

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ARTHUR INACIO PAZ BRUNELLI
VINÍCIUS KHOURI HILGENBERG

**DESENVOLVIMENTO DE MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL COMERCIAL
DE UMA PIPOQUEIRA DO TIPO *VENDING MACHINE***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

ARTHUR INACIO PAZ BRUNELLI
VINÍCIUS KHOURI HILGENBERG

**DESENVOLVIMENTO DE MÍNIMO PRODUTO VIÁVEL COMERCIAL
DE UMA PIPOQUEIRA DO TIPO *VENDING MACHINE***

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Silvestre Labiak Junior

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "Desenvolvimento de mínimo produto viável comercial de uma pipoqueira do tipo *vending machine*", realizado pelos alunos Arthur Inacio Paz Brunelli e Vinicius Khouri Hilgenberg, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Silvestr Labiak Junior
DAMEC, UTFPR
Orientador

Prof. Dr. João Mario Fernandes
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Prof. Dr. Roberto Candido
DAELT, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 03 de dezembro de 2018.

RESUMO

BRUNELLI, Arthur Inacio Paz, HILGENBERG, Vinícius Khouri. Desenvolvimento de mínimo produto viável comercial de uma pipoqueira do tipo *vending machine*. 137f. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

O consumo de milho para pipoca chega a 70 mil toneladas por ano no Brasil. Este alimento faz parte da cultura e dos hábitos alimentares do brasileiro. Ao mesmo tempo, os consumidores buscam alimentos saudáveis, diferenciados e que possam ser adquiridos de forma prática. Desse contexto surge a ideia de desenvolver uma máquina de venda automática de pipocas saborizadas do tipo *vending machine*. O objetivo deste trabalho é desenvolver e construir um mínimo produto viável comercial (MPVC) da máquina, validando assim seu potencial mercadológico. Uma extensa fundamentação teórica é construída sobre o milho, as *vending machines* e os conhecimentos científicos e técnicos necessários para o desenvolvimento do projeto. A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto é o Scrum. Ele é escolhido por ser uma ferramenta ágil e personalizável. Antes do início do desenvolvimento da máquina, um modelo de negócios é elaborado tendo esta *vending machine* como seu produto principal. Este estudo tem a visão completamente voltada ao cliente e busca definir claramente qual o público alvo da empresa recém criada: Pipoca Pop. A máquina é desenvolvida determinando seus dispositivos, mecanismo, estrutura, projeto elétrico e sistema de automação. Por fim, como proposto inicialmente, um protótipo nos moldes de um MPVC é construído. Ele é testado e a ideia inicial é validada perante seus potenciais clientes.

Palavras-chave: pipoca, *vending machine*, MPVC.

ABSTRACT

BRUNELLI, Arthur Inacio Paz, HILGENBERG, Vinícius Khouri. Minimum viable business product development for a pop corn vending. 137p. Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering, Academic Mechanical Engineering Department, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

In Brazil pop corn consumption reaches 70 thousand tons por year. It has become a part of Brazilian culture and food habit. In the meantime, customers are looking for more diverse and healthier food products which can be easily obtained. From this context the idea of developing a flavoured pop corn vending machine was born. The main goal of this paper is to design and build a minimum viable business product (MVBP) of this machine thus validating its market potential. A wide theoretical foundation is built about the corn, the vending machines and the cientific and technical knowledge required to make this project. The methodoly adopted for this project is the Scrum. It was choosen because it is an agile and customizable framework. Before starting the project, one business model is elaborated having the vending machine as its main product. This study is completely focused on the client and tries to define clearly the target market for the recently created company: Pipoca Pop. The machine is designed by determining its devices, its mechanisms, its structure, its electrical project and its automation system. At last, as initially proposed, a prototype following the idea of a MVBP is built. It is tested and the initial idea is validated before its potential clients.

Key words: pop corn, veding machine, MVBP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. ÁREAS DE CONHECIMENTO RELACIONADAS À ENGENHARIA MECÂNICA.	18
FIGURA 2. PIPOCA ESTOURADA.....	22
FIGURA 3. VENDING MACHINE DE LANCHES DO FABRICANTE FEDERAL MACHINE.	26
FIGURA 4. DESENHO ESQUEMÁTICO DE PIPOQUEIRA VIA SOPRADOR DE CALOR. (ADAPTADO).....	28
FIGURA 5. DESENHO EM CORTE DE PIPOQUEIRO QUE UTILIZA AR QUENTE (ADAPTADO).....	29
FIGURA 6. PIPOQUEIRA COM SISTEMA PARA RETER A PIPOCA ATÉ QUE TODO MILHO TENHA SIDO ESTOURADO (ADAPTADO).....	30
FIGURA 7. SISTEMA ESQUEMÁTICO DA VENDING MACHINE QUE UTILIZA MICROONDAS PARA ESTOURAR A PIPOCA (ADAPTADO).....	32
FIGURA 8. MÁQUINA DE VENDING MACHINE DE PIPOCA E SISTEMAS BÁSICOS (ADAPTADA).	33
FIGURA 9. VENDING MACHINES DO MODELO SÓ PIPOCA, MAIS PIPOCA E AIRPOP GO, DA ESQUERDA PARA A DIREITA RESPECTIVAMENTE.....	36
FIGURA 10. CONCEPÇÃO INICIAL EXTERNA.	37
FIGURA 11. CONCEPÇÃO INICIAL INTERNA.	38
FIGURA 12. ESQUEMA DE UMA COLISÃO DE UM JATO DE BICO REDONDO.	44
FIGURA 13. CONTROLE CONTÍNUO EM MALHA FECHADA.	47
FIGURA 14. ARDUINO UNO.	49
FIGURA 15. CLASSIFICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS.....	52
FIGURA 16. ELOS E NÓS.....	54
FIGURA 17. MÉTODO DE PAGAMENTO VPOS.	59
FIGURA 18. MÉTODO DE PAGAMENTO VPOS TOUCH.....	60
FIGURA 19. EQUIPAMENTO PARA LEITURA DE NOTAS E VALIDAÇÃO DA NOTA VIA SISTEMA ÓPTICO, MAGNÉTICA E SENSORES.	60
FIGURA 20. MECANISMO QUE RECEBE O PAGAMENTO VIA MOEDA, FAZ A VALIDAÇÃO DA MOEDA E FORNECE O TROCO.....	61
FIGURA 21. ALARME COM ALTURA MÁXIMA DE 108 DB E PARADA DA SIRENE AO RETORNO DO NÍVEL CALIBRADO.....	61

FIGURA 22. ALARME COM ALTURA MÁXIMA DE 130 DB E COM CONTATO MAGNÉTICO PARA A PORTA DA VENDING MACHINE.	62
FIGURA 23. EQUIPAMENTO DE TELEMETRIA VENDON.....	62
FIGURA 24. ESQUEMÁTICO DA DINÂMICA DE ATIVIDADES DA METODOLOGIA SCRUM.....	67
FIGURA 25. FLUXOGRAMA DE RESUMO SOBRE A METODOLOGIA APLICADA PARA ESTE TRABALHO.....	69
FIGURA 26. FOTO DA PERSONA	77
FIGURA 27. FLUXOGRAMA DE CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....	81
FIGURA 28. BROCHURA DA PIPOCA POP.	82
FIGURA 29. FLUXOGRAMA DE PROPOSTA DE VALOR.....	83
FIGURA 30. GRÁFICO DE VANTAGEM COMPETITIVA.....	84
FIGURA 31. UNIDADE DE TOMADA DE DECISÃO.....	86
FIGURA 32. MODELO DE NEGÓCIO CANVAS DA PIPOCA POP.....	89
FIGURA 33. EXPERIMENTO DE VOLUME DA PIPOCA.....	99
FIGURA 34. VOLUME DE CONTROLE DA CÂMARA DE AQUECIMENTO.....	100
FIGURA 35. VISTA DE TOPO DA CÂMARA DE AQUECIMENTO.....	103
FIGURA 36. VISTA 3D DA CÂMARA DE AQUECIMENTO.....	104
FIGURA 37. VISTA 3D DO RESERVATÓRIO.....	105
FIGURA 38. VISTA 3D EXPLODIDA DO COLETOR DE MILHO.....	107
FIGURA 39. VISTA FRONTAL DO MECANISMO DISPENSER DE PIPOCA.....	108
FIGURA 40. VISTA 3D DO MECANISMO DISPENSER DE PIPOCA.....	109
FIGURA 41. VISTA 3D EXPLODIDA DO MECANISMO DE ADIÇÃO DE SABOR.....	110
FIGURA 42. CLP CLIC02, FABRICANTE: WEG.....	112
FIGURA 43. DIAGRAMA ELÉTRICO DA VENDING MACHINE.....	115
FIGURA 44. VISTA FRONTAL DA MONTAGEM.....	117
FIGURA 45. VISTA DE CORTE TRASEIRO DA MONTAGEM.....	118
FIGURA 46. VISTA DE CORTE LATERAL DA MONTAGEM.....	119
FIGURA 47. PRIMEIRA ETAPA DO PROTÓTIPO.....	122
FIGURA 48. VISTA FRONTAL DO PROTÓTIPO.....	123

FIGURA 49. MONTAGEM FINAL DO PROTÓTIPO. 124

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. BENCHMARKING DE VENDING MACHINE DE PIPOCA.	34
TABELA 2. EMPREENDEDORISMO DISCIPLINADO.....	70
TABELA 3. RESUMO DO TAM.....	76
TABELA 4. TAM DE MERCADOS ADJACENTES.....	88
TABELA 5. BALANÇO FINANCEIRO DA PIPOCA POP.	91
TABELA 6. EVOLUÇÃO DO LUCRO ANUAL DA PIPOCA POP	92
TABELA 7. LTV	92
TABELA 8. CÁLCULO DO COCA.....	94
TABELA 9. PRODUT BACKLOG	96
TABELA 10. SPRINT BACKLOGS.....	97
TABELA 11. SOMATÓRIO DE POTÊNCIAS 24 V.....	113
TABELA 12. SOMATÓRIO DE POTÊNCIAS 220 V.....	114

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

3D - Três dimensões

A - ampére

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC - Antes de Cristo

AGITTEC - Agência de Inovação e Transferência de Tecnologia da Universidade federal de Santa Maria

CA - Corrente alternada

CC - Corrente contínua

CE - Capacidade de expansão

CEASA - Centrais estaduais de abastecimento

CLP - Controle lógico programável

cm - Centímetros

CSPI - *Center for Science in Public Interest*

EUA - Estados Unidos da América

GDL - Graus de liberdade

Hz - hertz

kg - Kilograma

LED - *Light-emitting diode*

MAG - *Metal active gas*

MG - Minas Gerais

MIG - *Metal inert gas*

mm - Milímetros

MPV - Mínimo produto viável

MPVC - Mínimo produto viável comercial

NBR - Norma Brasileira

RPM - rotações por minuto

TAM – *Total Adressable Market*

TCC - Trabalho de conclusão de curso

UCI - *United Cinemas International*

UNIPAMPA -Universidade federal do Pampa

US - *United States Patents*

USB - *Universal Serial Bus*

V – Volts

VM – *Vending Machine*

W - Watts

°C - Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização do Tema	15
1.2 Caracterização da Oportunidade	16
1.3 Objetivos.....	17
1.4 Justificativa	18
1.5 Estruturação do trabalho	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 O Milho Pipoca	21
2.1.1 Propriedades Térmicas e Físicas do Milho Pipoca	23
2.2 Normas Técnicas Para Alimentos	23
2.3 Busca de anterioridade.....	24
2.3.1 Estrutura de uma <i>Vending Machine</i>	25
2.3.2 Patentes.....	26
2.3.3 Benchmarking	34
2.4 Funcionamento da Máquina	36
2.4.1 Concepção Inicial.....	36
2.4.2 Termodinâmica e Aquecimento da Pipoca.....	38
2.4.3 Controle e Automação	46
2.4.4 Elétrica	50
2.4.5 Estrutura e Mecanismos	53
2.4.6 Materiais	55
2.4.7 Fabricação	56
2.4.8 Segurança e Monitoramento.....	58
2.4.9 Revisão Teórica	63

3	METODOLOGIA	64
3.1	Metodologia De Pesquisa	64
3.2	Metodologia De Projeto	65
3.3	Justificativa Da Metodologia	67
4	MODELO DE NEGÓCIO.....	70
4.1	Segmentação de Mercado.....	70
4.2	Mercado Estratégico Prioritário	72
4.3	Perfil do Usuário Final	74
4.4	TAM do mercado estratégico.....	75
4.5	Persona	76
4.6	Ciclo de vida de uso do produto	78
4.7	Especificações de produto de alto nível	81
4.8	Quantificar a proposta de valor.....	82
4.9	Lista dos próximos 10 clientes.....	83
4.10	Foco central do produto.....	83
4.11	Gráfico de posição competitiva.....	83
4.12	Unidade de tomada de decisão	84
4.13	Mapa de processo de aquisição pelo cliente	86
4.14	TAM para mercados adjacentes	87
4.15	Modelo de negócio CANVAS.....	88
4.16	Definição da estrutura de preço.....	90
4.17	Valor de ciclo de vida útil do cliente.....	92
4.18	Mapa dos processos de venda.....	93
4.19	Cálculo do custo de aquisição de cliente (COCA)	93
4.20	Identificar os pressupostos chave	94
4.21	Revisão do capítulo	95
5	DESENVOLVIMENTO	96

5.1 Critérios de Projeto	97
5.2 Sistema de aquecimento da pipoca.....	99
5.2.1 Componentes do sistema de aquecimento	102
5.3 Dispositivos e Mecanismos	104
5.3.1 Reservatório.....	105
5.3.2 Mecanismo coletor de milho	105
5.3.3 Mecanismo dispenser de pipoca.....	107
5.3.4 Mecanismo de adição de sabor	109
5.3.5 Recebimento de dinheiro	110
5.4 Automação	111
5.5 Circuito Elétrico	112
5.6 Materiais	116
5.7 Estrutura e montagem	116
5.8 Protótipo MPVC.....	119
5.8.1 Construção do protótipo.....	120
5.9 Revisão do capítulo	124
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
REFERÊNCIAS.....	128
APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO	

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Tema

A pipoca é um alimento de grande importância cultural e econômica no Brasil e no mundo. O consumo brasileiro anual de milho para pipoca está em torno de 70 mil toneladas, sendo 40% desse consumo na época de festa junina entre maio e julho (REVISTA RURAL, 2018). É difícil quantificar exatamente o consumo do grão pelo caráter muitas vezes informal da venda. Contudo, o CEASA/MG observou um crescimento em relação aos 780 mil quilos de grãos comercializados na década passada contra 1 435 mil quilos nesta década, um aumento de 84% (CRUZ, 2018). A maior parte do consumo deste tipo específico de milho vem de importação da Argentina, o país escoia 70% de sua produção para o Brasil (REVISTA RURAL, 2018).

