

ESTUDO DE CASO DA AUTOMATIZAÇÃO DAS FAZENDAS LEITEIRAS E A VIABILIDADE NO BRASIL

Marcelo Coelho de Almeida Rocha

**ESTUDO DE CASO DA AUTOMATIZAÇÃO DAS
FAZENDAS LEITEIRAS E A VIABILIDADE NO BRASIL**

Aluno(s): Marcelo Coelho de Almeida Rocha

Orientador: Mauro Speranza Neto

Coorientador: Jorge Luiz Fontanella

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia de Controle e Automação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Agradecimentos

Sou grato a Deus acima de tudo. Sua luz me indicou o caminho para o sucesso.

Agradeço aos meus pais Márgelo e Nilce pelo carinho, atenção e apoio que eles me deram durante toda a minha vida.

Ao meu irmão Felipe por estar ao meu lado e por me fazer ter confiança nas minhas decisões.

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida.

Agradeço aos meus orientadores, os professores Mauro Speranza e Jorge Fontanella por me auxiliarem sempre que possível sobre o tema do meu trabalho de pesquisa.

Também agradeço aos funcionários da Universidade PUC-Rio que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

E lembrar dos funcionários das empresas IRB, KUKA, SICK e Pepperl+Fuchs da divisão do Brasil que tiraram um pouco do seu tempo para responder algumas questões.

Resumo

ESTUDO DE CASO DA AUTOMATIZAÇÃO DAS FAZENDAS LEITEIRAS E A VIABILIDADE NO BRASIL

A automação sempre é lembrada em fábricas e indústrias porém nos últimos anos esta tecnologia começou a chegar na área rural, como por exemplo nas fazendas leiteiras. Os países estrangeiros já apresentam diversas soluções inovadoras, porém o custo é um pouco fora da realidade da maioria das fazendas no Brasil. Este projeto irá apresentar uma solução viável para automatização das fazendas leiteiras no Brasil utilizando como base um projeto de uma empresa da Holanda, a Boumatic. Para tanto serão pesquisados e analisados os equipamentos da Boumatic, detalhando seu funcionamento e os sistemas empregados, de modo a encontrar uma solução com custo adequado às características brasileiras. Serão propostas alternativas e concebidos equipamentos similares empregando, dentro do possível, componentes que possam ser encontrados no mercado nacional, visando a "tropicalização" e customização às necessidades das fazendas no Brasil.

Palavras-chave: Boumatic, automatização, fazenda.

Abstract

CASE STUDY OF THE AUTOMATION OF DAIRY FARMS AND THE FEASIBILITY IN BRAZIL

Automation is always remembered in factories and industries, but in recent years this technology has started to arrive in rural areas, such as dairy farms. Foreign countries already have several innovative solutions, but the cost is a little out of the reality of most farms in Brazil. This project will present a viable solution for automation of dairy farms in Brazil based on a project by a Dutch company, Boumatic. For this purpose, Boumatic's equipment will be researched and analyzed, detailing its operation and the systems used to find a cost-effective solution for Brazilian characteristics. Alternative proposals will be proposed, and similar equipment will be designed using, as far as possible, components that can be found in the national market, aiming at "tropicalization" and customization to the needs of farms in Brazil.

Keywords: Boumatic, automation, farm.

Lista de Figuras

Figura 1: Ciclo da Automação.	2
Figura 2: Exemplos de atuadores pneumáticos.	2
Figura 3: Exemplos de atuadores elétricos.	3
Figura 4: Exemplos de atuadores hidráulicos.	3
Figura 5: Exemplos dos tipos de sensores.	4
Figura 6: Exemplo de painel de um CLP.	5
Figura 7: Exemplo da linguagem Ladder.	6
Figura 8: Painel frontal do LabVIEW.	7
Figura 9: Diagrama de Blocos do LabVIEW.	7
Figura 10: GEMINI – Single Box Milking Robot.	8
Figura 11: Vista geral da GEMINI.	9
Figura 12: Diagrama de detecção de presença.	10
Figura 13: Coleira com informações gerais.	10
Figura 14: Limpeza e estímulo dos tetos da vaca.	11
Figura 15: Sensoriamento por câmera 3D.	12
Figura 16: Aproximação do manipulador.	13
Figura 17: Atuação dos sensores de contraste.	14
Figura 18: Desinfetar os tetos da vaca.	14
Figura 19: Fazenda de São Gotardo-MG.	16
Figura 20: Esboço da Cabine adaptada da Boumatic.	18
Figura 21: Legenda para o esboço da Cabine.	18
Figura 22: Distribuição dos equipamentos na Cabine.	19
Figura 23: Sensor de presença tipo: OBD1000-R100-2EP-IO.	20
Figura 24: Sensor de proximidade indutivo tipo IQ08-02BPOKW4SS08.	21

Figura 25: Exemplo de funcionamento do sensor de proximidade.	21
Figura 26: Câmera 3D tipo: V3T13P-MR62A7S50.	23
Figura 27: Conjunto com quatro teteiras.	24
Figura 28: Sensor de contraste do tipo KT8L-P3656.	25
Figura 29: Esquema da área dos equipamentos para Ordenha.....	25
Figura 30: KR CYBERTECH nano da KUKA	26
Figura 31: Ficha técnica do KR CYBERTECH nano modelo KR 6 R1840-2.....	27
Figura 32: IRB 1300 da ABB.....	27
Figura 33: Ficha técnica do IRB 1300 modelo 7/1.4.	28
Figura 34: FlexVision 3D.....	29
Figura 35: Esboço para uma cobertura para a Cabine	30
Figura 36: Painel de Controle para a Cabine.....	31
Figura 37: Fluxograma da Ordenha	32
Figura 38: Programação inicial.	33
Figura 39: Programação da Pré-Ordenha.	33
Figura 40: Programação da Ordenha.....	34
Figura 41: Programação de Remoção.....	34
Figura 42: Programação de Emergência.....	35

Sumário

1. Contexto	1
2. Conceitos	2
2.1 Atuadores	2
2.2 Sensores	4
2.3 Controlador	5
A. Ladder	6
B. LabVIEW	7
3. Projeto	8
4. Problemas	16
5. Solução	18
5.1 Equipamentos e Funções	20
A. Preparação e os Sensores de Proximidade e Sensor de Presença	20
B. Sensoriamento por Câmera 3D	23
C. Limpeza, Ordenhadeira e Sensor de Contraste	24
D. Manipulador Robótico	26
E. Alimentador e Reservatório Final	30
F. Cobertura	30
5.2 Painel de Controle	31
5.3 Programação	32
6. Conclusão	36
7. Referências	38

1. Contexto

A tecnologia vem avançando bastante nos últimos anos, atingindo diversas áreas de atuação e vários lugares diferentes e isto não seria diferente com a chegada dessas inovações até a área rural. Esta era da automação chega para área rural, buscando equilibrar a natureza das fazendas com a modernidade da tecnologia. Em inúmeros países já é comumente utilizado a automação nessas regiões enquanto no Brasil quando ouvimos falar sobre algo do gênero em reportagem surpreende o telespectador para uma tecnologia que deveria fazer parte do dia a dia deste trabalhador do campo.

Desta forma será iniciado este trabalho falando um pouco sobre o que é automação. Em diversos livros, a automação é o ato de pegar um processo manual e tornar ele independente de interação humana diferente de automatização que depende de uma interação do homem com a máquina. Basicamente é pegar algo que existe e que é implementado manualmente usando a tecnologia a favor de melhorias, otimizações, ou como também tornar aquele processo livre de erros humanos. Os benefícios são múltiplos já que os processos manuais que demandam muito tempo. A partir disso poderá decidir torná-lo automático otimizando este processo.

E como a automação está ligada com as fazendas, mais especificamente no Brasil? A produção de leite de vaca aumentou 2,7% em 2019 na comparação com 2018, chegando a 34,8 bilhões de litros, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O resultado foi fruto de ganho de produtividade, já que o número de vacas ordenhadas, contabilizado em 16,3 milhões, foi 0,5% menor em relação ao ano de 2018.

Outro exemplo, é o caso do produtor de Santa Catarina, Fritz Wehebrink, que viu sua produção média anual crescer 13,5% após a implantação de duas unidades de ordenha robotizada. O aumento de um ano para o outro chegou a mais de 126 mil litros (incremento foi de 10.500 litros por mês), com média de 120 vacas em lactação, a média por animal aumentou em 4,7 litros.

Tendo em vista estas informações, é possível entender que a pecuária leiteira está vivendo um processo de modernização intenso. Apesar de menos vacas ordenhadas a produtividade aumentou por conta de algumas fazendas já utilizarem a tecnologia. Este aumento de produção é impressionante, porém ainda não se trata da realidade na maioria das fazendas nacionais.

2. Conceitos

O ciclo da automação possui sistemas são formados por sensores para monitorar os passos do processo, atuadores que irão realizar o movimento desejado para automação e um controlador onde irá receber e enviar todas as informações e sinais necessários.

