



**MATHEUS TERRA DE ANDRADE**

**PROJETO DE CONCEPÇÃO BÁSICA:  
SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CULTIVO DE TOMATE EM  
AMBIENTE PROTEGIDO**

**LAVRAS - MG**

**2019**

**MATHEUS TERRA DE ANDRADE**

**PROJETO DE CONCEPÇÃO BÁSICA:  
SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CULTIVO DE TOMATE EM AMBIENTE  
PROTEGIDO**

Concepção Básica apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos Técnicos  
da Biblioteca Universitária da UFLA**

Andrade, Matheus Terra de

Projeto de Concepção Básica : Sistema de automação para cultivo de tomate em ambiente protegido / Matheus Terra de Andrade. 1<sup>a</sup> ed. rev., atual. e ampl. – Lavras : UFLA, 2019.

44 p. : il.

TCC (graduação)–Universidade Federal de Lavras, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Lima.

Bibliografia.

1. Sistema de automação. 2. Cultivo de tomate. 3. Ambiente protegido. 4. Viabilidade Econômica I. Lima, Luiz Antônio. II. Título

**MATHEUS TERRA DE ANDRADE**

**PROJETO DE CONCEPÇÃO BÁSICA: SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CULTIVO  
DE TOMATE EM AMBIENTE PROTEGIDO  
BASIC CONCEPT PROJECT: AUTOMATION SYSTEM FOR GROWING TOMATO IN  
GREENHOUSES**

Concepção Básica apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 22 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima           UFLA  
Prof. Dr. Felipe Oliveira e Silva      UFLA  
Prof. Dr. André Luís Gonçalves Costa UFLA

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer à minha mãe, irmãos e demais familiares pelo suporte, amor e carinho. Aos meus professores do curso de Engenharia de Controle e Automação e também de outros cursos da UFLA, pelo conhecimento transferido. Entre esses, um agradecimento especial ao meu orientador Luiz Antônio Lima, que aceitou de prontidão me orientar e me concedeu suporte teórico e prático para realizar o trabalho. Fica também o meu agradecimento a todos os amigos que me acompanharam ao longo dessa jornada.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de uma proposta de um sistema de automação para o cultivo de tomate em ambiente protegido. Durante a realização do mesmo, são estudadas as principais variáveis de ambiente diretamente ligadas ao êxito do cultivo, para encontrar alternativas que atendam às exigências do produtor. São feitas então duas propostas, ambas utilizando sensores de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar global e condutividade elétrica. O que as diferencia é a escolha do controlador: uma proposta com um Controlador Lógico Programável (CLP), que é mais robusto e permissivo à expansão, porém com um custo um pouco maior; e a segunda proposta com um controlador menos robusto e de menor custo, mas que atende a necessidade inicial do produtor. O foco foi identificar os pontos de aprimoramento do processo e realizar o estudo de viabilidade econômica de cada proposta. Os resultados de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback* são bastante expressivos e viáveis para as duas propostas e conclui-se que a decisão final depende da capacidade inicial de investimento e qual o planejamento do produtor para o futuro.

**Palavras-chave:** Sistema de automação. Cultivo de tomate. Ambiente protegido. Viabilidade Econômica

## ABSTRACT

The goal of this work is the elaboration of a proposal of an automation system for tomato cultivation in greenhouses. During this project, are investigated the main environment variables directly linked to the cultivation success, to find alternatives that meet the demands of growers. Two proposals are then made, both using temperature, humidity, solar radiation and electric conductivity sensors. What sets them apart is the choice of controller: the first proposal with a Programmable Logic Controller (PLC), which is more robust and allows expansion, but with higher cost; and the second proposal with a less robust and cheaper microcontroller, that reaches the initial requirements of growers. The focus is identify the process improvement points and bring the economic feasibility study of each proposal. The Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and payback results are quite significant and viable for both proposals and it can be concluded that the final decision depends on the initial investment capacity and what is the producer's planning for the future.

**Keywords:** Automation system. Growing tomato. Greenhouses. Economic Feasibility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estufa . . . . .	10
Figura 3.1 – Tomates cultivados em ambiente protegido . . . . .	11
Figura 4.1 – Planta da estufa . . . . .	15
Figura 4.2 – Planta da casa de bombas . . . . .	16
Figura 4.3 – CLP Weg Clic02 . . . . .	17
Figura 4.4 – StratoPi Base 3B+ . . . . .	17
Figura 4.5 – Sensores PT100, à esquerda, e RHT DM, à direita . . . . .	18
Figura 4.6 – Sensor Davis 6450 . . . . .	19
Figura 4.7 – Sensor CCT-3320 . . . . .	19
Figura 4.8 – Injetor Venturi 1.1/2 . . . . .	20
Figura 4.9 – Válvula Solenoide Pgv1 . . . . .	21
Figura 4.10 – Exemplo de Sistema Supervisório . . . . .	22
Figura 7.1 – Gráfico de balanço de investimentos em 10 anos para a proposta 1 . . . . .	33
Figura 7.2 – Gráfico de balanço de investimentos em 10 anos para a proposta 2 . . . . .	34
Figura 1 – Diagrama P&ID para a Proposta 1 . . . . .	38
Figura 2 – Diagrama P&ID para a Proposta 2 . . . . .	38
Figura 3 – Orçamento CLP Weg Clic 02 . . . . .	39
Figura 4 – Orçamento Componentes CLP Weg Clic 02 . . . . .	40
Figura 5 – Orçamento StratoPi . . . . .	41
Figura 6 – Orçamento Sensores de Temperatura e Temperatura e Umidade . . . . .	41
Figura 7 – Orçamento Radiação Sensor Davis 6450 . . . . .	42
Figura 8 – Orçamento Sensor CE - CCT-3320 . . . . .	42
Figura 9 – Orçamento Injetor Venturi . . . . .	43
Figura 10 – Orçamento Válvula Solenoide PGV1 . . . . .	43
Figura 11 – Orçamento Computador I3 2120 . . . . .	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Orçamento dos componentes utilizados na proposta 1 . . . . .	23
Tabela 5.2 – Orçamento dos componentes utilizados na proposta 2 . . . . .	24
Tabela 7.1 – Depreciação dos equipamentos para cada proposta . . . . .	28
Tabela 7.2 – Despesas operacionais dos equipamentos . . . . .	29
Tabela 7.3 – Despesas operacionais para cada proposta . . . . .	29
Tabela 7.4 – Despesas com manutenção para cada proposta . . . . .	29
Tabela 7.5 – Análise Econômica para a Proposta 1 . . . . .	32
Tabela 7.6 – Análise Econômica para a Proposta 2 . . . . .	32
Tabela 7.7 – Resultados de VPL, TIR e payback para as duas propostas . . . . .	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>A chácara</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Temperatura</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Umidade relativa do ar</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Luminosidade</b>	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>Condutividade elétrica</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Instrumentação e Controle de Variáveis</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>Planta e disposição dos sensores</b>	<b>14</b>
<b>4.3</b>	<b>Controlador</b>	<b>16</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Proposta 1: Controlador Lógico Programável</b>	<b>16</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Proposta 2: Microcontrolador Strato Pi</b>	<b>17</b>
<b>4.4</b>	<b>Descrição dos demais componentes utilizados</b>	<b>18</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Sensores de umidade e temperatura</b>	<b>18</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Sensor de radiação solar global</b>	<b>18</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Sensor de condutividade elétrica</b>	<b>19</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Injetor Venturi</b>	<b>20</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Válvulas solenóide</b>	<b>20</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Computador</b>	<b>21</b>
<b>4.5</b>	<b>Sistema supervisorio</b>	<b>21</b>
<b>4.6</b>	<b>Diagrama P&amp;ID de cada proposta</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>LEVANTAMENTO DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Proposta 1</b>	<b>23</b>
<b>5.2</b>	<b>Proposta 2</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS</b>	<b>25</b>
<b>6.1</b>	<b>Levantamento dos Benefícios Monetizáveis</b>	<b>25</b>
<b>6.2</b>	<b>Levantamento dos Benefícios Não-Monetizáveis</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>26</b>
<b>7.1</b>	<b>Taxa Mínima de Atratividade</b>	<b>26</b>

<b>7.2</b>	<b>Valor Presente Líquido</b>	<b>26</b>
<b>7.3</b>	<b>Método da Taxa Interna de Retorno</b>	<b>27</b>
<b>7.4</b>	<b>Composição do Fluxo de Caixa do Projeto</b>	<b>28</b>
<b>7.4.1</b>	<b>Depreciação</b>	<b>28</b>
<b>7.4.2</b>	<b>Despesas Operacionais</b>	<b>28</b>
<b>7.4.3</b>	<b>Despesas com Manutenção</b>	<b>29</b>
<b>7.4.4</b>	<b>Resíduo</b>	<b>30</b>
<b>7.4.5</b>	<b>Retorno</b>	<b>30</b>
<b>7.4.6</b>	<b>Taxa Mínima de Atratividade</b>	<b>32</b>
<b>7.5</b>	<b>Fluxo de Caixa do Projeto</b>	<b>32</b>
<b>7.6</b>	<b>Resultados da Análise de Viabilidade Econômica</b>	<b>33</b>
<b>7.7</b>	<b>Recomendação</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>37</b>
	<b>APENDICE A – Diagrama P&amp;ID para as Propostas</b>	<b>38</b>
	<b>APENDICE B – Orçamento dos produtos</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura praticada nos moldes tradicionais, geralmente conduzida a céu aberto, está sujeita à sazonalidade climática, fazendo com que somente alguns períodos do ano sejam favoráveis ao desenvolvimento de plantas. Além da sazonalidade, existem outros problemas que podem aparecer, por exemplo contaminação fitopatogênica, pragas e fenômenos naturais, como tempestades ou geadas (BEZERRA, 2003).