O consumo deste alimento se torna ainda mais importante nas salas de cinema. De 40% a 45% da arrecadação de cinemas nos EUA vem da venda de alimentos na bombonière. O carro chefe destas bombonières continua sendo a pipoca. A diretora de marketing da rede brasileira de cinemas UCI, Mônica Portella, afirma “Consideramos que a bombonière é essencial para a experiência do cinema ser completa”. O economista americano Edward J. Epstein ainda declara que este comércio pode garantir lucros acima de 80% às empresas de cinema já que a bilheteria cobre apenas 50% dos custos operacionais (GAZETA DO POVO, 2018).

Por outro lado, segundo reportagem da Folha de São Paulo (2018), no estado de São Paulo as filas em cinema podem chegar a até 40 minutos e as filas de restaurante a até duas horas. Os consumidores não estão satisfeitos com essa situação e sentem que estão perdendo tempo enquanto esperam em filas.

Uma solução tecnológica para a redução de filas em estabelecimentos comerciais é o emprego de *vending machines*. Segundo a Associação Brasileira de Vendas Automáticas, *vending machine* é “uma máquina automática que prepara e/ou disponibiliza produtos diretamente para o consumidor, de forma controlada por dispositivo de pagamento em dinheiro, cartão ou contador que permita cobrança

posterior” (SUREK et al., 2016). Ela pode prover lanches, bebidas, cigarros, bilhetes, passagens de transporte, preservativos ou qualquer outro produto julgado adequado.

O primeiro registro histórico da ideia de uma máquina de venda automática foi em 205 AC pelo matemático grego Hero. Sua criação é uma máquina que dispensa uma pequena quantidade de água santa na inserção de uma moeda. Já a primeira *vending machine* comercial dos EUA foi introduzida em 1888 por Thomas Adams da empresa Adams Gum Company. Ela vendia gomas de mascar nas plataformas das estações de trem de Nova York (HIGH BEAM, 2018). Hoje há uma estimativa de que o mercado americano de *vending machines* movimenta aproximadamente 36 bilhões de dólares direta e indiretamente (SUREK et al., 2016).

Em alguns países as *vending machines* provaram ser um negócio extremamente lucrativo, em específico o Japão que possui a maior densidade desta máquina por habitante, existe uma *vending machine* para cada 23 habitantes no país (JAPAN GUIDE, 2010). Este é o país que movimenta o maior volume de dinheiro com este tipo de máquina, são aproximadamente 100 bilhões de dólares anuais girando em torno de equipamentos e produtos de *vending machines* (SUREK et al., 2016).

No Brasil o cenário é bem menos relevante, nossa relação era de 2500 habitantes por máquina em 2015, totalizando 80 mil *vending machines* no país. A estimativa de faturamento dessas máquinas neste ano era de 500 milhões de reais (SUREK et al., 2016).

1.2 Caracterização da Oportunidade

Como já descrito o mercado de *vending machines* (doravante denominado simplesmente *VM*) no Brasil é subdesenvolvido e ainda tem um grande potencial de crescimento. Uma das explicações do porquê este mercado é tão pequeno é a hiperinflação nas últimas décadas do século XX. O país assume hoje o papel de importador de tecnologia neste segmento visto que o desenvolvimento destas máquinas é feito nos EUA e na Europa e apenas pequenas modificações são feitas para o mercado brasileiro (SUREK et al., 2016).

O parque instalado de VMs ainda apresenta a característica de ser predominante de bebidas, este tipo representa 60% do total de máquinas contra 1% do setor alimentício (SUREK et al., 2016). Este é um fator impulsionante da escolha do tema deste trabalho de desenvolver uma VM alimentícia.

Uma breve pesquisa de mercado foi realizada pelos autores do trabalho com o intuito de verificar o interesse e as sugestões do potencial público consumidor de uma VM de pipoca (APÊNDICE A). Um dos fatores diferenciais que as pessoas buscam neste produto é a variedade de sabores na escolha da pipoca.

Além disso, um estudo do CSPI nos EUA revelou que a porção de pipoca vendida nos estabelecimentos de cinema pode chegar a até 1610 calorias e 60 gramas de gordura saturada. Estes valores estão muito acima dos recomendados para uma alimentação saudável (G1, 2018).

1.3 Objetivos

Uma das expectativas do projeto é desenvolver uma solução para reduzir filas de espera de atendimento em lanchonetes que vendem pipoca, por exemplo um cinema, ou ainda aumentar a praticidade de pessoas poderem comprar pipoca fresca em um ambiente público onde não havia este recurso previamente.

Este trabalho alia o potencial mercadológico da venda de pipoca, a necessidade do público de comprar pipocas saborizadas e a preocupação em oferecer um produto saudável. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um mínimo produto viável comercial (MPVC) de VM de pipocas saborizadas e saudáveis. Deste objetivo geral são estabelecidos alguns objetivos específicos:

- Estruturar o conhecimento referente ao desenvolvimento da máquina através de uma fundamentação teórica detalhada de todos os seus subsistemas.
- Aplicar os conhecimentos técnicos e teóricos adquiridos durante o curso de Engenharia Mecânica para o desenvolvimento e dimensionamento da máquina.
- Desenvolver o modelo de negócio da empresa Pipoca Pop.
- Construir e apresentar um protótipo no modelo de um MPVC.

1.4 Justificativa

A ideia inicial do trabalho surgiu de uma necessidade pessoal de um dos autores de comprar pipoca de boa qualidade de forma rápida, assim evitando filas e tempo perdido. A solução encontrada para este problema é o tema deste trabalho, uma pipoqueira automática no estilo *VM* em que o consumidor pudesse se servir sozinho. Um estudo mercadológico foi iniciado em sequência, incluindo uma pesquisa de campo com possíveis clientes através de um questionário, confirmando a necessidade deste produto no mercado brasileiro.

Como já mencionado, o intuito inicial deste trabalho é proporcionar ao mercado brasileiro um produto tecnológico que agregue valor aos seus usuários. A formação de engenharia mecânica propicia um diferencial tecnológico no desenvolvimento do produto visto que a maior parte do conhecimento necessário para este projeto é abordado no curso. As áreas de conhecimento envolvidas no projeto podem ser visualizadas na Figura 1.

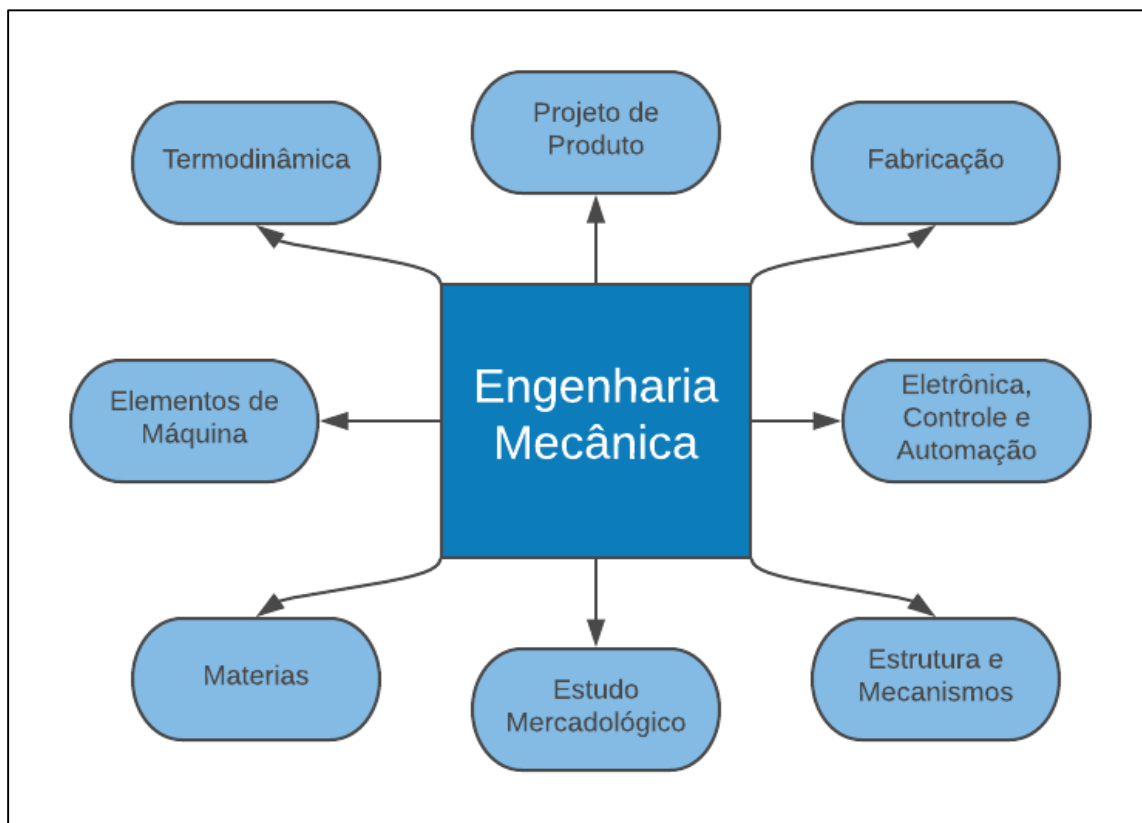


Figura 1. Áreas de conhecimento relacionadas à engenharia mecânica.

Fonte: Os Autores.

A fundamentação teórica deste trabalho e sua referência bibliográfica buscam abordar todos as áreas de conhecimento listadas na figura acima além de outros temas que não se relacionam diretamente com a engenharia, por exemplo o milho pipoca.

Por fim, o resultado final deste trabalho se apresenta como uma ferramenta útil para aprofundamento do tema em trabalhos futuros, apoio no desenvolvimento de máquinas similares e na consolidação do conhecimento dos autores auxiliando na criação de outros projetos.

1.5 Estruturação do trabalho

O primeiro capítulo deste trabalho traz um levantamento sobre a motivação para o desenvolvimento deste trabalho, fazendo um levantamento sobre o mercado da pipoca no Brasil e a importância deste alimento para a indústria cinematográfica. Na sequência, demonstra-se uma breve introdução sobre as VMs no Brasil e em alguns países e sua importância para a economia. Além disso, a equipe apresenta uma pesquisa (APENDICE A) que demonstra a opinião do público para o consumo de pipoca via VMs.

Deste modo, o segundo capítulo apresenta uma fundamentação teórica sobre o milho para pipoca, normas técnicas para alimentos, uma conceituação teórica sobre VMs e suas anterioridades, para posteriormente fazer uma análise detalhada dos possíveis componentes e sistemas que o projeto deste equipamento demandará.

O terceiro capítulo aborda a metodologia que a equipe irá utilizar para desenvolver o projeto. Esta parte discorre sobre a ideia inicial de se fazer uma máquina VM de pipoca, até a estratégia que será utilizada pela equipe para concluir o projeto e sua justificativa.

O próximo capítulo traz o cronograma para desenvolvimento do trabalho, de modo que todas as etapas estejam planejadas em tempo hábil, assim como riscos e orçamentos.

Desta forma, conclui-se o Trabalho de conclusão de Curso I apresentando as considerações finais e demonstrando a viabilidade deste projeto.

Portanto, devido ao elevado consumo deste alimento no mercado brasileiro e sobre a alta relevância desses equipamentos para a economia, é necessário se

entender um pouco mais sobre o milho de pipoca, normas alimentares e sobre os sistemas de uma máquina *VM* para o desenvolvimento deste projeto e assim desenvolver um produto que possa competir no atual cenário econômico brasileiro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Milho Pipoca

O milho é nativo das Américas mais precisamente na região onde se encontra hoje o México se estendendo até o norte da América do Sul. Existem várias espécies de milho, no entanto o milho que conhecemos hoje se originou do teosinte (*Zea mexicana*) por seleção direta do homem. Existem relatos históricos de milho sendo estourado como pipoca nesta região há muitos anos antes da chegada dos europeus na América. A origem exata de como o milho pipoca se originou é desconhecida, mas a sua espécie botânica é a mesma das outras, a *Zea mays L.*, diferenciando-se apenas pelas suas propriedades físicas (EMBRAPA, 1990).

Desde a chegada dos europeus na América houve contato destes com nativos que estouravam o milho e alguns relatos foram produzidos desta experiência. Em 1616 exploradores franceses registraram que a tribo Iroquois faziam pipoca em areia quente e a usavam para sua alimentação. Logo os recém-chegados colonizadores incluíram a pipoca na sua alimentação do dia a dia, comendo-a com açúcar e creme no café da manhã. O cultivo de pipoca permaneceu por muito tempo como uma pequena cultura de agricultura familiar. A partir dos anos 1890 o consumo de pipoca explodiu nos EUA se tornando realmente uma indústria, culminando na tradição de consumo durante teatros e cinemas que perdura até hoje (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2018). Em 1981 a empresa americana General Mills registrou a primeira patente de pipoca de microondas o que gerou mais um crescimento assombroso no seu consumo (CLUBE DA PIPOCA, 2018).

O grão de milho é composto predominantemente por amido e lipídeos, portanto é por essência uma potente fonte energética para o ser humano. Além disso ele possui outros nutrientes de grande importância para o ser humano, dentre eles pode-se citar ácidos graxos, tocoferóis e carotenóides. Os ácidos graxos são importantes para a prevenção de doenças vasculares e ao combate ao colesterol elevado. Já os tocoferóis (vitamina A) entram como parte da estrutura de hormônios e os carotenóides, em especial a zeaxantina e a luteína, possuem ação de prevenção de câncer por serem antioxidantes (PAES, 2006).

A explicação física do porquê a pipoca explode é relativamente simples. O grão de milho pipoca se constitui de uma pequena quantidade de água no núcleo circundada de uma camada de amido macio envelopado por uma casca rígida. Ao se esquentar o grão de pipoca, a água dentro do milho ferve e gera uma forte pressão interna dentro deste. Eventualmente a casca se rompe levando ao estouro da pipoca, a camada de amido macio infla, expande e em seguida vira ao avesso, resultando no formato típico de pipoca estourada (ver Figura 2). Esta descrição do processo de estouro explica a necessidade de o milho pipoca ter uma quantidade controlada de umidade (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2018).

