

**UNIVERSIDADE TÉCNICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA**

VINICIO MILESKI MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE
AUTOMATIZADO PARA MOVIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

PROPOSTA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2018

VINICIO MILESKI MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE
AUTOMATIZADO PARA MOVIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de
graduação, apresentado à disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso 2, do
Curso de Engenharia Eletrônica da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Orientador: Evandro Marcos Kolling

TOLEDO

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso Nº 88

Desenvolvimento de um Sistema de Controle Automatizado para Movimentação de Vacas Leiteiras

Por

Vinício Mileski Machado

Esse Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:30h do dia **27 de Novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Eletrônica**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Gerson Filippini
(UTFPR-TD)

Prof. Me. Victor Alexandre Franco De
Carvalho
(UTFPR-TD)

Prof. Dr. Evandro Marcos Kolling.
(UTFPR-TD)
Orientador(a)

Prof. Dr. Fabio Rizental Coutinho.
Coordenador(a) da COELE

RESUMO

Mileski Machado, Vinicio. **Desenvolvimento de um Sistema de Controle Automatizado para Movimentação de Vacas Leiteiras**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso 2, bacharelado em Engenharia eletrônica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

Os sistemas de ordenhas atuais estão cada vez mais tecnificados, pois contam com ordenhadeiras mecânicas, medidores de leite eletrônico, extrator automático, transferidor de leite automático, sensores de níveis e sistema de lavagem programável, porém para garantir que esse sistema tenha uma boa eficiência, o fluxo de animais tem que ser constante e uniforme, assim a tecnificação da sala de espera torna-se indispensável. É proposto neste trabalho de conclusão de curso o desenvolvimento de um Sistema de Controle Automatizado Para Movimentação de Vacas Leiteiras (SCAM). A proposta foi baseada no desenvolvimento de um modelo reduzido em que foram alocados e colocados motores, sensores e uma estrutura física que proporcionou planejar e realizar os testes. A partir de um microcontrolador, foi possível comandar o sistema proposto e verificar a viabilidade técnica operacional da proposta frente a necessidade de controle da quantidade de animais em uma sala de espera, fazendo com que a densidade por metro quadrado sempre permaneça uniforme, mantendo o fluxo constante a fim de evitar a elevação da temperatura e o estresse nos animais.

Palavras-chave: Controle de fluxo de animais; Sala de espera; Portão autônomo.

ABSTRACT

The current milking systems are becoming more and more technical, because they have mechanical milking machines, electronic milk meters, automatic extractor, automatic milk protractor, level sensors and programmable washing system, but to ensure that this system has a good efficiency, the flow of animals have to be constant and uniform, so the technification of the waiting room becomes indispensable. It is proposed in this monography the development of an Automated control system for movement dairy cows (SCAM). The proposal was based on the development of a reduced model in which engines, sensors and a physical structure have been placed and allocated, that allowed planning and conducting tests. Starting from a microcontroller, it was possible to command the proposed system and verify the operational technical feasibility of the proposal in front of the control need of the amount of animals in a waiting room, making the density per square meter always remain uniform, maintaining the flow constant in order to avoid the elevation of temperature and stress in animals.

Keywords: Animal flow control; Waiting room; Autonomous gate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Produção de leite e efetivo de animais ordenhados	11
Figura 2- Sistema de ordenha tipo Espinha de Peixe	14
Figura 3- Sistema de ordenha tipo Paralela	15
Figura 4- Sistema de ordenha tipo Rotativa	16
Figura 5- A -Sala de espera tradicional; B -Sala de espera atual.....	19
Figura 6 – Divisão dos lotes e processo de elevação.	19
Figura 7 – Quadro de comando de movimentação do Portão.....	20
Figura 8 - Atuadores M1 e M2.....	23
Figura 9 - Encoder óptico	24
Figura 10 - Diagrama elétrico.....	26
Figura 11 - Modelo reduzido.....	27
Figura 12 - Modo manual.	28
Figura 13 - Acionadores, modo manual.	28
Figura 14 - Modo manual.	29
Figura 15 - Acionadores, modo configurável.....	29
Figura 16 - Modo automático.....	31
Figura 17 - Atuadores, modo automático	31
Figura 18 - Ligação entre o inversor de frequência e o motor de indução.	32
Figura 19- Possibilidades de controle do CLP.....	33
Figura 20 – O fluxograma representa o sistema de controle do projeto SCAM	33

LISTA DE ABREVIATURAS

SCAM - Sistema de controle automatizado para movimentação de vacas leiteiras.

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e estatística.

GPIO - General Purpose Input/Output.

CC – Corrente continua.

CA – Corrente Alternada.

CLP – Controlador lógico programável.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.

M1 – Motor 1.

M2 – Motor 2.

LCD – Display de cristal liquido.

QT_VCA - Quantidade de vacas.

IHM – Interface homem maquina.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Justificativa	9
1.2	Objetivo	10
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	11
2.1	Sistemas de criação e dinâmica do gado leiteiro	12
2.1.1	Sistema Extensivo	12
2.1.2	Sistema Semi-Intensivo	12
2.1.3	Sistema Intensivo	13
2.2	Salas de ordenhas	14
2.2.1	Espinha De Peixe	14
2.2.2	Paralela	15
2.2.2	Rotativa	15
2.3	Sala de espera	16
2.3.1	Localização	17
2.3.2	Orientação	17
2.3.3	Dimensões Da Sala De Espera	17
2.4	Movimentador automatizado – objeto de caso	18
2.5	Componentes empregados em automação	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	Modelo reduzido	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1	Modelo reduzido de scam	24
4.2	Projeto de scam em escala real (Software)	31
4.3	Projeto de scam em escala real (Estrutura)	34
5	CONCLUSÃO	37
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

Embora o passar dos anos tem mostrado uma redução na cadeia produtiva do leite, esse setor agropecuário brasileiro, a partir do ano de 2004 passou de importador a exportador, em grande parte, devido ao incremento da tecnologia nas unidades produtivas, o que aumentou o rendimento e a qualidade do produto.

A extração do leite que em muitas regiões era feita manualmente, hoje é realizada com auxílio de sistemas eletromecânicos, que além de contribuírem com a sanidade do produto, ajudam no gerenciamento da atividade. A chamada ordenha mecanizada conta com medidores eletrônicos, sensores de identificação de animais, extração automática de teteiras, transferidores de leite, sensor de volume, portão autônomo, limpeza automatizada e programável; tudo conciliado com um sistema que recebe todos os dados em tempo real podendo ser acessado em qualquer lugar do mundo.

Como em qualquer outra atividade industrial, a mecanização e automatização não está ao alcance de todos, principalmente frente ao investimento financeiro exigido. Assim, muitos produtores optam pela implantação parcial dos sistemas, de modo a melhorar, mesmo que em parte, seu potencial produtivo. Já é comum encontrar em pequenas propriedades as ordenhadeiras mecânicas, o que muito contribui a atividade, principalmente na redução da mão de obra. Entretanto, ainda existem outras atividades, de fundamental importância dentro da dinâmica produtiva, que são muito dependentes da atividade humana. Uma delas, relaciona se ao processo de movimentação das vacas na sala de espera da ordenha. Embora o processo seja simples, a forma como este é realizado e suas implicações podem comprometer muito a qualidade e a produtividade da etapa.

Inicialmente as vacas são acomodadas manualmente em uma sala de espera, a partir da qual elas precisam ser conduzidas uma a uma para que sejam ordenhadas. Esses animais com aproximadamente 500 kg necessitam de 2,5 m² de área de acomodação, para que assim possam manter a sua temperatura corporal baixa. Quando a temperatura ambiente chega acima de 25°C, o nível de estresse no animal aumenta muito, provocando assim a liberação de hormônios que interferem na qualidade do leite além de comprometer a produtividade dos animais. Em boa parte

das propriedades leiteiras, seja de pequeno ou grande porte, esta tarefa é desempenhada por uma ou mais pessoas que dividem a responsabilidade de tocar o gado, de modo a conduzi-los ao local de ordenha. O processo é manual e perde eficiência a medida que as propriedades passam a agregar animais a produção, visto que conforme as vacas são ordenhadas o volume de animal começa a ficar menor na sala de espera tornando assim mais difícil conduzi-las para o local correto.