Para resolver ou amenizar os problemas citados acima, observa-se há muitos anos o crescimento do sistema de cultivo em ambiente protegido na produção de hortaliças, que vem resultando em produtos de qualidade e com riscos bastante reduzidos. Dessa maneira, o produtor pode elaborar um cronograma de produção por um período maior de tempo e, conseqüentemente, obter melhor remuneração e maior estabilidade de preços (FIGUEIREDO, 2011).

A necessidade de redução de custos, aumento de produtividade e conseqüentemente lucratividade, atrelados à capacidade tecnológica dos dias de hoje, está fazendo com que haja uma crescente procura por processos de automação e modernização no cultivo de hortaliças. Portanto, os produtores, sejam eles pequenos ou grandes, estão em buscas de alternativas de sistemas automatizados que possam atender sua demanda.

As etapas para desenvolver este trabalho consistem em: identificar o problema a ser resolvido; analisar o cenário no qual o sistema será implantado; escolher os equipamentos que se encaixam na resolução do problema; e analisar os custos através de diferentes formas de realizar o projeto. Além da metodologia aplicada e descrita nas próximas etapas, apresenta-se também os resultados obtidos. Em seguida, o trabalho é concluído analisando-se a viabilidade das alternativas apresentadas e a recomendação de uma delas, baseada na realidade do produtor.

## 2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho tem por objetivo a investigação de um problema particular, cujos nomes específicos "Chácara Encanto" e do "produtor Chico" são fictícios. Contudo, o desenvolvimento foi elaborado a partir de pesquisa de situações reais e presentes em projetos no campo, indústria, comércio, ou mesmo em projetos acadêmicos.

### 2.1 A chácara

A chácara Encanto iniciará o cultivo de tomates em ambiente protegido e seu proprietário e produtor Chico está procurando por um sistema de automação que permita um controle ótimo das variáveis importantes ao sistema, de modo a aumentar sua produtividade e, por consequência, seu faturamento.

Ele conta atualmente com uma estufa, na qual o sistema será instalado. A estufa possui 10 m de comprimento e 36 m de largura, totalizando 360 m<sup>2</sup> de área. A chácara conta também com uma casa de bombas, onde estão instaladas as bombas da irrigação e os tanques com solução para a fertirrigação. Na figura 2.1 é possível observar um exemplo de estufa de cultivo de tomate.

Figura 2.1 – Estufa



Fonte: Plantfort Estufas Agrícolas (2019)

### 3 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O cultivo de tomate em ambiente protegido oferece mais segurança em relação ao cultivo a céu aberto por possibilitar maior controle à variáveis como temperatura, vento, luminosidade, umidade do ar e condutividade elétrica da solução do solo. Portanto, o objetivo é realizar o controle dessas variáveis uma vez que a eficácia da produção está diretamente relacionada às mesmas (SILVA; RODRIGUES; PAGIUCA, 2014). Na figura 3.1 é possível observar exemplo de tomates cultivados em estufas. Nas próximas seções estão as variáveis que serão controladas pelo sistema de automação, explicitando a importância do controle das mesmas.

Figura 3.1 – Tomates cultivados em ambiente protegido



Fonte: Autor (2019)

#### 3.1 Temperatura

A temperatura é um fator que exerce influência sobre diversas funções vitais das plantas, como: germinação, crescimento, transpiração, respiração, fotossíntese, floração e frutificação. Todas as culturas possuem uma faixa de temperatura na qual elas se desenvolvem. Caso fuja dessa faixa, a cultura pode definhir e até morrer. A temperatura pode até mesmo acelerar ou retardar o crescimento da cultura, dependendo da estratégia adotada (VILLANI; TIVELLI, 2008).

O controle da temperatura pode ser alcançado através de controladores e sensores de temperatura que atuam sobre o equipamento de aquecimento ou resfriamento. Neste caso, a estratégia escolhida será a nebulização. Como não é possível manter temperatura e umidade relativa do ar constante, é determinada uma faixa de variação desejável a ser controlada. A principal vantagem do sistema de resfriamento por nebulização é a uniformidade de resfriamento no ambiente, resultando em um resfriamento efetivo e de adaptação descomplicada em ambiente protegido (VILLANI; TIVELLI, 2008).

### **3.2 Umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar no interior de uma estufa está inversamente relacionada à temperatura: aumenta durante a noite, e diminui durante o dia, podendo variar até 70% em um período de 24 horas (CARDOSO, 2010).

A umidade relativa do ar influencia a transpiração, fecundação das flores, crescimento e ocorrência de doenças. Valores altos de umidade relativa do ar reduzem a taxa de evapotranspiração da cultura. Caso associados a altas temperaturas do ar, eles geram também condições muito favoráveis à ocorrência de doenças. Já valores muito baixos de umidade relativa podem causar altas taxas de evapotranspiração, que podem acarretar em redução da taxa fotossintética, e, conseqüentemente, a redução da produção da cultura.

Com as faixas ótimas de umidade relativa do ar mudam de acordo com a idade da planta e também seu estágio produtivo, o que faz com que o controle da umidade relativa do ar precisa ser facilmente manipulado quando necessário (VILLANI; TIVELLI, 2008).

### **3.3 Luminosidade**

A luz é considerada um fator primordial do crescimento e desenvolvimento das plantas. O bom aproveitamento de iluminação propicia uma alta produtividade de vegetais. As técnicas que obtêm mais sucesso de condicionamento de microclima em ambientes protegidos são aquelas que atuam na redução da carga térmica decorrente da incidência de radiação solar, de modo a não prejudicar o desenvolvimento da planta (CARDOSO, 2010).

Portanto, é de fundamental importância que a luminosidade seja mensurada com precisão para que, decisões como o acionamento da fertirrigação e nebulização, sejam tomadas de

forma a atender a necessidade do tomate em relação à irrigação e também o controle de sua carga térmica.

### **3.4 Condutividade elétrica**

O sistema de irrigação adotado na estufa é a fertirrigação por gotejamento, que consiste, em linhas gerais, na aplicação de fertilizantes solúveis de modo a atender a demanda nutricional da cultura, sem que haja excesso ou falta do nutriente (CARRIJO et al., 2004).

Os fertilizantes utilizados na fertirrigação de hortaliças são variados, sendo que a condição básica é apresentar uma permissividade à dissolução desses em um tanque de solução estoque, sem saturar e formar precipitados químicos que entupam gotejadores. A quantidade de solução de fertilizantes a ser aplicada na fertirrigação deve ser tal que somada à condutividade elétrica (CE) já presente no substrato, não ultrapasse os limites de CE da planta cultivada (BOAS et al., 2004).

Mais uma preocupação existente é evitar o processo de salinização do substrato e absorção excessiva de nutrientes pelas plantas, causando toxicidade, diminuição da produtividade e qualidade dos frutos, além da perda desnecessárias de recursos e possibilidade de contaminação do meio ambiente (KAWAKAMI et al., 2007).

Portanto, o objetivo é controlar a CE injetada na fertirrigação, de acordo com a CE obtida da solução do substrato (extrato de saturação). Essa solução é encontrada em pequenas calhas que ficam localizadas abaixo do substrato.

## **4 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS**

Após conhecer as variáveis que precisam ser controladas para alcançar um nível ótimo de cultivo de tomate na chácara Encanto, é necessário definir as alternativas técnicas. Foram feitas pesquisas sobre tecnologias existentes no mercado capaz de atender as exigências, os componentes que podem ser utilizados e como será a implantação.

### **4.1 Instrumentação e Controle de Variáveis**

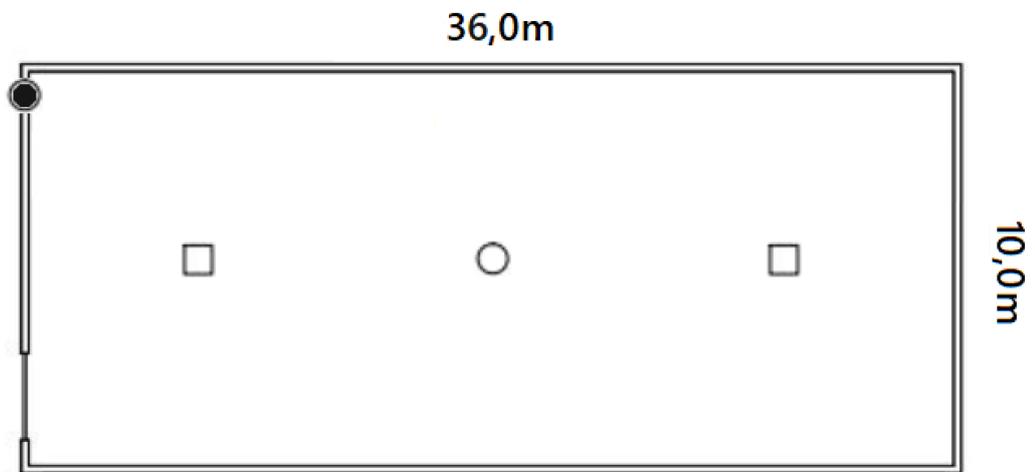
O sistema de automação consiste basicamente em fazer o controle das variáveis citadas acima. Para tal, podem ser utilizados sistemas com interfaces de entradas e saídas de dados, memória de dados, programas e diversos periféricos. Dois dispositivos que podem ser utilizados são os microcontroladores e os controladores lógicos programáveis (CLPs).