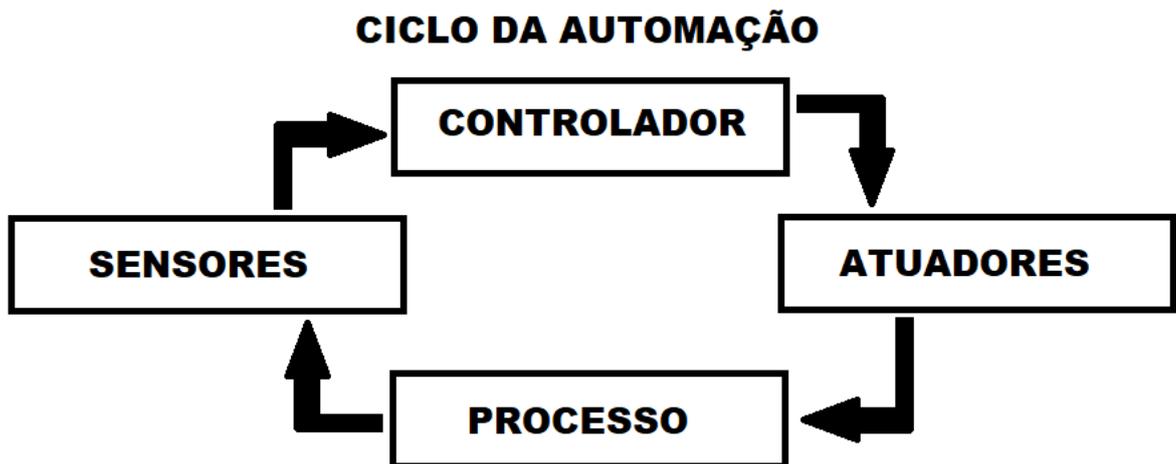


Figura 1: Ciclo da Automação.

2.1 Atuadores

Atuador é um dispositivo que produz movimento, convertendo energias como pneumática, hidráulica ou elétrica, em energia mecânica, desta forma a energia mecânica atuando sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho.

Um dos tipos de atuadores que existem é o alimentado por ar e este é chamado de cilindro pneumático. Convertendo a energia pneumática entrante em energia cinética, ou seja, em movimento mecânico.



Figura 2: Exemplos de atuadores pneumáticos.

Porém existem outros como os atuadores elétricos e hidráulicos em que o cilindro converte energia elétrica ou hidráulica em movimento. O atuador elétrico converte a energia elétrica em movimento mecânico. Diante disso esses atuadores podem ser lineares, movimentos de empurrar e puxar, e rotativos, movimentos de rotação ou giratórios.



Figura 3: Exemplos de atuadores elétricos.

Os cilindros hidráulicos utilizam líquidos e tem uma área de atuação diferente. Eles convertem a energia hidráulica em energia mecânica com o intuito de gerar um movimento linear. A energia mecânica produzida é geralmente utilizada para levantar e transportar objetos, operação esta, que requer uma grande quantidade de energia, são frequentemente encontrados em certos tipos de veículos. Estes atuadores podem criar um movimento linear, um movimento giratório ou movimento oscilatório. Isto é, eles podem criar um movimento numa direção, num movimento circular ou em direções opostas em intervalos regulares.



Figura 4: Exemplos de atuadores hidráulicos.

Complementando a respeito dos cilindros hidráulicos e pneumáticos que podem ser classificados como cilindros de efeito simples, o que significa que a fonte de energia faz com que o movimento numa direção e uma mola sejam usados para a outra direção. Alternativamente, esses cilindros podem ser de dupla ação, significando que a energia é usada em duas direções.

2.2 Sensores

O sensor é um dispositivo que reage a um estímulo físico ou químico de maneira específica emitindo um sinal que pode ser transformado em outra grandeza física para efetuar medições ou monitoramentos ou ambos. Para uma visão industrial este dispositivo pode converter a energia resultante em um sinal elétrico. Em vista disso, as indicações são feitas através dos sinais captados e convertidos em sinais que podem ser lidos facilmente.



Figura 5: Exemplos dos tipos de sensores.

O sensor tem a função de detectar e responder com eficiência algum estímulo. E como existem diversos tipos de estímulos são utilizados sensores específicos para diferentes aplicações. É possível encontrar os seguintes tipos de sensores nas indústrias. São eles os sensores de pressão, de vazão, de nível, de temperatura e ainda os mais comuns: indutivo, capacitivo, fotoelétrico, magnético e ultrassônico.

E alguns mais modernos, como por exemplo, os sensores de contraste e sensores por câmera 3D.

2.3 Controlador

Quando falamos de automação industrial é necessário mencionar o Controlador Lógico Programável, também conhecido como CLP, pois ele é uma parte fundamental em um processo. Os CLPs surgiram graças aos avanços tecnológicos que proporcionaram um sistema elétrico ser comandado e supervisionado de forma cada vez mais automática, ocupando menos espaço e com custos cada vez mais econômicos. Esse equipamento se iguala a um computador (hardware) onde é possível inserir um programa (software) para controlar e monitorar cargas (dispositivos de saídas) de acordo com as informações enviadas ao CLP (dispositivos de entradas). O código escrito para um CLP é totalmente personalizável, composto por um conjunto de instruções ou funções específicas como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética tornando o um equipamento muito amplo que pode ser usado em qualquer processo automático de acionamento e ou monitoramento de máquinas e processos. Existem vários tipos de linguagem para um CLP, abaixo serão introduzidas um pouco sobre as duas linguagens que são mais vistas em fábricas.



Figura 6: Exemplo de painel de um CLP.

A. Ladder

O Ladder é uma linguagem utilizada para programar CLPs (Controlador Lógico Programável), capaz de realizar o controle de sistemas críticos e/ou industriais, substituindo os painéis com circuitos controlados a relés, que eram grandes, caros e de difícil manutenção, além de menos seguros também. A principal vantagem de representar as lógicas de controle por meio de diagramas Ladder é que permite a engenheiros e técnicos da área desenvolver códigos lógicos sem conhecimento prévio de outras linguagens de programação, principalmente as textuais, como o Python ou o C, devido à similaridade com a lógica de relés e diagramas elétricos.

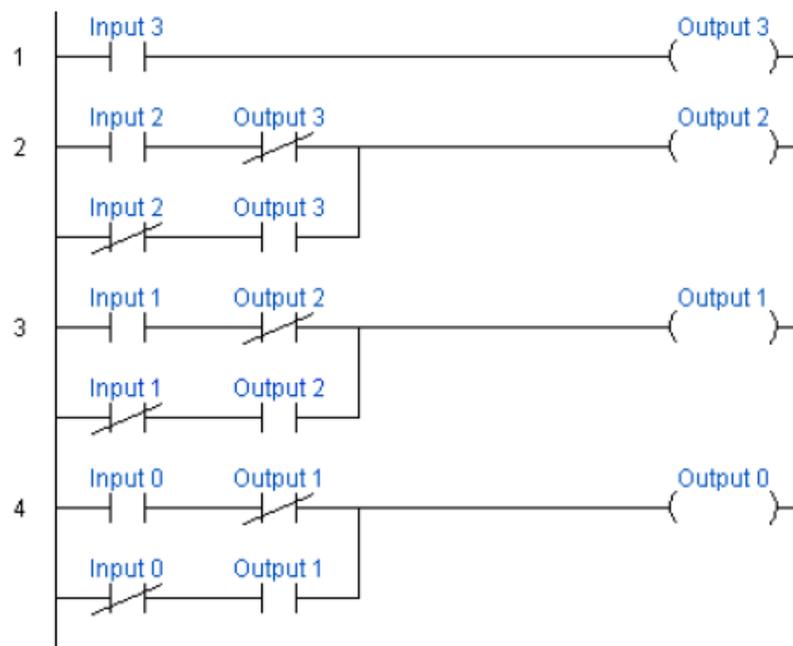


Figura 7: Exemplo da linguagem Ladder.

O que a torna uma linguagem mais amigável e fácil layout para que qualquer pessoa possa entender como funciona o código.

B. LabVIEW

O LabVIEW é uma linguagem de programação gráfica originária da National Instruments. A linguagem teve sua inauguração em 1986 para o Macintosh e atualmente existem ambientes de desenvolvimento integrados para os Sistemas Operacionais Windows, Linux e outros. O programa usa funções básicas e demais instrumentos virtuais para realizar o seu objetivo.

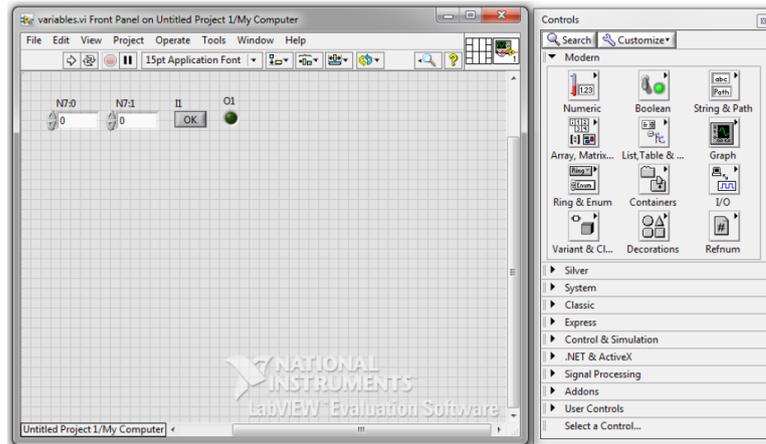


Figura 8: Painel frontal do LabVIEW.