Outro fato relevante a problemática, refere-se ao melhoramento genético dos animais. O fator tem sido preponderante na melhoria da produtividade do gado leiteiro, mas torna os animais mais sensíveis as condições e variações climáticas, por isso o sistema de criação à pasto está sendo substituída por sistemas de confinamento, onde os animais ficam em galpões cobertos e climatizados; o que se traduz em uma grande concentração de animais por unidade de área.

Atualmente existe no mercado um tocador automatizado que por meio de temporizadores e ar comprimido, controla o fluxo dos animais. A ação deste tocador se traduz no controle da movimentação de animais, com isso reduz consideravelmente o tempo de ordenha.

Um dos grandes problemas desse sistema citado é o custo, todo esse equipamento é importado sendo ele fornecido apenas por duas empresas que atuam no Brasil. Este sistema para 100 animais custa em torno de R\$ 150 mil reais, tornando o sistema inacessível a pequenos produtores. Nesse projeto foi levado em consideração o custo de produção do Tocador Automático, as técnicas de controle empregada, para que seja uma solução tecnológica e economicamente viável.

1.1 Justificativa

Com o aumento na demanda de alimento ficando cada vez maior, torna se necessário buscar alternativas tecnológicas visando aumentar a produtividade. No setor agropecuário, os produtores de leite estão tendo dificuldades para conciliar o aumento da produção junto com a diminuição de custo, pois no Brasil muitas tecnologias existentes vêm de outros países, isso acarreta numa elevação considerável do custo. Sabendo que a grande maioria dos produtores de leite do Brasil

são de pequeno e médio porte, a produção de tecnologia com valores acessíveis se torna indispensável.

Do ponto de vista técnico as vacas produtoras de leite, são animais de auto rendimento, por este motivo, a permanência na sala de espera, o tempo, e a densidade de animais por área, influênciam diretamente na produção de leite, e conforto do animal. Quanto menos tempo as vacas permanecerem na sala de espera, melhor qualidade de vida e produtividade este animal terá. Além disto haverá a diminuição da função de organizar e tocar as vacas, mais agilidade e facilidade no processo de ordenha.

Do ponto de vista econômico, cabe ressaltar que toda reforma ou construção de novos Portões tocadores, sejam eles privados ou públicos devem estar de acordo com a LEI Nº 11.977, DE 25 DE AGOSTO DE 2005 (ESTADO DE SÃO PAULO, 2005), e atualmente apenas uma pequena porcentagem das propriedades de leite do país utilizam desta metodologia, sendo basicamente de uso exclusivo de grandes propriedades devido seu alto custo, identifica-se assim a necessidade de desenvolver um método alternativo com custo inferior e tecnologia superior, que seja economicamente viável também para o pequeno produtor e que assegure o bem-estar animal.

1.2 Objetivo

Propor um sistema automático para controlar a movimentação e densidade de animais, no caso vacas leiteiras, em uma sala de espera (SCAM).

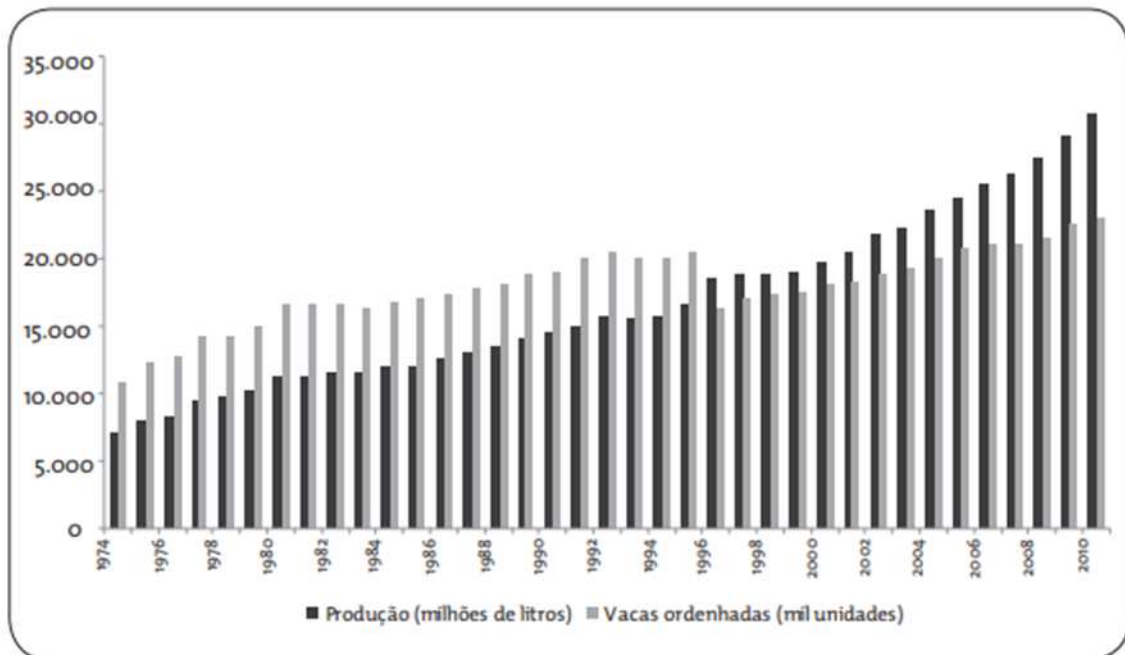
Os itens a seguir sintetizam os objetivos específicos executados nesta proposta, sendo estes:

1. Viabilidade de plataformas e controladores.
2. Montar um protótipo ou bancada de ensaios.
3. Programar em linguagem C.
4. Simular possíveis falhas.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Em 1974 o Brasil tinha um rebanho estimado de 10,8 milhões de vacas leiteiras; conforme Figura 1, a produção e o rebanho cresceram até a primeira metade dos anos 1990, embora houvesse uma redução de 20,7 milhões para 16,7 milhões no número de vacas ordenhadas entre os anos 1992 e 1996. É possível ainda verificar que o rebanho só restabeleceu-se em 2005 com 20,65 milhões de vacas, e de acordo com os dados apresentados pelo (IBGE, 2005) a produção de leite saiu de 655 milhões de litros ao ano em 1974 para 1.381 milhões de litros ao ano em 2011, desta forma podemos verificar que apesar do número de vacas ter oscilado, a produção de leite se manteve constante, devido o melhoramento na produtividade dos animais.(MAIA G. B. da S. *et al.*, 2013).

Figura 1- Produção de leite e efetivo de animais ordenhados



Fonte : (MAIA; PINTO, MARQUES; ROTMAN; LYRA, 2013)

2.1 Sistemas de criação e dinâmica do gado leiteiro

2.1.1 Sistema Extensivo

É caracterizado pela criação de vacas de leite a pasto, quem tem uma produção média de leite anual de 1.200 litros de leite/vaca/ano, nesse sistema as vacas ficam há uma distância de 1 km da sala de ordenha, sendo conduzida à mesma por um vaqueiro somente na hora da ordenha (ASSIS, et al. 2005).

A sala de ordenha é caracterizada pela sua baixa tecnificação, com instalações bem simplificadas, limitando-se apenas a um curral, garantindo assim uma baixa necessidade de investimento e controle dos animais (SOUZA, et al. 2004).

2.1.2 Sistema Semi-Intensivo

Segundo Assis *et al.* (2005) o sistema Semi-Intensivo possui capacidade de produção entre 1.200 a 2.000 litros de leite/vaca/ano e, concilia duas etapas, uma com pastagem há uma distância aproximada de 1 km e outra com confinamento localizado bem próxima à sala de ordenha. A alimentação dos animais é dividida em duas partes, pastagem e suplementação volumosa rica em nutrientes como cana de açúcar, silagem de milho, feno e outros complementos que são feitos através de uma suplementação principalmente na época da seca, onde tem a menor oferta de pastagem (SOUZA, et al. 2004).

