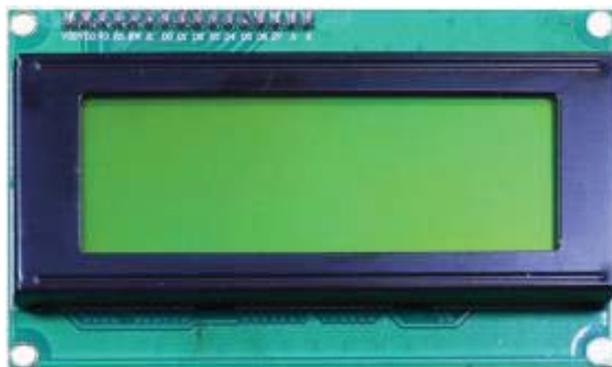
É possível ver na figura 16 que o circuito é composto basicamente de um display gráfico e três botões para interface com o usuário, também possui uma memória EEPROM para armazenamento das informações e um Xbee para comunicação com os circuitos de análise.

Para realização da montagem do circuito de armazenamento foi utilizado o microcontrolador PIC16F887, devido ao fato de atender as necessidades do projeto ao mesmo tempo que é um microcontrolador amplamente conhecido pelo acadêmico uma vez que foi utilizado em aula e em projetos anteriores. Também foram necessários dois reguladores de tensão, um de 5 volts e um de 3,3 volts, sendo o primeiro para o microcontrolador, display e memória EEPROM e o segundo para o Xbee.

### 3.1.1.1 Interface com o usuário

Para realizar a interface com o usuário foi utilizado um display 20x4 (20 caracteres em 4 linhas), conforme figura 17, associado a 3 botões, sendo dois para movimentar o cursor de seleção (cima e baixo/direita e esquerda) e um botão de entrar/menu.

Figura 17 – Display 20x4



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-20x4-i2c-backlight-verde/>

A comunicação com o display é realizada através de 8 pinos, podendo também ser utilizados apenas 4 pinos, conforme necessidade do projeto, já para os botões foram utilizados 3 pinos de entrada do microcontrolador.

### 3.1.1.2 Comunicação

Para realização da comunicação entre o circuito de armazenamento e os circuitos de análise, a qual deve ocorrer de uma forma que não haja fios, uma vez que este sistema será implementado em uma sala de ordenha, um local que não apresenta as condições ideais para um sistema cabeado, foi escolhido um módulo de comunicação sem fio (Xbee), mostrado na figura 18, uma vez que entre as opções apresentadas na seção 2.7 é a mais vantajosa levando em conta consumo e capacidade de transmissão de dados, atendendo de forma satisfatória as necessidades do projeto. Este sistema comunica-se com o microcontrolador via serial (UART).

Figura 18 – Módulo de comunicação sem fio Xbee



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-xbee-s2c-zigbee-wire-antenna/>

Para esta aplicação foi desenvolvido um protocolo de comunicação onde é recebida uma mensagem de início de comunicação pelo módulo do circuito de armazenamento acompanhada com o número da ordenhadeira, a qual é respondida com a mesma mensagem e após é recebida a mensagem com as informações advindas do módulo do circuito de análise e então é enviada a mensagem de fim de comunicação, para informar o circuito de análise que as informações foram recebidas e armazenadas com sucesso, conforme figura 19.

Figura 19 – Protocolo de comunicação



Fonte: Próprio Autor

### 3.1.1.3 Armazenamento

Para o armazenamento das informações foi escolhida a memória EEPROM 24LC512 (figura 20), uma memória de capacidade de armazenamento de 64 kbytes (65536 espaços de memória com 8 bits de informação cada um). Esta memória foi escolhida devido a seu baixo consumo de corrente chegando ao máximo de 5mA no momento da escrita e apenas 100nA enquanto em *stand-by*. Outra característica desta memória é que ela é compatível com comunicação I2C não influenciando na comunicação dos Xbee, os quais são focados para transmissão de informações entre os circuitos de análise com o circuito de armazenamento.

Figura 20 – Memória EEPROM 24LC512



Fonte: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/24LC512>

Como dito anteriormente esta memória comunica-se com o microcontrolador através do protocolo de comunicação I2C, que é um protocolo o qual utiliza apenas dois fios e que pode ter mais de um componente ligado paralelamente, desde que cada componente tenha o seu endereço I2C diferente. O microcontrolador envia a informação do endereço juntamente com a informação de leitura ou de armazenamento e o componente responde com as informações solicitadas ou aguarda as informações que receberá. No fluxograma da figura 21 é demonstrado o funcionamento da memória no circuito.

Figura 21 – Fluxograma do funcionamento da memória



Fonte: Próprio Autor

Neste projeto foram definidos 20 espaços de memória para armazenar as informações de cada animal.

### 3.1.1.4 Fonte de Alimentação

Para definir qual a melhor fonte de alimentação para o sistema elétrico/eletrônico do circuito de armazenamento foi feita uma análise do consumo, através do monitoramento da corrente que o sistema requer. Foi verificado que o circuito alimentado pelo regulador de 5 Volts está fornecendo em torno de 300 mA, então, foi calculada a potência (P) do mesmo, que é calculada como a diferença da Tensão de entrada ( $V_{in}$ ) e a Tensão de saída ( $V_{out}$ ) multiplicada pela corrente de saída ( $I_{out}$ ) conforme equação 1, o cálculo de dissipação encontra-se no apêndice A.

$$P = (V_{in} - V_{out}) \cdot I_{out} \quad (1)$$

$$P = (12 - 5) \cdot 0,3 = 2,1W$$

Da mesma forma foi avaliado que o regulador de 3,3V fornece para o Xbee no máximo 50mA quando em funcionamento, com isto foi calculado a potência dissipada pelo mesmo, calculado com base na equação 1 o cálculo de dissipação encontra-se no apêndice B.

$$P = (5 - 3,3) \cdot 0,05 = 0,085W$$

Para este circuito foi escolhida uma bateria de chumbo-ácido 12V 1.3Ah, como mostra a figura 22, dando ao sistema uma autonomia de aproximadamente 4 horas, fazendo assim, com que o sistema possa ser transportado caso haja necessidade.

Figura 22 – Bateria chumbo-ácido 12V 1.3A

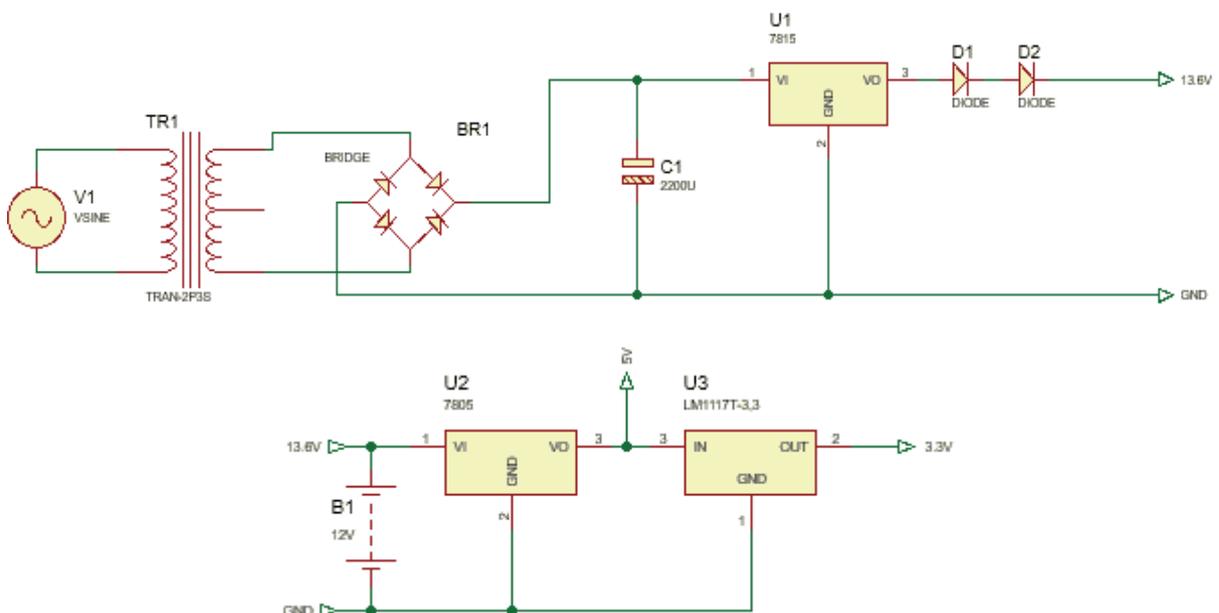


Fonte: <https://www.atera.com.br/produto/UP1213/Bateria+chumbo-acido+Unipower+UP1213+12V-+1.3Ah+F187>

Porém, como o sistema não será utilizado apenas de forma móvel, o mesmo apresentará uma plataforma, para ser fixado, onde será realizada o carregamento da bateria e a alimentação do circuito quando estiver na base. Para isto, foi projetada uma fonte de 13,6V, que é uma tensão a qual a bateria pode ficar conectada de forma ininterrupta sem prejuízos a mesma, esta é chamada tensão de flutuação da bateria.

Para o desenvolvimento desta fonte fixa, foi utilizado um transformador de 220V para 18V(9V+9V) com capacidade de 1A, associada a uma ponte retificadora feita por diodos, e um capacitor para estabilizar a tensão para alimentar um regulador de tensão de 15V o qual possui na sua saída dois diodos em série para gerar uma queda de 1,4V aproximadamente, conforme o esquemático da figura 23.