O LabVIEW pode ser usado, na indústria por exemplo, para monitorar as condições de funcionamento e melhorar o tempo de atividades dos equipamentos, esse monitoramento é feito através deste painel frontal da Figura 6. No painel de diagrama de blocos é o ambiente de desenvolvimento, são feitas simulações de circuitos elétricos, simulação de funções matemáticas e análise estatística de dados. Além disto, permite o processamento de sinais em tempo real, por meio da integração de hardwares físicos no ambiente virtual.

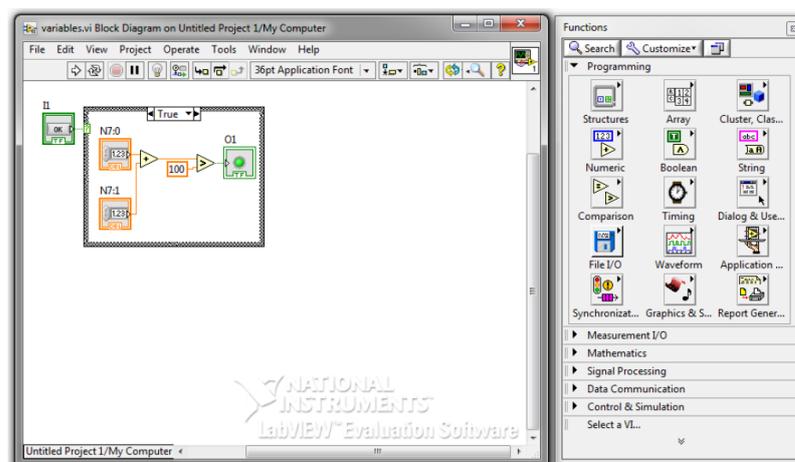


Figura 9: Diagrama de Blocos do LabVIEW.

3. Projeto

A automação está cada vez mais presente em nossas vidas, como dito na introdução deste trabalho. Neste estudo de caso, será observado algumas das soluções inovadoras que ajudam os produtores de leite a serem mais lucrativos e ao mesmo tempo em que protegem o bem-estar animal. Para este trabalho é proposto uma forma de ajudar a modernizar a ordenha das vacas com mais eficiência e menos danos ao animal. E com objetivo de entender melhor esta área e como trazer esta tecnologia para o Brasil será apresentado à Boumatic LLC, uma empresa voltada para as inovações da área rural sempre buscando novas formas de melhorar e aperfeiçoar as produções de uma fazenda.

Foi fundada em uma forte herança de inovação e liderança técnica, que buscam entregar o futuro da produtividade para fazendas de leite em todo o mundo. Tendo como apoio gerações de experiência, expertise global em P&D e um vasto conhecimento das necessidades das empresas locais de laticínios, suas soluções respondem aos desafios de amanhã.

E com essa história a Boumatic LLC conseguiu chegar numa solução bastante inovadora para a ordenha das vacas, a GEMINI – Single Box Milking Robot:



Figura 10: GEMINI – Single Box Milking Robot.

Ficha Técnica:

Dimensões da GEMINI Milking Robot Single Box:	
Comprimento	18,37 pés (5,6 m)
Largura	7,22 pés (1,6 m)
Altura	7,87 pés (2,4 m)
Peso	5732 lbs (2600 kg)
Preço	100 mil Euros

Para entender melhor como esta cabine funciona, abaixo é estudado e explicado mais a fundo sobre como cada componente desempenha sua função.

Para começar os sensores de presença no interior da cabine e de identificação ligado à coleira do animal vão os primeiros elementos a serem abordados.



Figura 11: Vista geral da GEMINI.

Ao detectar a presença da vaca pelo sensor, primeiramente será verificado pela coleira na vaca se há necessidade de ela ser ordenhada caso negativo as travas da porta do outro lado se abrem e ela poderá sair. Porém se positivo para a ordenha as travas se fecham do lado que a vaca entrou e serão acionados os próximos comandos.

Um destes comandos é colocar um pouco de ração num compartimento a frente da vaca para que ela se mantenha na posição e permaneça tranquila durante este processo.

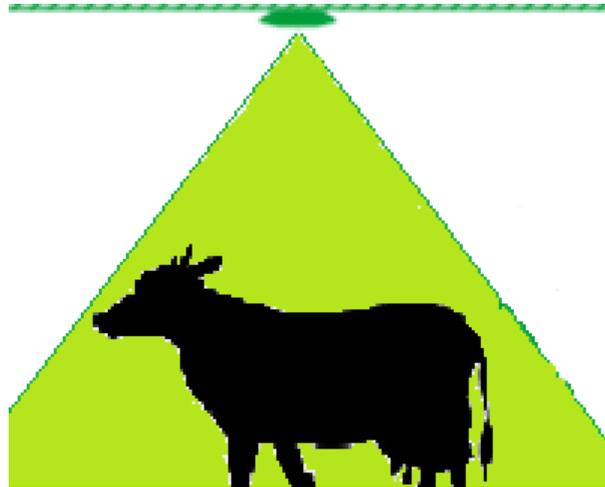


Figura 12: Diagrama de detecção de presença.

Na imagem acima é visualizado como atua este sensor de presença que auxilia na posição que a vaca deverá estar no momento da ordenha. A área em verde indica a região que o sensor de presença consegue detectar o objeto. E ao detectar o animal ele irá mandar um sinal confirmando que encontrou um objeto nesta região indicando juntamente ao sensor de proximidade das portas para o sistema que pode iniciar seu procedimento.



Figura 13: Coleira com informações gerais.

Em sequência um atuador, que é um manipulador de movimentos simples e precisos, é liberado para fazer a limpeza dos tetos e estimular as mesmas. A limpeza visa eliminar as bactérias que ficam no canal do teto e contaminam o leite.



Figura 14: Limpeza e estímulo dos tetos da vaca.

Após isto, o atuador deverá colocar cada bomba de sucção com o auxílio da câmera 3D em cada teto para se iniciar o processo de ordenhar. O processo de funcionamento deste braço segue um padrão de pegar o equipamento seja para a ordenha ou limpeza e vai calculando conforme vai recebendo as informações por meio do controlador tanto da câmera quanto da sua posição para chegar ao seu destino. E caso seja o momento de ordenhar o manipulador repete este processo de buscar a bomba de sucção e encaminhar até os tetos do animal mais três vezes. Quando termina o processo de ordenhar as bombas de sucção serão removidas e os tetos serão desinfetados em sequência a porta da cabine é aberta permitindo a saída do animal da cabine.



Figura 15: Sensoriamento por câmera 3D.

São utilizados sensores com câmera 3D para identificar e encontrar os tetos para que seja possível colocar as bombas de sucção nos devidos locais. A imagem acima demonstra como este equipamento é intuitivo, na tela o operador deve selecionar o destino para onde a câmera deve levar o robô, cumprindo desta forma o seu papel.

O sensor com câmera 3D serve para medir a distância entre os objetos através de um laser que atinge o objeto-alvo e processa a luz refletida. E com isso passa a informação para o controlador, que analisa a posição atual e a posição de onde estão os tetos da vaca para auxiliar o braço a pegar uma das bombas de sucção e se aproximar do destino escolhido no visor sempre calculando qual será a melhor forma de chegar ao local e executar sua função, novamente, repetindo este processo mais três vezes para cada teto da vaca.

Assim após limpar e estimular os tetos, o sensor com câmera 3D encontra estes tetos, explicado acima e encaixa as bombas de sucção se iniciando a ordenha. O leite extraído vai para um reservatório próximo ao local de ordenha.



Figura 16: Aproximação do manipulador.

As técnicas de ordenhar são patenteadas e aplicadas da melhor forma possível. Após algum tempo de pesquisa se verificou que ordenhar por trás da vaca minimiza as chances de a vaca pisar ou danificar o equipamento.

As informações acerca da vaca, do leite e até sobre as tetas ficam armazenadas no sistema, são informações como por exemplo quantidade de leite extraído, fluxo do leite, última vez que o animal foi ordenhado, se possui ou já teve algum problema durante a ordenha ou com relação ao seu próprio estado de saúde. E estas informações podem ser acessadas por vários dispositivos, como por exemplo, celulares e computadores.



Figura 17: Atuação dos sensores de contraste.

Os sensores de contraste são usados para detectar diferenças em duas cores ou luminosidade no leite extraído. Neste caso o sensor identifica duas condições, qualquer cor encontrada fora do padrão do branco, no caso, é vista como um alerta e detectada pelo sensor.



Figura 18: Desinfetar os tetos da vaca.

Este leite extraído é constantemente verificado por este sensor de contraste pois caso seja encontrado sangue no leite, o processo é interrompido para que não haja contaminação do que já foi coletado e que os funcionários possam apurar o que pode ter acontecido com a vaca.

Por fim os tetos serão desinfetados para que não haja contaminação na vaca. Este procedimento é feito pelo braço robótico que pega uma espécie de borrifador atrelado à uma mangueira e aplica o composto em cada teto do animal após isto a porta da cabine se abre para a vaca sair, com isso o sistema já espera a próxima ordenha.

E finalmente como dito acima, o ciclo se encerra. É um sistema de certa forma complexo porém com diversos pontos positivos e inovadores, resultando em um aumento na produção do leite e um cuidado maior com o animal.