As instalações desse sistema são mais elaboradas em relação ao sistema anterior, pois possui uma sala de ordenha mais eficiente e tecnificada contando com ordenhadeiras mecânicas e sistema de climatização para os animais (SOUZA, et al. 2004).

2.1.3 Sistema Intensivo

Dentre os sistemas de produção de gado leiteiro, o sistema intensivo se destaca por manter as vacas totalmente confinadas em galpões, que possuem praça de alimentação, cochos de água e sal, camas para dormir e sistemas de climatização, os animais recebem a alimentação de forma controlada, sendo ofertada três vezes ou mais por dia (ASSIS, *et al.* 2005). Ainda segundo autores esse sistema é utilizado para criação de animais com produção acima de 4500 litros de leite/vaca/ano, pois o custo da produção aumenta muito ficando inviável para animais pouco produtivos.

Existem dois tipos de produção de gado leiteiro mais utilizado no Brasil que tem o confinamento como padrão, possuem as mesmas características, porem com algumas diferenças que se adaptam melhor a cada região, são eles:

- **Free Stall:** No sistema Free-Stall, as vacas são alojadas num galpão coberto, elas ficam soltas dentro de uma área cercada, que possuem baias individuais lado a lado, normalmente são feitas de areia ou borracha triturada. As baias são para as vacas descansar, mas o galpão possui pista de alimentação e área de exercícios (ARAÚJO, 2001).
- **Compost Barn:** O *compost Barn* é um sistema de confinamento alternativo do conhecido sistema *loose housing*, onde os animais ficam soltos e podem caminhar livremente dentro do galpão, visando melhorar o conforto e bem-estar dos animais e, conseqüentemente melhorar a produtividade do rebanho (DAMASCENO, 2012; BLACK *et al.*, 2013). Segundo Damasceno (2012) as instalações *compost barn*, são sustentáveis e oferecem benefícios para as vacas, que têm mais liberdade de movimento (exercitar) e um amplo espaço onde podem deitar naturalmente. Nesse sistema quando as vacas estão em pé, além da maior interação social, elas passam mais tempo em uma superfície mais suave, que são as camas e com isso melhora o bem-estar da vaca e a sua saúde, o mesmo também possui uma pista de alimentação igual ao sistema *Free-Stall*.

O rendimento da produção do gado leiteiro depende de vários fatores, entre eles a raça e a genética animal, assim como dos sistemas produtivos e da tecnologia aplicada a ambiência animal e ao controle do produto. Assim, o resultado de cada

elemento componente da atividade é medido na hora da ordenha do animal, feita na sala de ordenha.

2.2 Salas de ordenhas

As salas de ordenha tipicamente empregadas nas grandes unidades produtoras são do tipo:

2.2.1 Espinha De Peixe

A sala de ordenha espinha de peixe, conta com uma estrutura em ferro galvanizado, com o formato dos tubos em “S” (Figura 2) posicionando assim os animais num ângulo aproximado de quarenta e cinco graus, possibilitando acesso aos tetos pela lateral da vaca (GEA *Farm Technologies*, 2017).

Figura 2- Sistema de ordenha tipo Espinha de Peixe



Fonte: Nitrogene Agropecuária (2018)

2.2.2 Paralela

A sala de ordenha do tipo Paralela funciona de forma semelhante à Espinha de Peixe, os animais ficam lado a lado (Figura 3), contudo à noventa graus umas das outras, dessa forma o operador tem acesso aos tetos por trás da vaca (GEA *Farm Technologies*, 2017).

Figura 3- Sistema de ordenha tipo Paralela



Fonte: Autoria própria (2018)

2.2.2 Rotativa

A sala de ordenha do tipo rotativa, mais conhecida como carrossel, consiste de um sistema giratório, com os animais alojados paralelamente uns aos outros com a frente voltada para o centro do carrossel (Figura 4), tornando assim um sistema mais dinâmico, no qual sempre há rotatividade das vacas, ou seja, sai uma e entra outra pós ter completado todo o circuito, neste sistema o operador acessa os tetos por trás do animal (GEA *Farm Technologies*, 2017).

Figura 4- Sistema de ordenha tipo Rotativa



Fonte: GEA Farm Technologies, 2017

A produção de leite está relacionada diretamente com a frequência de ordenhas diárias, na maioria das vezes as propriedades fazem três ordenhas diárias, para que assim possam “diluir” os custos de produção. Ao optarem por três ordenhas diárias ao invés de duas, o aumento na produção de leite aumenta entre 6% e 25% (KNIGHT, DEWHURST, 1994). Erdman e Varner (1995), afirmaram que ao realizar três ao invés de duas ordenhas diárias, resultam em um aumento de 3,5kg/dia de leite.

Independentemente do tipo/sistema da sala de ordenha, estas não são projetadas para ordenhar todo o rebanho de uma vez, o que as tornaria financeiramente inviáveis, assim, a ordenha é programada para um número de animais, sendo que o restante do rebanho fica aguardando a vez da ordenha em espaço delimitado, conhecido como sala de espera, ao lado da sala de ordenha.

2.3 Sala de espera

Para que as instalações da sala de espera sejam consideradas satisfatórias, na fase do planejamento devem ser considerados os seguintes pontos.

2.3.1. Localização

Segundo Souza *et al.* (2003) o terreno onde será implantada a sala de espera deverá ter facilidade de drenagem, inclinação suave, solo firme, com boa incidência solar e protegido contra rajadas de ventos frios, assim conseguirá minimizar os problemas de umidade causados pela alta concentração de animais, deve-se garantir também que o ambiente tenha um bom abastecimento de energia elétrica juntamente com uma boa fonte de água potável, boas vias de acesso são indispensáveis, assim como prever espaço para futuras ampliações.

Ainda conforme autores, para obter maior facilidade na hora do manejo das vacas leiteiras, as instalações não devem exceder a 1km de distância do barracão onde os animais estão alojados, e a sala de espera deve estar localizada logo atrás da sala de ordenha.

2.3.2. Orientação

A orientação está diretamente ligada a localização, contudo a regra básica que deve ser respeitada para esse tipo de obra é que o eixo longitudinal deve estar orientado no sentido Leste-Oeste, desta forma é possível manipular a incidência solar na superfície oeste para que a mesma seja a menor possível, evitando assim o superaquecimento dos animais no período vespertino durante o verão (SOUZA *et al.* 2003).

2.3.3. Dimensões Da Sala De Espera

A sala de espera, deve ser projetada com dimensões que variam de acordo com a raça dos animais, ou seja, para raças de pequeno porte como a Jersey uma área de 1,5 m²/animal e para raças de maior porte como as Holandesas e Girolanda 2,5 m²/animal (SOUZA *et al.*, 2003). Os autores descrevem que a sala deve obedecer os padrões de localização e orientação já descrito anteriormente, é obrigatório que a instalação possua bebedouro para dessedentação dos animais; a construção deve contemplar ainda alguns itens para higienização, tais como: lava-pés (6,00 x 1,00 x

0,20)m, pedilúvio coberto (2,5 x 1,00 x 0,20) m contendo solução preventiva/curativa de cascos, troncos de vacinação (1,5 m² por cabeça), brete pulverizador, balança e embarcadouro.

A movimentação dos animais num sistema tradicional, é feita por um boiadeiro, que toca vaca por vaca, conduzindo os animais até a sala de ordenha. No sistema automatizado se utiliza de um Sistema de Controle Automatizado para Movimentação de Vacas (SCAM) que através do seu movimento de avanço, faz com que as vacas se encaminhem sozinhas para a sala de ordenha. Esse portão é controlado por um operador, por meio de um painel de comando dentro da sala de ordenha e outro no final da sala de espera, facilitando o controle do SCAM (GEA *Farm Technologies*, 2017).