Figura 23 – Esquemático do carregador da bateria

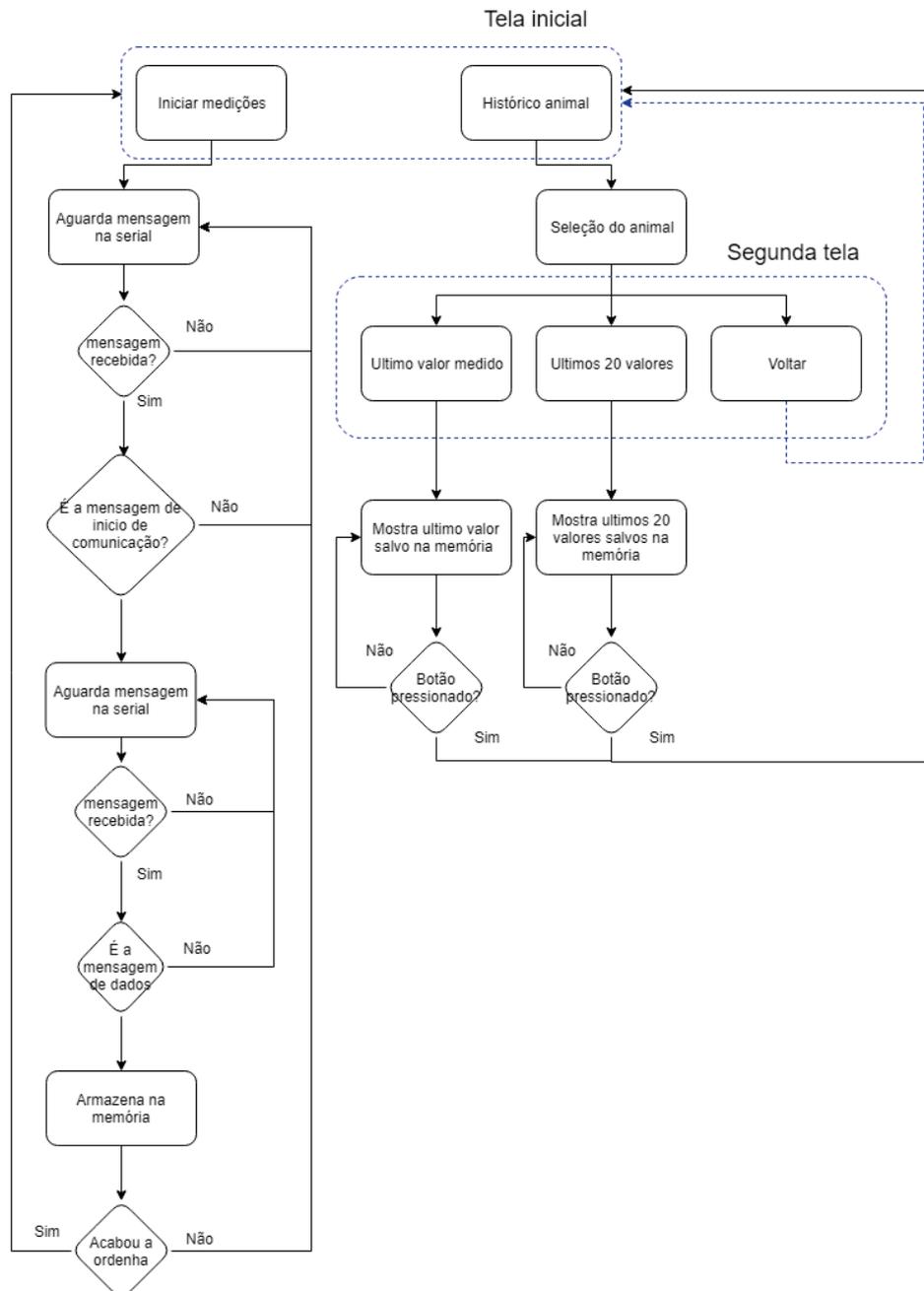


Fonte: Próprio Autor

### 3.1.2 Firmware

Foi desenvolvido um firmware para realização da interface com o usuário ao mesmo tempo que são realizadas outras ações pelo microcontrolador, tais como, armazenamento das informações advindas dos circuitos de análise, como também a busca por estas informações na memória, sempre que o usuário desejar, como demonstrado na figura 24.

Figura 24 – diagrama geral do firmware



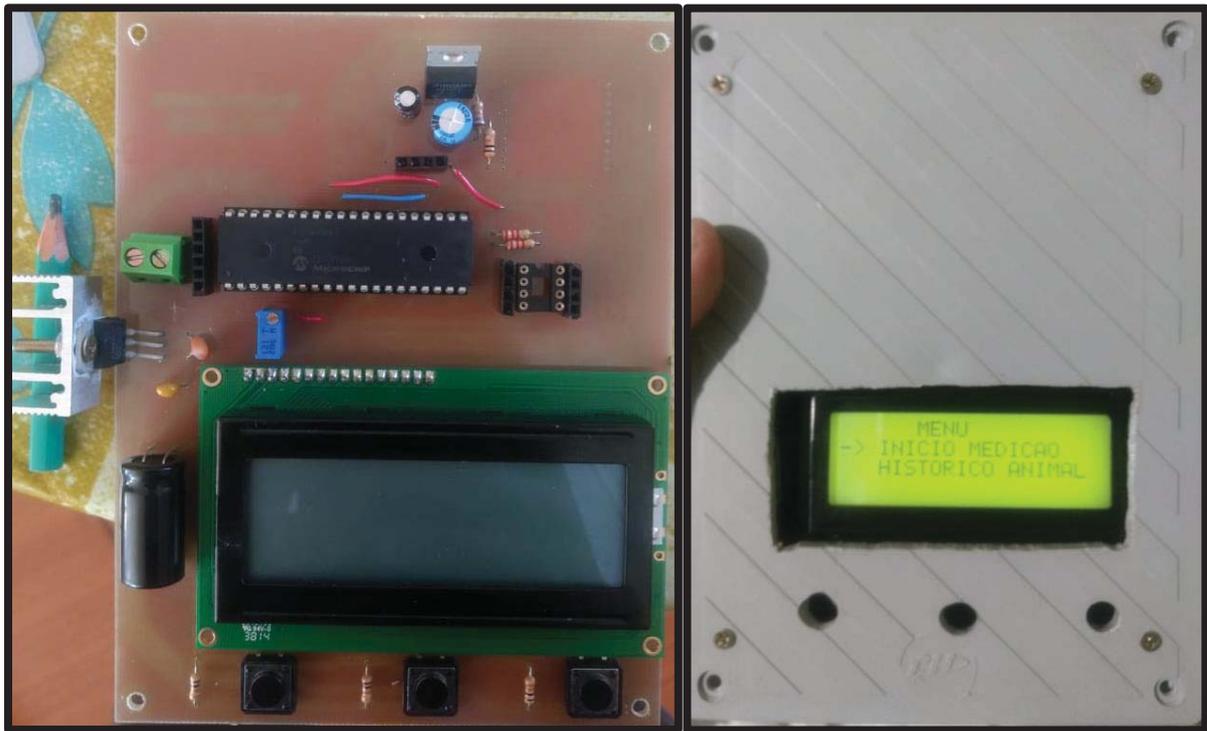
Fonte: Próprio Autor

Com o diagrama demonstrado na figura 24 é possível verificar que o programa apresenta duas opções para o usuário, podendo ser realizada a medição ao início da ordenha, “rodando” o programa em *loop* até o final da ordenha e a opção para o operário visualizar o histórico de cada animal. No segundo modo o programa apenas mostra o histórico e fica aguardando um comando para voltar ao início.

### 3.1.3 Protótipo

Por fim, foi confeccionado o protótipo do circuito descrito ao decorrer deste capítulo (4.1), como pode ser visto na figura 25.

Figura 25 – Circuito eletrônico de armazenamento



Fonte: Próprio Autor

Como demonstrado na figura 25 o circuito eletrônico de armazenamento foi colocado em uma caixa, para proteção do mesmo e para que fosse mais facilmente transportado.

## 3.2 CIRCUITOS DE ANÁLISE

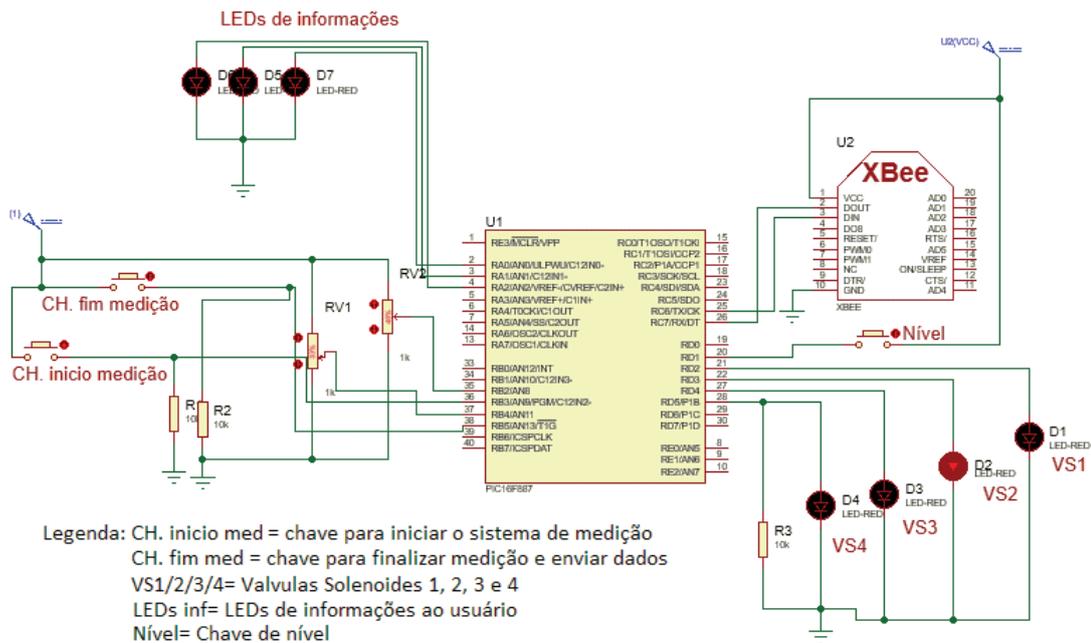
Os circuitos de análise são responsáveis por comandarem o sistema que fica localizado junto a ordenhadeira, acionando as válvulas solenoides, para enchimento e esvaziamento do recipiente, tanto quanto, realizar a medição da condutividade elétrica do leite e enviar os dados para o circuito de armazenamento.