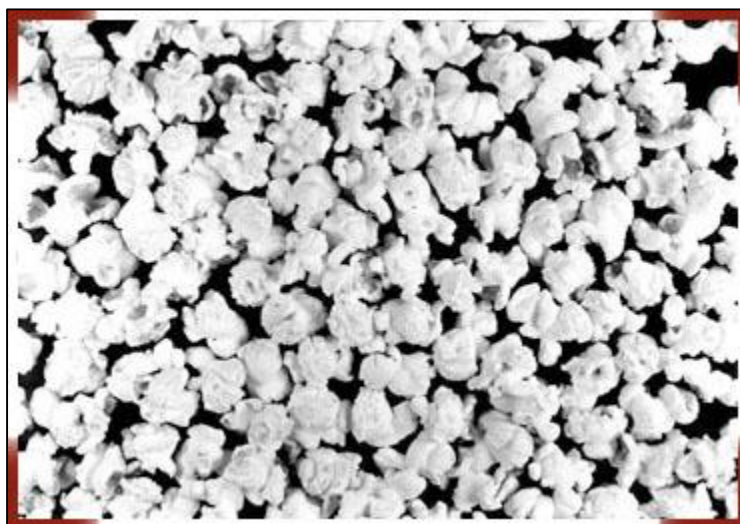


Figura 2. Pipoca estourada.

Fonte: (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2018).

O milho da pipoca é característico por um grão duro e pequeno com a capacidade de estourar e expandir na temperatura média de 180°C. Estas são as únicas características que o diferem do milho comum. Sua armazenagem deve ser feita cuidadosamente buscando uniformizar o teor de umidade do milho ao valor ótimo de 13.5%. Em um silo com temperatura e umidade relativa do ar controlada esta condição é alcançada a respectivamente 23°C e 70-75% (SAWAZAKI, 2011).

O fator determinante na qualidade do milho pipoca é a capacidade de expansão do milho depois de estourado. Esta pode ser medida de duas formas, ou através do cálculo de volume do milho estourado em relação à massa do grão (ml/g) ou do volume do milho estourado em relação ao volume do grão (ml/ml), sendo o

primeiro mais utilizado por sua maior precisão. Uma pipoca de boa qualidade apresenta um valor mínimo de CE de 32 ml/g, já para a pipoca de microondas este valor deve ser acima de 39 ml/g (SAWAZAKI, 2011).

2.1.1 Propriedades Térmicas e Físicas do Milho Pipoca

Um dos objetivos específicos deste trabalho é o dimensionamento do dispositivo de estourar o milho. Um dos conhecimentos essenciais para este propósito é o conhecimento das propriedades térmicas e físicas do milho. Os valores de massa específica, condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica do milho dependem do teor de umidade do grão que pode ser definido pela Equação 1 (RUFFATO, 1998).

$$u = (\text{massa de água} / \text{massa total}) \quad (\text{Eq. 1})$$

Segundo (ANDRADE, 2004) os valores de massa específica, condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica do milho podem ser descritos pelas Equações 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

$$\rho = 702,76 + 5,9571 \cdot u - 0,3434 \cdot u^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$k = 0,10473 + 0,00434 \cdot u \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Cp = 1332,7 + 54,453 \cdot u \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\alpha = 1,281 \cdot 10^{-7} - 7,999 \cdot 10^{-10} \cdot u \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

ρ = massa específica (kg/m³)

k = condutividade térmica (W/(m·K))

Cp = calor específico (J/kg.°C)

α = difusividade térmica (m²/s)

2.2 Normas Técnicas Para Alimentos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012) estabelece requisitos, normas e recomendações para os serviços de alimentação brasileiros. A norma que mais impacta o desenvolvimento deste trabalho é a “NBR 15635:2015: Serviços de alimentação – Requisitos de boas práticas higiênico-sanitárias e controles operacionais essenciais” mais especificamente a seção “5.2.7 Equipamentos, móveis e utensílios”.

Segundo a norma, os materiais utilizados em equipamentos que estão em contato com alimentos devem: ser resistentes à corrosão, não transmitir odores, substâncias tóxicas, nem sabores aos alimentos e devem ser mantidos em adequado estado de conservação mesmo após diversas operações de limpeza e desinfecção.

As superfícies e geometrias dos equipamentos devem ser pensadas e projetadas para maior desempenho sanitário. Isso significa que elas devem ser lisas, sem rugosidade, laváveis, isenta de frestas e de cantos vivos. A geometria do equipamento deve permitir acesso à todos os lados desta para facilitar a sua limpeza e manutenção (ANBT, 2012).

Além do mais os equipamentos devem ser submetidos a manutenção programada e periódica, calibração dos instrumentos ou equipamentos de medição, mantendo registro das operações realizadas.

Outra seção importante para este trabalho é a “5.2.14 Critério para seleção de fornecedores e aquisição de insumos”. Esta seção discorre sobre a importância de dar preferência a insumos inspecionados, certificados e de reconhecimento no mercado. Outro ponto é a necessidade de estabelecer uma inspeção periódica das condições sanitárias dos fornecedores, entregadores e outros integrantes da cadeia de produção.

Durante o desenvolvimento do projeto estas recomendações sempre são levadas em conta principalmente na definição da estrutura da máquina e na seleção de materiais.

2.3 Busca de anterioridade

Neste trabalho, é realizado uma busca de anterioridade a fim de procurar pelo que já foi feito em termos de desenvolvimento de VM de pipoca e suas

patentes, culminando em um *benchmarking* dos produtos e empresas deste ramo na atualidade.

2.3.1 Estrutura de uma *Vending Machine*

A estrutura básica de uma *VM* é formada pelo gabinete na parte exterior que é por definição a estrutura da máquina a qual vai determinar as dimensões e geometria da mesma. Esta parte deve garantir proteção estrutural da máquina e segurança contra atos de vandalismo, portanto seu material deve ser bem pensado. Materiais típicos de construção são aço galvanizado, aço revestido com pó acrílico e madeira. Em seguida pode haver uma camada de isolamento térmico para garantir um ambiente fresco a fim de preservar os alimentos, esta camada é tipicamente de espuma de poliuretano. A próxima camada é o tanque que representa o espaço interno da máquina onde os insumos, dispositivos e equipamentos eletrônicos são armazenados. Esta camada geralmente é feita de aço. Outra parte importante é o dispenser, a cavidade na qual o usuário vai retirar seu produto. Dentre os dispositivos mencionados, um que sempre está presente nas *VMs* é o dispositivo de recebimento e validação do dinheiro. Antigamente esses dispositivos aceitavam apenas moedas e notas, atualmente as máquinas mais modernas possuem módulo de pagamento por cartão bancário (SUREK et al., 2016).

Um exemplo ilustrativo de uma *VM* pode ser observado na Figura 3. Outra parte essencial de uma *VM* é a interface com o cliente que representa tanto o apelo visual e de propaganda quanto o dispositivo de seleção do produto.



Figura 3. Vending machine de lanches do fabricante Federal Machine.

Fonte: (FEDERAL MACHINE,2018).

2.3.2 Patentes

Segundo o núcleo de inovação tecnológica da UNIPAMPA (2018), a busca serve para saber se o produto pretendido já está protegido via patente, para verificar o estado da arte de um produto ou processo e para analisar a possibilidade de

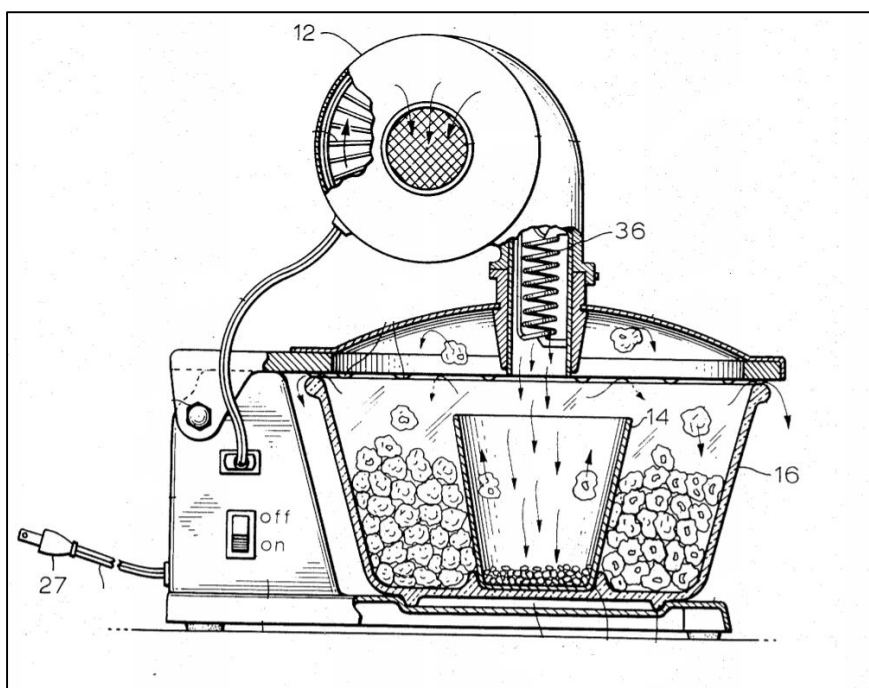
realizar melhorias tecnológicas. A AGITTEC (2018) ainda afirma que a busca de anterioridade serve como base para elaboração de projetos inovadores.

2.3.2.1 Pipoqueiras

Em uma busca no site <patents.google.com/> sobre máquinas que fazem pipoca, foram encontrados inúmeros resultados. Os resultados se iniciam em 1880 e vão até os dias de hoje. Seguem algumas patentes mais relevantes para este projeto.

- PATENTE USP 3.756.139

Este registro é datado de setembro de 1973 e utiliza um jato de ar quente para atingir a temperatura de estouro da pipoca. O sistema pode ser observado na Figura 4 e consiste em um ventilador (12) jogar ar por um elemento de aquecimento (36). Este ar é jogado dentro de um recipiente (14) onde está o milho da pipoca, a partir do momento que ela atinja a temperatura, ela estoura e é carregada pelo ar soprado para o recipiente (16) de armazenamento da pipoca. Este sistema é conectado na rede elétrica via cabo (27).



**Figura 4. Desenho esquemático de pipoqueira via soprador de calor.
(Adaptado).**

Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/8c/ad/a3/8677c42cf59ddf/US3756139.pdf>

- PATENTE USP 4.152.974

Registro de junho de 1978 que utiliza um jato de ar aquecido para que a pipoca atinja a temperatura ideal de estouro. A temperatura do ar está entre 232 °C a 246 °C. O sistema pode ser observado na Figura 5 e consiste nas pás (30) do ventilador (28) soprarem ar pela resistência elétrica (44) para que atinjam a faixa de temperatura desejada. Em paralelo o milho desce por gravidade do compartimento de armazenagem (56) por um canal (57) para encontrar-se com o ar quente no compartimento de aquecimento (90). Neste local ocorre o estouro do milho para pipoca (6) que é lançado para cima até a saída (81) onde a pipoca vai para o ambiente externo pelo canal (52).

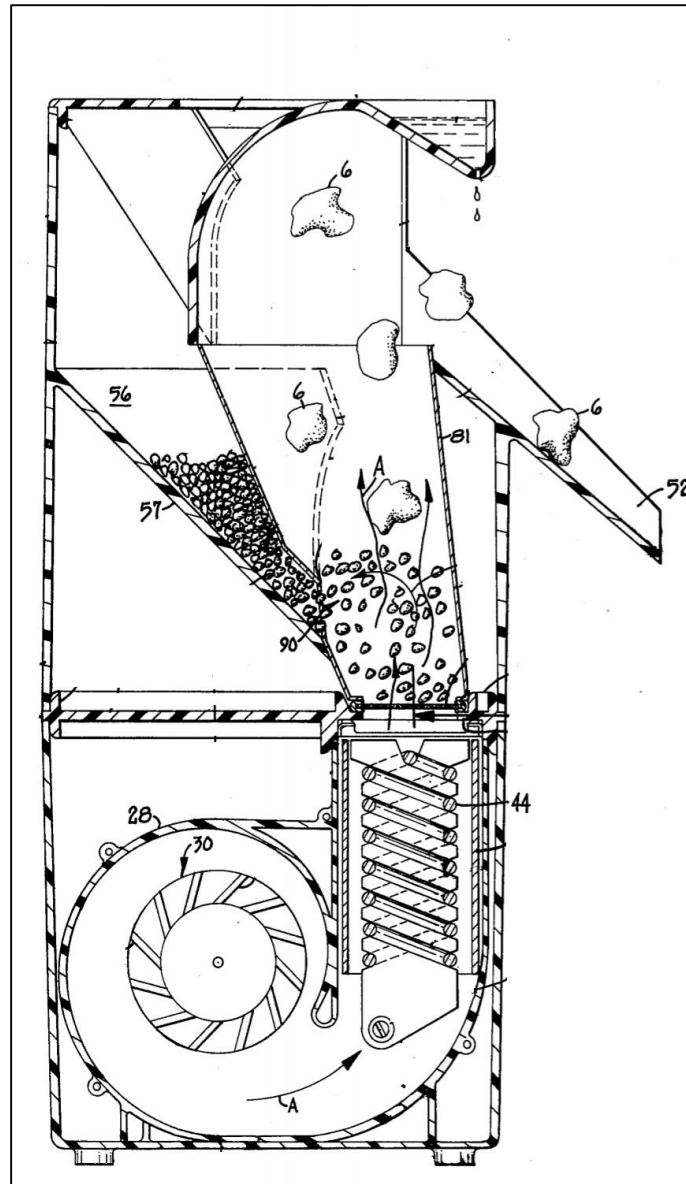


Figura 5. Desenho em corte de pipoqueiro que utiliza ar quente (Adaptado).

Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/7a/3b/c118263311fae8/US4152974.pdf>

- PATENTE USP 5.501.139

Esta patente foi registrada em março de 1996 e é baseada nas patentes já citadas sobre a utilização de ar quente para estourar a pipoca, entretanto, este registro incrementa o fato de que nas versões anteriores, alguns grãos de milho de pipoca não eram estourados, isso criava um desperdício de material. A Figura 6 demonstra o equipamento. O sistema consiste de o milho ficar na câmara de queima (10), receber ar do ventilador (11) que é aquecido na resistência (12). A aba

(17) segura a pipoca até que tenha estourado todo milho e o usuário faça a liberação manual.