2.4 Movimentador automatizado – objeto de caso

Para melhor entendimento do objeto de caso foi realizada uma visita técnica em uma fazenda produtora de leite da região. A Fazenda localizada na região oeste do Paraná, produz em média 16.500 litros de leite/dia e possui um rebanho de aproximadamente 515 animais em lactação, com uma sala de espera dimensionada para 100 animais da raça Holandesas com 15 m de largura por 18 m de comprimento (PAVINATO, 2010).

Em abril de 2018 foi acompanhada a ordenha dos animais em busca de conhecer o sistema, vantagens, limitações e necessidades.

Durante a ordenha pode-se verificar que o SCAM, mantém os animais juntos e perto da sala de ordenha, como pode ser visto na Figura 5B, diferente do caso 5A, que não dispõe do sistema.

Figura 5- A -Sala de espera tradicional; B -Sala de espera atual



Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Figura 6 observa-se que o portão possibilita termos dois lotes de vacas distintos na mesma sala de espera, sem que eles se misturem, pois, o portão possui a possibilidade de se elevar e torna possível o acesso dos animais na sala de espera.

Figura 6 – Divisão dos lotes e processo de elevação.



Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Figura 7 é possível observar o quadro de comando do portão que é utilizado pelo operador para movimentá-lo para frente e para trás, levantá-lo e abaixá-lo, ir totalmente para trás ou ir totalmente para frente. Durante a visita técnica pode constatar que o movimento do portão é feito através de ar comprimido o que acarreta em um tempo de resposta lento para todo o sistema, verificou-se também que não

existe nenhum sistema de proteção quanto atropelamento dos animais e aviso sonoro quando o portão está em movimento ou sendo elevado ou abaixado.

Figura 7 – Quadro de comando de movimentação do Portão



Fonte: Autoria Própria (2018).

2.5 Componentes empregados em automação

A seguir são apresentados alguns componentes e/ou equipamento comumente empregados em sistemas de automação eletromecânica.

1.5.1 Microcontrolador

De modo geral, os microcontroladores são utilizados para interpretar sequências finitas de código estruturado. Diante disso o microcontrolador através das suas entradas e saídas de uso geral (GPIO), possibilita diversas operações de controle, como por exemplo controle de temperatura, luminosidade, velocidade e processos industriais diversos.

2.5.2 Atuadores

Um motor CC nada mais é do que um motor alimentado por corrente contínua (CC), sendo esta alimentação proveniente de uma bateria ou qualquer outra de alimentação CC, (Engineering 360, 2018).

A sua comutação (troca de energia entre rotor e estator) pode ser através de escovas (escovado) ou sem escovas (brushless) e com relação a velocidade, o motor CC pode ser controlado apenas variando a sua tensão, diferentemente de um motor elétrico de corrente alternada (CA) cuja a velocidade é variada pela frequência. (Engineering 360, 2018).

2.5.3 Encoder

O encoder (transdutor codificado) é comumente utilizado na indústria, e em processos de automação que necessitam de controle de posição, velocidade e ângulo.

Os encoders são sensores ópticos refletivos, cuja resposta é uma função da luz incidente neles. Eles, juntamente com a roda refletora anexa ao eixo, possibilitam a estimação da sua velocidade e localização.

2.5.4 Sensor infravermelho

Este tipo de sensor é formado por duas unidades: um emissor de feixe de luz pulsante, que executa a emissão do sinal; e um receptor de feixe de luz, que converte o sinal de luz pulsante em um sinal elétrico modulado.

O emissor e o receptor de feixe de luz são posicionados em oposição entre si, formando uma chave óptica, denominado: método de detecção, que age quando houver uma interrupção do feixe luminoso (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

2.5.5 Controlador Lógico Programável (CLP)

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções que possibilitaram implementar funções específicas, como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, (CAPELLI, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento e análise da proposta foi construído um modelo reduzido com proporções similares a encontradas em tamanho real, de modo a simular as operações e identificar problemas e limitações. O modelo também se justifica pelo alto investimento exigido a construção do sistema em tamanho real.

O sistema proposto apresentara duas funções básicas, a de movimentação para frente e para trás e a de elevação e será construído em tamanho real, em uma propriedade rural localizada no Município de Santa Isabel do Ivaí – PR. Essa propriedade possui 100 animais em lactação, que a caracteriza como uma propriedade produtora de leite de grande porte (INCRA, 2018).

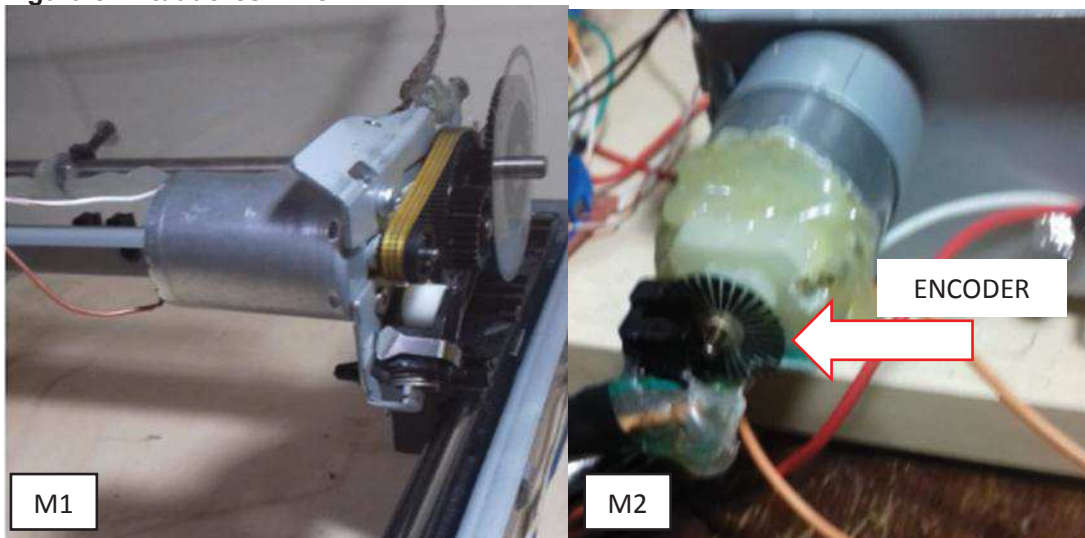
3.1 Modelo reduzido

O SCAM tem como componente principal um microcontrolador que controla todo o sistema funcionando como “cérebro”. Para tal, foi empregada placa controladora Tiva C Series TM4C123GX fabricada pela Texas Instruments. Esta possui um microcontrolador baseado na arquitetura ARM-CORTEX-M4 32 bits, com 80 MHz de clock e 256 KB de memória Flash.

A fim de que a Tiva C processe todas as informações necessárias para o funcionamento do SCAM, foi utilizado a linguagem de programação C, por meio de logica sequencial.

Em conjunto com o microcontrolador, dois motores operam como atuadores, a fim de controlar o movimento do SCAM, Figura 8.

Figura 8 - Atuadores M1 e M2

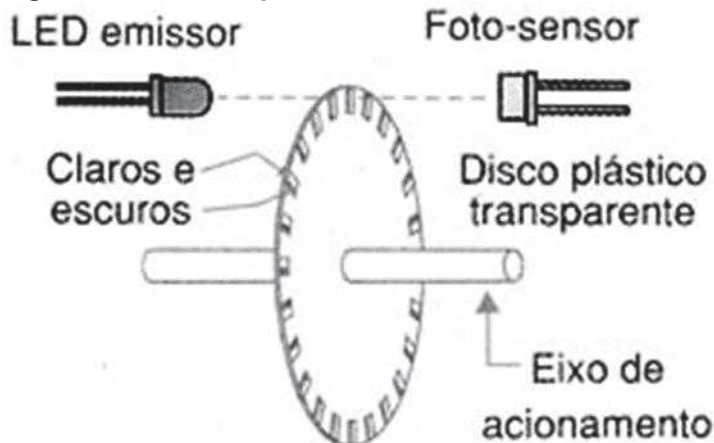


Fonte: Autoria Própria.