### 3.2.1 Hardware

Para criação do hardware dos circuitos de análise foi utilizado o software proteus 8 professional, onde inicialmente foi simulado o circuito como demonstrado na figura 26.

Desta forma, é possível verificar que o sistema é composto por dois botões que serão responsáveis por iniciar e finalizar a operação do sistema, uma chave de nível, quatro válvulas solenoides, um Xbee para comunicação com o circuito de armazenamento, 3 leds de informações, uma vez que a única interface com o usuário é através do circuito de armazenamento, e duas entradas analógicas (representadas pelos trimpots) que são o sensor de condutividade elétrica e o sensor de temperatura.

Figura 26 – Simulação do circuito de análise



Fonte: Próprio Autor

Os leds de informação 1, 2 e 3 são responsáveis por informar ao usuário quando foi iniciado o circuito de análise, quando o animal foi identificado e quando as informações foram enviadas com sucesso ao circuito de armazenamento, respectivamente.

Para realização da montagem do circuito de análise também foi utilizado o microcontrolador PIC16F887, devido ao fato de atender de forma satisfatória as necessidades do projeto, neste circuito também foram necessários dois reguladores de tensão um de 5 volts e um de 3,3 Volts, sendo o primeiro para o microcontrolador e o segundo para o Xbee.

Foi verificado que o circuito alimentado pelo regulador de 5 Volts está fornecendo, no máximo, uma corrente de aproximadamente 200mA, desta forma foi calculada a potência do mesmo, que é calculada como a diferença da tensão de entrada e a tensão de saída multiplicada pela corrente de saída conforme foi visto na equação 1, cálculo de dissipação no apêndice C.

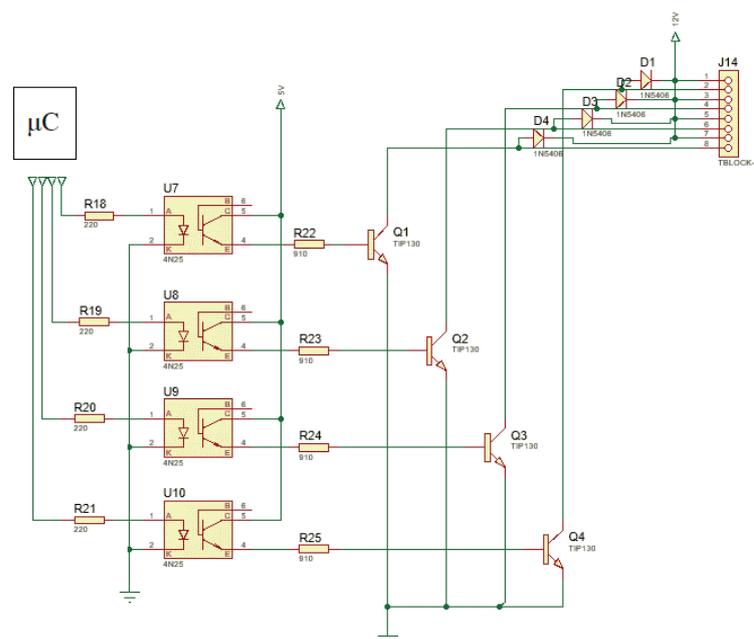
$$P = (12 - 5) \cdot 0,2 = 1,4W$$

### 3.2.1.1 Circuito de potência

O circuito de potência é composto pelas válvulas solenoides e todos os componentes necessários para realizar o acionamento, tais como, transistores e opto-acopladores, os quais são responsáveis por acionar as válvulas com a tensão ideal e corrente suficiente para acionamento e para isolar o circuito de comando do circuito de potência, respectivamente.

Para o acionamento das válvulas solenoides serão utilizados logo após o microcontrolador, opto-acopladores, os quais funcionam internamente com um led que quando energizado envia um feixe de luz para um foto-transistor que neste caso entra em saturação funcionando como uma chave, fazendo assim com que não haja nenhuma conexão elétrica entre os circuitos de comando e o circuito de potência, o qual aciona as válvulas solenoides através de um transistor de potência, conforme a figura 27.

Figura 27 – Acionamento das válvulas solenoides.

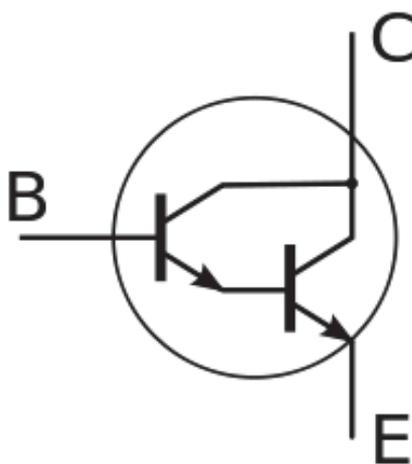


Fonte: Próprio Autor

Para o dimensionamento do circuito de acionamento é necessário conhecer as características das válvulas solenoides, para isto foi verificado que as válvulas mais recomendadas para esta situação são as válvulas de latão, uma vez que estas não necessitam de uma pressão alta para abrir. Apenas energizando-as elas liberam a passagem de líquidos, enquanto as demais válvulas necessitam que haja pressão para poder liberar e passagem de líquidos. Visto isto, foram feitos testes para saber qual a corrente demandada para cada válvula, e com sua tensão nominal de 12Vdc foi possível aferir que cada válvula consome 1,6A.

Com esta informação em mãos foi decidido por utilizar um transistor TIP130, uma vez que este é um transistor Darlington, ou seja, é um transistor o qual é composto por dois transistores internamente, como mostra a figura 28, fazendo assim, com que seu ganho de corrente seja extremamente elevado não necessitando de nenhum circuito de reforço de corrente externo para o acionamento do mesmo e também possui uma corrente de coletor ( $I_C$ ) de 8A sendo suficiente para o acionamento das cargas. Com isto, é necessário saber qual a corrente de base necessária para o transistor fornecer a corrente necessária no seu coletor. Para tal foi consultada junto ao datasheet do componente a informação de ganho mínimo ( $h_{fe}$ ) que é de 500 e assim foi calculada a corrente mínima necessária para acionar o transistor através da equação 2, de forma que seja possível obter os 1,6A no coletor.

Figura 28 – Transistor Darlington internamente



Fonte: [https://simple.wikipedia.org/wiki/Darlington\\_transistor](https://simple.wikipedia.org/wiki/Darlington_transistor)

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}} \quad (2)$$

$$I_b = \frac{1,6}{500} = 3,2mA$$

Com o valor da corrente mínima de base foi selecionado o opto-acoplador 4n25, uma vez que ele apresenta uma corrente máxima coletor no seu transistor interno de 150mA atendendo de forma satisfatória as necessidades do projeto. Foram realizados os cálculos para os resistores de base (Rb1) dos TIP130 (R22, R23, R24, R25), e resistores de entrada do opto-acoplador (Rled), para o cálculo dos resistores de base dos transistores TIP130 é necessário conhecer os valores de queda de tensão entre o coletor e o emissor do transistor do opto-acoplador (Vce1) e o valor de queda de tensão entre base e coletor do transistor de potência (Vbe), já para o cálculo do resistor de entrada do opto-acoplador foi escolhido um resistor que limite a corrente em 25mA (corrente máxima do microcontrolador), como demonstrado nas equações 3 e 4

$$R_b = \frac{V_{cc} - V_{ce1} - V_{be}}{I_b} \quad (3)$$

$$R_b = \frac{5 - 0,5 - 2,5}{3,2m} = 937,5$$

$$R_{led} = \frac{V_{cc}}{I_{led}} \quad (4)$$

$$R_{led} = \frac{5}{25m} = 200$$

Conseqüentemente, foi escolhido o resistor de 910Ω e 220Ω, que são os resistores comerciais mais próximo dos calculados.

Com os valores de todos os componentes calculados, foi calculada a potência máxima dissipada por cada transistor, conforme a equação 5, cálculo de dissipação no apêndice D.

$$P = V_{ce} \cdot I_c \quad (5)$$

$$P = 2 \cdot 1,6 = 3,2W$$

Após calculados todos os parâmetros necessários para o circuito de potência e o circuito de isolamento, é necessário também que haja junto aos bornes saída, os quais vão para as válvulas

solenoides, diodos de roda livre, pois a carga acionada é indutiva, uma vez que a válvula solenoide é composta por uma bobina e a mesma armazena carga, por este motivo deve haver um caminho para esta carga quando o circuito for desacionado, para evitar o desgaste prematuro dos transistores que realizam o acionamento dos mesmos.

### 3.2.1.2 Circuito de medição

Para o sistema de medição foi utilizado um sensor de medição de condutividade elétrica composto por dois eletrodos. Estes eletrodos medem a facilidade que o líquido conduz a corrente elétrica, para isto foi escolhido um sensor de condutividade que acompanha o monitor de condutividade CM-230, como mostra a figura 29.

Figura 29 – Monitor de condutividade elétrica.