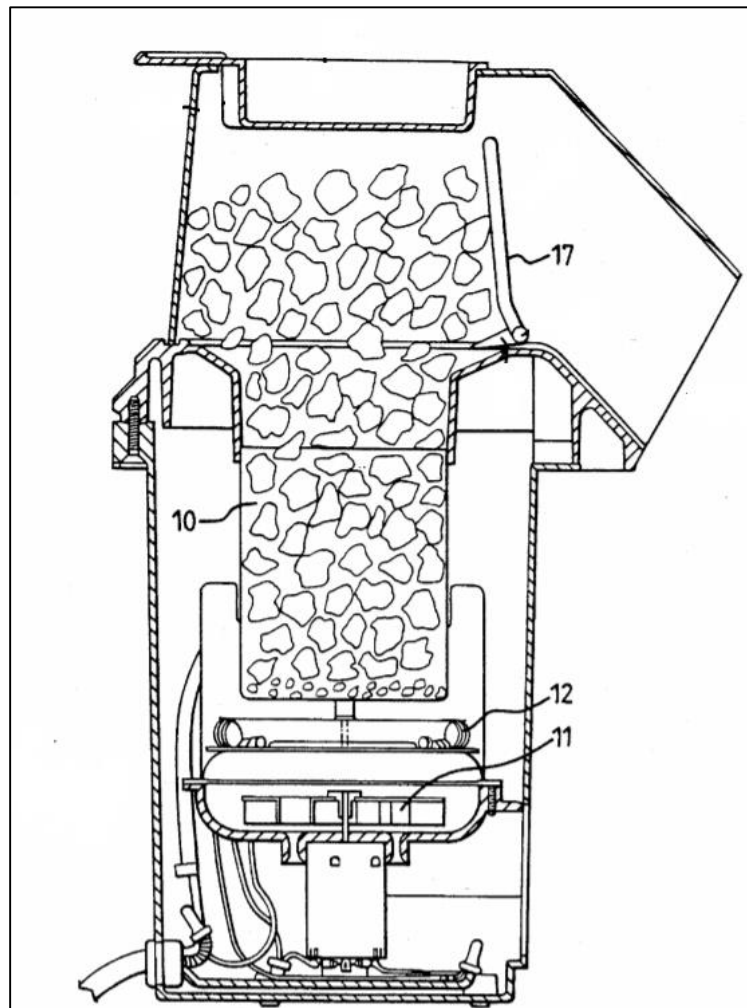


Figura 6. Pipoqueira com sistema para reter a pipoca até que todo milho tenha sido estourado (Adaptado).

Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/93/53/69/ca9441ef9c2ac9/US5501139.pdf>

2.3.2.2 Pipoqueiras Vending Machine

Repetindo-se a busca no site patents.google.com/ patente sobre VM de pipoca, foram encontradas em torno de 1800 resultados. Os primeiros resultados datam do ano 1899. Foram listados os resultados mais relevantes para este projeto.

- PATENTE USP 5.020.688

Este registro é datado de junho de 1991 e consiste em um sistema *VM* que estoura a pipoca por microondas. O dispositivo conta com um local para armazenar vários sabores e tipos de pipoca diferente, um sistema de leitura de dinheiro, um sistema pneumático para empurrar a pipoca para o microondas, e um sistema para disponibilizar a pipoca para o usuário, também pneumático.

A Figura 7 mostra o esquema de funcionamento interno deste equipamento. Os pacotes de pipoca são armazenados em um compartimento (37), na vista de perfil só há um tipo de pipoca, entretanto em outra vista, nota-se outros sabores. O êmbolo superior (53) empurra o sabor escolhido pelo usuário pelo canal 41 até entrar no microondas (46). Quando o saco de pipoca entra no microondas, o sistema é acionado via os controles pneumáticos (69, 67, 57, 59, 65, 87, 85, 90, 94) de modo que o gerador de ondas eletromagnéticas (92) e o ventilador (99) possam trabalhar para estourar os milhos da pipoca. Quando o tempo calibrado for finalizado, o êmbolo inferior (77) abre o compartimento (73) e o saco de pipoca estourada cai para retirada do usuário no dispenser (15).

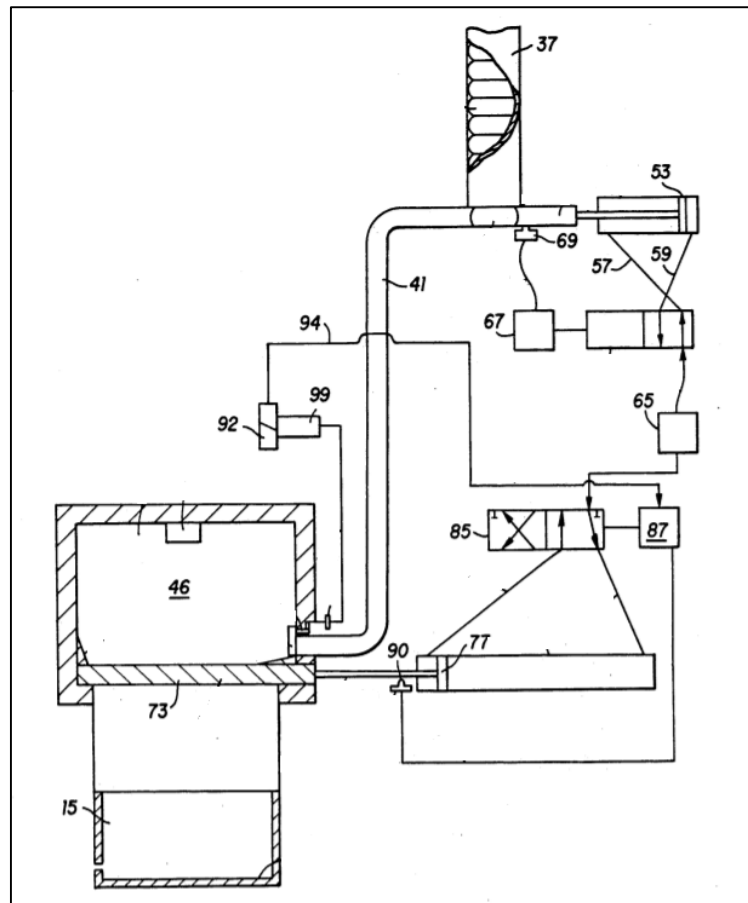


Figura 7. Sistema esquemático da vending machine que utiliza microondas para estourar a pipoca (Adaptado).

Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/91/53/28/56c7653da24cbc/US5020688.pdf>

- PATENTE USP 5.657.684

Esta patente é de agosto de 1997 e é uma VM de pipoca que a estoura via um jato de ar quente e adiciona sabor a pipoca quando ela está pronta no recipiente final. O autor descreve algumas dificuldades encontradas para a elaboração deste equipamento, a primeira dificuldade relatada é sobre o diferente teor de umidade dos grãos de pipoca alteram o volume final da pipoca que deve preencher o recipiente final. A segunda dificuldade é para distribuir uniformemente os sabores na pipoca. O terceiro obstáculo listado pelo autor é sobre a temperatura de estouro da pipoca, que quando a máquina é utilizada em sequência pode causar um superaquecimento e quando a máquina está desligada por um longo período de tempo pode demorar mais até que o equipamento atinja a temperatura ideal. Outra dificuldade foi sobre utilizar sabores líquidos e que necessitavam serem agitados para terem a consistência ideal, e é necessário uma pessoa para fazer este serviço,

resultando perda de tempo. A última dificuldade listada é sobre roubos dos produtos.

A Figura 8 representa a máquina sem a porta dianteira. Podemos ver o gabinete externo (12), o sistema que guia (36) o milho para a câmara de aquecimento (28), o guia (32) que leva a pipoca pronta para o dispenser (30) para a coleta do consumidor, o mecanismos de distribuir o copo (42) e o conjunto responsável por saborizar (46) a pipoca.

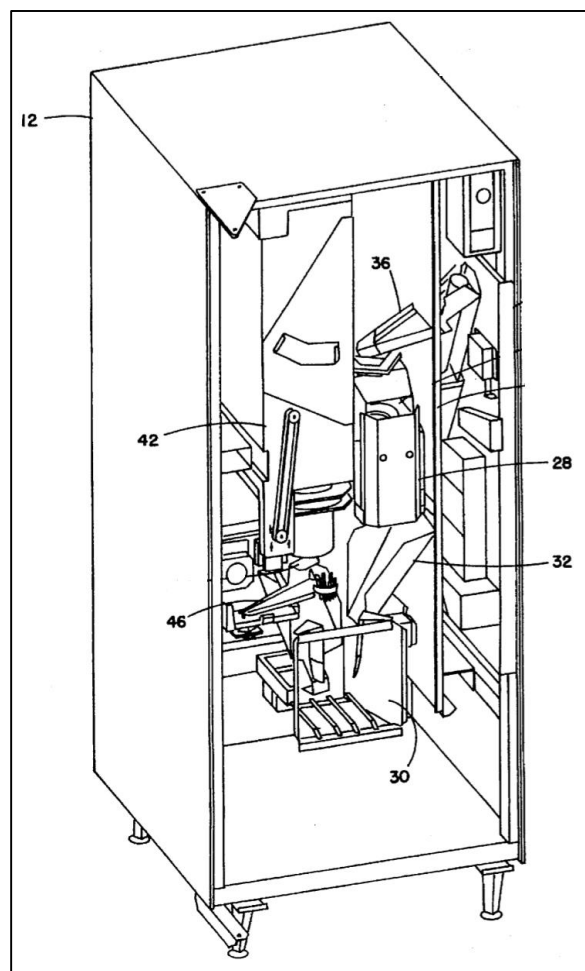


Figura 8. Máquina de vending machine de pipoca e sistemas básicos (Adaptada).

Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/49/f6/ea/791ca560125d80/US5657684.pdf>

2.3.2.3 Busca de Patentes Brasileira

Foram feitas buscas na base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, que tem por finalidade o registro de marcas e patentes Brasileiras (INPI, 2018). Quatro patentes similares foram encontradas, elas são: PI 910323-0 A, PI 9302547-5 A, MU 7700771-9 U e MU 7702361-4 U que são datadas do ano de 1991, 1995, 1997 e 1997 respectivamente. Todas estas já caducaram, portanto não são exploradas extensivamente neste trabalho já que as patentes americanas são mais detalhadas e explicativas.

2.3.3 Benchmarking

O *Benchmarking* das VMs similares à desenvolvida neste trabalho é uma etapa crucial no desenvolvimento da máquina. Através deste estudo é possível comparar quais são os produtos existente no mercado, encontrar os pontos fortes e fracos de cada um e finalmente desenvolver uma proposta própria que corrija os pontos fracos e se beneficie do conhecimento dos pontos fortes.

Uma tabela comparativa dos produtos mais relevantes no mercado brasileiro e internacional é apresentada abaixo (ver Tabela 1).

Tabela 1. Benchmarking de vending machine de pipoca.

Empresa	YAHOOOL	Mais Pipoca	Popcorn Vending
Modelo	Só Pipoca	Mais Pipoca	Airpop Go
Dimensões	185x65x50 cm	148x44x42 cm	153x46x43 mm
Alimentação elétrica	220 V	220 V	Não há informações
Consumo elétrico	1800 W ativa	3500 W ativa 30 W em vigília	2000 W ativa 50 W em vigília
Peso	65 kg	45 kg	45 kg
Capacidade do reservatório de milho	6 kg	4,5 kg	5,5 kg
Tempo de preparo	140 segundos	120 segundos	90 segundos
Sabores	Salgada e Sabores Gourmet pré prontos	Salgada	Salgada

Característica do dispenser	Entrega da embalagem para o usuário e porta de abertura para o dispenser	Entrega da embalagem para o usuário e porta de abertura para o dispenser	Entrega da embalagem para o usuário e porta de abertura para o dispenser
Meios de pagamento	Nota e moeda	Nota e moeda; meio de pagamento por cartão é opcional	Moedas
Mobilidade	Base reta	Base com rodinhas	Base com rodinhas
Aparência	Aspecto quadrado, não apresenta design moderno	Design moderno, reservatório de milho aparente	Design moderno, reservatório de milho aparente
Monitoramento	Não há	Telemetria - tecnologia de monitoramento de estoque e faturamento sem fio	Telemetria opcional - tecnologia de monitoramento de estoque e faturamento sem fio
Instruções de uso	Instruções impressas na máquina e através de som	Instruções impressas na máquina	Instruções impressas na máquina
Preço	R\$14.500,00	R\$14.500,00	£2.038,00 (R\$9.900,00)

Fonte: Adaptado dos catálogos dos fabricantes YAHOOL, MAIS PIPOCA e POPCORN VENDING.

Imagens das VMs analisadas são mostradas a seguir (ver Figura 9).



Figura 9. Vending machines do modelo Só pipoca, Mais Pipoca e Airpop Go, da esquerda para a direita respectivamente.

Fonte: (SÓ PIPOCA; MAIS PIPOCA; POPCORN VENDING).

2.4 Funcionamento da Máquina

2.4.1 Concepção Inicial

Um *brainstorming* entre os autores deste trabalho resultou em um esquemático típico da concepção inicial do projeto. O intuito desta atividade é estabelecer as diretrizes básicas do projeto e principalmente da fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do mesmo, havendo portanto possibilidade de modificações desta concepção ao decorrer do desenvolvimento do trabalho. Os esquemas foram divididos em estrutura externa (gabinete) e interna (tanque) da VM. Estes esquemas foram criados tendo como base o estudo de estrutura típica de uma VM, o estudo de anterioridade de máquinas similares e o *benchmarking* feito pela equipe.

A Figura 10 representa a estrutura externa da máquina e seus elementos. Esta deve apresentar rigidez estrutural e proteção contra eventuais impactos ou atos de

vandalismo. A base da máquina deve englobar aspectos de equilíbrio estrutural, movimentação e nivelamento da máquina. A alimentação elétrica é responsável por fornecer energia para o funcionamento dos sistemas da máquina. O display de seleção representa algum mecanismo para a seleção, pelo usuário, do produto a ser comprado. Os meios de pagamento representam as opções e dispositivos utilizados para recebimento e validação do pagamento. A comunicação visual representa o apelo visual da máquina, os elementos de promoção da máquina e possíveis elementos gráficos de instrução de utilização da máquina aos usuários. O dispenser é o espaço reservado para o usuário retirar a pipoca.