Os periféricos utilizados são os sensores (entrada) e atuadores (saída). Os sensores recebem informações de entrada do ambiente e emitem um sinal de saída que será interpretado pelo microcontrolador ou CLP. Já os atuadores, comandados pelo controlador, são os responsáveis por manipular as variáveis de controle, que irão atuar no ambiente.

### **4.2 Planta e disposição dos sensores**

Nas figuras 4.1 e 4.2 é possível ver como é feita a disposição dos sensores na estufa e casa de bombas.

Figura 4.1 – Planta da estufa

**LEGENDA**

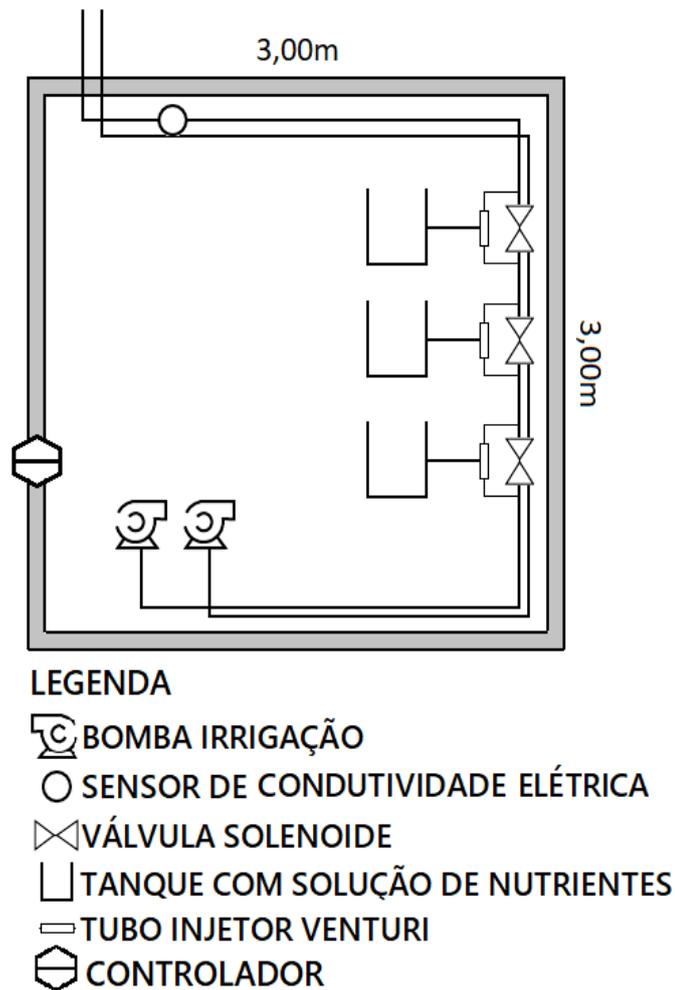
□ SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA

○ SENSOR DE TEMPERATURA

● SENSOR DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL

Fonte: Autor (2019)

Figura 4.2 – Planta da casa de bombas



Fonte: Autor (2019)

### 4.3 Controlador

Um sistema de comando faz-se necessário para o acionamento de todos equipamentos responsáveis pelo funcionamento do sistema de automação. Para que seja feito o controle do processo, tem-se duas propostas. São elas:

#### 4.3.1 Proposta 1: Controlador Lógico Programável

O CLP escolhido como opção foi o Weg-Clic02, mostrado na figura 4.3, devido à qualidade do produto e preço quando comparado a outros CLPs. O CLP se apresenta como um controlador robusto, de bom processamento e capaz de suportar aplicações mais exigentes. Junto ao CLP será necessária a aquisição de um cabo de programação e módulos de expansão para conectar alguns sensores.

Figura 4.3 – CLP Weg Clic02



Fonte: Site Weg (2019)

#### 4.3.2 Proposta 2: Microcontrolador Strato Pi

O microcontrolador Strato Pi, mostrado na figura 4.4 é a segunda opção de proposta. Ele se apresenta como uma versão aprimorada para uso profissional do Raspberry Pi. Ele possui alto processamento, podendo chegar a 4GB de memória RAM e possui *slot* para SD *card* de no mínimo 8GB de espaço. Ele possui até 40 entradas e saídas para sensores e espaço para expansão, ou seja, cumpre a função para qual o poderá ser empregado.

Figura 4.4 – StratoPi Base 3B+



Fonte: SferaLabs (2019)

#### 4.4 Descrição dos demais componentes utilizados

A seguir, tem-se a descrição dos demais componentes e suas funções. Estes serão comuns a qualquer uma das duas propostas que venha a ser escolhida.

##### 4.4.1 Sensores de umidade e temperatura

Serão distribuídos 2 sensores RHT-DM de umidade e temperatura e 1 PT100, apenas de temperatura, dentro da estufa, em pontos estratégicos. Ambos sensores servem de informação para o acionamento da nebulização, que realizará, de fato, o controle dessas duas variáveis. Os sensores podem ser visualizados na figura 4.5.

Figura 4.5 – Sensores PT100, à esquerda, e RHT DM, à direita



Fonte: Site Novus (2019)

##### 4.4.2 Sensor de radiação solar global

O sensor de radiação solar global escolhido foi o Davis 6450, que pode ser visto na figura 4.6, fará a leitura e a mostrará em tempo real no sistema supervisor, permitindo a configuração de acionamento da fertirrigação no que diz respeito ao intervalo de tempo entre um ciclo de irrigação e outro e também a duração deste mesmo ciclo.

Figura 4.6 – Sensor Davis 6450

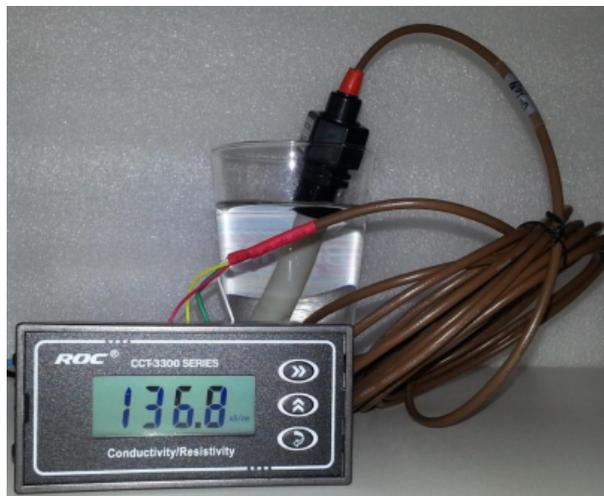


Fonte: Site DavisInstruments (2019)

#### 4.4.3 Sensor de condutividade elétrica

O sensor de condutividade elétrica escolhido foi o CCT-3320, que possui um visor para medição em tempo real e também saída 4-20 mA, a qual será utilizada pelo controlador para manipular a abertura das válvulas solenoides que permitem a injeção de solução de nutrientes do injetor Venturi. O sensor pode ser visto na figura 4.7.

Figura 4.7 – Sensor CCT-3320



Fonte: Site ECR-SC (2019)

#### 4.4.4 Injetor Venturi

O injetor Venturi fará a injeção de solução de nutrientes no sistema de irrigação. O controle da quantidade de nutrientes injetado no sistema de irrigação será feito com Controle Liga-Desliga, baseado na leitura do sensor de CE, de modo a atingir o valor da CE configurado no sistema supervisor. A variável controlada nesse caso é a abertura das válvulas solenoides que ficam paralelas ao injetor Venturi. O injetor é acionado ao atingir uma pressão diferencial de pelo menos 20%. Para aumentar a injeção, basta diminuir a abertura das válvulas. O injetor Venturi pode ser observado na figura 4.8.

Figura 4.8 – Injetor Venturi 1.1/2



Fonte: Site BioSementes (2019)

#### 4.4.5 Válvulas solenóide

As válvulas solenóides escolhidas foram a PGV 1, do tipo normal aberta, ou seja, o fluxo de fluido permanecerá aberto até que seja recebido um sinal elétrico advindo do controlador, para diminuir a abertura de acordo com a informação transmitida pelo sensor condutividade elétrica. As válvulas serão responsáveis por permitir a injeção de nutrientes provenientes dos tanques de solução no sistema de irrigação. A válvula solenóide escolhida pode ser vista na figura 4.9.