Fonte: <http://www.hidrosense.com.br/monitoramento-de-nutricao/monitor-de-condutividade-eletrica-cm-230k>

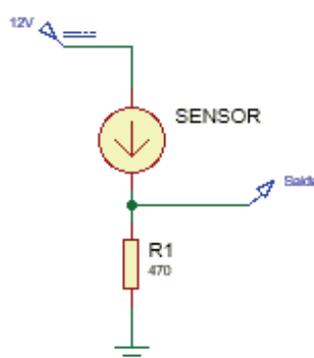
Foi escolhido este sensor devido à grande dificuldade de encontrar o sensor sendo disponibilizado de forma individual, pois a maioria dos sensores são vendidos única e exclusivamente com o sistema de medição completo (sensor de condutividade e monitor de condutividade), e onde era possível encontrar o sensor de forma separada o seu valor era muito elevado, tornando assim, inviável a aquisição dos mesmos.

Como os sensores não são normalmente comercializados de forma individual, não existe muita informação sobre os mesmos, sendo que as informações existentes são apenas sobre o sistema completo e como utilizá-lo.

Devido à falta de informação do sensor, foi necessário levantar todas as informações do sensor na prática, para isto, foi realizada a montagem do sensor conforme demonstrado na figura

30, onde o mesmo foi alimentado com 12Vdc e foi posto em serie com um resistor de 470Ω. Este valor de resistor foi obtido pelo método de tentativa e erro, uma vez que com poucas informações sobre o sensor os testes foram feitos inicialmente utilizando um resistor de 1KΩ, pois como o sensor apresenta uma saída em corrente, esta teria uma relação de 1:1000 com a tensão sobre o resistor, porém foi visualizado que o sensor apresentava uma certa saturação, não respondendo de forma linear aos testes, assim o valor do resistor foi reduzido até o valor acima mencionado o qual apresentou uma resposta satisfatória ao teste.

Figura 30 – Circuito de teste do sensor de condutividade elétrica.



Fonte: Próprio Autor

Após montada a estrutura para teste foi adquirida uma pequena amostra de leite para medição da condutividade através de um condutivímetro utilizado pela Engenharia Química da Universidade de Passo Fundo. Também foram criadas mais 4 amostras, feitas com água e sal para que a sua condutividade elétrica fosse aumentada. Foram utilizadas como base para levantamento das características dos sensores as amostras com a condutividade demonstrada no quadro 2 e as respostas em tensão obtidas através do sensor.

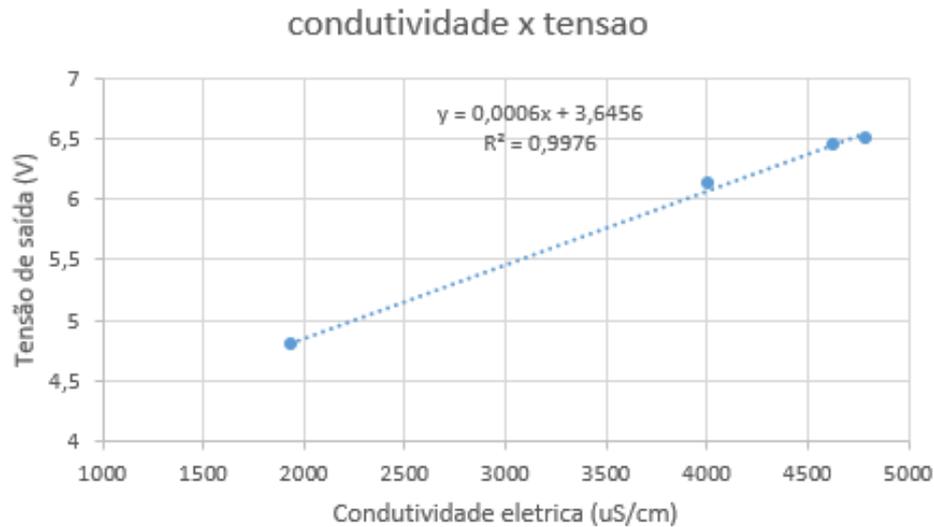
Quadro 2 – Valores de tensão pela condutividade obtidos durante os testes.

	Condutividade elétrica	Tensão de saída
Leite	4,73mS/cm	6,12V
Água com sal (1)	1936μS/cm	4,80V
Água com sal (2)	4,01mS/cm	6,12V
Água com sal (3)	4,63mS/cm	6,44V
Água com sal (4)	4,79mS/cm	6,50V

Fonte: Próprio Autor

Com os valores obtidos no quadro 2, utilizando apenas as amostras de água com sal, foi possível criar um gráfico relacionando a tensão com a condutividade elétrica, como é demonstrado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico dos valores de tensão pela condutividade obtidos durante os testes.



Fonte: Próprio Autor

Com o gráfico 4 é possível perceber que a relação da tensão pela condutividade elétrica é quase linear. Assim foi obtida a equação da reta que está demonstrada no gráfico. Porém é possível perceber que a medição realizada com o leite não segue a curva demonstrada com o que foi medido nas amostras de água com sal. Ao perceber que a cada dia o sensor retornava valores de tensão diferentes e após inúmeras experimentações e análises foi descoberto que o problema se referia à questão da temperatura, um fator importante na medição da condutividade que não estava sendo levada em conta, desta maneira, a diferença se deu devido ao leite ter sido retirado do resfriador e a água com sal estar em temperatura ambiente.

Então tiveram que ser refeitos inúmeros testes, onde foi avaliado a diferença da tensão de saída conforme a variação da temperatura da amostra, como pode ser visto no quadro 3, para este teste foi utilizado a amostra número 2.

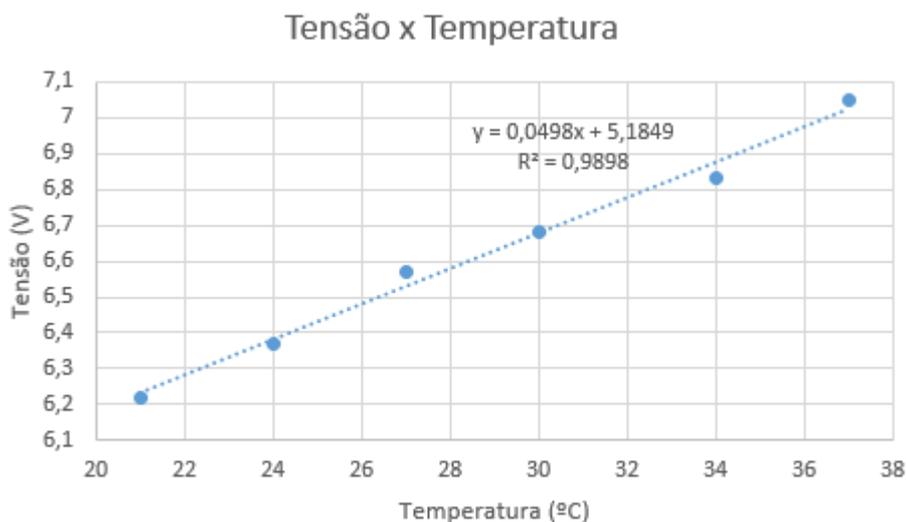
Quadro 3 – Valores de tensão pela temperatura obtidos durante os testes.

Tensão (V)	Temperatura (°C)
6,22	21
6,37	24
6,57	27
6,68	30
6,83	34
7,05	37

Fonte: Próprio Autor

Com as informações obtidas e demonstradas no quadro 3, foi criado um gráfico para avaliar de que forma acontecia a variação da tensão de saída, conforme variava a temperatura da amostra, como é possível ver no gráfico 5.

Gráfico 5 – Gráfico dos valores de tensão pela temperatura obtidos durante os testes.



Fonte: Próprio Autor

O gráfico 5 mostra que a relação de aumento da tensão de saída com a temperatura é quase linear, sendo que o erro apresentado em algumas medições pode ter acontecido devido à falta de precisão do termômetro utilizado, uma vez que o mesmo não apresentava as casas decimais da medição.

Com a informação da variação da tensão do sensor de condutividade com a temperatura foi necessário descobrir o funcionamento do sensor de temperatura que vem acoplado ao sensor de condutividade, porém, este foi mais fácil de compreender uma vez que ele apenas altera sua

resistência com a variação da temperatura, assim, foram levantados os valores da resistência elétrica do sensor conforme a variação da temperatura externa, como demonstrado no quadro 4.

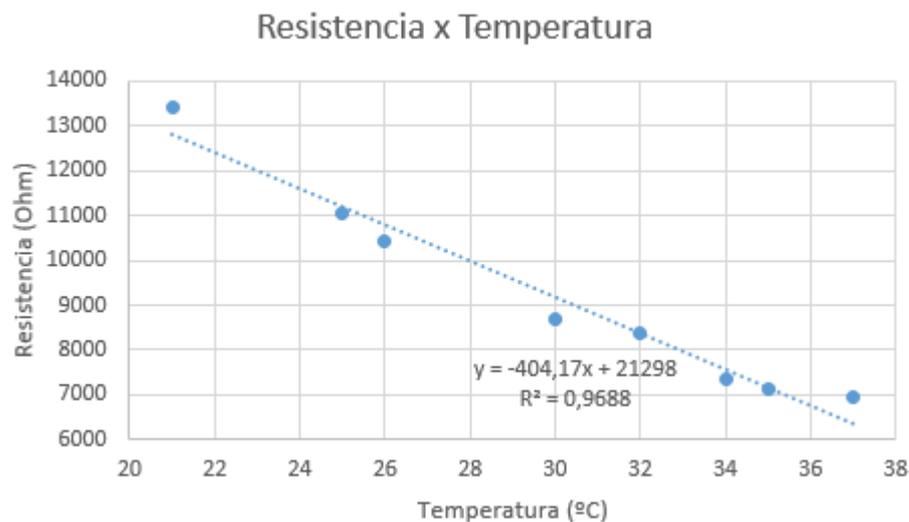
Quadro 4 – Valores de resistência pela temperatura obtidos durante os testes.