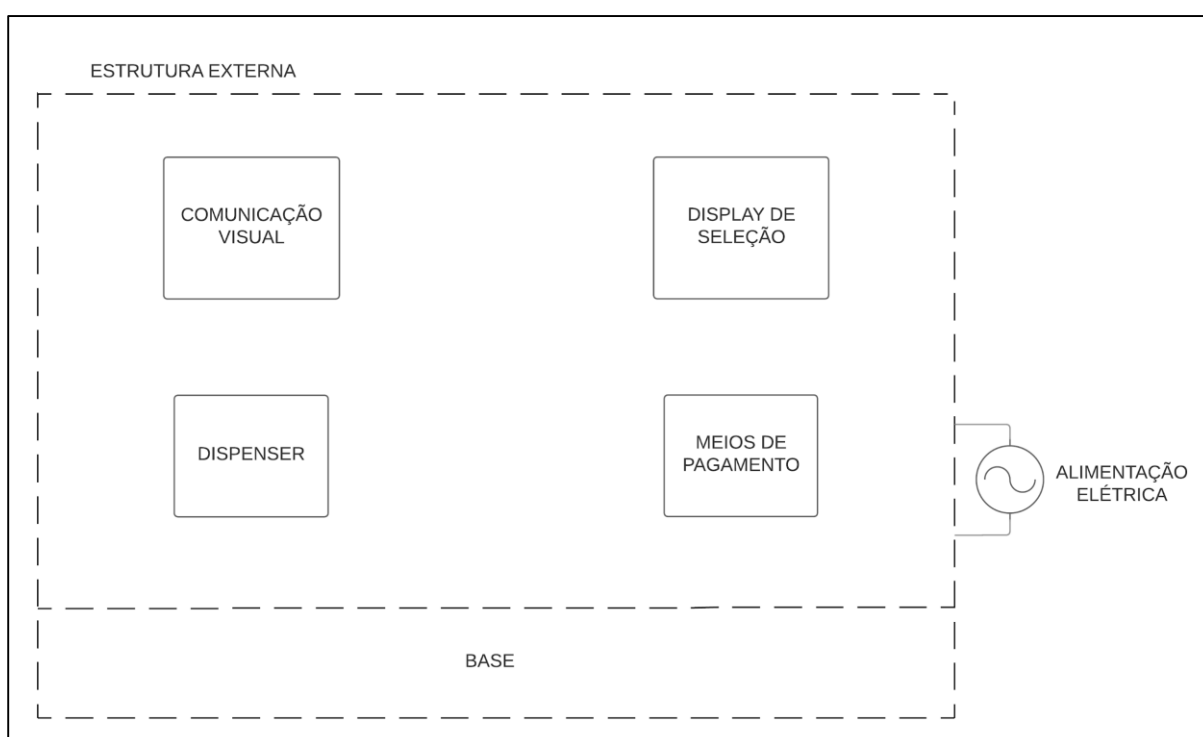


Figura 10. Concepção inicial externa.

Fonte: Os autores.

Em contrapartida, a Figura 11 representa a estrutura interna e os sistemas de funcionamento da máquina. Na parte superior se encontra o reservatório de milho, esta posição é justificada pelo fato de ser mais fácil coletar o milho pela simples ação da gravidade já que ele se encontra no compartimento mais elevado da máquina. O coletor de milho é o sistema responsável por coletar o milho do reservatório e o conduzir, na quantidade de uma dose, para o sistema de aquecimento. Este último é o sistema responsável por aquecer o milho até a temperatura em que o milho estoura e se torna pipoca. O dispenser interno é a parte

interna da máquina onde a pipoca será conduzida após o estouro, esse dispositivo é o espaço físico em que o usuário coleta o produto final. O sistema de adição de insumos como o próprio nome diz é responsável por adicionar os ingredientes além da pipoca, neste caso o sal e ingredientes que adicionam sabor à pipoca. O sistema de controle é o responsável por adquirir os dados do display de seleção e dos meios de pagamento e controlar no momento certo os mecanismos de todos os outros sistemas. Este sistema de controle ainda pode assumir outras funções passivas de controle de estoque, manutenção entre outros. A fonte de alimentação é a responsável por receber energia elétrica da rede de distribuição, adequar tensão e corrente e redistribuir para os sistemas que precisem de eletricidade na máquina.

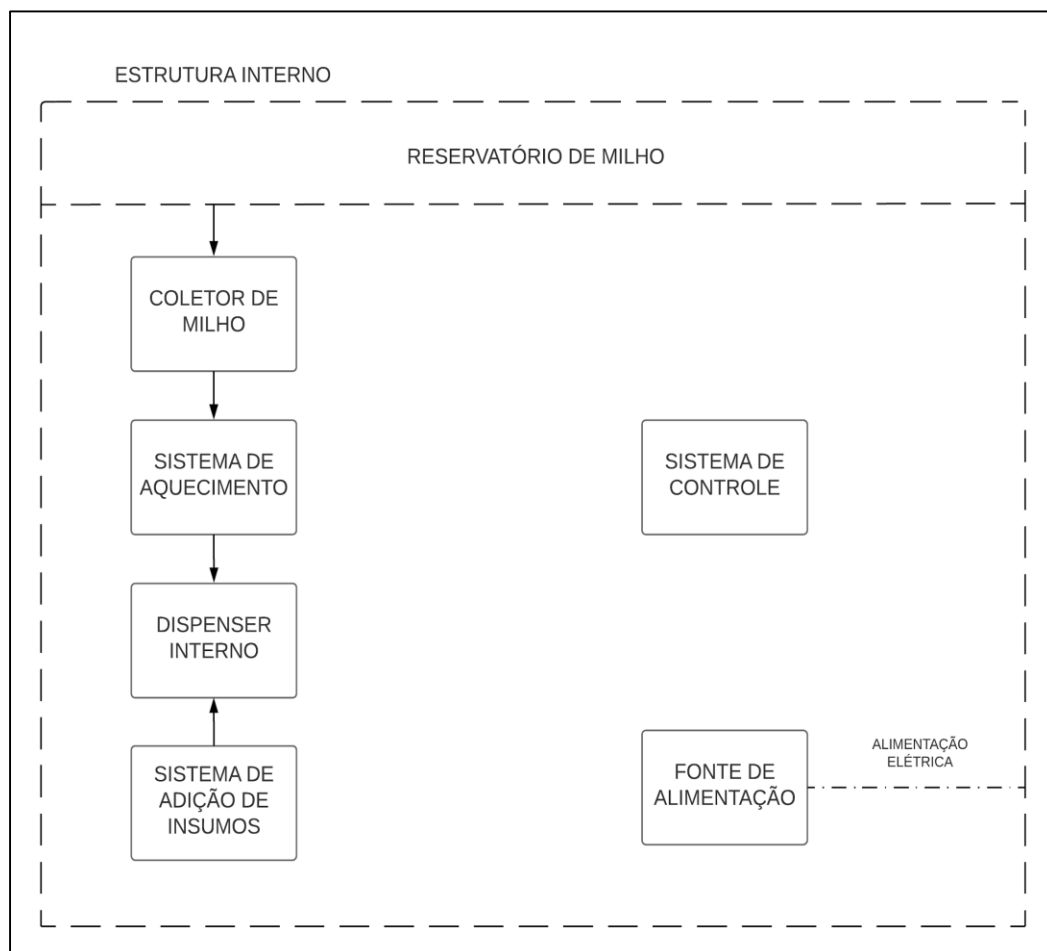


Figura 11. Concepção inicial interna.

Fonte: Os autores.

2.4.2 Termodinâmica e Aquecimento da Pipoca

Para o milho de pipoca estourar, é necessário que seja aquecido por volta de 180° Celsius (SAWAZAKI, 2011). Para entender como o calor pode ser transferido de uma fonte emissora de energia para o milho, devemos compreender como ocorre a transferência de calor. Os modos de transferência de calor são: condução, convecção e radiação (INCROPERA et al., 2003).

Um princípio fundamental para a resolução de problemas termodinâmicos é a primeira lei da termodinâmica. Ela afirma que, para um volume de controle, a somatória do calor fornecido a um sistema é igual ao trabalho realizado pelo mesmo mais a variação de sua energia interna (INCROPERA et al., 2003). Esta lei também é válida para incrementos de energia em um intervalo de tempo, podendo ser expressa matematicamente pela Equação 6.

$$\dot{Q} = \dot{W} + \Delta\dot{U} \quad (\text{Eq. 6})$$

A potência de uma fonte emissora de calor é expressa pelo seu fluxo de calor multiplicado pela sua área de contato, segundo a Equação 7.

$$\dot{Q} = q'' \cdot A \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde,

\dot{Q} = Calor fornecido ao sistema (W)

\dot{W} = Trabalho realizado (W)

$\Delta\dot{U}$ = Variação de energia interna do sistema (W)

q'' = fluxo de calor (W/m²)

A = Área de contato (m²)

2.4.2.1 Condução

Ao se falar em condução, deve-se associar a atividade atômica e molecular do corpo. A energia é transferida por movimentos arbitrários de translado, assim como movimentos intrínsecos de rotação e vibração das moléculas (INCROPERA et al., 2003). A equação da condução de calor por condução é conhecida como lei de Fourier, e é dada pela Equação 8.

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde,

k = Constante de condutividade térmica (W/m.K).

$\frac{dT}{dx}$ = Gradiente de temperatura na direção do eixo ortogonal x (K/m)

A constante de condutividade térmica é uma propriedade intrínseca de cada material. O sinal negativo é decorrente de que o calor é transferido no sentido decrescente da temperatura (INCROPERA et al., 2003).

2.4.2.2 Convecção

A convecção é a transferência de calor entre uma superfície e um fluido em movimento, desde que ambos não possuam a mesma temperatura. É formado por dois mecanismos: o movimento arbitrário das moléculas e pelo movimento global do fluido. Este modo de transferência de calor pode ser dividido em convecção forçada ou natural. A primeira é assim chamada pois é causada por um meio externo, como por exemplo um ventilador. A segunda é causada por diferenças de densidade causada por diferenças de temperatura do fluido. Por exemplo, uma panela quente, o ar que está em contato com o metal da panela está aquecido, causando uma redução da densidade, que pelas forças de empuxo induzem um movimento ascendente deste ar e que é substituído por ar com menor temperatura (INCROPERA et al., 2003). Para o desenvolvimento do dispositivo de aquecer a pipoca, somente a convecção forçada é de interesse. A equação que descreve esse modo de transferência, independente da característica do processo, está descrita pela Equação 9.

$$q'' = h (T_s - T_\infty) \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde,

h = Coeficiente de transferência por convecção (W/K.m²)

T_s = Temperatura de superfície (K)

T_∞ = Temperatura do ambiente (K)

O coeficiente de transferência por convecção é função da geometria da superfície, da natureza do movimento do fluido, de propriedades termodinâmicas e de transporte do fluido (INCROPERA et al., 2003).

2.4.2.2.1 Coeficiente de Transferência por Convecção

Para calcular o coeficiente de transferência de calor médio, podemos utilizar a Equação 10.

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu} \cdot k}{D} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde,

D = Diâmetro do corpo (m)

Nu = Nusselt

Nu é um número adimensional muito utilizado na determinação do coeficiente de convecção. Este número caracteriza o incremento da transmissão de calor resultado da convecção quando relacionado com a condução através da camada do fluido (ÇENGEL, 2010). O número de Nusselt pode ser definido em função do número de Reynolds e do número de Prandtl como representado na Equação 11 (INCROPERA et al., 2003).

$$\overline{Nu} = f(Re, Pr) \quad (\text{Eq. 11})$$

O número de Reynolds é outro número adimensional que caracteriza o regime de escoamento, isto é, se o escoamento é laminar ou turbulento. Sua interpretação física é a relação entre forças de inércia e forças de viscosidade. Este número pode ser calculado pela Equação 12.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde,

ρ = Densidade do fluido (kg/m³)

V = Velocidade do escoamento (m/s)

μ = Viscosidade estática do fluido (N.s/m²)

O número de Prandtl é o parâmetro adimensional que mede a capacidade de difusão de calor dentro do fluido e pode ser calculado pela Equação 13 (ÇENGEL, 2010).

$$Pr = \frac{v}{\alpha} \quad (\text{Eq. 13})$$

Onde,

Pr = Número de Prandtl

v = Viscosidade cinemática (m²/s)

α = Difusividade molecular térmica (m²/s)

Existem diversas correlações que devem ser utilizadas para determinar o número de Nusselt que depende tanto de Reynolds quanto de Prandtl, estas correlações são tabeladas e dependem de cada condição de escoamento (INCROPERA et al., 2003).

2.4.2.2.2 Jatos Colidentes

A utilização de jatos colidindo imediatamente na direção normal de uma superfície é empregado para atingir melhores coeficientes convectivos em processos de aquecimento. Observa-se na Figura 12 que a corrente de ar é liberada de uma altura H de um bico arredondado de diâmetro D ou de uma abertura retangular de largura W , possuindo uma velocidade constante (V_e) uma temperatura (T_e) e uma concentração de espécie ($C_{A,Sai}$). Na zona de estagnação, ocorre desacelerado na direção normal (z) e aceleração na direção transversal (r ou x) do escoamento e apresenta uma temperatura de superfície (T_s) e uma concentração de superfície ($C_{A,S}$). Podemos também notar os perfis de velocidades e características

de temperatura (T_{∞}) e concentração de espécie ($C_{A,\infty}$) do ambiente (INCROPERA et al., 2003).