Figura 4.9 – Válvula Solenoide Pgv1



Fonte: MercadoLivre (2019)

#### 4.4.6 Computador

O computador se faz necessário para hospedar o sistema supervisório. O mesmo não exige elevada capacidade de processamento do computador e, portanto, foi escolhido um Intel Core i3, 4 GB de memória RAM e 320 GB de armazenamento.

#### 4.5 Sistema supervisório

O sistema supervisório é um sistema que utiliza um *software* para monitorar e supervisionar as variáveis e também os dispositivos do sistema de controle, conectados através de *drivers* de comunicação. Será nessa interface que o produtor ou operador configurará o acionamento manual ou automático, os intervalos de tempo de acionamento e a duração da irrigação, o *set-point* de condutividade elétrica, obterá informações como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar global, gráficos de tendência, entre outras. Um exemplo de sistema supervisório pode ser visto na figura 4.10.

Figura 4.10 – Exemplo de Sistema Supervisório



Fonte: Autor (2019)

#### 4.6 Diagrama P&ID de cada proposta

O *Piping & Instrument Diagram* (P&ID) completo de cada proposta, realizado de acordo com a Norma ISA 5.1 (TOGNETTI, 2010), que possui a representação das propostas desse trabalho, pode ser encontrado no Apêndice A.

## 5 LEVANTAMENTO DE CUSTOS DAS ALTERNATIVAS

Para a elaboração do sistema em si foram selecionados todos dispositivos e equipamentos que são essenciais para o mesmo, como sensores, atuadores, dispositivos controladores. O levantamento dos custos da implantação do projeto foi baseado em pesquisa de mercado levando em consideração preço, qualidade, robustez e confiabilidade.

Para análise de custos, não foi considerado o sistema de irrigação da estufa, apesar deste estar integrado ao sistema de automação, pois o foco do presente trabalho está no sistema de automação. Alguns elementos como cabos, conectores, tubos, entre outros, foram alocados como instalação e despesas adicionais. Os valores de preço/hora de Engenharia foram obtidos com o auxílio da tabela de mercado encontrada no site (IBECENSINO, 2018).

### 5.1 Proposta 1

O orçamento para a proposta 1 pode ser observado na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Orçamento dos componentes utilizados na proposta 1

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço/unidade (R\$)</b>	<b>Valor Final (R\$)</b>
Sensor de temperatura	1	371,36	371,36
Sensor de umidade e temperatura	2	781,62	1.563,24
Sensor de condutividade elétrica	1	287,00	287,00
Sensor de radiação global	1	1.000,00	1.000,00
Injetor Venturi	3	143,28	429,81
Válvula solenoide	3	118,00	354,00
CLP Weg Clic02 e Componentes	1	4.461,90	4.461,90
Computador Sistema Supervisório	1	1.000,00	1.000,00
Instalação e despesas adicionais	1	2.000,00	2.000,00
Horas de engenharia	40	65,00	2.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>14.067,31</b>

Fonte: Autor (2019)

### 5.2 Proposta 2

O orçamento para a proposta 2 pode ser observado na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Orçamento dos componentes utilizados na proposta 2

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço/unidade (R\$)</b>	<b>Valor Final (R\$)</b>
Sensor de temperatura	1	371,36	371,36
Sensor de umidade e temperatura	2	781,62	1.563,24
Sensor de condutividade elétrica	1	287,00	287,00
Sensor de radiação global	1	1.000,00	1.000,00
Injetor Venturi	3	143,28	429,81
Válvula solenoide	3	118,00	354,00
Microcontrolador StratoPi	1	742,10	742,10
Computador Sistema Supervisório	1	1.000,00	1.000,00
Instalação e despesas adicionais	1	2.000,00	2.000,00
Horas de engenharia	40	65,00	2.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>10.347,51</b>

Fonte: Autor (2019)

## **6 LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS**

### **6.1 Levantamento dos Benefícios Monetizáveis**

Dentre os benefícios monetizáveis provenientes de ambas propostas, tem-se melhor aproveitamento dos recursos, aumento de produtividade e diminuição do risco de falhas humanas.

Com a possibilidade do sistema operar no modo automático, os trabalhadores da estufa não precisarão, por exemplo, ligar e desligar o sistema de irrigação e nebulização, controlar a injeção de solução de nutrientes no sistema de irrigação. Os funcionários poderão se preocupar majoritariamente com a manutenção das plantas, colheita e limpeza da estufa.

Com controle mais preciso para aquisição de dados e manutenção das variáveis em níveis ideais, tem-se uma economia considerável de recursos, já que alguns sistemas só serão acionados se realmente houver necessidade, como a nebulização e injeção de fertilizantes na irrigação.

Como consequência do benefício anterior, tem-se também um aumento considerável da produtividade, já que serão oferecidas à planta condições ideais de desenvolvimento. Diminui-se também o risco de se cometer erros como injetar excesso de fertilizantes e errar na dosagem requerida pela planta, o que poderia causar diminuição da produção ou até a morte da mesma.

### **6.2 Levantamento dos Benefícios Não-Monetizáveis**

O benefício não-monetizável gerado pelo sistema de automação é que o mesmo realiza coleta de amostras de dados em determinados períodos de tempo e armazena em um banco de dados, permitindo notar certos padrões e variações na produção. A partir desses dados coletados, podem ser feitos estudos e análises, para que sejam criadas novas propostas para maior eficiência na produção ou melhorias no sistema de automação, por exemplo.

## 7 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise financeira e de viabilidade econômica é um estudo que visa mensurar ou analisar se um determinado investimento é viável ou não. Em outras palavras, a análise de viabilidade econômica irá comparar os retornos que podem ser obtidos com os investimentos demandados para tomar a decisão se compensa investir. Com isso, o investidor consegue eliminar projetos que não valem o investimento e direcionar seu esforço e dinheiro para projetos mais rentáveis ou até mesmo o investimento no mercado financeiro.

Neste trabalho serão abordados dois métodos, o método do Valor Presente Líquido (VPL) e o método da Taxa Interna de Retorno (TIR). Os métodos discutidos terão o objetivo de reconhecer a variação do valor do dinheiro no tempo.

### 7.1 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) representa uma taxa de retorno considerável a ponto de convencer, economicamente, o investidor a realizar o empreendimento. Com base neste valor, o empreendedor considera que está conseguindo ganhos financeiros. Para um projeto de investimento ser considerado atrativo, ele deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à maior rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006).

### 7.2 Valor Presente Líquido

O método do Valor Presente Líquido (VPL) é utilizado para se calcular o valor presente de uma série de pagamentos futuros, descontando a taxa de custo de capital estipulada. Este cálculo deve ser realizado, já que uma determinada quantia em dinheiro no tempo presente não equivale à mesma quantia no futuro (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006).

O VPL é calculado a partir da soma de todos os fluxos de caixa, sendo que todos esses são referidos à data zero. Caso o valor obtido seja superior a zero, tem-se um valor extra para o empreendimento. Portanto, o projeto faz sentido e pode ser aceito (BRASIL, 2002).

O VPL pode ser calculado pela equação 1:

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{FCT}{(1 + TMA)^t}$$

(1)

sendo,

- *FCT* o Fluxo de Caixa Total;
- *TMA* a Taxa Mínima de Atratividade;
- *t* o período em anos.

Como não serão descontadas as deduções fiscais, o fluxo de caixa neste projeto será calculado de maneira simplificada, sendo a receita bruta operacional equivalente à receita líquida operacional. Já o Lucro Bruto Operacional (LBO) será o valor residual subtraído do investimento bruto. Portanto, quanto maior for o valor obtido no cálculo do LBO, maior será o VPL e menor o período de recuperação (*payback*).

### 7.3 Método da Taxa Interna de Retorno

O método da Taxa Interna de Retorno (TIR) pode ser caracterizado como a taxa de remuneração do capital. É usada para calcular a taxa de desconto que teria um fluxo de caixa específico para igualar o VPL a zero. Para a aprovação do projeto, a TIR deve ser maior que a TMA, indicando a atratividade do mesmo. Caso contrário, o projeto em questão não se apresenta como um investimento viável (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006).

Este método representa o ponto chave da decisão de investir. Portanto, projetos que possuam TIR superior à TMA podem ser aceitos. Caso contrário, devem ser rejeitados (BRASIL, 2002).

O cálculo da TIR é feito de maneira iterativa, como mostra a equação 2, com objetivo de encontrar a raiz da equação do VPL:

$$VPL = 0 = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

(2)

sendo,

- *FC* o Fluxo de Caixa;
- *n* o período em anos.

## 7.4 Composição do Fluxo de Caixa do Projeto

O cálculo do fluxo de caixa será realizado com as movimentações financeiras de entrada e saída de capitais. A receita líquida será obtida a partir do valor de retorno, subtraindo-se os custos e o investimento inicial. Para o cálculo do fluxo de caixa acumulado, será realizado o somatório do fluxo de caixa a cada ano.