Resistência (k $\Omega$ )	Temperatura (°C)
13,40	21
11,04	25
10,42	26
8,71	30
8,37	32
7,3	34
7,15	35
6,93	37

Fonte: Próprio Autor

Com os valores obtidos nos testes foi criado um gráfico para observar as características da variação da resistência com a variação da temperatura, como pode ser visto no gráfico 6.

Gráfico 6 – Gráfico dos valores de resistência pela temperatura obtidos durante os testes.

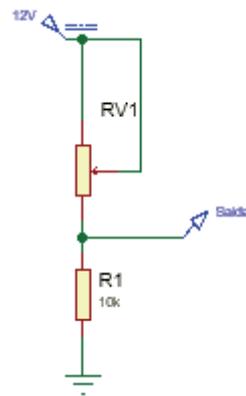


Fonte: Próprio Autor

Foi possível visualizar que com o aumento da temperatura o valor da resistência diminui, quase que linearmente, podendo haver algum erro acumulado, devido à falta de precisão do termômetro utilizado.

Para medição da temperatura foi posto um resistor de 10kΩ em série com o sensor de temperatura, pois desta forma seria possível verificar a temperatura, verificando a tensão de saída, simulando um divisor de tensão entre duas resistências, conforme mostrado na figura 31.

Figura 31 – Circuito montado para sensor de temperatura.



Fonte: Próprio Autor

Da forma com que estão montados os circuitos, eles apresentam tensões elevadas para serem lidas pelos ADs do microcontrolador, por este motivo foram definidos valores mínimos e máximos com o intuito de facilitar a leitura dos mesmos, sendo assim, foi definido 3mS/cm como valor mínimo e 10mS/cm como valor máximo para condutividade elétrica, obtendo assim valores mais adequados para medição como é possível ver com o desenvolvimento da equação apresentada no gráfico 4, como demonstrado na equação 6.

$$V = 0,006 \cdot Cond + 3,6456 \quad (6)$$

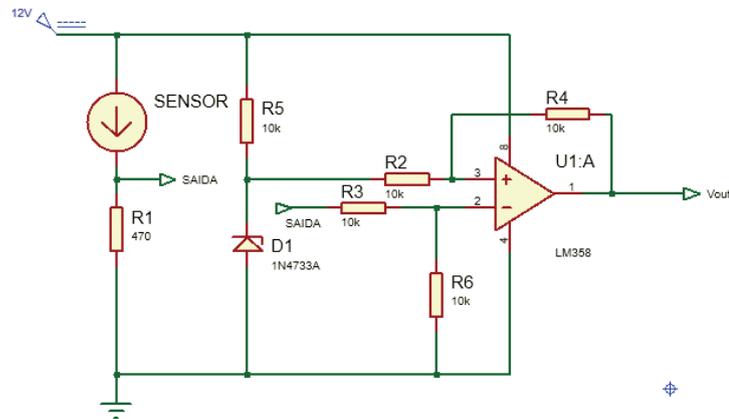
$$V_{min} = 0,006 \cdot 3000 + 3,6456 = 5,45$$

$$V_{max} = 0,006 \cdot 10000 + 3,6456 = 9,64$$

Neste caso foi utilizado como valor mínimo para medição 5,6V e como pôde ser visto o *range* de medição diminuiu havendo uma diferença de apenas 4 volts aproximadamente entre o menor e o maior valor medido, porém estes ainda não são valores aceitáveis pelo

microcontrolador, desta forma houve a necessidade de criação de um circuito subtrator com amplificadores operacionais (AmpOp), como pode ser visto na figura 32.

Figura 32 – Saída do sensor de condutividade elétrica com subtrator.



Fonte: Próprio Autor

Foi utilizado no circuito subtrator um diodo zener de 5,1 volts para reduzir os valores da saída de tensão do sensor (SAIDA) para valores os quais pudessem ser lidos pelo AD1, que é o AD responsável pela leitura da condutividade elétrica, desta forma a tensão de saída do AmpOp (Vout) ficará em torno de 0,5 a 4,5 volts.

Da mesma forma que foi feito para o sensor de condutividade, para o sensor de temperatura foi definido que o range de medição seria de 25°C a 45°C, sendo assim, conforme a equação demonstrada no gráfico 5, foi calculada qual a resistência obtida para o sensor em cada um dos casos, como demonstrado na equação 7.

$$\begin{aligned} Resist &= -404,17 * Temp + 21298 & (7) \\ Resist_{max} &= -404,17 * 25 + 21298 = 11193 \\ Resist_{min} &= -404,17 * 45 + 21298 = 3110 \end{aligned}$$

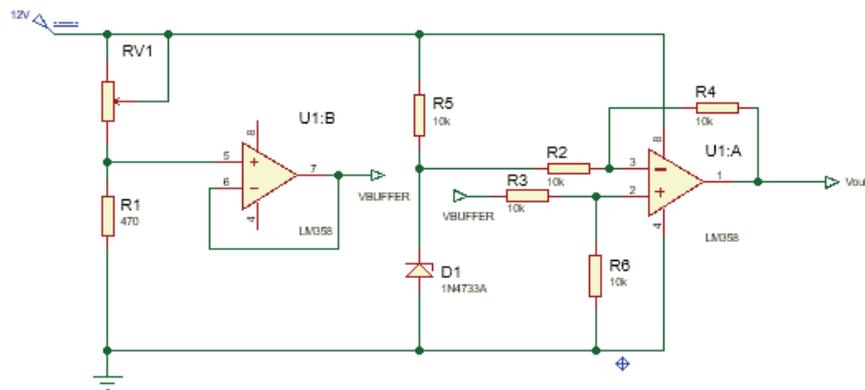
Com os valores das resistências calculados, foi calculado o valor máximo e mínimo de tensão de saída do divisor de tensão, conforme a equação 8.

$$\begin{aligned} Saída &= \frac{Vcc * R1}{R1 + sensor} & (8) \\ Saída_{min} &= \frac{12 * 10K}{10K + 11,193K} = 5,6 \end{aligned}$$

$$Saída_{max} = \frac{12 * 10K}{10K + 3,11K} = 9,15$$

É possível verificar que o *range* de medição já está aceitável, o único problema é que a tensão ainda está muito alta para ser lida pelo AD2 do microcontrolador, o AD responsável pela leitura da temperatura. Por isto deve ser adicionado ao sistema um circuito subtrator. Ao montar o circuito subtrator foi verificada a necessidade de um buffer, para que os resistores do subtrator, não interferissem no divisor de tensão, desta forma o circuito foi montado conforme a figura 33.

Figura 33 – Saída do sensor de temperatura com subtrator.



Fonte: Próprio Autor

Também foi utilizado neste circuito subtrator um diodo zener de 5,1 volts para reduzir os valores da saída de tensão do sensor (VBUFFER) para valores os quais pudessem ser lidos pelo microcontrolador, assim, a tensão de saída do AmpOp (Vout) ficará em torno de 0,5 a 4 volts.

Depois de montado os circuitos, foram refeitas as medições as quais resultaram em alguns valores um pouco diferentes dos calculados, devido a alguns fatores como offset do ampop, tensão do zener entre outros. Com isto, foram obtidos valores para tensão de saída do circuito de medição da condutividade, como o demonstrado no quadro 5.

Quadro 5 – Valores de tensão na saída do subtrator pela condutividade.

Condutividade (mS/cm)	Vout (V)
3,42	1
10,41	4,43

Fonte: Próprio Autor

Com os novos valores foi necessária uma nova equação da reta, conforme demonstrado na equação 9.

$$Cond = 2,0354 \cdot V1 + 1,3934 \quad (9)$$

Como o AD do microcontrolador trabalha na faixa de 0 a 5 volts e foram utilizados 8 bits de resolução, é possível relacionar a tensão de entrada com os bits lidos pelo AD, conforme as equações 10 e 11.

$$V1 = \frac{5}{255} \cdot AD1 \quad (10)$$

$$V1 = 0,019607 \cdot AD1 \quad (11)$$

Substituindo a equação 11 na equação 9 é possível obter o valor da condutividade elétrica com relação aos bits do AD, demonstrado nas equações 12 e 13.

$$Cond = 2,0354 \cdot 0,019607 \cdot AD1 + 1,3934 \quad (12)$$

$$Cond = 0,0399 \cdot AD1 + 1,3934 \quad (13)$$

Com a equação da condutividade já descoberta foi necessário realizar o cálculo para compensação da temperatura, desta forma foi avaliado que em temperatura ambiente não há a necessidade de compensação, porém quando a temperatura sobe em 10°C há uma suba de aproximadamente 12% no valor lido pelo AD. Após testes foi verificado que quando a leitura do AD da temperatura for de 61 bits não é necessário compensação (comp =1), quando o AD estiver lendo o valor 122 bits, o fator compensador deve ser 0,89. Com as informações acima foi possível gerar a equação da reta definir a equação de compensação, como descrito na equação 14.

$$Comp = 0,00183279 \cdot AD2 + 1,11 \quad (14)$$

Multiplicando o valor lido pelo AD1 pela equação de compensação obtém-se o valor compensado do AD, como demonstrado na equação 15 e 16.

$$AD1\_Comp = (0,00183279 \cdot AD2 + 1,11) \cdot AD1 \quad (15)$$

$$AD1\_Comp = (0,00183279 \cdot AD2 \cdot AD1 + 1,11 \cdot AD1) \quad (16)$$

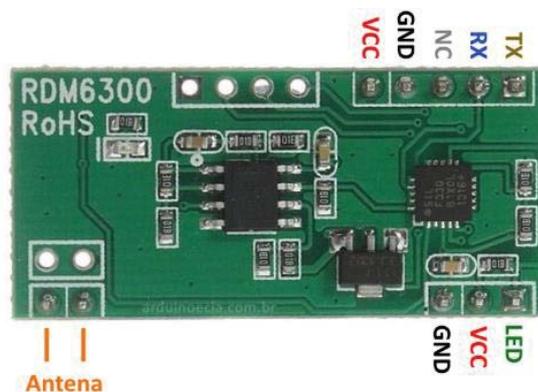
Desta forma, o valor do AD1 é compensado e enviado para o circuito de armazenamento, onde vai ser armazenado e convertido para valores de condutividade, quando solicitado pelo usuário no histórico do animal.