Com o intuito de determinar o coeficiente convectivo deste tipo de processo, primeiramente deve-se determinar a correta correlação de Nusselt. Para um único bico arredondado, é recomendado a utilização da Equação 14 (INCROPERA et al., 2003).

$$\frac{Nu}{Pr^{0,42}} = \left[\frac{D}{r} \frac{1-1,1\frac{D}{r}}{1+0,1\left(\frac{H}{D}-6\right)\frac{D}{r}} \right] [2 Re^{0,5} (1 + 0,005Re^{0,55})^{0,5}] \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde r é raio de aceleração, D diâmetro do bico e H altura do bico à superfície. A faixa de validade para esta relação é de Re entre 2.000 e 400.000, o quociente $\frac{H}{D}$ entre 2 e 12 e a relação $\frac{r}{D}$ entre 2,5 e 7,5. Para um único bico retangular, podemos determinar Nusselt pela Equação 15 (INCROPERA et al., 2003).

$$\frac{Nu}{Pr^{0,42}} = \frac{3,06}{\frac{x}{W} + \frac{H}{W} + 2,78} Re^m \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde w é a dimensão de aceleração e W a largura do bico retangular, m pode ser representada pela Equação 16. A faixa de validade para a aplicação desta relação é de Re entre 3.000 e 90.000, a divisão $\frac{H}{W}$ deve estar entre 2 e 10 e a divisão $\frac{x}{W}$ estar entre 4 e 20 (INCROPERA et al., 2003).

$$m = 0,695 - \left[\left(\frac{x}{2W} \right) + \left(\frac{H}{2W} \right)^{1,33} + 3,06 \right]^{-1} \quad (\text{Eq. 16})$$

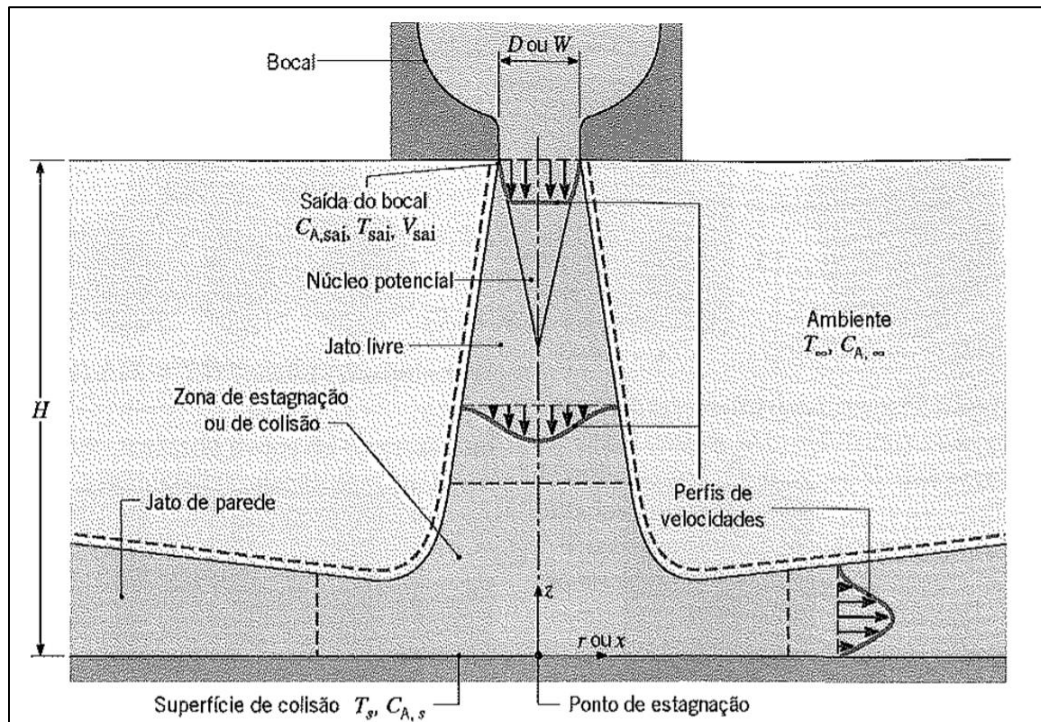


Figura 12. Esquema de uma colisão de um jato de bico redondo.

Fonte: (INCROPERA et al., 2003).

2.4.2.3 Radiação

Radiação é a energia emitida por todo corpo que esteja com uma temperatura finita, seja no estado sólido, líquido ou gasoso. A radiação emitida tem origem na energia térmica delimitada pela região da matéria. O limite para o poder emissivo de uma superfície é previsto pela lei de Stefan-Boltzmann, que é representado pela Equação 17 (INCROPERA et al., 2003).

$$E_b = \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \quad (\text{Eq. 17})$$

Onde,

E_b = Energia emitida (W)

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ = Constante de Stefan-Boltzmann ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$).

O fluxo de calor emitido pela superfície para um ambiente muito maior que a superfície está representado pela Equação 18 (INCROPERA et al., 2003).

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_{viz}^4) \quad (\text{Eq. 18})$$

Onde,

ε = Emissividade

T_{viz} = Temperatura da vizinhança

A emissividade é uma propriedade adimensional da superfície e a temperatura da vizinhança é definida como a temperatura da superfície maior que envolve o corpo emissor (INCROPERA et al., 2003). Por exemplo: uma peça de metal, em uma sala fechada, a uma temperatura elevada emite radiação para as paredes. Neste caso, a T_{viz} são as paredes da sala.

2.4.2.4 Método da Capacitância Concentrada

O tempo para que o milho atinja a temperatura necessária de estouro é essencial para calibrar as funções do equipamento. Para calcular o tempo necessário podemos utilizar a Equação 19.

$$t = \frac{\rho Vc}{h A_s} \ln\left(\frac{T_i - T_\infty}{T - T_\infty}\right) \quad (\text{Eq. 19})$$

Onde t é o tempo, c e V são calor específico e o volume do material respectivamente, A_s é a área superficial de troca de calor, T_i é a temperatura inicial do material, T_∞ é a temperatura do fluido e T é a temperatura alvo (INCROPERA et al., 2003).

Este método, entretanto, possui uma restrição, que só pode ser utilizado quando a desigualdade da Equação 20 for verdadeira. Quando isto ocorrer, podemos admitir uma distribuição de temperatura semelhante através do sólido em qualquer momento ao longo do processo de aquecimento (INCROPERA et al., 2003).

$$Bi < 0,1 \quad (\text{Eq. 20})$$

Onde Bi é um número adimensional de Biot que pode ser calculado pela Equação 21. No qual L_c é a razão entre o volume do corpo a ser aquecida sobre a área de superfície de troca de calor.

$$Bi = \frac{hL_c}{K} \quad (\text{Eq. 21})$$

2.4.2.5 Microondas

O princípio básico para este tipo de aquecimento é transformar energia elétrica em energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas. Para emitir as onda é utilizado um magnetron, que é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica em ondas eletromagnéticas. Por ressonância entre as ondas eletromagnéticas e as moléculas de água, estas absorvem a energia e aumentam a vibração, esquentando o alimento (SANTOS, 2011).

2.4.2.6 Aquecimento por Ar Quente

Este sistema é uma solução encontrada nas busca de anterioridade e consiste em um ventilador, que transforma energia elétrica em energia cinética, e uma resistência térmica aquecida, que transforma energia elétrica em energia térmica. O ar é soprado do ventilador para a resistência, onde é aquecido por convecção, após isso ele se choca com o milho da pipoca, esquentando-os até a condição desejada.

2.4.3 Controle e Automação

A VM necessita claramente de um sistema de controle de seus processos. Um comando de compra do usuário deve ser seguido de uma habilitação do pagamento, validação deste, resultando na preparação e entrega da pipoca. Durante a preparação da pipoca deve haver atuadores para controlar quantidade de milho pipoca retirada do reservatório de grãos para a preparação. O controle da temperatura e tempo do processo de estouro da pipoca deve ser controlado cuidadosamente. Opcionalmente pode haver um atuador para controlar a abertura e

fechamento do *dispenser*. Outras necessidades de controle podem surgir conforme o projeto estiver melhor definido.

Todo sistema de controle é formado por subsistemas e processos definidos com o objetivo de se obter um certo resultado, e certa performance, dado um valor de entrada (NISE, 2010). Os sistemas de controle podem ser divididos entre processo discretos e processo contínuos. O primeiro se refere a abertura e fechamento de contatos, ação única de atuadores ou sistemas de alarme e proteção, alguns autores o classificam apenas como automação. Já o controle de processo contínuo se propõe a manter um valor dentro de um certo ponto de operação (SCHNEIDER, 2016).

Em nosso projeto o único processo que talvez necessite de um controle contínuo é o controle de temperatura do processo de estouro da pipoca, os demais precisam apenas de um controle discreto de processo.

Um sistema típico de controle contínuo de malha fechada é mostrado na Figura 13. Há um *setpoint* do valor desejado como resultado do controle que é subtraído do valor medido desta mesma variável, indicando a diferença entre o valor esperado e o real, ou também chamado de erro. O valor do erro é enviado ao controlador que calcula uma reação para o processo, este reage de uma maneira característica gerando um valor de resultado que é novamente medido e realimenta o sistema. O resultado é um laço fechado de ajuste controle contínuo do processo. Vale lembrar que durante todas as etapas existem distúrbios que atrapalham o controle efetivo (NISE, 2010).

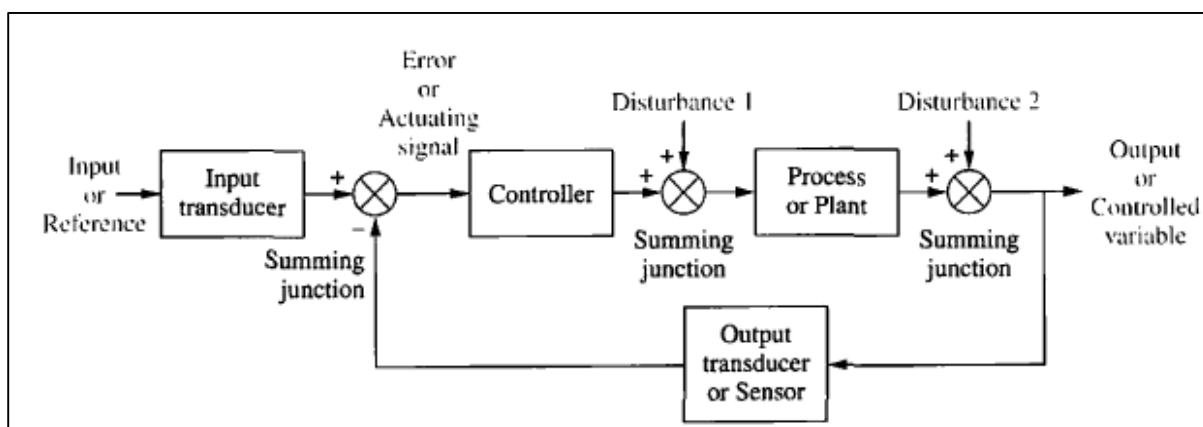


Figura 13. Controle contínuo em malha fechada.

Fonte: (NISE, N. S., 2010).

Vários dispositivos podem servir como um controlador, desde um computador pessoal a dispositivos mais ou menos sofisticados. Algumas das possíveis soluções para nosso projeto são apresentadas a seguir.

2.4.3.1 CLP

O controle lógico programável, denominado pela sigla CLP, é um dispositivo de controle de processos próprio para um ambiente industrial. Ele serve como um computador que pode ser programado para realizar uma função de controle de processos tanto discretos quanto contínuos. O CLP pode ser dividido em cinco partes, a fonte de alimentação, o módulo de entrada, o módulo de saída, o processador e a memória. Seu funcionamento pode ser explicado de forma simples, os sinais de entrada são lidos pelo seu módulo e enviados para o processador. A forma como o processador vai reagir perante estes dados é determinada pelo que está gravado em sua memória. Esta última é programada previamente pelo usuário e embarcada no CLP. Após o processamento dos dados, sinais de saída são enviados para o devido módulo (PETRUZELLA, 2014).

O CLP se apresenta como uma solução possível para o nosso projeto principalmente pelos modelos comerciais disponibilizarem número de portas de entrada e saída suficientes para o número esperado de dispositivos a serem controlados na VM. Além do mais, ele é um equipamento robusto, rápido, confiável e apresenta flexibilidade na programação, no entanto possui custo elevado comparado a soluções alternativas (PETRUZELLA, 2014).

2.4.3.2 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de fonte aberta que possui um *hardware* e um *software* de fácil utilização. A placa de Arduino possui várias portas, analógicas e digitais, as quais servem tanto para entrada de dados como saída. Um microcontrolador processa os dados de entrada e gera dados de saída que podem ser ligar um LED, acionar um motor elétrico ou até mesmo enviar informações via internet. A programação do Arduino é facilmente desenvolvida através do seu *software* por uma linguagem própria similar ao C em muitos aspectos (ARDUINO, 2018) .

Com a ideia de ser uma ferramenta de prototipagem rápida para estudantes sem base em eletrônica e programação, o Arduino logo se espalhou a uma comunidade maior. Com o tempo surgiram novos modelos de placas e *shields* que servem como extensão para facilitar certas aplicações. Atualmente o Arduino é usado amplamente em produtos de IoT, *wearables* e impressoras 3D. Existem vários modelos de placa, elas variam basicamente em capacidade de processamento e número de portas (ARDUINO, 2018). O modelo mais simples, o Arduino Uno, é mostrado na Figura 14.



Figura 14. Arduino Uno.

Fonte: (ARDUINO, 2018).

Esta solução apresenta como vantagens a facilidade de manuseio e desenvolvimento do programa de controle, a grande quantidade de usuários que compartilham conhecimento sobre a plataforma e o seu baixo custo. Como desvantagens pode-se afirmar que ele não apresenta muita confiabilidade e é um equipamento frágil.

2.4.3.3 Raspberry Pi

O Raspberry Pi nada mais é do que um computador em miniatura desenvolvido na Inglaterra pela Raspberry Pi Foundation para uso educacional. Ele possui um processador próprio, memória RAM, duas portas USB, porta Ethernet, 40 pinos de entrada/saída de sinais e entrada de cartão USB. Ele possui plataforma em *open source* e admite diversos sistemas operacionais incluindo o Debian e o Linux (JAIN et al., 2014).

Esta solução apresenta como vantagens o baixo custo, a capacidade de processamento e de recursos maior do que o Arduino e ele possui tanto portas de uso genérico quanto portais comerciais como USB e Ethernet. O dispositivo não é tão robusto fisicamente para ser usado dentro de uma máquina.

2.4.4 Elétrica

Como já descrito anteriormente, um projeto de *VM* necessita diversos equipamentos elétricos. Os possíveis equipamentos necessários são um dispositivo de controle (tema já desenvolvido no capítulo anterior), uma fonte de alimentação, um transformador de tensão, o sistema de aquecimento de pipoca, lâmpadas, um display digital, botões de comando do usuário e motores elétricos para serem utilizados em atuadores. Todos esses dispositivos são alimentados seja pela tensão da rede ou pela fonte de alimentação. Todos esses aparelhos estão conectados através de um circuito elétrico, podendo haver necessidade de uma placa impressa para conectar dispositivos típicos de circuitos, por exemplo resistores, capacitores, transistores, entre outros.