### 7.4.1 Depreciação

Os bens de consumo sofrem uma perda periódica por utilização, obsolescência ou desgaste natural. Para tal desvalorização, existem as taxas de depreciação anuais estipuladas para cada tipo de produto. Neste projeto será analisada a depreciação dos equipamentos utilizados no sistema de automação. A vida útil e taxa anual de depreciação desses ativos são de 10 anos e 10%, respectivamente. O cálculo da depreciação foi feito de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 7.1 – Depreciação dos equipamentos para cada proposta

<b>Proposta</b>	<b>Custo dos equipamentos (R\$)</b>	<b>Depreciação anual (R\$)</b>
1	9.467,31	946,73
2	5.747,51	574,75

Fonte: Autor (2019)

Para as propostas 1 e 2, foram utilizados os dados da tabela 5.1 e 5.2, utilizando o valor total. Porém, em ambos os cálculos realizados, foram excluídos os valores de instalação e despesas adicionais e horas de engenharia, já que não são encargos periódicos.

### 7.4.2 Despesas Operacionais

As despesas de operação incluem os custos necessários para conduzir o projeto. Foi considerado como gasto, nesta proposta, o custo com energia elétrica, o qual é calculado multiplicando-se a potência de um equipamento, o tempo de uso e o valor em reais do quilowatt-hora (kWh) da companhia de energia elétrica. As duas propostas terão despesas operacionais muito parecidas, já que o que as diferencia é apenas o controlador escolhido. Ao considerar que um ciclo de cultivo de tomate dura aproximadamente 200 dias e são necessários 10 dias para preparação da próxima produção, é possível produzir durante 355 dias por ano. O sistema ficará ligado 24 horas por dia, apesar de seu ciclo de atuação efetiva no sistema ocorrer apenas durante 12 horas por dia. O consumo/kWh encontrado no site da Companhia de Energética de

Minas Gerais (CEMIG, 2019) foi de R\$ 0,47753 em propriedade rural, no dia 02 de novembro de 2019. Os valores calculados estão na tabela a seguir.

Tabela 7.2 – Despesas operacionais dos equipamentos

<b>Equipamento</b>	<b>Potência do equipamento (W)</b>	<b>Custo total/ano (R\$)</b>
CLP Weg Clic 02	12,5	508,57
Microcontrolador StratoPi	5,1	207,50
Computador	250	574,75

Fonte: Autor (2019)

Tabela 7.3 – Despesas operacionais para cada proposta

<b>Proposta</b>	<b>Despesa operacional total/ano (R\$)</b>
1	1.083,32
2	782,25

Fonte: Autor (2019)

A potência dos equipamentos foi calculada considerando-os operando em capacidade máxima (todas entradas e relés ligados), o que dificilmente ocorrerá.

### 7.4.3 Despesas com Manutenção

A manutenção preventiva dos equipamentos é de extrema importância para garantir o bom funcionamento e o cumprimento de sua vida útil. Portanto, despesas com manutenção serão consideradas nesse projeto. O custo de manutenção estabelecido é de 3% sobre o valor de cada um dos equipamentos. Novamente, serão desconsiderados os valores de instalação e despesas adicionais e horas de engenharia.

Tabela 7.4 – Despesas com manutenção para cada proposta

<b>Proposta</b>	<b>Despesa com manutenção total/ano (R\$)</b>
1	284,10
2	172,43

Fonte: Autor (2019)

O cálculo das despesas com manutenção foi obtido conforme a equação 3:

$$M = 0,03 * V$$

(3)

sendo,

- $M$  a despesa total com manutenção em R\$;

- $V$  a soma total dos equipamentos em R\$.

#### 7.4.4 Resíduo

O resíduo é o valor do ativo que sofre depreciação quando chega o fim de sua vida útil. Foi utilizada a estimativa de 10 anos, portanto o resíduo é calculado da conforme a equação 4:

$$Rd = V - (Dp * t)$$

(4)

sendo,

- $Rd$  o resíduo em R\$;
- $V$  o valor total dos equipamentos em R\$;
- $Dp$  o valor da depreciação em R\$;
- $t$  o tempo, em anos.

O resíduo encontrado para as duas propostas foi o mesmo:

$$Rd = R\$0,00$$

#### 7.4.5 Retorno

O retorno estimado para o investimento consiste na expectativa de ganho do ativo ao longo do período (neste caso 10 anos), conforme descrito anteriormente nos Benefícios Monetizáveis, onde é esperado aumento na produtividade e redução de custos. Este retorno foi mensurado e calculado baseado nas consequências financeiras diretas e indiretas que o investimento pode trazer para o produtor.

Como a estufa poderia funcionar sem o sistema de automação, utilizando apenas mão de obra dos trabalhadores e realizando todas tarefas de maneira manual, só será considerado como retorno aquilo que o sistema de automação pode trazer como ganho em produção para o produtor.

O cultivo de tomate em ambiente protegido rende em média 50Kg/m<sup>2</sup> por ciclo da planta (PEET; WELLES, 2005). Em pesquisa realizada durante o desenvolvimento do trabalho, com

produtores que adotam o cultivo em ambiente protegido do tomate, foi encontrada uma variação de rendimento por ciclo entre de 30 a 40Kg/m<sup>2</sup>.

Considerando, então, que o produtor sem o sistema de automação alcança 32 Kg/m<sup>2</sup> por ciclo da planta e, após a implantação do sistema, é esperado um aumento entre 10 e 15%, também segundo produtores que adotaram o uso do sistema de automação, chega-se ao rendimento de 36 Kg/m<sup>2</sup>. A área da estufa é de 360 m<sup>2</sup>. Cada ciclo do tomate tem duração de 200 dias, com 10 dias de intervalo entre um ciclo e outro, para reorganização da estufa. O tomate cultivado em ambiente protegido tem um preço mais elevado, já que produz frutos de maior qualidade. Será considerado, para fins de cálculo, preço de R\$ 3,00 por kilograma (HFB, 2019). Com esses dados, pode-se realizar os cálculos da seguinte forma:

- Estufa sem o sistema de automação:

$$TotalKg/Ciclo = 32 * 360 = 11.520$$

$$TotalCiclos10anos = (365 - 10) * 10/200 = 17,75$$

$$Ciclos/Ano = 17,75/10 = 1,775$$

$$TotalKg/Ano = 11.520 * 1,775 = 20.448$$

$$Total = 3 * 20.448 = R\$61.344$$

- Estufa com o sistema de automação:

$$TotalKg/Ciclo = 36 * 360 = 12.960$$

$$TotalCiclos10anos = (365 - 10) * 10/200 = 17,75$$

$$Ciclos/Ano = 17,75/10 = 1,775$$

$$TotalKg/Ano = 12.960 * 1,775 = 23.004$$

$$Total = 3 * 23.004 = R\$69.012$$

Agora é possível calcular o retorno anual estimado que será obtido após a implantação do sistema:

$$Retorno = 69.012 - 61.344 = R\$7.668$$

#### 7.4.6 Taxa Mínima de Atratividade

O valor da TMA considerada neste projeto foi a taxa SELIC, que representa um valor anual, consultada no site do Banco Central do Brasil (BCB, 2019b), no dia 02 de novembro de 2019.

$$TMA = 5,00\%$$

#### 7.5 Fluxo de Caixa do Projeto

Com todos os valores em mãos, os resultados do Fluxo de Caixa para as alternativas 1 e 2 podem ser observados, respectivamente, pelas tabelas 7.5 e 7.6, para um total de 10 anos.

Tabela 7.5 – Análise Econômica para a Proposta 1

Ano	Investimento (R\$)	Retorno (R\$)	Custos (R\$)	FC (R\$)	FCA (R\$)
0	-14.067,31			-14.067,31	-14.067,31
1		7.668,00	2.114,15	5.553,85	-8.513,46
2		7.936,38	2.188,15	5.748,23	-2.765,23
3		8.253,84	2.264,73	5.989,10	3.223,88
4		8.583,99	2.344,00	6.239,99	9.463,87
5		8.927,35	2.426,04	6.501,31	15.965,18
6		9.284,44	2.510,95	6.773,50	22.738,68
7		9.655,82	2.598,83	7.056,99	29.795,67
8		10.042,05	2.689,79	7.352,26	37.147,93
9		10.443,73	2.783,93	7.659,80	44.807,74
10		10.861,48	2.881,37	7.980,11	52.787,85

Fonte: Autor (2019)

Tabela 7.6 – Análise Econômica para a Proposta 2

Ano	Investimento (R\$)	Retorno (R\$)	Custos (R\$)	FC (R\$)	FCA (R\$)
0	-10.347,51			-10.347,51	-10.347,51
1		7.668,00	1.529,43	6.138,57	-4.208,94
2		7.936,38	1.582,96	6.353,42	2.144,48
3		8.253,84	1.638,36	6.615,47	8.759,95
4		8.583,99	1.695,71	6.888,28	15.648,23
5		8.927,35	1.755,06	7.172,29	21.820,53
6		9.284,44	1.816,48	7.467,96	30.288,48
7		9.655,82	1.880,06	7.775,76	38.064,24
8		10.042,05	1.945,86	8.096,19	46.160,44
9		10.443,73	2.013,97	8.429,77	54.590,20
10		10.861,48	2.081,46	8.777,03	63.367,23

Fonte: Autor (2019)