### 3.2.1.3 Comunicação

A comunicação entre os circuitos de análise e o circuito de armazenamento ocorre da mesma forma que demonstrado anteriormente na seção 3.1.1.2, apresentando apenas uma diferença. Os circuitos de análise, antes de começar as medições, recebem dados de um equipamento que realiza a identificação do animal.

Foi desenvolvido pelo acadêmico um sistema para simulação da identificação do animal utilizando o sensor RFID RDM6300, demonstrado na figura 34.

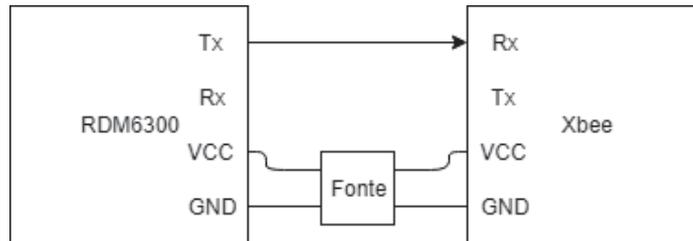
Figura 34 – Sensor RFID RDM 6300.



Fonte: <https://www.arduinoocia.com.br/2017/05/leitor-rfid-rdm6300-125khz-arduino.html>

O leitor RFID funciona de forma que ao aproximar a Tag RFID da antena, os dados são enviados via UART. Sendo assim, foi apenas colocado junto ao rdm6300 um Xbee montado como demonstra a figura 35.

Figura 35 – Diagrama de montagem do circuito de identificação



Fonte: Próprio Autor

Para a fonte de alimentação foram utilizadas 3 pilhas alcalinas AAA, uma vez que o consumo do circuito identificador é muito baixo, sendo utilizado apenas alguns segundos para identificar o animal e os seus componentes possuem um consumo de corrente muito baixo.

#### 3.2.1.4 Fonte de alimentação

Para definição da fonte de alimentação do circuito foi avaliado qual o consumo de corrente do circuito todo, como visto anteriormente cada válvula solenoide consome aproximadamente 1,6A e ficarão acionadas em alguns momentos duas válvulas ao mesmo tempo o sistema de potência consome 3,2A somados de mais 200mA do sistema de controle, o sistema consome normalmente 3,4A, outro fator a ser considerado é que entre o acionamento de uma válvula e desacionamento de outras, ficam três válvulas acionadas por alguns segundos, fazendo com que o consumo máximo chegue a 5A. Desta forma foi comprada um fonte chaveada com tensão de saída de 12V e corrente de 5A, demonstrado na figura 36.

Figura 36 – Fonte de alimentação dos circuitos periféricos.

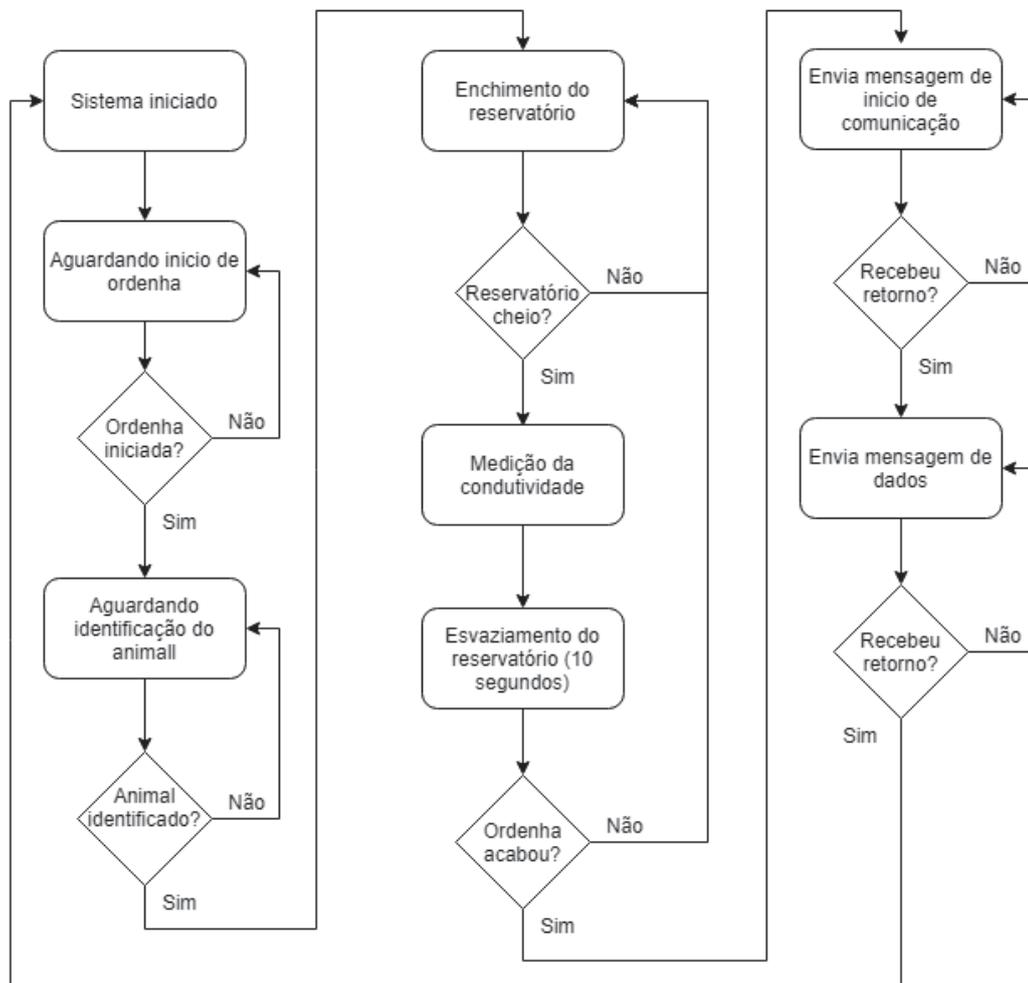


Fonte: <https://www.totaleletronicos.com.br/fonte-de-alimentacao-chaveada-12v-5a>

### 3.2.2 Firmware

Foi desenvolvido um firmware para realizar o acionamento das válvulas solenoides, para ser realizada a medição da condutividade elétrica do leite, como também para receber os dados de identificação de cada animal e realizar o envio dos dados para sistema de armazenamento, como é demonstrado no diagrama da figura 37.

Figura 37 – diagrama geral do firmware do circuito de análise.



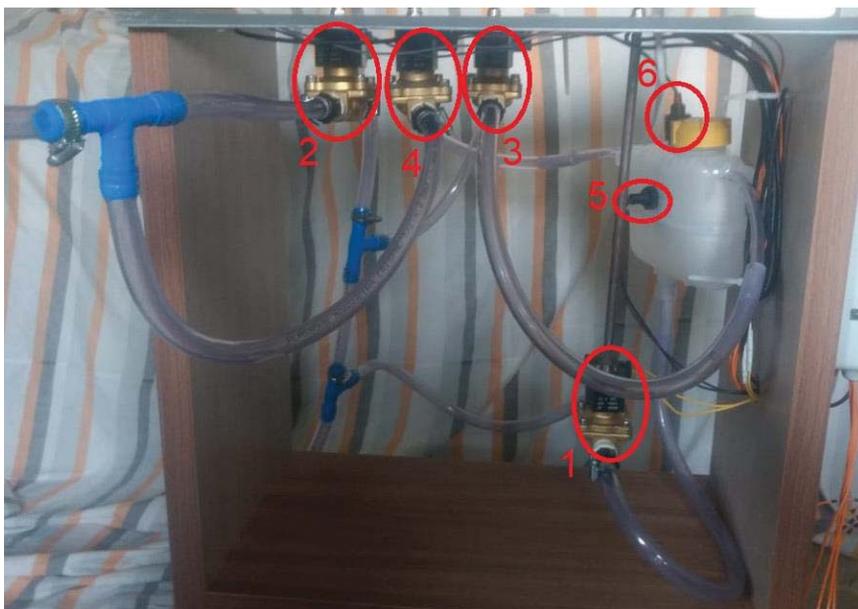
Fonte: Próprio Autor

Com o diagrama demonstrado na figura 37 é possível verificar que o programa após iniciado funciona em *loop*, até o momento que acabarem todas os ordenhas, precisando apenas que o usuário informe o início e o fim de cada ordenha individual.

### 3.2.3 Protótipo

Foi desenvolvido um protótipo com as características detalhadas ao decorrer da seção 3.2, como pode ser visto nas figuras 38 a 44.