4. Problemas

A utilização da tecnologia é o grande passo para diversos setores. E a automação, sem necessidade da atuação de pessoas e automatização, necessita da atuação de pessoas, da ordenha de vacas em fazendas brasileiras não é diferente. A DeLaval é uma produtora de máquinas para laticínios e agricultura no Brasil e segundo o gerente de vendas Marcelo Corte, *“esse setor demanda análises diárias de fatores que desencadeiam em maior rentabilidade, como: secar ou descartar uma vaca que não está sendo mais rentável, realizar divisão de lotes, avaliar quantidades de alimentos, identificar cio e melhor momento para inseminação, realizar diagnósticos prévios de mastites subclínicas, entre outros”*. Diante disso a automação se torna uma grande aliada pois com ela é possível ter um feedback de informações e com isso melhorar sua produção, então por que as fazendas do Brasil não a implementam?



Figura 19: Fazenda de São Gotardo-MG.

Antes de citar as possíveis razões para tal, será apresentado o exemplo de uma fazenda em São Gotardo-MG, tem tudo controlada por aplicativos e com isso essa fazenda até parece uma indústria. O projeto nasceu da ambição de três sócios que gostariam de montar seu próprio negócio.

Apesar de recente este empreendimento já mostra seu resultado com grande potencial e o segredo por trás dessa produção foi a mudança dentro da fazenda atrelado à busca de conhecimento a respeito das vacas. Para viabilizar o projeto teve um investimento de 40 milhões segundo os três sócios, com a estimativa de retorno deste valor em 8 anos. Foi montado um enorme galpão onde as vacas permanecem sendo observadas 24 horas, porém este não foi o único motivo, as vacas tinham origem na Holanda e com um clima mais quente do Brasil não era possível extrair o máximo do leite porque a vaca se desgasta com o clima brasileiro, com isso o galpão precisa ter uma temperatura baixa para dar melhores condições a vaca. Para ordenhar são utilizados 6 robôs, cada robô teve um custo de 500 mil reais.

Dado o exemplo dessa fazenda o primeiro problema verificado é o financeiro, para as fazendas leiteiras de pequeno e médio ter este porte financeiro para conseguir aplicar este tipo de tecnologia em sua fazenda é uma grande dificuldade. Além do problema financeiro é identificado o clima brasileiro que pode afetar a produção de leite das vacas.

É possível também destacar que nem toda fazenda no Brasil tem um terreno para que seja possível montar um galpão deste tamanho. E espaço não é um fator que seja tão facilmente contornado já que se for preciso o proprietário iria ter que adquirir mais terras para ampliar seu terreno.

Outra complicação que deve ser observada é a integração da mão de obra com a tecnologia, infelizmente ainda é algo bem novo para o uso geral diante disto os robôs precisam ter uma interface simples e que seja possível para o funcionários compreender as informações, operar a máquina e assim tomar as melhores decisões.

5. Solução

Após o estudo de caso e analisar os problemas foram cogitadas algumas soluções até chegar numa ideia final. Como avaliado na seção anterior devemos ter alguns pontos em mente no porquê de o Brasil ainda não utilizar esse tipo de tecnologia. A solução para ser aplicado a automatização no Brasil precisa da inovação em ordenhar da Boumatic LLC juntamente com as adaptações feitas pela fazenda de São Gotardo-MG e unir e otimizar essas duas ideias para montar um caminho mais viável para introduzir esta nova era da ordenha para as fazendas do Brasil tendo em foco diminuir o custo e aproximar o campo da tecnologia, então não seria uma máquina totalmente autônoma para que o funcionário consiga operá-la de início, este projeto irá automatizar uma fazenda de ordenha pois como dito acima não será autônoma então não será uma automação, sem a necessidade de uma interferência humana e sim uma automatização que precisam da interferência humana.

O esboço a seguir é o conceito geral deste projeto adaptado da cabine GEMINI:

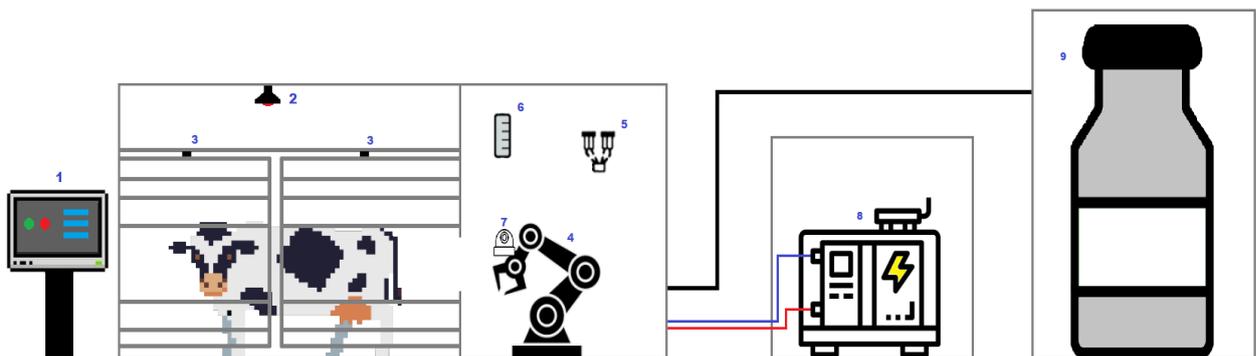


Figura 20: Esboço da Cabine adaptada da Boumatic.

LEGENDA:

- 1- PAINEL DE CONTROLE
- 2- SENSOR DE PRESENÇA
- 3- SENSOR DE PROXIMIDADE
- 4- MANIPULADOR
- 5- ÁREA DO EQUIPAMENTO DE ORDENHA
- 6- LIMPEZA
- 7- SENSORIAMENTO POR CÂMERA 3D
- 8- ALIMENTADOR
- 9- RESERVATÓRIO FINAL

Figura 21: Legenda para o esboço da Cabine.

É projetado esta cabine para ter uma altura de 2.40m, já que a altura média de uma vaca é de 1.50m assim o sensor de presença escolhido desempenhe sua função sem problemas, abaixo será mais bem explicado. O comprimento teria 6m para que o compartimento com o manipulador possa atuar sem qualquer dificuldade. E uma largura de 2m para ocupar além da vaca na parte da frente mas na parte traseira uma área para o robô atuar, seja utilizando o material para limpar os tetos como usar para ordenhá-la. Temos uma sala do alimentador para que forneça energia ao sensores, a limpeza e a área de ordenha. E mais à direita teremos o reservatório final armazenando o leite que fora ordenhado.

Abaixo um conceito geral de como ficaria à disposição dos equipamentos por outro ângulo dentro da cabine:

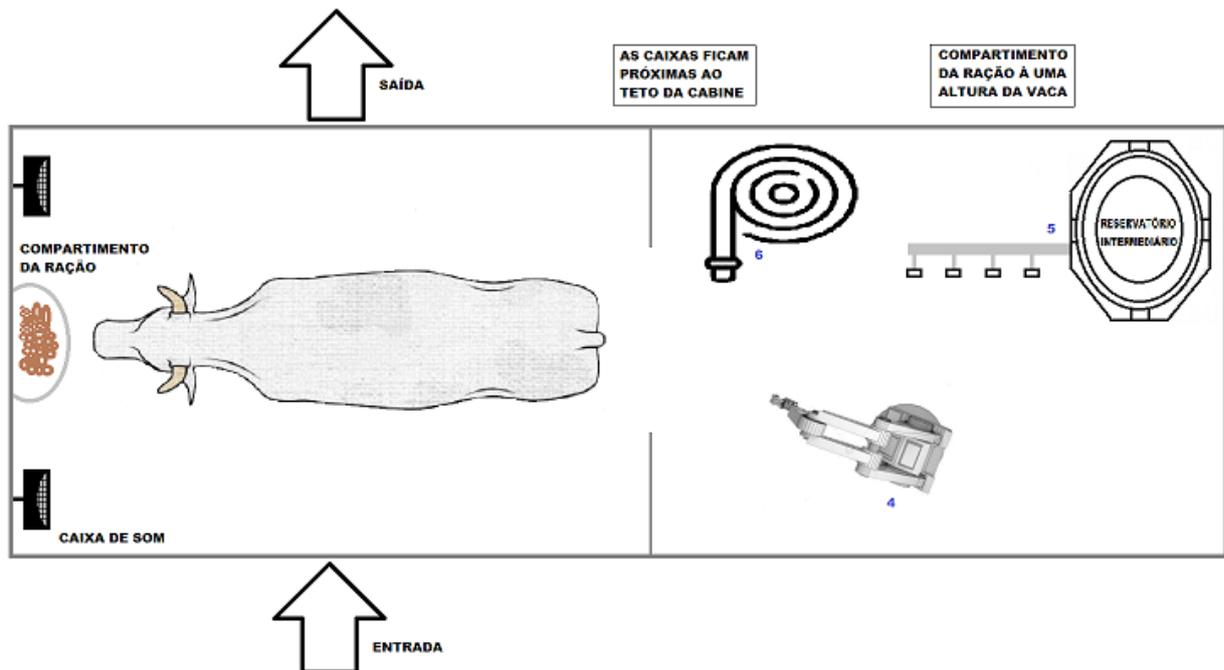


Figura 22: Distribuição dos equipamentos na Cabine.

Os números em azul remetem à legenda da figura 21.