No modelo do SCAM os atuadores são dois motores de corrente contínua, M1 e M2, um para elevação do portão, e outro dotado de um encoder acoplado ao eixo (Figura 8 M2), para controlar o avanço e o retrocesso do portão.

O modelo de encoder escolhido foi o MOC70T2, composto de um led emissor de infravermelho e um transistor fotossensível. Cada vez que o feixe de luz é refletido de volta ao dispositivo, o transistor é ativado e a tensão no seu terminal coletor é alterada. A Figura 9 apresenta um desenho esquemático do funcionamento descrito.

Figura 9 - Encoder óptico



Fonte: Instituto NCB, 2018.

O SCAM possui uma central de controle que possibilita ações através de botões Push Button, e uma chave comutadora com três posições. Por meio da central foi possível configurar seleções de operação, no caso, Manual, Automático e Configurável.

O Sensor Infravermelho possui a função de controlar o deslocamento do SCAM, avançando ou retrocedendo a área, além de possuir a função de controlar a descida e elevação do portão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentado o projeto do modelo reduzido sua plataforma, características e funcionalidades programadas assim como, são apresentados e discutidos os componentes e adaptações necessárias ao projeto em escala real.

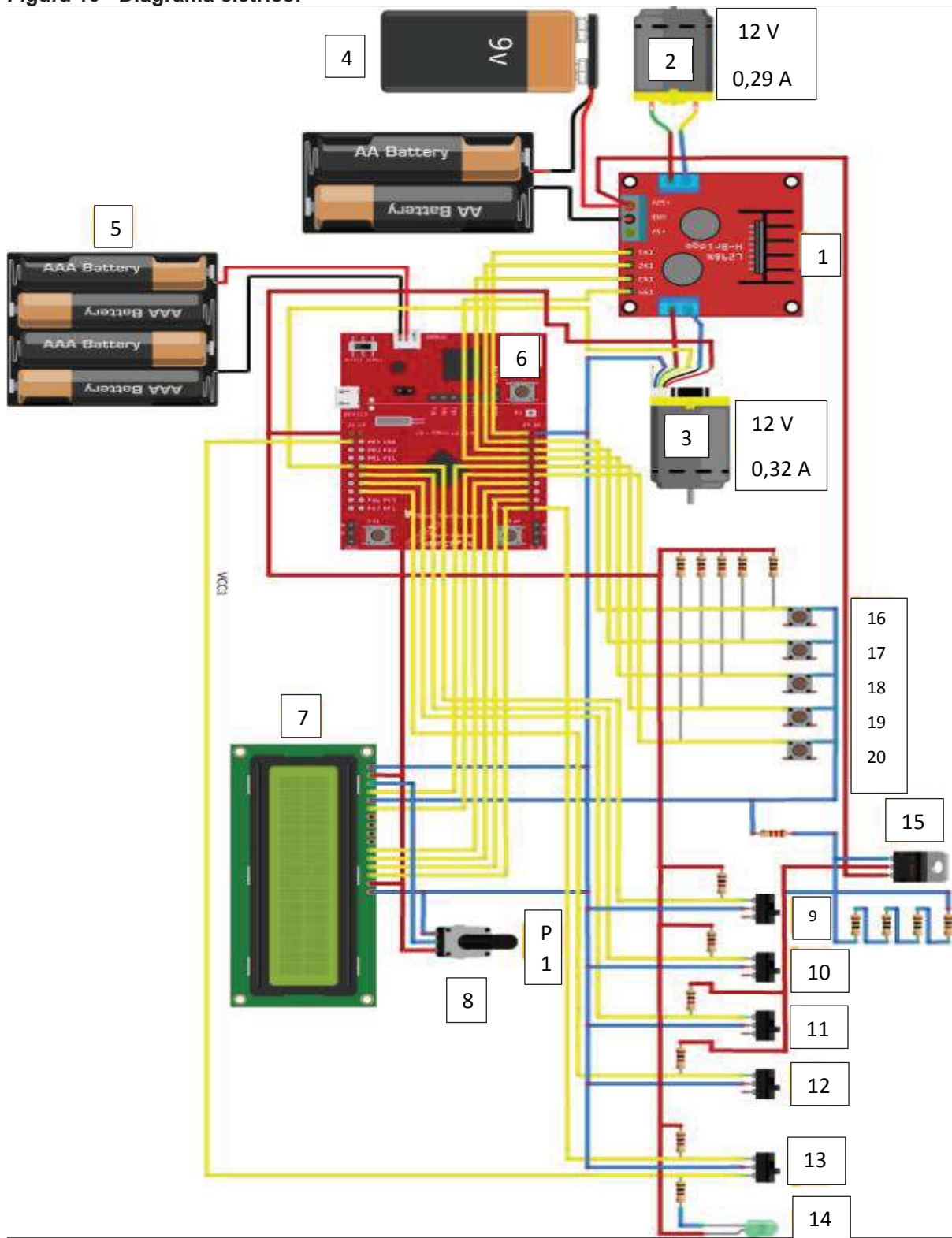
4.1 Modelo reduzido de scam

O desenvolvimento da proposta do SCAM se deu por meio da construção de um modelo reduzido de 1:60 de escala, que apresentou uma velocidade de avanço de 0.055 m/s, 0.048 m/s de retrocesso e um tempo de levante do portão de 22,99 s e

o tempo de decesso de 19,58 s. Nesse modelo reduzido, foram simuladas as operações necessárias ao sistema e verificada as dificuldades e/ou limitações impostas.

A Figura 10, apresenta o diagrama elétrico do modelo reduzido do SCAM, elaborado com auxílio do programa *Fritzning*. No esquemático é possível ver as interligações dos componentes que garantem o funcionamento do sistema.

Figura 10 - Diagrama elétrico.