Figura 38 – Protótipo com as solenoides e recipiente



Fonte: Próprio Autor

Como pode ser visto o sistema é composto por quatro válvulas solenoides (1, 2, 3 e 4), um recipiente, um sensor de nível (5) e um sensor de condutividade elétrica com sensor de temperatura (6). A válvula de número 1 é responsável por realizar o esvaziamento do recipiente, a válvula de número 2 é responsável por manter o fluxo normal do leite sem passar pelo sistema de medição e as válvulas 3 e 4 são responsáveis pelo enchimento do recipiente. A válvula de número 3 remove o ar do sistema enquanto a válvula 4 enche o mesmo com o leite. Para um melhor entendimento será demonstrado nas imagens 39, 40 e 41 de forma mais visível o procedimento.

Figura 39 – Primeiro ciclo do leite.



Fonte: Próprio Autor

No começo do processo o leite (amarelo) segue seu fluxo, passando pela válvula número 2 e sem passar pelo sistema de medição, até o momento que o produtor inicie a ordenha no animal e acione o sistema.

Figura 40 – Segundo ciclo do leite.



Fonte: Próprio Autor

Em um segundo momento, após o início da ordenha é possível ver que o leite começa a passar pela válvula de número 4, realizando o enchimento do recipiente, enquanto o ar (cinza) é retirado passando pela válvula de número 3.

Figura 41 – Terceiro ciclo do leite.



Fonte: Próprio Autor

Após o enchimento do reservatório e realizada a medição, começa a fase de esvaziamento, onde o leite começa a ser removido através da válvula número 1.

Também acompanham o sistema duas botoeiras, uma para início de ordenha e uma para fim de ordenha e o identificador de animal, figura 42.

Figura 42 – Botoeira e identificador de animal.



Fonte: Próprio Autor

As botoeiras, são ambas normalmente abertas e quando pressionadas fecham os contatos e acionam o circuito, sendo a verde para início e a vermelha para final de ordenha.

Também ao lado do sistema possui uma caixa onde ficam os componentes eletrônicos responsáveis pelos acionamentos e a qual possui os leds de informações ao usuário, figura 43.

Figura 43 – Circuito eletrônico de análise.



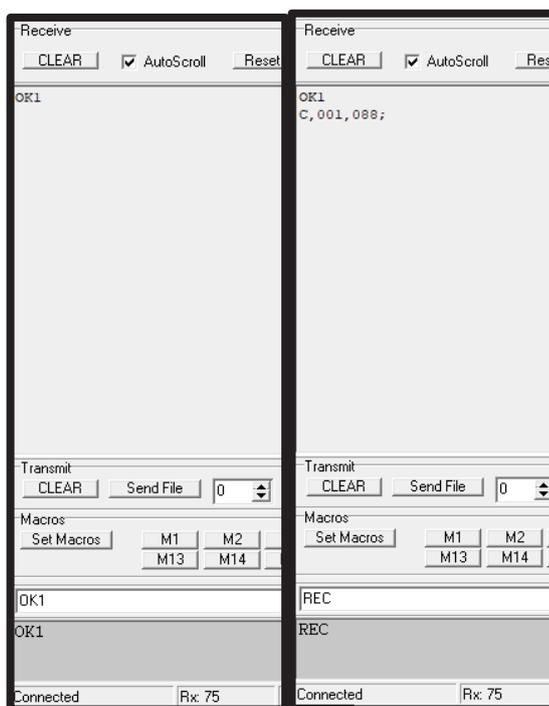
Fonte: Próprio Autor

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos após o funcionamento do protótipo, bem como observações sobre o mesmo. Os testes foram feitos por partes, com a intenção de monitorar o funcionamento de cada circuito individualmente, primeiramente foram iniciados os testes de comunicação utilizando um Software Terminal no computador para visualizar as mensagens que cada circuito estava enviando e estavam sendo respondidas manualmente. Como pode ser visto nas figuras 44 e 45.

Para estes testes o terminal do computador simula ser o circuito de armazenamento que estaria respondendo ao circuito de análise.

Figura 44 – Comunicação do circuito de análise.

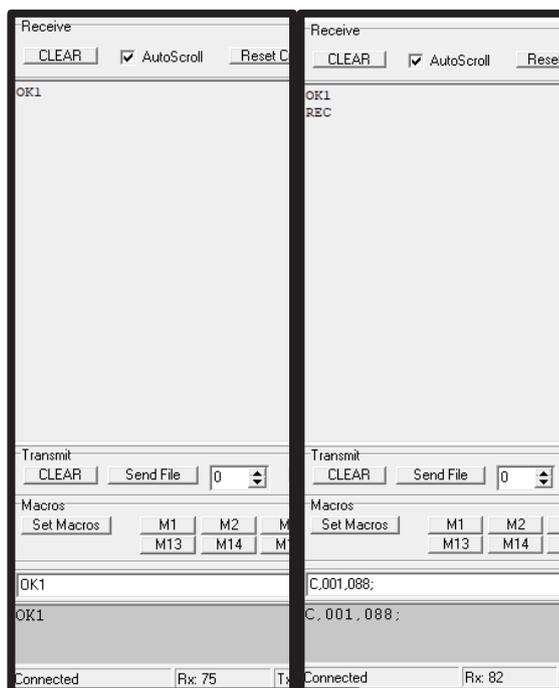


Fonte: Próprio Autor

Na imagem à esquerda é possível perceber que foi recebida uma mensagem de início de comunicação, a qual é uma mensagem de OK seguida do número da ordenhadeira (parte superior), e foi retornada a mesma mensagem manualmente (parte inferior), logo após na imagem à direita é possível ver que foi recebida a mensagem com os dados, sendo o primeiro o carácter identificador de início de string (C), seguido do número do animal (001) e o número obtido através da medição da condutividade elétrica (088), separados por vírgula, e um carácter identificador de final de string (;).

Foram feitos testes também para o circuito de armazenamento, o qual deve funcionar de forma similar ao que foi simulado com o computador anteriormente, porém agora o terminal simulará o circuito de análise enviando informações ao circuito de armazenamento.

Figura 45 – Comunicação do circuito de armazenamento.



Fonte: Próprio Autor

No caso do circuito de armazenamento primeiro foi enviado a informação de início de comunicação na parte inferior (imagem à esquerda), para então o circuito de armazenamento responder com a mesma mensagem, logo após foi enviado as informações de dados as quais foram retornadas com a mensagem de que estas informações foram recebidas (REC) como visto na imagem à direita. Depois de testada a comunicação dos sistemas foram feitos testes com ambos funcionando juntos e foi verificado que os mesmos estavam em pleno funcionamento.

Foram feitos testes de armazenamento, onde foram enviados diferentes valores para o circuito de armazenamento e foram checados no histórico para ver se haviam chegado todas as informações e se elas estavam salvas. O sistema de armazenamento também funcionou como o esperado.

Ao final do mês de outubro foram iniciados os testes de todo o sistema com água, para testar seu funcionamento com relação as válvulas solenoides, onde o mesmo apresentou um funcionamento conforme esperado.

Foi avaliado a confiabilidade do sistema analisando as amostras primeiramente no circuito de análise e após medindo junto ao condutivímetro, assim foram obtidos os valores demonstrados no quadro 6.

Quadro 6 – Comparação de valores

Amostra	Condutividade obtida no circuito de análise	Condutivímetro
1	5,8 mS/cm	5,4 mS/cm
2	3,7 mS/cm	3,53 mS/cm

Fonte: Próprio Autor

Com isto foi possível analisar qual o erro que o circuito está apresentando através da equação 17.

$$erro = \frac{valor_{teórico} - valor_{medido}}{valor_{teórico}} \quad (17)$$

$$erro_1 = \frac{5,4 - 5,8}{5,4} = 0,07$$

$$erro_2 = \frac{3,53 - 3,7}{3,53} = 0,04$$

Foi possível visualizar que o erro variou de 4% a 7%, o que é considerado um erro pequeno, mostrando que o sistema está funcionando de forma precisa, então foram feitos testes com leite recém ordenhado para que o sistema trabalhasse de forma similar ao que foi projetado e foi possível analisar as amostras como mostra o quadro 7.

Quadro 7 – Valores obtidos com a primeira análise do leite

Amostra (Leite)	Sem compensação de temperatura	Com compensação de temperatura
1	6,26 mS/cm	5,82 mS/cm
2	5,58 mS/cm	5,26 mS/cm

Fonte: Próprio Autor

Foi possível observar que o sistema de compensação devido a temperatura estava funcionando conforme o esperado, então foram realizados novos testes, os quais apresentaram resultados como podem ser vistos no quadro 8 e nas imagens 46, 47 e 48.

Quadro 8 – Valores obtidos com a segunda análise do leite

Amostra (Leite)	Condutividade elétrica
1	2,27 mS/cm
2	4,78 mS/cm
3	4,66 mS/cm

Fonte: Próprio Autor

Figura 46 – Medição condutividade elétrica da amostra 1.



Fonte: Próprio Autor

Figura 47 – Medição condutividade elétrica da amostra 2.



Fonte: Próprio Autor

Figura 48 – Medição condutividade elétrica da amostra 3.



Fonte: Próprio Autor

Assim o sistema apresentou de forma geral um bom funcionamento, atendendo as especificações e objetivos iniciais do projeto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização do projeto foi possível verificar que o mesmo funcionou de forma satisfatória, cumprindo com todos os objetivos propostos desde o início da concepção do mesmo, desta forma foi possível demonstrar parte do conhecimento adquirido pelo acadêmico durante toda sua formação como também adquirir conhecimentos sobre novas áreas.

Com o desenvolvimento de um protocolo de comunicação, concluiu-se que comunicação sem fio, principalmente com o Xbee, tem grande vantagem sobre comunicação com fio, uma vez que não necessita cabeamento, pode ser realizada em locais com menor infraestrutura e são extremamente simples.

Com os valores obtidos com o protótipo e comparado aos valores obtidos em um condutivímetro foi possível avaliar que o protótipo funcionou de forma satisfatória, uma vez que, apresentou um erro relativo baixo, levando-nos a conclusão de que o sistema pode ser implementado juntamente a ordenhadeira para testes mais detalhados, porém já foi possível avaliar a funcionalidade do mesmo.