5.1 Equipamentos e Funções

Com o desenho geral, será detalhado a seguir os componentes que devem ser utilizados para que a cabine funcione de acordo com o esperado.

A. Preparação e os Sensores de Proximidade e Sensor de Presença

Os primeiros componentes da cabine a serem detalhados seriam os sensores de presença e proximidade. O sensor de presença é o início de toda a operação, será o sensor fotoelétrico difuso - OBD1000-R100-2EP-IO esse tipo de equipamento funciona para diversas aplicações, pois possível ajustar seu alcance para até 1000mm, no caso deste projeto é para detecção de animais de médio e grande porte por meio de um sensor infravermelho que caso a luz infravermelha tenha seu sinal cortado indica a presença de um objeto.



Figura 23: Sensor de presença tipo: OBD1000-R100-2EP-IO.

O outro sensor que irá verificar se a porta da cabine estará fechada, será o sensor de proximidade indutivos da família IQY da fabricante SICK, do tipo IQ08-02BPOKW4SS08 como a porta da cabine será de metal o sensor do tipo indutivo se torna uma boa opção.



Figura 24: Sensor de proximidade indutivo tipo IQ08-02BPOKW4SS08.

O funcionamento deste sensor pode ser visualizado pela imagem abaixo, o sensor indutivo a identifica dependendo da distância selecionada. A distância selecionada tem nome de distância de comutação S_n que mede entre a face ativa do sensor e o metal ativador, quando ocorre o chaveamento elétrico, sendo está distância 2mm, do dispositivo, para justamente atender o objetivo de ter a porta fechada e travada.

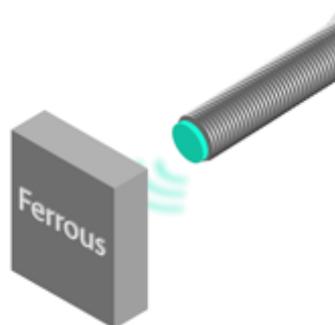


Figura 25: Exemplo de funcionamento do sensor de proximidade.

Desta forma o sensor indica que a porta esta fechada e o sistema pode ser iniciado. A primeira função que deverá acontecer é o acionamento de colocar um pouco de ração e também um pouco de música lenta, isto tem uma explicação. Estudos indicam que o som se demonstrada algo sensível entre as vacas, com elas ficando mais calmas ajuda na produção de leite e evitando que as mesmas liberem adrenalina que retem a produção de leite.

A descoberta disto foi um relatório da Modern Farmer vinculado ao estudo da Universidade de Leicester descobriu que a música lenta pode atenuar o estresse em vacas e aumentar a quantidade de leite que produzem em 3% com evidências anedóticas de várias empresas de laticínios. "Em termos de música, em meus 30 anos de trabalho com vacas leiteiras, descobri que a música pode ser benéfica para o bem-estar das vacas, mas deve ser consistente e calmante", dito por Juan Velez, vice-presidente executivo da Aurora Fazendas Orgânicas. Descobriu-se que as canções lentas têm um efeito lactacional positivo, enquanto as músicas mais rápidas, como os 'clássicos do Euro club', não fizeram diferença. "Não sei por que não há mais pesquisas sobre a relação vaca-música-produção de leite", segundo a Dra. Leanne Alworth, da Escola de Medicina Veterinária da Universidade da Geórgia. O relatório sugere que as descobertas podem ser atribuídas à música abafando os barulhos mecânicos altos consistentes com uma sala de ordenha, em oposição ao amor inerente da vaca por uma balada terna.

A partir deste relatório estes dois sentidos, audição e paladar, são bem sensíveis na vaca pois conseguem sentir a atmosfera do ambiente então sua adaptação deverá ser de forma gradual, por isso ao iniciar o processo buscamos oferecer um ambiente tranquilo ao animal dando um pouco de ração durante o processo e um som que atua como um calmante fazendo com que não haja problemas na quantidade de leite produzido, e com uma ordenha rápida e eficiente até a produção natural de leite da vaca acabará aumentando.

B. Sensoriamento por Câmera 3D

Com o sinal dado dos sensores se inicia a fase de pré-ordenha, onde a vaca deverá ser preparada para a ordenha. Com um braço robótico, detalhado mais a frente, e pensado inicialmente junto a uma câmera 3D da família machine vision TriSpectorP1000 / TriSpectorP 3D Belt Pick do tipo V3T13P-MR62A7S50, pois esta câmera 3D compacta e programável não importando a forma ou cor do objeto, o sensor está à altura do desafio e garante uma produção flexível e eficiente, porém acabou sendo escolhido outro sensor. O objetivo por trás da escolha de um sensoriamento por câmera 3D é servir como guia do robô, com sua tecnologia de gravação de imagem linear 3D é possível ajudar o robô a chegar ao destino desejado e como ele é programável pode ser usado para o nosso caso, encontrar os tetos da vaca.



Figura 26: Câmera 3D tipo: V3T13P-MR62A7S50.

Através desse sensoriamento por câmera 3D é possível encontrar os tetos das vacas para a atuação do manipulador em cada processo da ordenha. Como por exemplo o braço levando a bomba de sucção com auxílio de um encoder para saber sua posição e o sensoriamento da câmera 3D para encontrar a localização do teto da vaca. No caso deste sensor da SICK em especial, as imagens acerca dos tetos ficam salvas na nuvem do SICK AppSpace SensorApps da família 3D Belt Pick, assim o funcionário pode acessá-las de qualquer aparelho, seja um celular ou computador.

C. Limpeza, Ordenhadeira e Sensor de Contraste

Antes da ordenha, é necessário fazer a limpeza e o estímulo dos tetos e isto ocorre na fase de pré-ordenha.

A limpeza desempenhada por meio de uma bomba de sucção de uma mangueira e levada até os tetos por meio do manipulador, que servirá para limpar e estimular os tetos para finalizar a parte de pré-ordenha e com isso iniciar, de fato, a fase de ordenha.

Para montar a ordenhadeira os componentes foram adquiridos em separado para montagem, pois a maioria das ordenhadeiras vendidas são em um tipo de conjunto completo, onde as teteiras estão ligadas para que uma pessoa as coloque de uma vez. No caso deste projeto é preciso colocar uma de cada vez como auxílio do manipulador.



Figura 27: Conjunto com quatro teteiras.

Acima é observado as quatro teteiras separadas que serão montadas com mangueiras de silicone para transportar este leite em um pequeno compartimento antes de chegar ao reservatório, pois antes de entrar neste compartimento o leite será analisado por um sensor de contraste buscando verificar se não há nenhum problema com o leite, em alguns casos pode ocorrer de haver sangue no meio do leite, com isso é necessário parar a ordenha e descobrir a causa disto.

O sensor de contraste para esta tarefa seria o da SICK da família KT8 do tipo KT8L-P3656, este sensor tem um alcance de no máximo 150 milímetros, do qual é uma boa distância pois o sensor estará bem próximo do tubo para examinar o estado do leite. Com relação a um contraste preto e branco 6%/90%, permitindo que o sensor relate qualquer cor diferente do branco.



Figura 28: Sensor de contraste do tipo KT8L-P3656.

Abaixo é a montagem desta estrutura para a área dos equipamentos para ordenha:

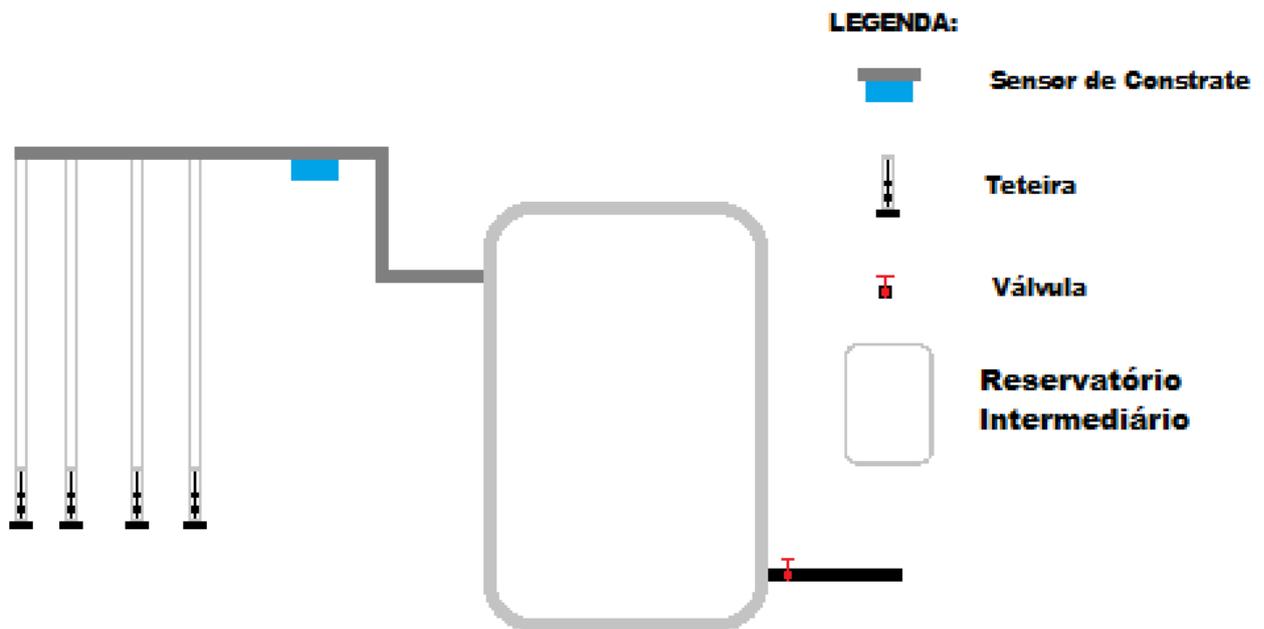


Figura 29: Esquema da área dos equipamentos para Ordenha.