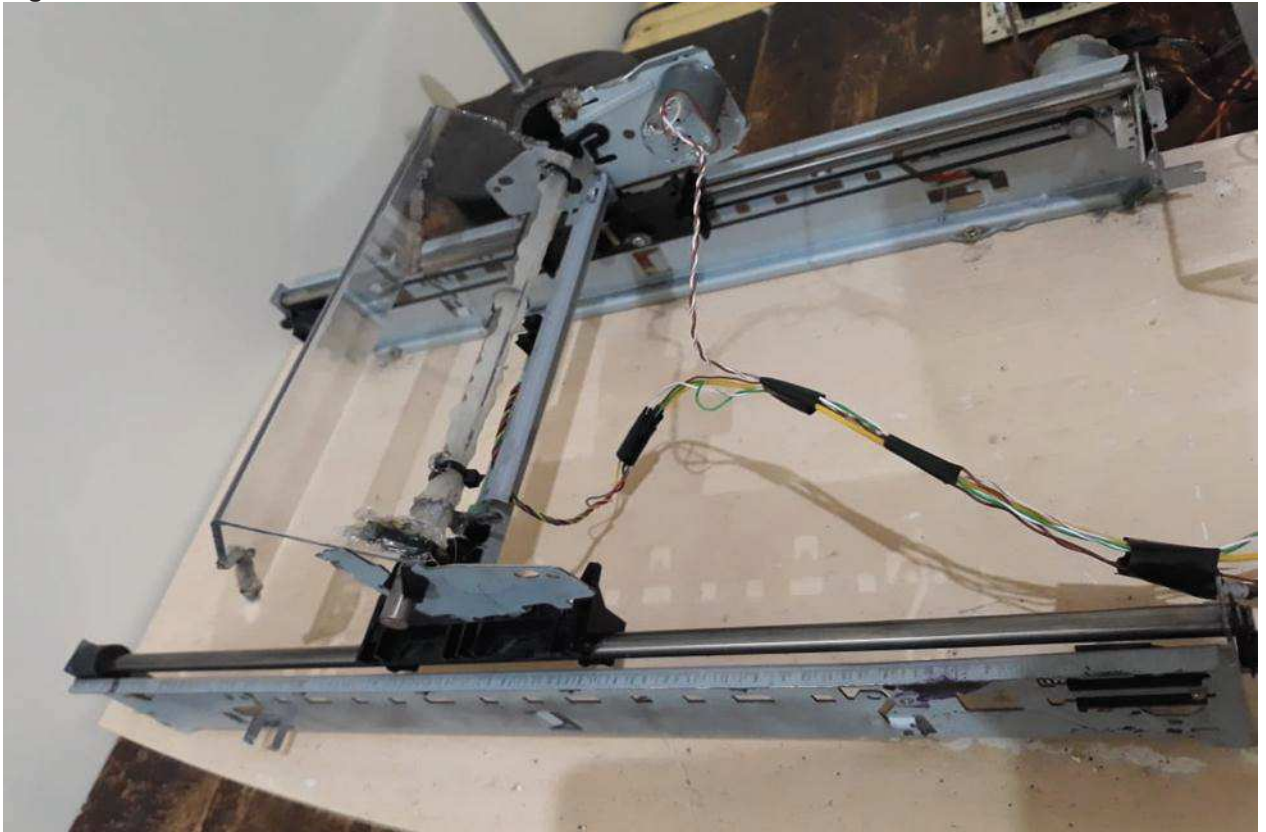


¹ Fonte: Autoria Própria (2018).

1 Nota: 1 – Ponte H – L298N; 2 – Motor DC, levanta o Portão; 3 – Motor DC com Encoder; 4 – Baterias em serie para alimentação da ponte H; 5 – Bateria para alimentar o TM4C123G; 6 – Microcontrolador TM4C123GXL; 7 – LCD 16X2; 8 – Potênciometro, para o controle de luminosidade do LCD; 9 – Fim de curso, início do SCAM; 10 – Fim de curso, fim do SCAM; 11 – Fim de curso levanta o portão; 12 – Fim de curso decesso do portão; 13 – Chave seletora, módulos de operação; 14 – LED; 15 – Regulador de tensão LM317; 16 – Botão 1; 17 – Botão 2; 18 – Botão 3; 19 – Botão 4; 20 – Botão 5;

A Figura 11 mostra a estrutura do modelo reduzido do SCAM. A estrutura foi montada sob uma prancha de madeira, tendo como base dois trilhos de tonner de impressora HP, os motores M1 e M2 e o encoder que fazem a elevação e a movimentação do SCAM também foram retirados de uma impressora HP juntamente com os sensores fim de curso. A peça que representa o portão foi feito em acrílico.

Figura 11 - Modelo reduzido



Fonte: Autoria Própria.

Uma das primeiras observações levantadas esta na disposição dos cabos eletricos pertencentes ao sistema. Neste caso propõe-se o emprego de uma esteira para cabos a fim de eliminar o problema com suas movimentações.

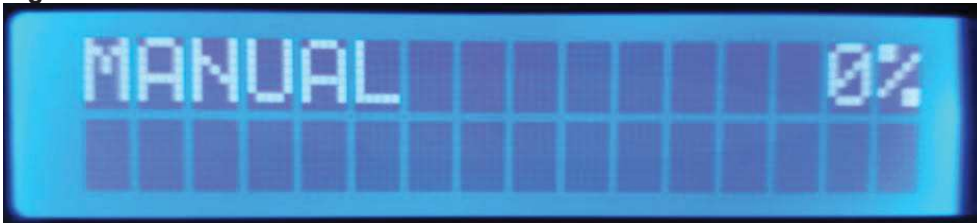
O sistema completo é composto por um microcontrolador Tiva C Series TM4C123GX em conjunto com dois motores, encorder, botões, fim de curso e um LCD display.

Com o modelo construído foram configuradas as funcionalidades que são apreentadas a seguir:

No Modo Manual, representado na Figura 12 temos que posicionar a chave seletora na posição 3 como representado na Figura13. Neste modo temos a total controle do SCAM, podendo ser movimentado para frente ou para trás, abrir ou fechar o portão. No display LCD é apresentado todas as interações feita pelo SCAM.

- Botão 1: Avanço do portão;
- Botão 2: Retrocesso do portão;
- Botão 3: Eleva o portão, tempo;
- Botão 4: Abaixa o portão, tempo;
- Botão 5: Simula o sensor de segurança, impedindo que o SCAM faça qualquer movimento ao ser acionado, e contando um tempo para voltar ao estado inicial;
- LED: Aceso;

Figura 12 - Modo manual.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 13 - Acionadores, modo manual.



Fonte: Autoria própria.

O Modo Configurável, representado na Figura 14 temos que posicionar a chave seletora na posição 2 como exibido na Figura 15. Neste modo temos a possibilidade de configurar a quantidade de vacas que vão adentrar a sala de espera, ao comutarmos para o modo Automático, ele receberá as configurações automaticamente, iniciando o assim o modo Automático.

- LCD : No LCD estará sendo exibido modo configurável e a quantidade de animais de acordo com a quantidade fornecida pelo usuário.
- Botão 1: Ao ser pressionado a quantidade de vacas será incrementado em 1;
- Botão 2: Ao ser pressionado a quantidade de vacas será incrementado em 10;
- Botão 3: Ao ser pressionado a quantidade de vacas será decrementado em 1;
- Botão 4: Ao ser pressionado a quantidade de vacas será decrementado em 1;
- Botão 5: Reseta a contagem;
- LED: Apagado.

Figura 14 - Modo manual.



Fonte: Autoria própria.

Figura 15 - Acionadores, modo configurável.



Fonte: Autoria própria.

No Modo Automático, representado na Figura 16, temos que posicionar a chave seletora na posição 1 como exibido na Figura 17. Ao iniciarmos esse modo, a primeira verificação feita é se foi configurado a quantidade de vacas no modo configurável, caso tenha sido configurado, o SCAM se auto ajusta para essa quantidade de vacas, abaixando o portão e dimensionando a área da sala de espera de acordo com a quantidade de vacas especificadas. Se não for configurado nenhuma quantidade de vacas, o modo automático fica aguardando as opções de escolha, 30%, 50% ou 70% que são selecionadas através dos botões 1,2 ou 3. Quando o portão se ajusta a opção desejada ele fica aguardando as instruções dos botões 4 e 5. Ao chegar no final do processo, o portão se elevará automaticamente e após um tempo determinado ele retornará a posição inicial.

- Botão 1: O portão abaixa automaticamente e percorre 20% da sala de espera, assumindo que possui 80 vacas na mesma, à partir disso o SCAM avança de acordo com o Botão 4;
- Botão 2: O portão abaixa automaticamente e percorre 50% da sala de espera, assumindo que possui 50 vacas na mesma, à partir disso o SCAM avança de acordo com o Botão 4;
- Botão 3: O portão abaixa automaticamente e percorre 80% da sala de espera, assumindo que possui 20 vacas na mesma, à partir disso o SCAM avança de acordo com o Botão 4;
- Botão 4: Simula um sensor posicionado na porteira, que libera os lotes de vacas após serem ordenhadas, com isso o SCAM avança a área de 10 vacas;
- Botão 5: Simula o sensor de segurança, impedindo que o SCAM faça qualquer movimento ao ser acionado, e contando um tempo para voltar ao estado inicial;
- LED: Apagado;

Figura 16 - Modo automático



Fonte: Aatoria própria.

Figura 17 - Atuadores, modo automático



Fonte: Aatoria própria.

Após programação do sistema e simulação operacional verificou-se que o SCAM responde satisfatoriamente a todas as funções solicitadas, no caso de avanço, retrocesso e elevação do portão.

4.2 Projeto de scam em escala real (Software)

Em condição de escala real o portão deverá cumprir sua funcionalidade em um vão de 15X15 metros, que terá capacidade para alojar 90 vacas.

Os fins de curso e o encoder que serão utilizados em escala real tem o mesmo princípio e funcionalidade dos utilizados em escala reduzida, porém esses sensores são feitos de uma forma mais robusta, para a utilização em ambientes variados.