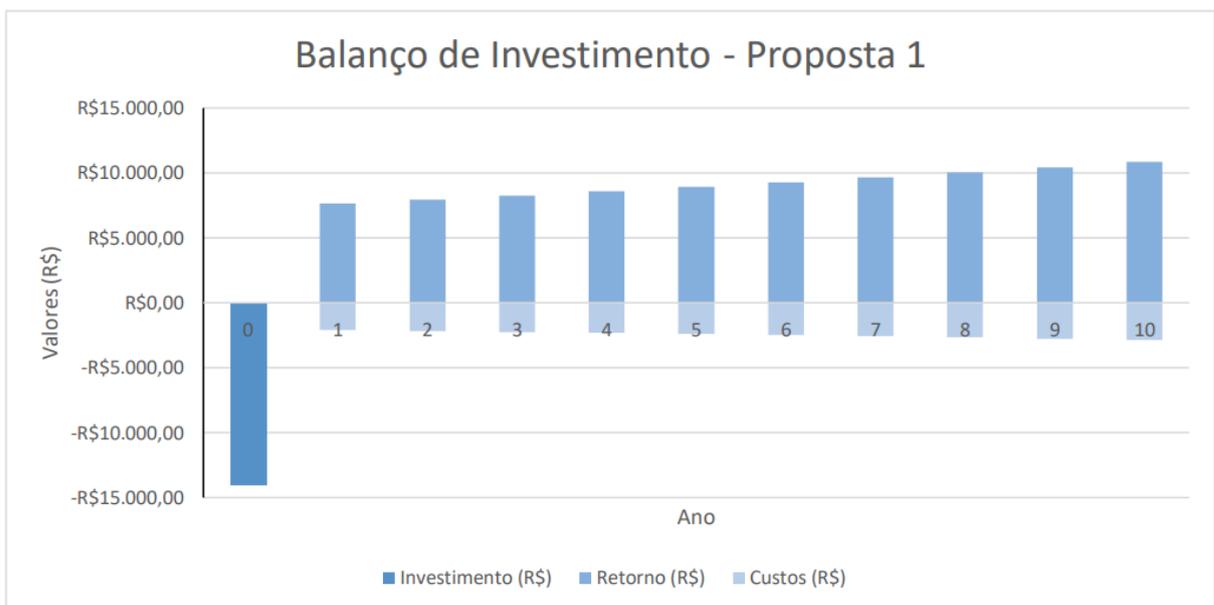
sendo,

- *FC* o Fluxo de Caixa;
- *FCA* o Fluxo de Caixa Acumulado.
- obs.: o Retorno e Custos contam com correção inflacionária de 3,5%, de acordo com a meta inflacionária fornecida pelo site do Banco Central do Brasil em 02 de novembro (BCB, 2019a).

## 7.6 Resultados da Análise de Viabilidade Econômica

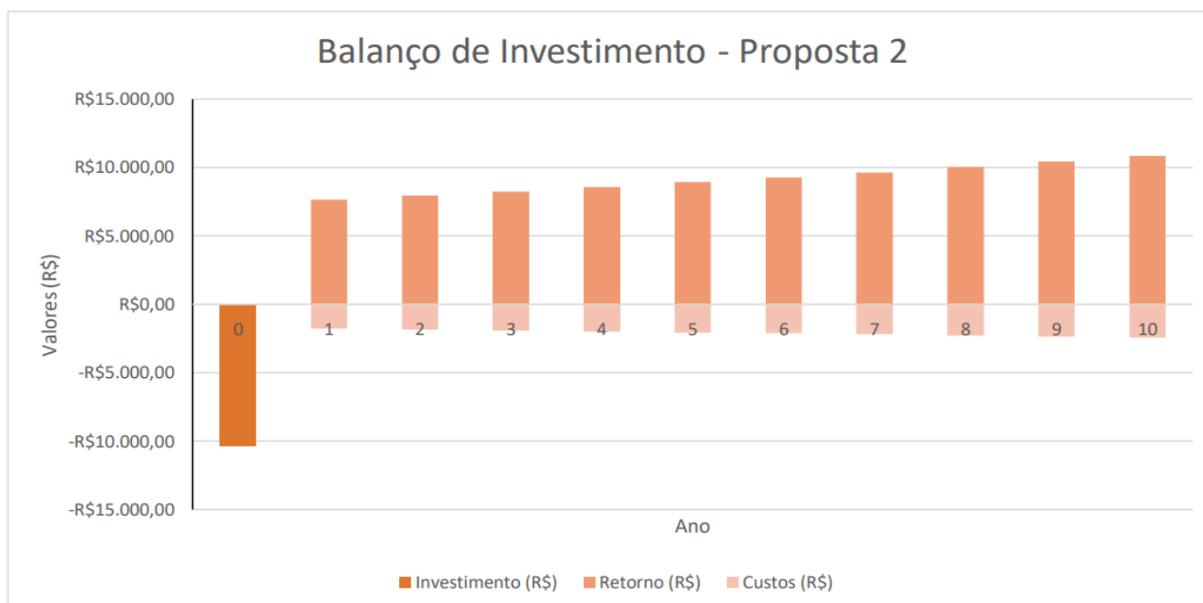
Baseado nas tabelas apresentadas no Apêndice B, foram construídos os gráficos das figuras 7.1 e 7.2 a seguir. Eles apresentam um balanço de investimento para as propostas 1 e 2, respectivamente. Foram considerados 10 anos para a análise.

Figura 7.1 – Gráfico de balanço de investimentos em 10 anos para a proposta 1



Fonte: Autor (2019)

Figura 7.2 – Gráfico de balanço de investimentos em 10 anos para a proposta 2



Fonte: Autor (2019)

A partir dos dados anuais obtidos, foram calculados os VPLs, as TIRs e os *paybacks* para cada uma das alternativas. Abaixo estão os valores calculados.

Tabela 7.7 – Resultados de VPL, TIR e *payback* para as duas propostas

	<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>
<b>VPL</b>	R\$36.719,84	R\$45.663,72
<b>TIR</b>	41,66%	62,53%
<b>Payback</b>	2,46 anos	1,66 anos

Fonte: Autor (2019)

## 7.7 Recomendação

Considerando os indicadores econômicos para a viabilidade do investimento, uma primeira análise dos resultados obtidos indica que, se o VPL é superior a zero e a TIR superior a TMA, o projeto é economicamente viável. Porém, também devem ser analisados o período de recuperação do investimento inicial (*payback*) e as condições financeiras do produtor para se fazer o investimento inicial.

A Tabela 7.7 mostra que tanto a Proposta 1 quanto a Proposta 2 possuem valores de VPL e TIR bastante expressivos, sendo maior na Proposta 2. Somado a isso, ambas as propostas apresentam um *payback* inferior a 3 anos. Tomando a Depreciação como parâmetro para vida útil dos equipamentos utilizados (10 anos), as duas propostas de investimento são recomendadas

para o produtor. O tempo de *payback* pode ser, em alguns casos, fator de desempate entre duas opções de investimento.

Ao decidir qual proposta escolher, o produtor deve levar em conta determinador fatores inerentes ao seu projeto a curto e a longo prazo. Apesar da proposta 2 ser um pouco mais atrativa em relação aos números, ela não se apresenta como um projeto facilmente expansível, por fazer uso de um microcontrolador menos robusto quando comparado ao CLP. Se os planos do produtor for realizar, por exemplo, expansão do número de estufas para 2 ou mais, seria mais recomendado a escolha da Proposta 1, que utiliza um CLP de boa qualidade e robustez.

## 8 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver propostas de sistema de automação buscando a melhoria no cultivo de tomate em ambiente protegido. A motivação do trabalho se deu pela possibilidade de melhoria na qualidade do tomate e, conseqüentemente, aumento da rentabilidade do produtor.

Após analisar os resultados foi possível concluir que as duas alternativas propostas de sistema de automação trazem um retorno financeiro bastante significativo em um curto período de tempo, superando por muito o investimento mais básico no mercado financeiro, com a taxa básica de juros atual do país.

Desta forma, pode-se concluir que ambas propostas apresentadas são de implementação viável. Ainda que a proposta 2 se mostre como mais vantajosa economicamente, a decisão do produtor depende de seu planejamento para o futuro, já que a proposta 1 é mais permissiva à expansão no número de estufas, por exemplo.

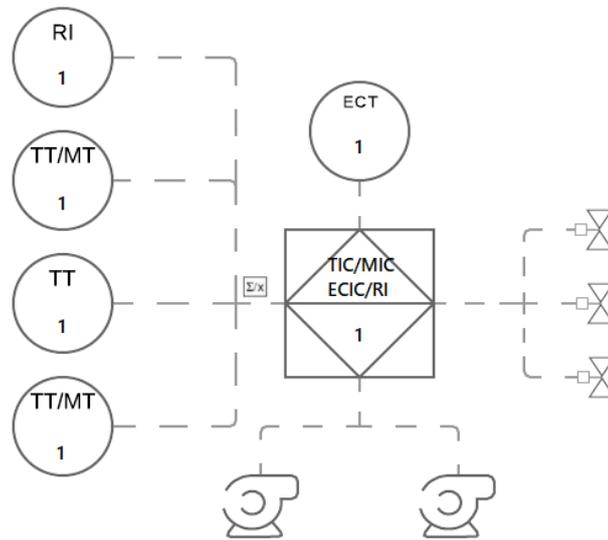
Por fim, pode-se dizer que a escolha pela utilização de sistema de automação no cultivo em ambiente protegido será benéfica em todos os sentidos analisados, fazendo com o que o objetivo do estudo proposto pelo presente trabalho seja cumprido.