Após terminar de ordenhar a vaca, e com o sensor de contraste não ter alertado nada, a válvula irá permitir a passagem deste leite que foi extraído para o reservatório final.

D. Manipulador Robótico

O manipulador robótico, uma das peças vitais desta cabine pois é com ele que todo o trabalho se torna possível, consegue sempre manter o mesmo nível de trabalho para todas as vacas ordenhadas obtendo assim um padrão de excelência. Na procura por qual manipulador deveria ser utilizado foi necessário fazer um levantamento sobre o que esperar deste braço robótico.

O robô precisa ter movimentos amplos no caso uma melhor opção seria um com seis graus de liberdade, o motivo é poder girar a base e as demais articulações, estender tanto para os lados quanto em altura e a adicionar uma garra para segurar os equipamentos para efetuar a pré-ordemha e a ordemha. O robô não deve ser muito grande por conta do espaço destinado a ele, e não precisa carregar tanto peso já que os equipamentos que irá manejar são leves e como um funcionário atuará durante o processo este robô não será totalmente autônomo e sim um robô articulado de seis eixos.

O primeiro braço robótico analisado é da fabricante KUKA da família KR CYBERTECH nano estão otimizados para o manuseio de pequenos componentes em locais de utilização quase que ilimitados. Com um escalonamento muito pequeno de capacidade de carga de 6, 8 e 10 quilogramas e tipos de robôs perfeitamente harmonizados entre si, você tem exatamente aquele robô que realmente é necessário – para máxima eficiência e economia. Este robô de pequeno porte mas com um bom alcance consegue atuar no espaço dentro da cabine sem dificuldades, com seis eixos livres pode alcançar a mangueira para limpeza e as teteiras para fazer seu trabalho. Porém poderia haver um empecilho em como integrar o sensoriamento por câmera 3D com este robô da KUKA, dessa forma o robô a seguir da ABB tem uma solução mais simples.



Figura 30: KR CYBERTECH nano da KUKA

Ficha técnica fornecida pela KUKA do KR CYBERTECH nano modelo KR 6 R1840-2:

Maximum reach	1840 mm
Maximum payload	9 kg
Rated payload	6 kg
Rated supplementary load, rotating column / link arm / arm	0 kg / 0 kg / 10 kg
Pose repeatability (ISO 9283)	± 0.04 mm
Number of axes	6
Mounting position	Floor; Ceiling; Wall; Desired angle
Footprint	333.5 mm x 307 mm
Weight	approx. 162 kg

Figura 31: Ficha técnica do KR CYBERTECH nano modelo KR 6 R1840-2.

O segundo analisado é o robô industrial de seis eixos IRB 1300 da ABB, tem alcance e capacidade de elevação para atender a aplicações de alta carga em eletrônica, indústria em geral, alimentos e bebidas, logística e produção automotiva de nível 1. A versão escolhida, dentre três, foi com carga de até 7 kg e alcance de 1,4 m.



Figura 32: IRB 1300 da ABB.

Atendendo à necessidade de maximizar a capacidade de produção enquanto economiza espaço, o ABB IRB 1300 é quase 60 por cento mais leve e um sexto do tamanho do robô IRB 1600 da ABB. Ocupando apenas 220 mm por 220 mm de superfície, o IRB 1300 permite que mais robôs sejam implantados em uma determinada área.

Ficha técnica fornecida pela ABB do IRB 1300 modelo 7/1.4:

Robot version	IRB 1300-7/1.4
Reach (m)	1.4
Payload (kg)	7
Armload (kg)	0.5
Number of axes	6
Protection	IP40 (Standard) IP67, CR, Foundry plus ² (Optional)
Mounting	Any angle
Controller	OmniCore
Integrated signal and power supply	24 Signals on wrist (C1+C2+C3) (Optional)
Integrated air supply	Φ6 x 4 air on wrist (Max. 6 Bar) (Optional)
Integrated ethernet	One 1000 Base-T ethernet port (Optional)
Performance (according to ISO 9283)	
Repeatability, RP (mm)	0.03mm
1 kg picking cycle	
25 x 300 x 25 mm	0.45s
Physical	
Robot base	
Robot weight	78.5 kg

Figura 33: Ficha técnica do IRB 1300 modelo 7/1.4.

Porém até agora do que foi analisando o robô da KUKA também consegue ter este desempenho, ambos possuem um alcance ótimo, são pequenos para serem implementados dentro da cabine, o número de graus de liberdade dos dois é seis. Também podem ser montados em qualquer ângulo, mas isso acaba não importando muito já que o manipulador será montado no chão da cabine. Os valores dos robôs são até próximos, robô da KUKA gira em torno R\$ 170.000,00 e robô da ABB com FlexVision gira em torno R\$ 180.000,00.

Agora apontando algumas diferenças, começando pelo peso, da KUKA mesmo sendo um modelo nano acaba sendo bem mais pesado que o modelo da ABB o que eventualmente não é um fator determinante para a escolha pois uma vez colocado robô permaneceria neste mesmo local até mesmo para eventuais manutenções, contudo, uma razão forte para a escolha da ABB possuir um sistema de visão integrada para seus robôs, FlexVision 3D. A própria marca tem um sistema integrado que é opcional para seus robôs e no caso KUKA seria necessário implementar um sensor de outra marca podendo ser uma complicação para o uso.



Figura 34: FlexVision 3D.

O sistema FlexVision™ guia os robôs por visão 3D (VGR) que identifica e reage às mudanças no ambiente de trabalho industrial. O FlexVision™ 3D permite que os robôs da ABB localizem com precisão os pontos de controle de um objeto desorientado em um espaço 3D.

Com as opções em análise a escolha pelo IRB 1300 foi por conta deste sistema integrado de visão 3D da própria marca evitando qualquer problema de comunicação que poderia haver entre o sensor por câmera 3D com o manipulador, ambos sendo de marcas diferentes, SICK e KUKA, respectivamente.

E. Alimentador e Reservatório Final

O projeto necessita de um alimentador que verificando as especificações dos equipamentos tem como objetivo fornecer uma sala com este(s) alimentador(es) necessário(s).

Um reservatório que deverá armazenar e manter em ótimo estado todo leite que passar pelo controle de qualidade e do sensor de contaste.

F. Cobertura

Para combater o calor de algumas regiões no Brasil e evitar o estresse térmico que afeta a produção do leite, deve ser reservado uma área para a cabine onde este local receberá uma cobertura de um tamanho que englobe a cabine e tenha um espaço para as vacas ficarem protegidas do sol. Caso a fazenda já tenha um local com um ambiente mais fresco ou um galpão recomenda-se a instalação da cabine nestes tipos de locais.

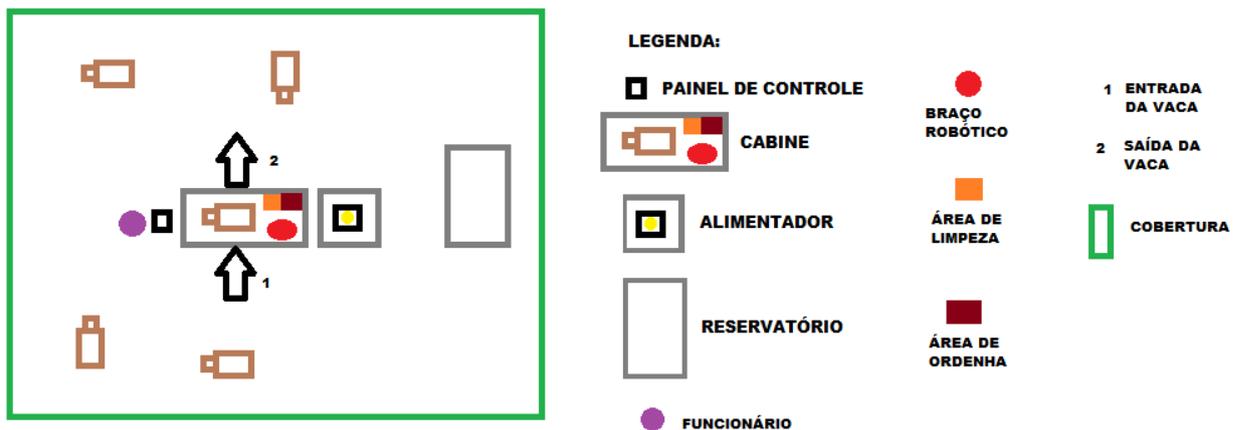


Figura 35: Esboço para uma cobertura para a Cabine

5.2 Painel de Controle

Agora será apresentado como deverá ser esta interface no painel de controle que fará essa intermediação entre homem e máquina, tendo uma interface bem amigável (user friendly) que busca dialogar com o funcionário de forma prática e eficiente.