Como atuadores, serão utilizados motores elétricos de indução. Estes farão toda a movimentação do SCAM em escala real, visto que são comumente utilizados

em processos industriais por possuir várias vantagens, como uma longa vida útil, fácil ligação e instalação e facilidade de controle.

Um Inversor de Frequência irá possibilitar o controle da velocidade de rotação de motores de indução, por meio da variação da frequência. Assim, quando o motor de indução for alimentado pelo inversor de frequência, este poderá controlar a velocidade do SCAM, e também mudar o sentido de movimento.

A Figura 18 apresenta o sistema de ligação entre o inversor e o motor.

Figura 18 - Ligação entre o inversor de frequência e o motor de indução.

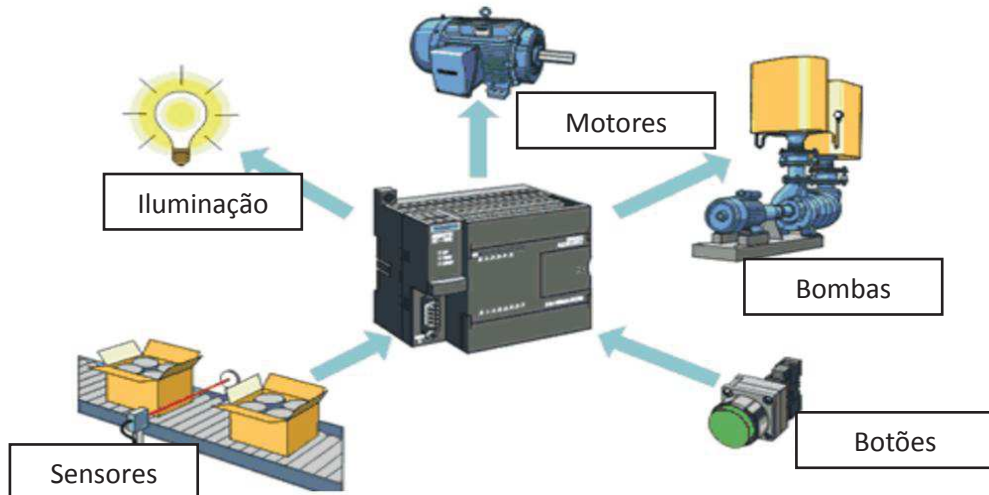


Fonte: CTISM - Colégio Técnico Industrial de Santa Maria 2015

Por fim, será empregado um CLP para controle do sistema. Embora o CLP tenha a possibilidade de ser programado por 5 tipos de linguagem, nesse projeto será utilizado a linguagem de programação denominada LADDER (controla o acionamento de saídas, dependendo da combinação lógica dos contatos de entrada). Considerando que no projeto teremos 21 entradas digitais e 4 saídas digitais, só vai enviar sinal de 24 ou 0 volts para o inversor. Conforme SCNEIDER (2017) o CLP TM241C24R seria uma possível escolha por possuir módulos de expansão podendo chegar a 24 entradas digitais e podendo ser utilizadas como saídas, viabilizando assim a proposta.

A Figura 19 esquematiza as possibilidades de atuação do CLP.

Figura 19- Possibilidades de controle do CLP

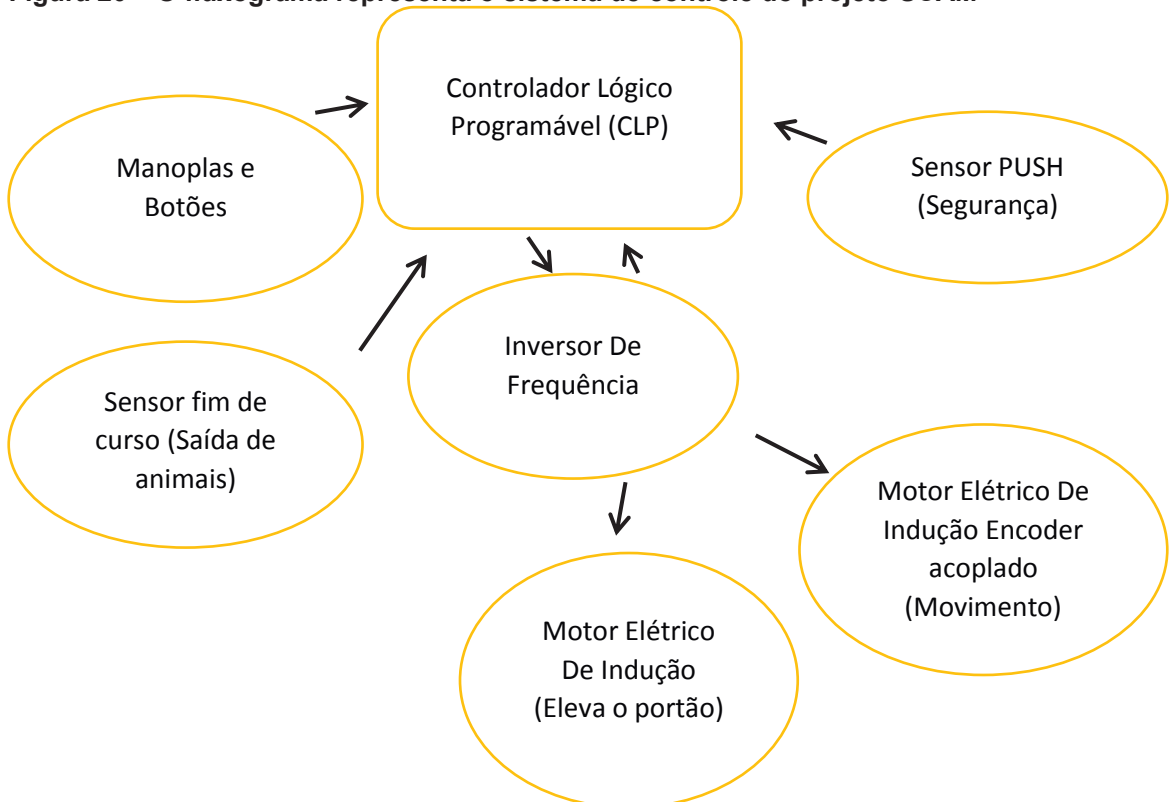


Fonte: UFPR – Engenharia Industrial Madeireira.

Desta forma o CLP substituirá o microcontrolador Tiva TM4C 123G, que possuem a mesma funcionalidade.

Na Figura 20 é possível visualizar o Fluxograma funcional do SCAM em tamanho real.

Figura 20 – O fluxograma representa o sistema de controle do projeto SCAM



Fonte: Autoria Própria (2018).

Conforme fluxograma, o CLP receberá um sinal lógico digital do sensor de infravermelho similar ao utilizado na maquete, instalado como fim de curso na saída dos animais, que controlará o avanço do SCAM, controlando a densidade de animais na sala de espera.

Além disso, o CLP também receberá um sinal de um sensor PUSH, que foi simulado na maquete, que ao ser acionado irá parar todo o sistema, para garantir a segurança dos animais. Os dados recebidos pelo CLP serão utilizados para o controle de velocidade dos atuadores M1 e M2.

Deste modo, a partida do M1 e M2 será controlada por meio de um inversor de frequência, possibilitando o funcionamento do SCAM de acordo com o esperado.

4.3 Projeto de scam em escala real (Estrutura)

Base estrutural do modelo real – Em escala real a base estrutural será diferente do modelo reduzido. A base não será feita de madeira e sim de concreto armado para suportar o peso dos animais e o peso de tratores que farão a limpeza da sala.

Estrutura lateral do modelo real – Em escala reduzida a estrutura de contenção dos animais foi feita de peças reaproveitadas de impressoras, em escala real a estrutura será feita de barras tubulares e vigas U de aço galvanizado, devido às suas características físicas as barras suportaram melhor as intempéries do ambiente.