## REFERÊNCIAS

- BCB. **Metas para a inflação**. 2019. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/metainflacao>>.
- BCB. **Taxa Selic**. 2019. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>.
- BEZERRA, F. C. **Produção de Mudas de Hortaliças em Ambiente Protegido**. 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/425901/1/Dc072.pdf>>.
- BOAS, R. V. et al. **Manejo da Fertirrigação de Hortaliças**. 2004. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/mini05.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/mini05.pdf)>.
- BRASIL, H. G. **Avaliação Moderna de Investimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: QUALITY-MARK, 2002.
- CARDOSO, M. A. **Controle Automatizado para ambientes protegidos**. 2010. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1890.pdf>>.
- CARRIJO, O. A. et al. **Fertirrigação em Hortaliças**. 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/778821/1/ct32.pdf>>.
- CEMIG. **Valores de tarifa e serviços**. 2019. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores\\_de\\_tarifa\\_e\\_servicos.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx)>.
- FIGUEIREDO, G. **Panorama da Produção em Ambiente Protegido**. 2011. Disponível em: <[http://www.cati.sp.gov.br/revistacasadaagricultura/06/RevistaCA\\_Producao\\_Ano14\\_n2.pdf](http://www.cati.sp.gov.br/revistacasadaagricultura/06/RevistaCA_Producao_Ano14_n2.pdf)>.
- HFB. **Estatística e Preços do Tomate - HF Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/estatistica/tomate.aspx>>.
- IBECENSINO. **Engenharia de Custos: Preços de serviços de engenharia e arquitetura consultiva**. 2018. Disponível em: <<https://ibecensino.org.br/wp-content/uploads/2018/03/precos-de-servicos.pdf>>.
- KAWAKAMI, F. et al. **Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido**. 2007. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/a116\\_t1201\\_comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/a116_t1201_comp.pdf)>.
- PAMPLONA, E. de O.; MONTEVECHI, J. A. B. **Engenharia Economica**. 1. ed. São Paulo: Fupai, 2006.
- PEET, M. M.; WELLES, G. **Greenhouse Tomato Production**. 2005. Disponível em: <<https://www.cabi.org/ISC/FullTextPDF/2006/20063016915.pdf>>.
- SILVA, B. A.; RODRIGUES, A.; PAGIUCA, L. G. **Cultivo Protegido: Em busca de mais eficiencia produtiva**. 2014. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat\\_capa.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf)>.
- TOGNETTI, E. S. **Simbologia e Terminologia da Norma ISA 5.1**. 2010. Disponível em: <[http://www.ene.unb.br/estognetti/files/Simbologia\\_ISA.pdf](http://www.ene.unb.br/estognetti/files/Simbologia_ISA.pdf)>.
- VILLANI, L. F.; TIVELLI, S. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. 2008. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/58.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/58.pdf)>.

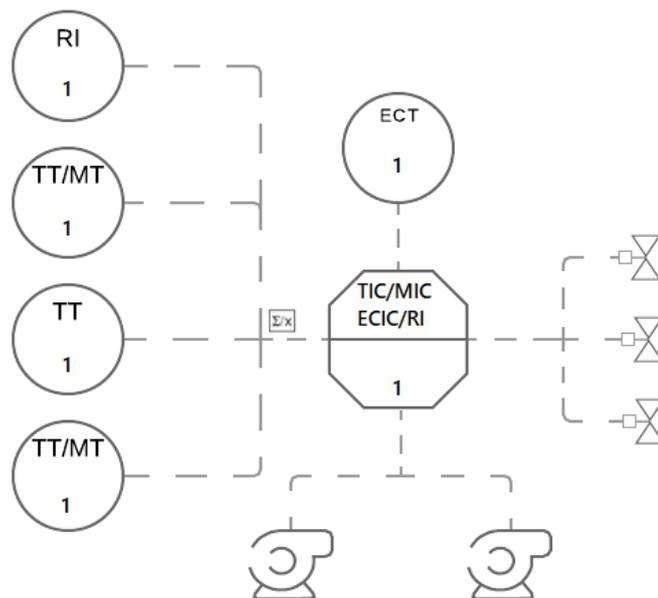
## APÊNDICE A – Diagrama P&ID para as Propostas

Figura 1 – Diagrama P&ID para a Proposta 1



Fonte: Autor (2019)

Figura 2 – Diagrama P&ID para a Proposta 2



Fonte: Autor (2019)

## APÊNDICE B – Orçamento dos produtos

Figura 3 – Orçamento CLP Weg Clic 02

americanas.com tem tuuudo, pode procurar :)

página inicial > sinalização e segurança > manutenção e segurança elétrica > equipamentos

favoritar | compartilhar

### Controlador Logico Programavel Weg Clw-02 20hr-a 3rd

★★★★★ (Cód.77731296)

Controlador logico Clp Clic Clw-02 20HR-A 3RD 127/220VCA WegControlador Logico Clp Clic Clw-02 20HR-A 3RD 127/220VCA Weg. Equipamento digital com hardware e software compatveis para a industria.Possui 12 entradas digitais e 8 sada...

[mais informações](#)

[conheça nossa politica de troca](#)

**R\$ 1.289,00**  
em até 12x sem juros no **cartão de crédito** com Ame e receba R\$ 25,78 (2% de volta)  
[mais formas de pagamento](#)

📍 Avenida Cotovia, 180, Indianópolis - Sã...

receber em até <b>6 dias úteis</b>	<b>R\$ 34,10</b>
retirar na loja em até <b>6 dias úteis</b>	<b>R\$ 34,10</b> <b>R\$ 27,28</b>

🕒 Corra! Temos apenas 1 no estoque

**comprar**

comprar com **ame**

Fonte: Lojas Americanas (2019)

Figura 4 – Orçamento Componentes CLP Weg Clic 02

Expansão Clw-02 4pt 3rd - 4 Entradas Tipo Pt-100 - Weg

Novo



**R\$ 1.441<sup>80</sup>**

12x R\$ 139<sup>98</sup> com  Mercado Pago  
Com seu MASTERCARD terminado em 4  
[Mais opções](#)

 Frete grátis pelo Mercado Envios  
Benefício Mercado Pontos   
Chegará entre os dias 29/Jun e 03/Jul.  
[Modificar](#)

Único disponível!

[Comprar](#)  

---

Expansão Clw-02 4ai 3rd - 4 Entanalógicas 0-10vcc/4-20ma

Usado



**R\$ 1.450<sup>00</sup>**

12x R\$ 140<sup>98</sup> com  Mercado Pago  
Com seu MASTERCARD terminado em 4  
[Mais opções](#)

 Envio R\$ 27<sup>98</sup> pelo Mercado Envios  
Chegará entre os dias 29/Jun e 03/Jul.  
[Modificar](#)

Único disponível!

[Comprar](#)  

---

Cabo De Programação Clic02 Weg - Usb Clw-ulink

Novo 7 vendidos



**R\$ 323<sup>89</sup>**

12x R\$ 31<sup>91</sup> com  Mercado Pago  
Com seu MASTERCARD terminado em 4  
[Mais opções](#)

 Frete grátis pelo Mercado Envios  
Benefício Mercado Pontos   
Chegará entre os dias 29/Jun e 03/Jul.  
[Modificar](#)

Quantidade: 1  

[Comprar](#) 

Fonte: Mercado Livre (2019)

Figura 5 – Orçamento StratoPi



SFERALABS

strato CONTROL UNITS    i/o I/O MODULES    exo SMART SENSORS

Strato Pi Server

181.00€ – 245.00€ Excl. TAX / VAT / Shipping

Expected delivery time: 1-2 days

[Go to product page](#)

Also available on

**M** MOUSER ELECTRONICS

For volume pricing, other versions or custom requests, please fill a [quote request](#).