Foi utilizado o programa do LabVIEW, onde foi montado uma estrutura de simulação de um painel de controle que compõe um projeto.

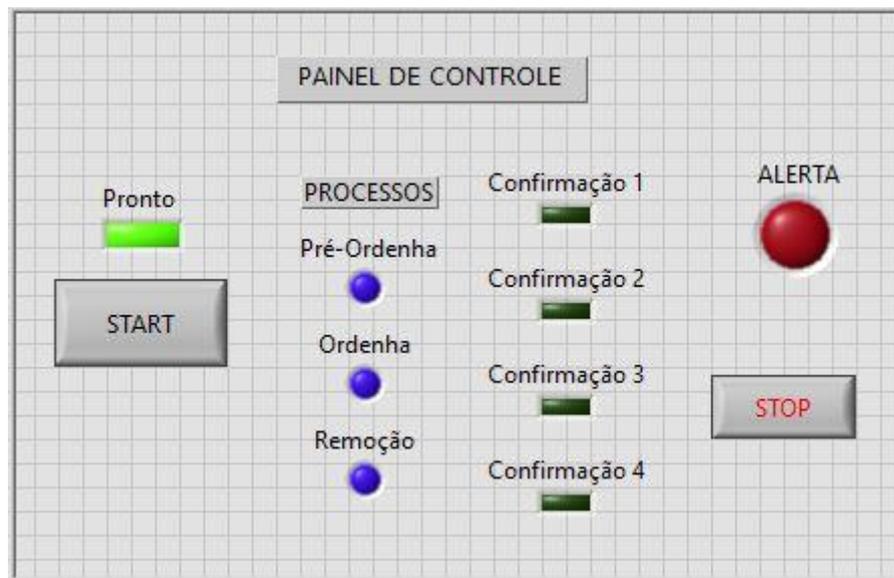


Figura 36: Painel de Controle para a Cabine.

Ao posicionar a vaca dentro da cabine e com as portas fechadas, um LED verde ficará aceso com a legenda "Pronto", indicando que o sistema já possui as condições iniciais para começar o procedimento. Com o botão "START" apertado, é introduzido o processo de pré-ordenha com isso o LED azul deste processo irá acender, que consiste na função de limpar e estimular os tetos da vaca.

A próxima fase é da ordenha, existe a troca do LED azul, apagando o de pré-ordenha e acionando o de ordenha, e dessa forma os LEDs de confirmação se acenderão conforme o robô estiver posicionando as bombas de sucção iniciando de fato a ordenha. Após esta etapa é a remoção e a preparação para um novo ciclo.

Na última parte da direita há um botão de "STOP", caso o funcionário perceba alguma irregularidade ele aperta o botão e o sistema irá parar. E um LED vermelho de "ALERTA" que está conectado ao sensor de contraste, caso encontre algum problema no leite será ativado o botão "STOP" para verificar o estado da vaca e do leite.

5.3 Programação

Para auxiliar no entendimento da lógica e ficar mais simples a visualização foi montado um fluxograma, mostrando o passo a passo da cabine.

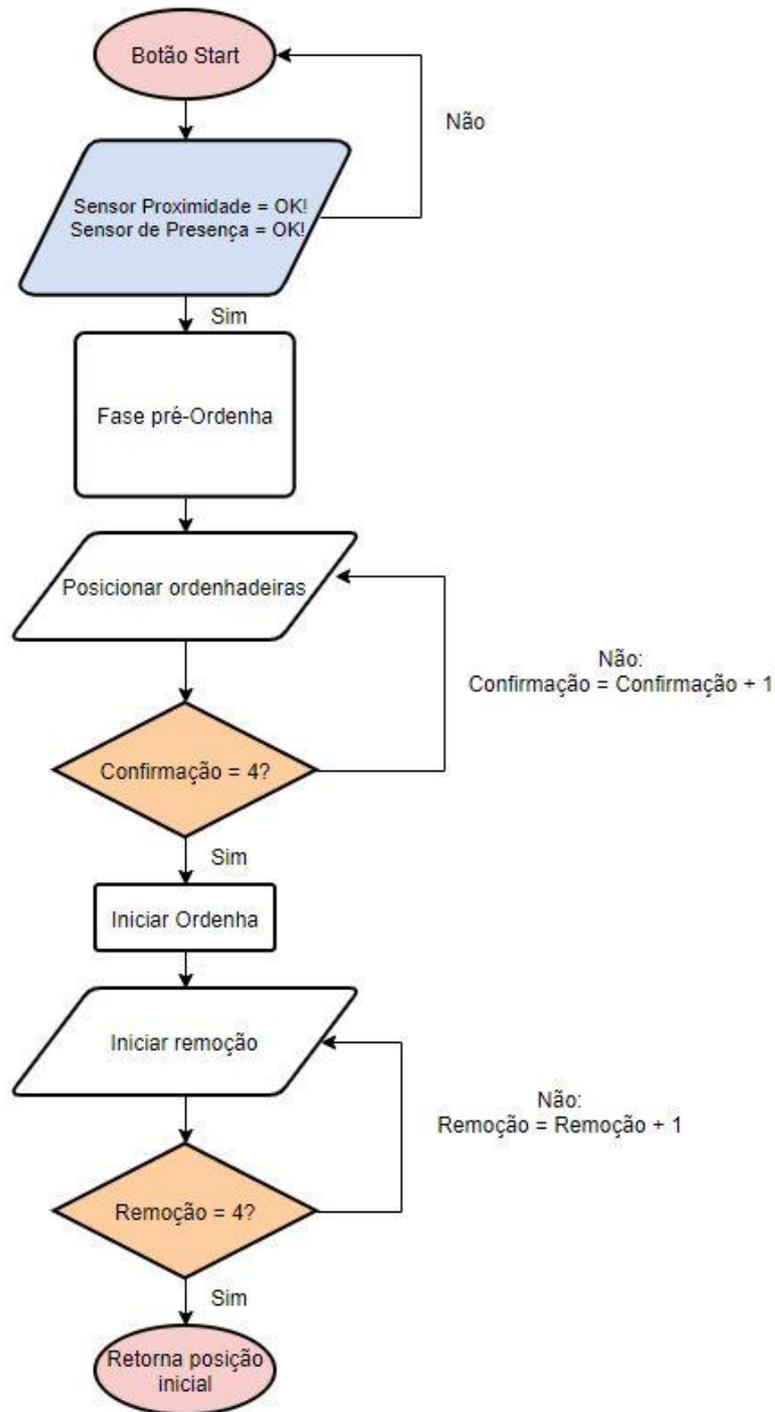


Figura 37: Fluxograma da Ordenha

Com o fluxograma é feito a lógica do CLP para ordenhar a vaca, utilizando o programa Zeliosoft 2:



Figura 38: Programação inicial.

Primeiramente o funcionário deve conduzir a vaca até a cabine e com isso apertar o botão START no painel. A porta se fechará indicando que tudo está de acordo para se iniciar o processo de ordenhar.



Figura 39: Programação da Pré-Ordenha.

Na primeira fase teremos a pré-ordenha, onde o braço robótico irá limpar e estimular os tetos para seguir com a segunda fase.

Para a segunda fase da ordenha, o atuador deve posicionar as bombas de sucção em seus devidos lugares. Com a confirmação de cada bomba posicionada nos tetos se inicia o processo de extração do leite.

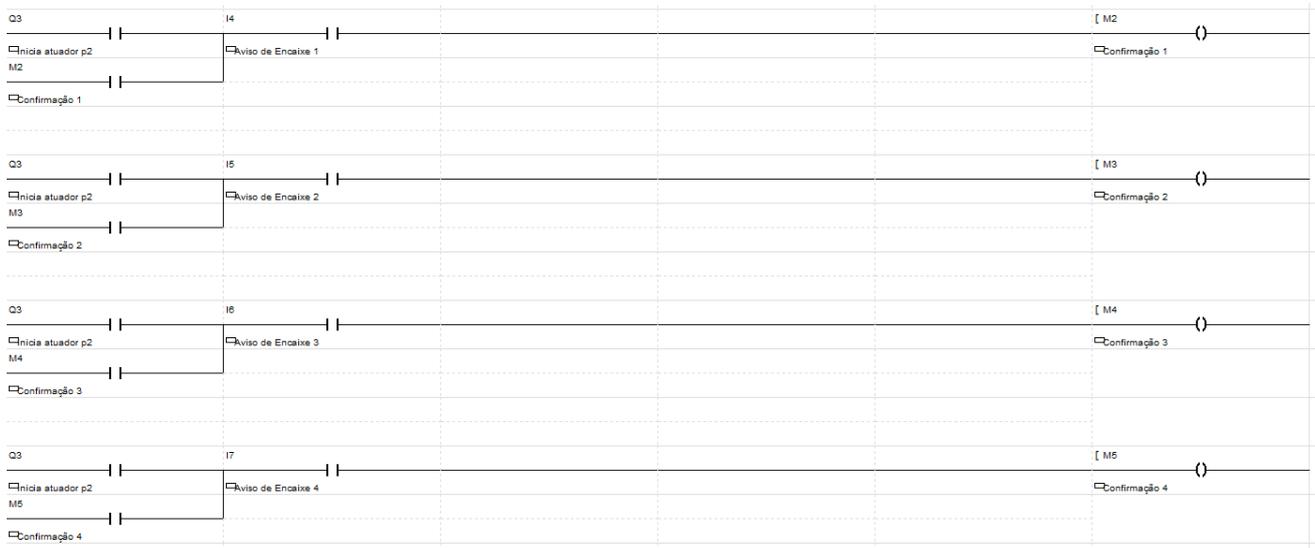


Figura 40: Programação da Ordenha.