O portão do modelo real – Para melhor representação do portão, em escala reduzida utilizou-se acrílico, porém em escala real a estrutura necessita ser reforçada, pois a mesma fará controle do avanço dos animais. Por ter contato direto com fezes e urina animal, que possuem propriedades químicas altamente corrosivas, a melhor escolha seria o aço galvanizado a fogo devido ao seu custo benefício.

Movimentação do modelo real – Em escala reduzida a movimentação do SCAM é feita por correia dentada, retirada de uma impressora, em escala real será utilizado o mesmo princípio, porém em escalas bem maiores, pois a correia deve suportar todo o peso do sistema. O sistema de correia otimiza o espaço se comparado com uma cremalheira, e exige menos manutenção que por corrente.

Movimentação dos fios elétricos - Em escala reduzida não foi feito nenhuma tratamento em específico para isso, porém em escala real será extremamente indispensável.

Em vários processos industriais tem sido utilizado a esteira para cabos. Por ser especificamente projetada para movimentar os cabos para frente e para trás impedindo que os mesmos se quebrem.

Avanço/retrocesso do tocador manualmente – Em escala real o CLP utilizando Ladder interpretaria os mesmos sensores, e os botões seriam substituídos por uma Interface Homem Máquina (IHM). Os atuadores serão de corrente alternada, assim necessitando de inversores de frequência para o controle de velocidade e elevação do portão do SCAM. Nesse modo o operador terá total liberdade de operação do SCAM.

- Modo configurável – Em escala real, o modo configurável será operado inteiramente na IHM, pois no supervisor será programado todas as operações necessárias de incremento, decremento e reset da quantidade de vacas.

- Modo automático - Em escala real o CLP utilizando Ladder interpretaria os mesmos sensores, e os botões seriam substituídos por uma IHM. Os atuadores seriam de corrente alternada, assim necessitando de inversores de frequência para o controle de velocidade e elevação do portão do SCAM. Porém nesse modo é verificado se possui quantidade de vacas pré configurada, caso não possua existe a possibilidade de utilizar três modos pré configurado, 20%, 30% e 50%. Nesse modo após ser escolhido a configuração desejada, o SCAM se ajusta automaticamente, controlando o fluxo e a densidade das vacas.

Na visita realizada que foi citada acima, pode verificar todo o funcionamento do sistema existente. Nesse sistema verificou que o mesmo não possui sistema de segurança contra atropelamento, foi verificado também que não possui interface homem máquina, assim com a resposta do sistema é lenta e controlada por um tempo específico que avança sempre em um tempo determinado.

Pensando nessas necessidades, em escala reduzida foi utilizado um display LCD para informar o usuário todas as ações do SCAM e seu estado, junto a isso foi simulado um sensor de segurança que ficará localizado num ponto estratégico em escala real que o mesmo ao identificar que um animal foi atropelado para todo o sistema independentemente do estágio que estiver.

Ao verificar que o sensor foi desobstruído o SCAM aguarda alguns segundos para retomar ao seu estado normal de funcionalidade, com isso permitindo que o animal se desprenda com segurança.

Pensando na resposta lenta do sistema existente, foi substituído o sistema de ar comprimido por um sistema de atuadores elétricos, por possuir características de atuação instantânea.

O avanço do SCAM em escala reduzida, no modo automático o avanço do portão é controlado de acordo com a saída das vacas, após serem ordenhadas, com isso elimina-se o problema de controle de densidade, pois se o avanço for por tempo determinado, a densidade de animais não será estável devido o tempo de ordenhar ser variável.

5 CONCLUSÃO

Com base no modelo e nas simulações realizadas, e no conhecimento de que a que os sistemas atuais são do tipo analógicos manuais e temporizados; é possível inferir que existe viabilidade técnica na construção de um SCAM em tamanho real, com modos operacionais diferenciados, tipo automatizado; manual e configurável, com sensor de segurança e display informativo, afim de que o operador tenha comodidade e informação a seu alcance para nortear qualquer tomada de decisão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para mais, dentro de tantas possibilidades de atuação da engenharia eletrônica no Brasil, o ramo da indústria pecuária voltada a produção de leite, não é muito explorada, por ser pouco incentivada financeiramente, e por falta de conhecimento dos produtores rurais.

Para trabalhos futuros, poderá ser elaborado um sistema de indentificação dos animais, comunicando diretamente com o SCAM, facilitando assim o modo de operação automático. O sistema de ventilação e nebulização da sala de espera, também poderá ser integrado ao SCAM. As sugestões acima citadas não puderam ser realizadas devido aos altos custos dos equipamentos e ausência de espaço físico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPELLI, A. **CLP Controladores lógicos programáveis na prática**. São Paulo: Antenna. 2007.

CASILLO, D. **Automação e Controle, Linguagem Ladder**. Ufersa. 2011. Disponível em http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011_1/Aula%2007%20-%20Linguagem%20Ladder.pdf Acessado em: 20 Maio 2018.

ERDMAN, R.A.; VARNER, M. Fixed yield responses to increased milking frequency. **Journal of Dairy Research**, v.78, p.1199-1203, 1995.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei n 11.977**, de 25 de agosto de 2005. Institui o Código de Proteção aos Animais do Estado e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.ib.usp.br/IB/files/Lei_Estadual_11_977.pdf>. Acesso em: 20 Maio 2018.

FORISCHI, F. DE S.; SOUZA, R. A. DE. **SISTEMA ELETRÔNICO PARA ESTUDO DE CARGA E DESCARGA EM BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO**. 2015. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/353.pdf>> Acesso em: 13 de novembro de 2018.

GEA *Farm Technologies GmbH* disponível em <https://www.gea.com/pt/binaries/DairyFarming_CowMander_Brochure_EN_tcm38-14340.pdf> Acesso em: 24 de abril de 2018.

_____. Disponível em: < [Microcontrolador MSP430 - Parte III \(MIC094\)](#)> Acesso em 28: de outubro de 2018.

_____. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/5454-mec128>> Acesso em 28: de outubro de 2018.

_____. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais> > Acesso em 28: de outubro de 2018.

_____. Disponível em: < https://www.globalspec.com/learnmore/motion_controls/motors/dc_motors > Acesso em: 3 de novembro de 2018.

_____. Disponível em: < <https://www.gea.com/pt/products/herringbone-parlorchallenger40.jsp>> Acesso em: 24 de abril de 2018.

_____. Disponível em: <<https://www.gea.com/pt/products/rotary-parlor-induro.jsp>> Acesso em: 24 de abril de 2018.

_____. Disponível em: < <https://www.gea.com/pt/products/side-by-side->

[parlor-magnum90i.jsp](#)> Acesso em: 24 de abril de 2018.

INTELLIDENT. **Colchester library select intellident for major RFID implementation.** [2018]. Disponível em:< <http://www.intellident.co.uk/>> Acesso em: 19 Maio 2018.

KARDEK, A. de R. *et al.* **Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos.** Área de e-Tec. 2015. Disponível em < http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifmg/tecnico_automacao_industrial/arte_eletronica_de_potencia.pdf > Acessado em: 20 Maio 2018.

KNIGHT, C. H; DEWHURST, R, J. Once daily milking of dairy cows: relationship between yield loss and cisternal milk storage. **Journal of Dairy Research**, v. 61, n. 4, p. 441-449,1994.

MAIA, G. B. da S. et al. D. D. **Produção leiteira no Brasil.** BNDES Setorial, n.37, p.371-398, mar. 2013.

PAVINATO, D.A.; **Gerenciamento e manejo de rebanho leiteiro na região.** 2010. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010.

SCHNEIDER **Controle e automação industrial.** disponível em <http://download.schneider-lectric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DIA3ED2140107FR.pdf&p_Doc_Ref=DIA3ED2140107FR> Acesso em: 27 de Outubro de 2018.

SOUZA, C. de F. *et al.* **Instalações para gado de leite.** Área de CRA/DEA/UFV. 2004. Disponível em < <http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/leite.pdf> > Acessado em: 20 Maio 2018.

UFPR. **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS - CLP.** Disponível em:< <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/AULACLp.pdf>> Acesso em: 20 Maio 2018.