Para possíveis melhorias futuras, sugere-se avaliar a viabilidade de implementação de um sistema de envio de dados para uma página web, para que estas informações possam ser acessadas de qualquer lugar.

Com tudo isto foi possível concluir que o projeto foi realizado de forma ideal, levando o acadêmico a atingir seu objetivo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Instrução normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002.** Brasília, 2002.

BRASIL. **Instrução normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011.** Brasília, 2011.

CANALRURAL. Produção mundial de leite aumentará quase 2% em 2017. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/leite/producao-mundial-leite-aumentara-quase-2017-68696>> São Paulo, 2018. Acesso em: 01/05/2018.

COSTA, Anna Carolina da. **Mastite Subclínica:** patógenos isolados e respectiva sensibilidade antimicrobiana, variação da contagem de células somáticas e fatores de risco. 2010. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

COSTA, Elizabeth Oliveira da. Importância da mastite na produção leiteira do país. **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**, São Paulo, f. 1, v. 1, p. 03-09, 1998.

DIAS, Regina Valéria da Cunha. Principais métodos de diagnóstico e controle da mastite bovina. **Acta Veterinária Brasília**, Mossoró, v.1, n.1, p.23-27, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/view/255/95>> Acesso em: 02/05/2018.

VILELA, Duarte. Sistemas de produção de leite para diferentes regiões do Brasil. **EMBRAPA**, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/sistemaproducao/>> Acesso em: 02/05/2018

FILHO, Anibal Eugênio Vercesi et al. **Estudo da condutividade elétrica como característica indicadora de mastite em rebanhos leiteiros.** Apta regional. 2013. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2013/janeiro-junho-1/1357-estudo-da-condutividade-eletrica-como-caracteristica-indicadora-de-mastite-em-rebanhos-leiteiros/file.html>> Acesso em: 12/05/2018.

FONSECA, Luiz Fernando Laranja; SANTOS, Marcos Veigas dos. **Qualidade do leite e controle da mastite.** São Paulo: Lemos Editorial, 2000.

FONSECA, Luiz Fernando Laranja; SANTOS, Marcos Veigas dos. **Qualidade do leite e controle da mastite.** São Paulo: Lemos Editorial, 2001.

GOVERNO DO BRASIL. **Mastite bovina:** Controle e Prevenção. Boletim Técnico, n.93, p. 1-30, Ed. UFLA. Lavras, 2012.

IBGE. Indicadores da pecuária – 2017.IV e acumulado de 2017\_final. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp\\_2018\\_mar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2018_mar.pdf)> Rio de Janeiro, 2018. Acesso em: 30/04/2018.

IBGE. Pesquisa da Pecuaria Municipal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=17941&t=downloads>> Acesso em: 01/05/2018

MIOTTO, Tiago. **Sistema autônomo para captação de amostras de leite**. 2017. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2017.

MULLER, Ernst Ekehardt. **Universidade Estadual de Londrina: qualidade do leite, células somáticas e prevenção da mastite**. 2002. – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

RAMOS, Jadeilson de Santana Bezerra. **Instrumentação eletrônica sem fio: Transmitindo Dados com Módulos Xbee Zigbee e PIC16F887A**. 1. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2013.

REHAGRO. Mastite bovina: A manutenção do equipamento de ordenha é fundamental para evitar a ocorrência. **Rehagro ensino**. 2017. Disponível em: <<http://rehagro.com.br/mastite-bovina-a-manutencao-do-equipamento-de-ordenha-e-fundamental-para-evitar-a-ocorrencia/>> Acesso em: 11/05/2018.

RODRIGUES, António Moitinho. **Conductibilidade eléctrica do leite: um método para detecção de matites**. 1998. – Escola Superior Agraria, Instituto Politécnico Castelo Branco. 1998.

SANTOS, Marcos Veigas. **Produção de leite deve crescer 2,5% em 2018**. MilkPoint 2018. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/producao-de-leite-deve-crescer-25-em-2018-206554/>> Acesso em: 01/05/2018.

SANTOS, Marcos Veigas. **Uso da condutividade elétrica do leite para detecção de mastite**. MilkPoint 2005. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santos/uso-da-condutividade-eletrica-do-leite-para-deteccao-de-mastite-26525n.aspx>> Acesso em: 12/05/2018.

SILVA, Davidson Fellipe. **Sistema de comunicação bluetooth utilizando microcontrolador**. 2009. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) – Departamento de Sistemas e Computação, Universidade de Pernambuco, Pernambuco, 2009.

SOUZA, Bruno Mota de; MAIA Leonardo Luciano de Almeida. **Wi-Fi e as Tecnologias Emergentes para Redes**. 2016. Seminário de redes e sistemas de telecomunicações, Instituto Nacional de Telecomunicações. 2016.

TOZZETTI, Danilo Soares. Prevenção, controle e tratamento das mastites bovinas. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**. Ano 6, n. 10, 2008 Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/YFbjMNRGCotOL73\\_2013-5-28-15-25-40.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/YFbjMNRGCotOL73_2013-5-28-15-25-40.pdf)> Acesso em: 02/05/2018.

## APÊNDICE A – Cálculos de dissipação de calor do regulador 5v do circuito de análise

Para avaliar se é necessário o dissipador de calor é multiplicando a potência pela resistência térmica da junção com o ar, do regulador sem dissipador, com temperatura ambiente de 50°C.

$$T_j = T_a + P * R_{\theta ja}$$

$$T_j = 25 + 2,1 * 65$$

$$T_j = 186$$

Como o valor da temperatura de operação ultrapassou o valor máximo estipulado pelo fabricante, deve-se adicionar um dissipador de calor. Desta forma, devemos recalculamos a resistência térmica do ambiente até a junção, para que o valor da temperatura na junção não ultrapasse seu valor máximo.

$$T_j - T_a = R_{\theta ja} * P$$

Como o valor máximo da junção é 125°C será utilizado este como referência para saber o valor máximo da resistência térmica do dissipador ( $R_{\theta da}$ ).

$$125 - 25 = R_{\theta ja} * 4,6$$

$$R_{\theta ja} = \frac{100}{4,6}$$

$$R_{\theta ja} = 21,73$$

Com o valor máximo de  $R_{\theta ja}$ , o valor de  $R_{\theta jc}$  e o valor da resistência térmica do encapsulamento com o dissipador ( $R_{\theta cd}$ ), disponibilizado pelo fabricante da pasta térmica ( $R_{\theta cd}=1,5^\circ\text{C}$ ), é possível chegar ao valor máximo de  $R_{\theta da}$ .

$$R_{\theta da} = R_{\theta ja} - R_{\theta jc} - R_{\theta cd}$$

$$R_{\theta da} = 21,73 - 5 - 1,5$$

$$R_{\theta da} = 15,23$$

Com estas informações deve ser escolhido um dissipador de calor com resistência térmica inferior a 15,23 °C/W para ser usado juntamente com o regulador de 5 Volts.

**APÊNDICE B – Cálculos de dissipação de calor do regulador 3,3V de ambos circuitos**

Para avaliar se é necessário o dissipador de calor é multiplicando a potência pela resistência térmica da junção com o ar, do regulador sem dissipador.

$$T_j = T_a + P * R_{\theta ja}$$

$$T_j = 25 + 0,085 * 79$$

$$T_j = 31,71$$

Como o valor da temperatura de operação ficou abaixo do valor máximo suportado pelo componente, não há a necessidade de dissipador de calor.

### **APÊNDICE C – Cálculos de dissipação de calor do regulador 5V do circuito de armazenamento**

Para avaliar se é necessário o dissipador de calor é multiplicando a potência pela resistência térmica da junção com o ar, do regulador sem dissipador.

$$T_j = T_a + P * R_{\theta ja}$$

$$T_j = 25 + 1,4 * 65$$

$$T_j = 116$$

Como o valor da temperatura de operação ficou abaixo do valor máximo suportado pelo componente, não há a necessidade de dissipador de calor.

### APÊNDICE D – Cálculos de dissipação de calor transistores de potência

Para avaliar se é necessário o dissipador de calor é multiplicando a potência pela resistência térmica da junção com o ar, do regulador sem dissipador.

$$T_j = T_a + P * R_{\theta ja}$$

$$T_j = 25 + 3,2 * 62,5$$

$$T_j = 225$$

Como o valor da temperatura de operação ultrapassou o valor máximo estipulado pelo fabricante, deve-se adicionar um dissipador de calor. Desta forma, devemos recalculamos a resistência térmica do ambiente até a junção, para que o valor da temperatura na junção não ultrapasse seu valor máximo.

$$150 - 25 = R_{\theta ja} * 3,2$$

$$R_{\theta ja} = \frac{125}{3,2}$$

$$R_{\theta ja} = 39,05$$

Com o valor máximo de  $R_{\theta ja}$ , o valor de  $R_{\theta jc}$  e o valor da resistência térmica do encapsulamento com o dissipador ( $R_{\theta cd}$ ), disponibilizado pelo fabricante da pasta térmica ( $R_{\theta cd}=1,5^{\circ}\text{C}$ ), é possível chegar ao valor máximo de  $R_{\theta da}$ .

$$R_{\theta da} = R_{\theta ja} - R_{\theta jc} - R_{\theta cd}$$

$$R_{\theta da} = 39,05 - 1,78 - 1,5$$

$$R_{\theta da} = 35,7$$

Com estas informações deve ser escolhido um dissipador de calor com resistência térmica inferior a  $35,7^{\circ}\text{C}/\text{W}$  para ser usado juntamente com os transistores TIP130.