Após o período da ordenha ser concluído serão removidas as bombas de sucção de cada teto da vaca, com os sensores de encaixe não mais ativando o atuador que volta para posição inicial esperando um novo ciclo.

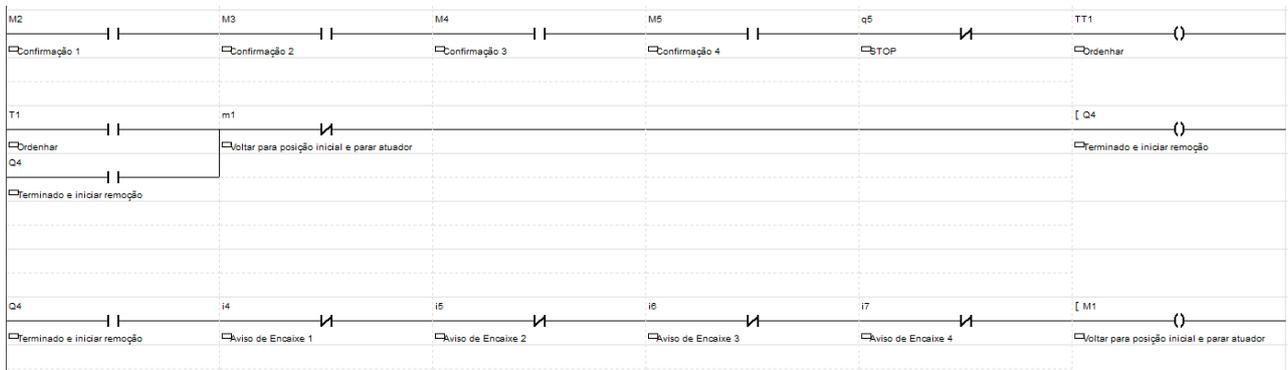


Figura 41: Programação de Remoção.

Foi adicionado um botão STOP, para que se o funcionário identificar qualquer tipo de problema pode acionar e evitar danos tanto à vaca quanto ao equipamento.

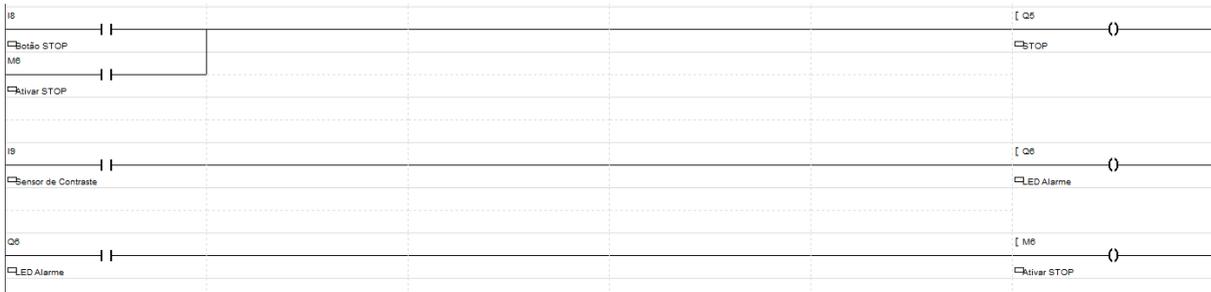


Figura 42: Programação de Emergência.

Além do botão STOP, também é condicionado ao sensor de contraste, que verifica se existe a presença de sangue no leite, acionar um LED que ativa a função STOP e cessa o processo para que o funcionário retire a vaca e possa tratá-la.

6. Conclusão

Este projeto visa uma integração homem máquina de forma acessível financeiramente e da melhor maneira possível para o animal. Com inspiração nas ideias da Boumatic porém salvo algumas mudanças para o Brasil, seja por meio de adaptações e escolha de equipamentos mais baratos feitos no Brasil com recursos para tornar a ordenha mais fácil e tranquila para o animal.

Conseqüentemente a escolha pela automatização se torna um caminho natural para a melhora da produção do leite e para o tratamento do animal, pois além da cabine fazer a ordenha, ela consegue verificar se existe algum problema presente na vaca dessa forma é possível tratá-la o quanto antes.

Como resultado, visando o melhor bem-estar da vaca e, principalmente, do produtor, além de ganho de produtividade e redução no custo de produção, dois pontos fundamentais para aumentar a eficiência da atividade e a competitividade dos sistemas de produção. Abaixo tem uma tabela com os preços estimados dos equipamentos citados para montar a cabine:

Tabela 1: Tabela de custos

Componentes	Modelo	Custo
Sensor de Proximidade	IQ08-02BPOKW4SS08	R\$950,00
Sensor de Presença	OBD1000-R100-2EP-IO	R\$450,00
Estrutura da Cabine	-	R\$20.000,00
Braço Robótico	IRB 1300 7/1.4	R\$180.000,00
Sensor de Contraste	KT8L-P3656	R\$350,00
Área da Ordenhadeira	-	R\$2.000,00
Área de Limpeza	-	R\$1.200,00
Total	-	R\$204.950,00

As fornecedoras IRB, KUKA, SICK e Pepperl+Fuchs da divisão do Brasil providenciaram estes valores. E a montagem da cabine e das áreas de ordenha e limpeza foi um levantamento feito de quanto custaria. É observado que o custo total gira em torno de duzentos e cinco mil reais, muito menos do que o preço da cabine da Boumatic de cem mil euros, convertendo na cotação atual feita durante esta época, seria por volta de seiscentos e vinte mil reais. O investimento ainda aparenta ser um pouco alto para os padrões nacionais porém uma cabine já consegue trazer uma mudança na rotina da fazenda.

A opção de montar uma cabine para a automatização ao invés de montar uma estrutura maior é uma boa maneira introduzir uma tecnologia sem custos elevados e atendendo a demanda da própria fazenda e claro conseguir fazer uma transição do trabalho manual para o semiautomático de maneira mais suave tanto para o funcionário quanto para o animal pois assim não passam por grandes mudanças.

Por fim, como dito anteriormente este projeto tenta buscar novas formas e adaptações do que já é encontrado pelo mundo e implementar no Brasil conforme sua renda, clima e disponibilidade. E com uma cabine de ordenha é possível unir estes três fatores para que o proprietário aproveite a modernidade e entre nessa nova era da ordenha.

7. Referências

<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2019/03/24/fazenda-de-leite-em-mg-ordenha-com-robos-e-mantem-vacas-longo-do-sol.ghtml> - Último acesso 02/06/2021

https://boumatic.com/pt_en/products/gemini-miking-robot-1 - Último acesso 02/06/2021

https://boumatic.com/pt_en/products/realtime-activity-1 - Último acesso 02/06/2021

THOMAZINI, Daniel; DE ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga. Sensores Industriais: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES. ERICA, 2011.

http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18451/material/arte_a_automacao_industrial.pdf - Último acesso 02/06/2021

VILELA, D. Perspectivas para a produção de leite no Brasil. In: TEIXEIRA, J. C.; DAVID, F. M.; ANDRADE, G. A.; ÍTALO NETO, A.; TEIXEIRAS, L. F. A. C. **Avanços em produção e manejo de bovinos leiteiros** Lavras: UFLA, 2002. p. 225-262.

<https://laticiniosholandes.com.br/vacas-felizes-produzem-mais-leite/> - Último acesso 02/06/2021

<https://www.independent.co.uk/news/weird-news/cows-make-more-milk-when-listening-slow-jams-9138896.html> - Último acesso 02/06/2021

<https://www.kuka.com/pt-br/produtos-servi%C3%A7os/sistemas-de-rob%C3%B4/rob%C3%B4s-industriais/kr-cybertech-nano> - Último acesso 02/06/2021

<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1300> - Último acesso 02/06/2021

<https://new.abb.com/products/robotics/application-equipment-and-accessories/vision-systems/flexvision-3d> - Último acesso 02/06/2021

<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/Leite/noticia/2020/10/com-aumento-de-productividade-producao-de-leite-aumentou-em-2019.html#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20leite%20de,R%24%2043%2C1%20bilh%C3%B5es> - Último acesso 02/06/2021

<https://www.sick.com/br/pt/sensores-de-contraste/kt8/kt8l-p3656/p/p169055> - Último acesso 14/06/2021

<https://www.sick.com/br/pt/processamento-de-imagens-na-industria/vision-3d/trispectorp1000/v3t13p-mr62a7s50/p/p655284> - Último acesso 14/06/2021

<https://www.sick.com/br/pt/sensores-de-proximidade-indutivos/sensores-de-proximidade-indutivos/iqy/iq08-02bpokw4ss08/p/p414845> - Último acesso 14/06/2021

https://www.pepperl-fuchs.com/brazil/pt/classid_47.htm?view=productdetails&prodid=69880 - Último acesso 14/06/2021

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paineldeclp.jpg> - Último acesso 14/06/2021