2.4.4.1 Circuito Elétrico

Um circuito elétrico, é a interconexão de elementos elétricos. Dentre os elementos de um circuito elétrico temos os elementos passivos e os ativos, a diferença entre eles é que estes últimos têm a capacidade de gerar energia enquanto os outros não. Exemplos de elementos passivos são os resistores, capacitores e indutores e exemplos de elementos ativos são baterias, geradores e amplificadores operacionais (ALEXANDER et al., 2013).

Alguns conceitos básicos são empregados para o desenvolvimento e análise de circuitos elétricos. O conceito mais trivial da elétrica é a Lei de OHM afirma que

em um condutor ôhmico a relação entre a tensão elétrica entre dois pontos e a corrente é uma constante denominada de resistência elétrica. A representação matemática desta lei é dada pela Equação 22.

$$R = \frac{U}{i} \quad (\text{Eq. 22})$$

Outro conceito importante para a análise dos circuitos que serão usados neste trabalho é o conceito de potência elétrica que pode ser descrito pela Equação 23.

$$P = U \cdot i \quad (\text{Eq. 23})$$

Onde:

R = Resistência elétrica (Ω)

P = Potência (W)

U = Tensão elétrica (V)

i = Corrente elétrica (A)

2.4.4.2 Motor Elétrico

Um motor elétrico é uma máquina capaz de converter energia elétrica em mecânica através de campos magnéticos do rotor e do estator interagindo entre si. Existem diversas classificações de motores elétricos como mostra a Figura 15, sua divisão está no tipo de corrente utilizada, CA ou CC, e o princípio de funcionamento (PETRUZELLA, 2013). Os motores de CA trifásicos não serão abordados neste trabalho visto que nossa máquina prevê uma alimentação elétrica da rede pública que independentemente da tensão é sempre monofásica em tomadas comuns de ambientes comerciais.

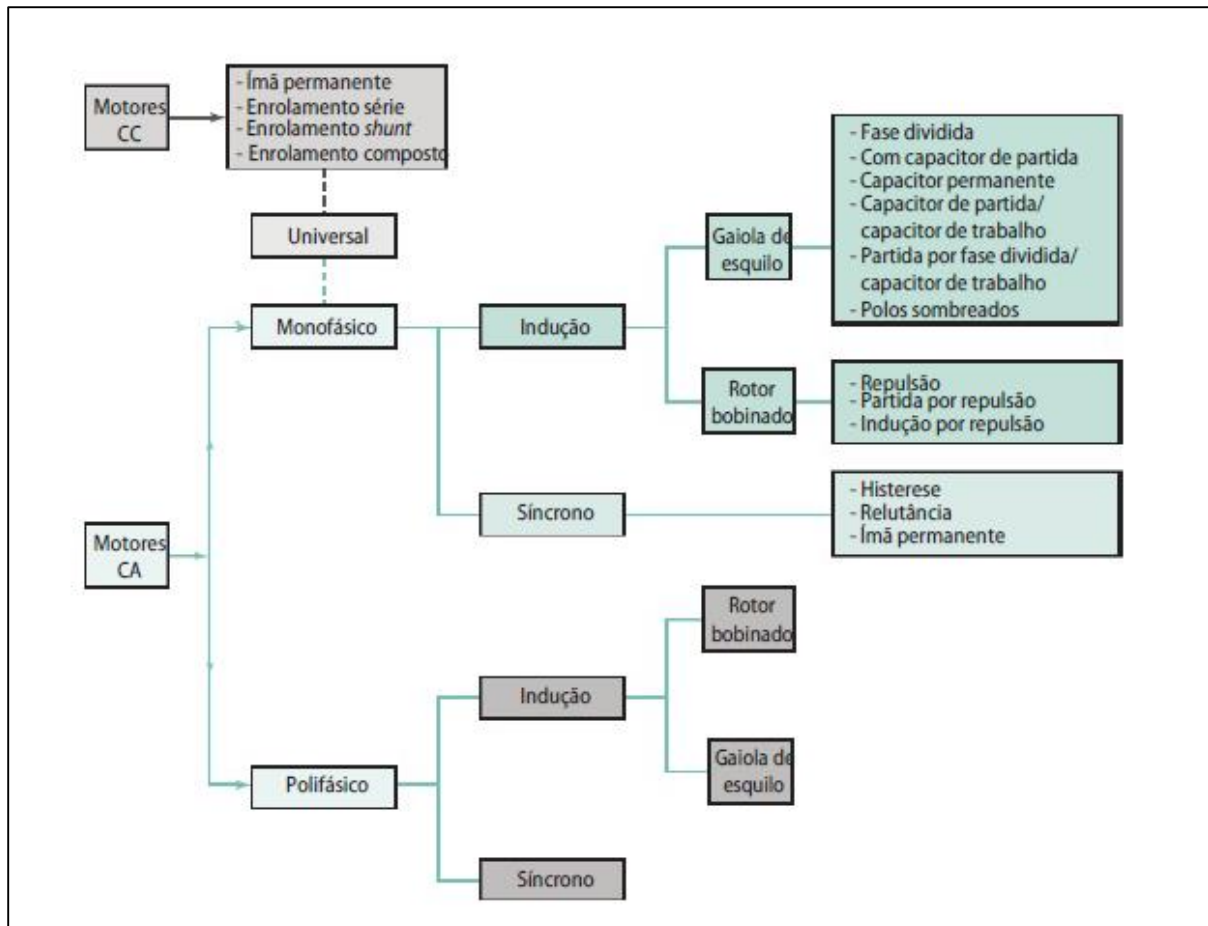


Figura 15. Classificação de motores elétricos.

Fonte: (PETRUZELLA, 2013).

Um tipo especial de motor elétrico é o motor de passo. Ele apresenta a característica de girar em frações angulares cada vez que um pulso de tensão é enviado a ele, ao contrário dos motores tradicionais que giram continuamente quando uma tensão elétrica é aplicada a seus terminais. Cada modelo se caracteriza pela quantidade de passos por rotação completa. Enquanto um passo é dado a cada impulso recebido, a velocidade de rotação está relacionada à frequência de envio dos passos (PETRUZELLA, 2013).

Estes motores são geralmente utilizados em sistemas de controle de malha fechada em que o controlador determina a quantidade de passos e a velocidade de rotação sem saber a posição exata do rotor. Se a posição exata do motor é um parâmetro necessário são utilizados servomotores. O movimento produzido por cada passo é preciso e repetível, por isso este modelo de motor é amplamente empregado em mecanismos e sistema de controle de posicionamento (PETRUZELLA, 2013).

2.4.5 Estrutura e Mecanismos

A estrutura da *VM* deve ser resistente a impactos e deve ser capaz de suportar o peso de todos os subsistemas, por exemplo o reservatório de milho e o sistemas de aquecimento. Outro fator importante é que a estrutura deve dissipar o calor gerado internamente pelo sistema de aquecimento e principalmente os dispositivos elétricos e eletrônicos. Estes último podem parar de funcionar se superaquecidos.

A estrutura deve levar em conta aspectos de ergonomia na definição da posição do dispenser, do sistema de seleção e dos meios de pagamento. A ergonomia é uma ciência aplicada que estuda a interação máquina-homem no intuito de estabelecer condições de utilização adequando ao usuário ou trabalhador (NORTON, 2010).

Para o funcionamento dos sistemas internos é necessário o uso de atuadores e mecanismos. Os mecanismos podem ser definidos como um conjunto de corpos conectados por juntas móveis com o fim de formar uma cadeia cinemática para transferir movimento. Eles geralmente desenvolvem forças de baixa intensidade e transmitem pouca potência (NORTON, 2010).

A classificação dos mecanismos começa pela definição do número de graus de liberdade do mesmo. Os graus de liberdade definem a mobilidade do sistema e matematicamente representam o número de parâmetros necessários para definir um objeto em qualquer instante de tempo. Os mecanismos são formados por elos, nós e juntas formando todos estes uma cadeia cinemática, ver Figura 16. Um elo é um corpo rígido de ao menos dois nós os quais são pontos de conexão com outros elos. A junta é formada pela conexão de dois ou mais elos que permite o movimento entre os elos conectados. Finalmente a cadeia cinemática é caracterizada pela interconexão de elos e juntas que produzem um movimento de saída controlado em resposta a um movimento de entrada fornecido. Quando uma cadeia cinemática é presa a uma estrutura ela se torna um mecanismo (NORTON, 2010).

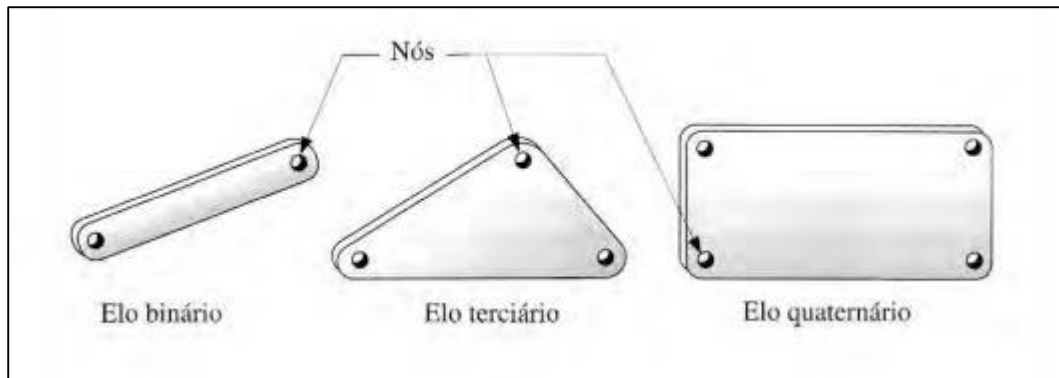


Figura 16. Elos e nós.

Fonte: (NORTON, 2010).

A determinação dos graus de liberdade de um mecanismo em duas dimensões pode ser definida pela equação de Gleuber ajustada para um mecanismo real, ver Equação 24. Quando uma montagem de elos tiver número de GDL igual ou menor a zero esta é uma estrutura caso contrário é um mecanismo (NORTON, 2010).

$$M = 3(L - 1) - 2J_1 - J_2 \quad (\text{Eq. 24})$$

Onde:

M = Graus de liberdade

L = Número de elos

J_1 = Número de juntas com 1 GDL (completa)

J_2 = Número de juntas com 2 GDL (meia junta)

O acionamento dos mecanismos pode ser realizado de diversas formas por um motor elétrico, hidráulico, pneumático ou de combustão interna (NORTON, 2010). O tipo de motor mais usual para mecanismos semelhantes ao deste trabalho são os motores elétricos explicados mais detalhadamente no capítulo de motores elétrico.

2.4.5.1 Engrenagens

Um elemento típico de mecanismos que pode ser utilizado no desenvolvimento deste trabalho é a engrenagem. Um par de engrenagens é a justaposição de rodas dentadas, através de seus dentes, com o intuito de transmitir torque e velocidade angular entre eixos. A lei fundamental do engrenamento afirma que a razão de velocidade angular das engrenagens de um par de engrenagens deve se manter constante durante o engrenamento (NORTON, 2013). A equação 25 a seguir deriva desta lei.

$$\omega_v = \frac{\omega_{int}}{\omega_{ext}} = \pm \frac{r_{int}}{r_{ext}} \quad (\text{Eq. 25})$$

Onde:

ω_v = Razão de velocidade angular

ω_{ext} = Velocidade angular externa

ω_{int} = Velocidade angular interna

r_{ext} = Raio primitivo externo

r_{int} = Raio primitivo interno

2.4.6 Materiais

Uma definição importante para o projeto da máquina de VM é sobre os materiais que deverão ser utilizados. A empresa Mais Pipoca, que desenvolve pipoqueiras, produz as partes internas da máquina de aço inox. (CLUBE DA PIPOCA, 2018). O programa MADEHOW (2018), que descreve como coisas que utilizamos no cotidiano são feitas, complementa que as VMs são feitas majoritariamente de quatro materiais, aço galvanizado, para construir a estrutura, resina de policarbonato (LEXAN®), para os painéis frontais que deixam os produtos a mostra, revestimento em pó de acrílico, para colorir as partes externas da máquinas e poliuretano, que é utilizado como isolante térmico.

Os materiais de interesse para o desenvolvimento deste trabalho são os metálicos, visto que desejamos desenvolver um produto que seja segura, leve, resistência à corrosão e conte com a possibilidade de personalização via adesivos de promoção da marca e/ou dos parceiros.

- **Alumínio**

O alumínio é um material que apresenta um baixo peso específico, boa resistência à corrosão, boa condutividade térmica e elétrica. Outra característica importante deste metal é a sua atoxicidade, com isto, pode-se utilizar esse material para fins alimentares. Uma característica deste material é que ele é formado por ligas, devido ao metal puro não apresentar boas propriedades mecânicas (ABAL, 2007).

- **Aço Inox**

O aço inox é uma liga predominante de ferro cromo. Ele está muito presente devido a sua resistência a corrosão. Ele é subdividido em grupos de acordo com sua microestrutura, que são: austeníticos, ferríticos e martensíticos. O primeiro não é magnético, apresenta boas propriedades mecânicas, boa soldabilidade e resistência a corrosão. O segundo são aços magnéticos, em meios menos agressivos, apresenta boa resistência a corrosão e soldabilidade mediana. O terceiro, quando tratado termicamente, se torna magnético e resistente a corrosão (KLOECKNER, 2011).

- **Aço Galvanizado**

O aço galvanizado surge do processo de galvanização, que é a aplicação de um revestimento de zinco no aço, este processo torna o aço resistente por longos períodos contra a corrosão (ICZ, 2018).

2.4.7 Fabricação

O processo de fabricação de uma VM é tão variado quanto a quantidade de produtos que podem ser vendidos (MADEHOW, 2018). A grande parte dos componentes podem ser comprados direto dos fabricantes, como por exemplo chapas de metal e estruturas metálicas, ficando para esta equipe somente a montagem dos componentes. A fixação das chapas e de outros sistemas pode ser feito por meio de fixação permanente (soldagem e rebite) ou fixação móvel (parafuso ou porca).

2.4.7.1 Fixação permanente

Este tipo de fixação não permite flexibilidade, isto é, uma vez fixados os componentes, não é possível reutilizar os elementos. São exemplos a solda e rebites (METALICA, 2018).