Board

Raspberry Pi

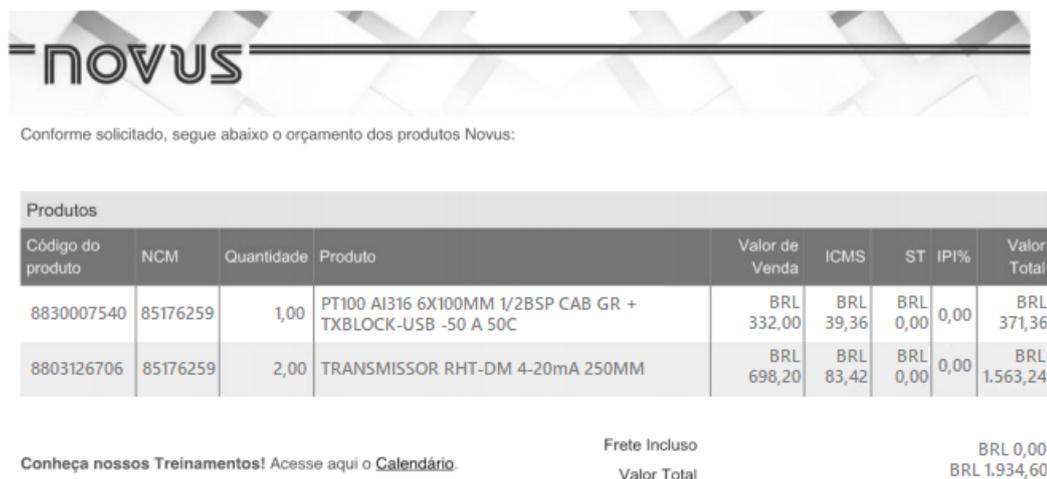
181.00€ Excl. TAX / VAT / Shipping

[Clear selection](#)

- 1 + **ADD TO CART**

Fonte: Sfera Labs (2019)

Figura 6 – Orçamento Sensores de Temperatura e Temperatura e Umidade



novus

Conforme solicitado, segue abaixo o orçamento dos produtos Novus:

Produtos								
Código do produto	NCM	Quantidade	Produto	Valor de Venda	ICMS	ST	IPI%	Valor Total
8830007540	85176259	1,00	PT100 AI316 6X100MM 1/2BSP CAB GR + TXBLOCK-USB -50 A 50C	BRL 332,00	BRL 39,36	BRL 0,00	0,00	BRL 371,36
8803126706	85176259	2,00	TRANSMISSOR RHT-DM 4-20mA 250MM	BRL 698,20	BRL 83,42	BRL 0,00	0,00	BRL 1.563,24

Conheça nossos Treinamentos! Acesse aqui o [Calendário](#).

Frete Incluso    BRL 0,00  
Valor Total    BRL 1.934,60

Fonte: Novus (2019)

Figura 7 – Orçamento Radiação Sensor Davis 6450

The screenshot shows the Mercado Livre website interface. At the top, there is a search bar with the text "Buscar produtos, marcas e muito mais...". Below the search bar, the user's location is "Rua Costa Pereira 35". The main navigation bar includes "Categorias", "Ofertas", "Histórico", "Lojas oficiais", "Vender", and "Contato". The product page features a large image of the black Davis K6450 sensor. To the right of the image, the product title is "Sensor De Radiação Solar Davis K6450" with a price of "R\$ 1.000". Below the price, there are payment options including "12x R\$ 95,88" and logos for VISA and MasterCard. Additional features listed include "Frete grátis" (Free shipping) and "Devolução grátis" (Free return). At the bottom of the product details, there are buttons for "Comprar agora" (Buy now) and "Adicionar ao carrinho" (Add to cart).

Fonte: Mercado Livre (2019)

Figura 8 – Orçamento Sensor CE - CCT-3320

The screenshot shows the Alibaba.com website interface. At the top, there is a search bar with the text "Insira uma palavra-chave". The main navigation bar includes "Categorias", "Pronto para Enviar", "Exposições", "Serviços", "Venda no Alibaba", and "Ajuda". The product page features a large image of the UMEK CCT-3300 series sensor. To the right of the image, the product title is "Sensor de água medidor de condutividade Online CCT-3300 series". Below the title, there is a price range of "US\$ 60,00 - US\$ 75,00 / Peça" and a link to "Obter Cotação Imediata". Additional features listed include "Amostras: Solicitar Amostra GRÁTIS" and "Transação Garantida". At the bottom of the product details, there are buttons for "Adicionar à Co..." (Add to cart) and "Compartilhar" (Share).

Fonte: Alibaba (2019)

Figura 9 – Orçamento Injetor Venturi

Central de Atendimento ▾ Boa noite, Visitante ▾

**biosementes**  
plantando soluções

Encontre o produto desejado... 🔍

FALE CONOSCO:  
(73) 3041-3553  
(73) 3015-0122

COMPRAS  
(vazio)

TODAS CATEGORIAS

Página Inicial Fale Conosco Catálogo de Produtos Meus Pedidos Política de troca A Empresa

Página Inicial > Mangueira de Gotejamento P1 > Injetor Venturi Profissional de 1.1/2 para fertirrigação

**Injetor Venturi Profissional de 1.1/2 para fertirrigação**

(Cód.7898010901164) ★★★★★ 3 comentários | Deixar comentário ❤️

**R\$ 143,28**  
em 12x R\$ 14,39 no cartão

R\$ 143,28 a vista.

Embalagem para presente: Opções disponíveis no carrinho.  
Perguntar ao Vendedor | Indicar a um Amigo(a)

Curtir Seja o primeiro de seus amigos a curtir isso.

Fonte: Bio Sementes (2019)

Figura 10 – Orçamento Válvula Solenoide PGV1

**mercado livre**

Buscar produtos, marcas e muito mais... 🔍

Baixe grátis o app do Mercado Livre!

Enviar para Matheus  
Rua Costa Pereira 35

Categorias **NOVO** Ofertas Histórico Lojas oficiais Vender Contato

Matheus Compras Favoritos

Você também pode gostar: cama box - nichos decorativos - sofa - aparador madeira - sapateira vertical

Voltar à lista | Casa, Móveis e Decoração > Jardins e Exteriores > Irrigação > Válvulas para Irrigação

Compartilhar | Vender um igual

Novo - 60 vendidos

**Válvula Solenoide - Pgv 1 C/ Controle De Fluxo - Irrigação**

**R\$ 118**

12x R\$ 11,28  
VISA **Novo**  
Mais informações

Envio R\$ 21<sup>00</sup>  
Chegará entre os dias 11 e 12 de novembro  
Ver mais opções

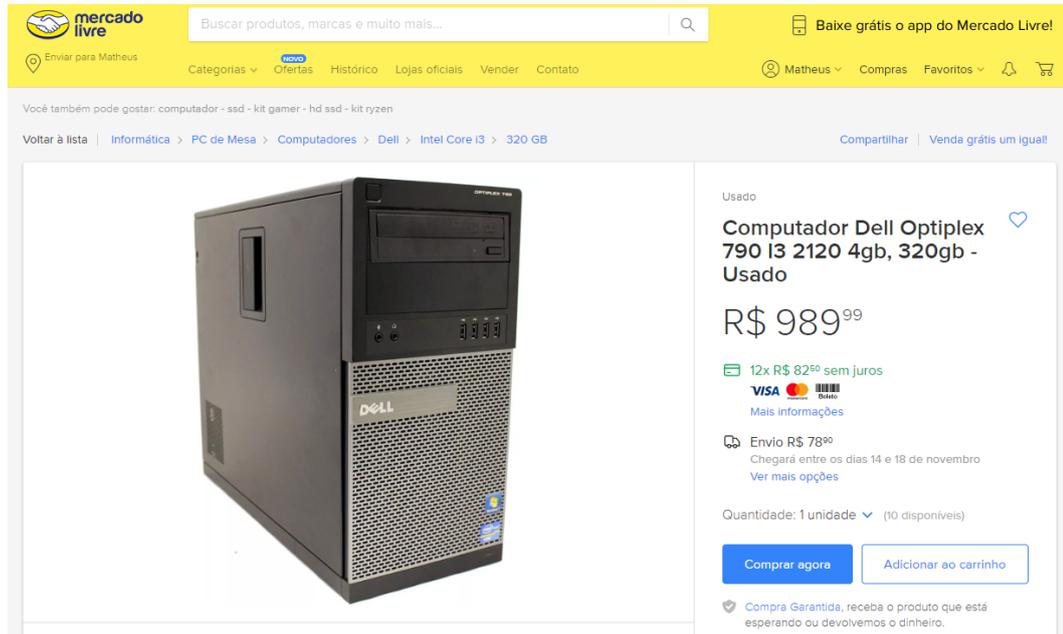
Devolução grátis  
Você tem 30 dias a partir do recebimento  
Saiba mais

Quantidade: 1 unidade (959 disponíveis)

Comprar agora Adicionar ao carrinho

Fonte: Mercado Livre (2019)

Figura 11 – Orçamento Computador I3 2120



The image is a screenshot of a Mercado Livre product listing for a Dell Optiplex 790 I3 2120 4gb, 320gb - Usado. The page features a yellow header with the Mercado Livre logo, a search bar, and navigation links. The product is shown in a black tower case with a silver Dell logo on the front. The price is listed as R\$ 989.99, with a financing option of 12x R\$ 82.50 sem juros. The page also includes a 'Comprar agora' button and a 'Adicionar ao carrinho' button.

mercado livre

Buscar produtos, marcas e muito mais...

Enviar para Matheus

Categorias Ofertas Histórico Lojas oficiais Vender Contato

Matheus Compras Favoritos

Você também pode gostar: computador - ssd - kit gamer - hd ssd - kit ryzen

Voltar à lista | Informática > PC de Mesa > Computadores > Dell > Intel Core i3 > 320 GB

Compartilhar | Venda grátis um Igual!

Usado

Computador Dell Optiplex 790 I3 2120 4gb, 320gb - Usado

R\$ 989<sup>99</sup>

12x R\$ 82<sup>50</sup> sem juros

VISA

Mais informações

Envio R\$ 78<sup>00</sup>

Chegará entre os dias 14 e 18 de novembro

Ver mais opções

Quantidade: 1 unidade (10 disponíveis)

Comprar agora Adicionar ao carrinho

Compra Garantida, receba o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

Fonte: Mercado Livre (2019)