A soldagem é o método de união de peças metálicas (peças base) por meio de um metal de adição, todos os componentes se fundem e se solidificam como somente um material. Para atingir a temperatura desejada, são utilizados fontes de calor diversas que variam com o tipo de soldagem (SENAI, 1996).

Os principais tipos de soldagem são: eletrodos revestidos, que é um processo de soldagem por corrente elétrica utilizando um eletrodo que além de conduzir a energia elétrica para fundir os materiais também tem a função de metal de adição (PEIXOTO, 2012); Solda oxiacetilênica, é o tipo de soldagem que se utiliza de aquecimento via combustão de oxigênio e acetileno até a fusão dos metais e a adição de material manualmente pelo operador (PEIXOTO, 2012); MIG/MAG é um processo que utiliza corrente elétrica entre um arame que é alimentado continuamente para fundir os materiais e em paralelo adicionar material e utiliza um gás como proteção dos metais fundidos, evitando contaminação do ar externa (PEIXOTO, 2003).

Os rebites podem ter vários formatos e fixam permanentemente as peças unidas. Para escolher qual rebite deve ser utilizado, é necessário definir o material que é feito, o tipo de cabeça, diâmetro do corpo e seu comprimento útil. O processo de rebitagem pode ser feito manualmente ou por meio de uma ferramenta denominada martelo mecânico (METALICA, 2018).

2.4.7.2 Fixação móvel

Este tipo de fixação é a união entre duas peças por meio de elementos fixadores que podem ser: pinos, cavilhas, parafusos, porcas, arruelas e anél elástico (METALICA, 2018). Os elementos que serão abordados por este trabalho são parafusos e porcas.

Os parafusos são peças cilíndricas que possuem uma cabeça e uma rosca e que são utilizados para união não permanente de peças. Existem diversos tipos de parafusos, que variam do formato da cabeça, chave utilizada para aperto, material, tamanho, bitola, rosca, entre outros detalhes (METALICA, 2018).

A porca é uma peça formada por um furo roscado que tem como função atarraxar parafuso, isto é, auxiliar na fixação do parafuso. Ela sozinha não possui função, porém o parafuso sozinho pode ser utilizado (METALICA, 2018).

2.4.8 Segurança e Monitoramento

Um outro ponto que deve ser levado em conta é sobre a segurança e a integridade do equipamento. Uma solução para aumentar a segurança é instalar as máquinas em locais fechados e controlados, porém, fazer isso, limita o aumento deste mercado e as facilidades desses equipamentos. Os incidentes mais comuns são roubos de estoque e/ou do dinheiro, vandalismo e cortes de energias (SUREK et al., 2016). Outra precaução fundamental para esses dispositivos é para validar o dinheiro, isto é, se o dinheiro é verdadeiro ou não (MADEHOW, 2018).

Para detectar se moedas são verdadeiras, os dispositivos contam com sensores de luz para medir o tamanho e eletroímãs para detectar o tipo de metal que a compõem (MEDEIROS, 2017). Para detectar se as notas são verdadeiras é utilizado um leitor óptico que faz um exame de alguns pontos da nota, como o contraste de luminosidade e a marca d'água (GALILEU).

A empresa VendSoft, é uma companhia norte americana que oferece softwares de gerenciamento para máquinas de VM e em seu web site oferece orientação para evitar para vandalismo e roubos. A primeira instrução dada pelo site é sobre estabelecer empatia das pessoas de onde a máquina está instalada, isto é, se ela estiver em locais fechados. A segunda orientação é sobre a instalação de alarmes e câmeras e, independentemente se este sistema existir, fixar adesivos de alerta sobre a existência de sistemas de alarmes e câmeras de vigilância. A terceira dica é sobre haver coleta diária do dinheiro. A quarta orientação é sobre a instalação de uma gaiola para deter vandalismo e roubos, entretanto, com esta solução pode haver um impacto negativo sobre as vendas, por isso deve ser usada

somente em locais que não possuem tráfego durante um período do dia (VENDSOFT).

2.4.8.1 Método de Recebimento

Uma opção para diminuir a quantidade de dinheiro circulante, é aceitar cartões de crédito e débito. A empresa NAYAX propõe soluções para diminuição da utilização de dinheiro físico nas máquinas de VM. A Figura 17 mostra o equipamento VPOS, este dispositivo aceita todos os tipos de cartões. Uma versão deste equipamento mais robusta é a opção com uma tela sensível ao toque dos dedos, que conta com todas as funções da versão mais básica, este modelo pode ser visto na Figura 18. Esta empresa ainda oferece a solução para pagamento por smartphone via aplicativo, porém esta opção requer que o usuário tenha o aplicativo instalado no seu celular de antemão (NAYAX).



Figura 17. Método de pagamento VPOS.

Fonte: https://www.nayax.com/cashless_payments/vpos/



Figura 18. Método de pagamento VPOS TOUCH.

Fonte: https://www.nayax.com/cashless_payments/vpos-touch/

Para a leitura de dinheiro, existem diversas soluções de várias empresas. Cita-se apenas duas e uma solução para detecção de notas e um de moedas. As companhias são a Jofemar Vending e a JAPAN CASHMACHINE CO.,LTD., ambas apresentam leitores de notas, leitores de moedas, sistema de troco, todos esses dispositivos são ligados ao controle central da VM, os sistemas podem ser observados na Figura 19 e Figura 20.



Figura 19. Equipamento para leitura de notas e validação da nota via sistema óptico, magnética e sensores.

Fonte: <http://www.jofemar.com/en/vending/products/payment-systems/banknote-readers>



Figura 20. Mecanismo que recebe o pagamento via moeda, faz a validação da moeda e fornece o troco.

Fonte: <http://www.jofemar.com/en/vending/productos/payment-systems/coin-mechanisms>

2.4.8.2 Alarmes

As opções de alarmes variam desde soluções mais simples até opções mais robustas. A empresa MEGAVENDING.COM oferece cinco opções de kits de alarmes para serem instalados nas máquinas. A Figura 21 e Figura 22 representam a opção básica e a opção mais robusta, respectivamente.



Figura 21. Alarme com altura máxima de 108 dB e parada da sirene ao retorno do nível calibrado.

Fonte: <https://www.megavending.com/vending-machine-alarms/vending-machine-tip-alarm-systems.htm>



Figura 22. Alarme com altura máxima de 130 dB e com contato magnético para a porta da vending machine.

Fonte: <https://www.megavending.com/vending-machine-alarms/vending-machine-maximum-1050-alarm-systems.htm>

2.4.8.3 Telemetria

Outra solução que pode aumentar tanto a segurança quando otimizar os lucros é a instalação de um sistema de telemetria. Segundo a empresa especialista nesses sistemas Vendon (2018) é o sistema de gerenciamento da máquina remotamente, atualização sobre o estoque e status sobre o funcionamento da máquina. Além dessas informações, o sistema da Vendon auxilia no planejamento de rotas, redução de tempo de máquina parada e redução das visitas e consequente diminuição dos custos desnecessário com abastecimento da máquina. O sistema é um equipamento que é conectado a máquina e um software de gerenciamento que pode ser aberto via website, o hardware pode ser observado na Figura 23.



Figura 23. Equipamento de telemetria Vendon.

Fonte <https://www.vendon.net/en/hardware>

2.4.9 Revisão Teórica

Todos os assuntos abordados neste Capítulo 2 resumem os principais conhecimentos teóricos necessários para o desenvolvimento da máquina. Pode-se destacar a elaboração de uma fundamentação teórica profunda do principal insumo a ser transformado pela máquina, o milho pipoca. Em seguida há uma pesquisa de anterioridade e benchmarking fundamentais para a criação da concepção inicial da máquina. A partir desta concepção foi possível explorar os conhecimentos teóricos e técnicos de engenharia para a construção e funcionamento desta.

No próximo capítulo será apresentado a metodologia de pesquisa utilizada para se estruturar o trabalho até este ponto e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia De Pesquisa

A metodologia de pesquisa adotada para este trabalho começou pela definição do tema. A aparente ausência no mercado brasileiro do produto proposto por este trabalho foi o fator impulsionante da decisão. Em seguida pesquisas exploratórias e muitas vezes informais foram feitas para o afinamento de ideias e definição final do tema.

Com o tema definido o trabalho se propôs a seguir a metodologia de pesquisa definida por GIL, 2002. As etapas executadas no desenvolvimento da pesquisa são:

- Definição do tema;
- Levantamento bibliográfico preliminar;
- Formulação do problema;
- Elaboração do plano provisório de assunto;
- Busca das fontes;
- Leitura do material;
- Fichamento;
- Organização lógica do assunto;
- Redação do texto.

O levantamento bibliográfico preliminar se constitui em uma continuação do estudo exploratório para a definição do tema porém um pouco mais aprofundado. Desta vez o foco deixa de ser a existência de uma máquina semelhante a máquina desenvolvida neste trabalho ou mesmo o potencial mercadológico da mesma. O foco nesta etapa é o entendimento geral de como a máquina deve funcionar e quais os temas a serem pesquisados. Desta empreitada é possível definir claramente qual é o problema a ser solucionado pelo trabalho. A elaboração do plano provisório de assunto é a estruturação preliminar dos itens e subitens do trabalho. Nesta etapa ainda não está claro todos os itens necessários da pesquisa portanto o plano definitivo surge após as fases de busca de fontes e leitura do material. Nestas

etapas é quando se busca todas as fontes formais e relevantes com relação ao tema do trabalho seguido da leitura de todo o material. No caso deste trabalho de coautoria um recurso de compartilhamento *online* (Google Drive) foi utilizado para realizar o fichamento das fontes classificadas por item de interesse. Este recurso auxilia no desenvolvimento sincronizado do trabalho pelos autores. A próxima etapa é a organização lógica do trabalho principalmente para que os autores estejam alinhados quanto às diretrizes e estilo de escrita do trabalho para que este resulte em um texto fluido e compreensível para um leitor externo. Por fim, a redação do texto foi feito por ambos autores utilizando novamente uma ferramenta de compartilhamento de texto *online* (Google Docs) para a melhor sincronia na escrita (GIL, 2002).

3.2 Metodologia De Projeto

A metodologia de projeto adotada para este trabalho é a metodologia de desenvolvimento ágil Scrum. Esta metodologia foi inicialmente usada para revolucionar as metodologias clássicas baseadas em um desenvolvimento em cascata em que cada etapa do projeto é definida previamente e uma etapa sempre é sucedida da anterior. As primeiras utilizações do Scrum foram na área de desenvolvimento de *software*, no entanto o criador desta metodologia, Jeff Sutherland, afirma que observou diversas vezes ela ser aplicada com sucesso em outros área como fabricação de carros, construção de foguetes e gerenciamento de negócios (SUTHERLAND, 2014).

O Scrum é não é uma metodologia padronizada que estabelece etapas bem definidas do desenvolvimento de um projeto. Ele é uma estrutura de trabalho em equipe que estabelece práticas de gestão que devem ser seguidas tendo em vista sempre o cumprimento de metas pré estabelecidas. O scrum é uma metodologia iterativa que apresenta diversas ferramentas de avaliação do andamento do projeto e possibilita averiguar o que está dando certo e o que está dando errado e precisa ser alterado. Os períodos de tempo de ação são definidos no início do projeto e as atividades e cronograma são flexíveis e se alteram ao decorrer do projeto. Em suma, é necessário pivotar o cronograma e as atividades ao decorrer do projeto para que a equipe sempre se mantenha alinhada com o resultado final esperado (BISSI, 2007).

Todo o processo do Scrum se baseia em 3 pilares fundamentais, a transparência do que está sendo feito aos integrantes da equipe, a inspeção constante do que está sendo feito e a adaptação tanto do projeto quanto do produto (MIND MASTER, 2018). Antes de explicar as práticas da metodologia é necessário introduzir alguns termos listados abaixo.

- **Product Owner:** dono do produto.
- **Scrum Master:** responsável pela gestão do projeto e condução das reuniões.
- **Development Team:** equipe de desenvolvimento.
- **Sprint:** período de tempo de cada iteração do projeto.
- **Backlog:** lista de todas as funcionalidades desenvolvidas durante o projeto.

A primeira etapa do Scrum é a formação da equipe que se dá pela definição da posição de cada integrante. Neste caso a equipe é formada por apenas dois integrantes portanto não há sentido em definir um *Product Owner* que representaria o cliente final. Um dos integrantes assume a função de *Scrum Master* na gestão do projeto e condução das reuniões e ambos assumem o *Development Team* (MIND MASTER, 2018).

A segunda etapa é estabelecer a visão do produto e conseqüentemente do *product backlog*, neste caso definidos por ambos os integrantes. O *product backlog* é a definição de todas as funcionalidades do produto. Estas devem ser ordenadas por ordem de prioridade. Ao mesmo tempo, define-se o tempo de sprint e tarefas são alocadas, começando pelas mais prioritárias, a cada um dos sprints do começo ao fim do projeto. Neste projeto o período de sprint é definido como quatro semanas, ou seja, a cada 30 dias a equipe deve se reunir para conduzir uma reunião (MIND MASTER, 2018).

A dinâmica do Scrum se dá segundo a Figura 24 em que o *product backlog* é dividido em pequenas entregas no período de tempo de cada sprint gerando o *sprint backlog*. Ao início de cada *sprint* uma reunião de planejamento deve ser feita para definir exatamente a quantidade de funcionalidade que devem ser entregues ao final do *sprint* baseado na capacidade e velocidade da equipe. Durante a reunião a equipe deve ser capaz de responder o que foi feito no sprint anterior, quais foram as dificuldades, o que pode ser mudado, podendo assim definir o que deve ser feito

para o próximo *sprint*. Cada reunião deve levar em conta o que foi planejado no início do projeto seguindo a ordem de prioridade de entregas. As mudanças feitas durante o projeto alteram o *product backlog* inicial (MIND MASTER, 2018).

Outro elemento da dinâmica do Scrum são as reuniões diárias de curta duração em que cada integrante deve responder o que foi feito no dia anterior, o que será feito no dia seguinte e quais foram os impedimentos encontrados para si ou para a equipe. As respostas devem estar de acordo do que se espera como meta de entrega ao final do *sprint*. No caso deste trabalho as reuniões diárias serão substituídas por reuniões semanais (MIND MASTER, 2018). Um esquemático desta dinâmica pode ser observado na Figura 24.

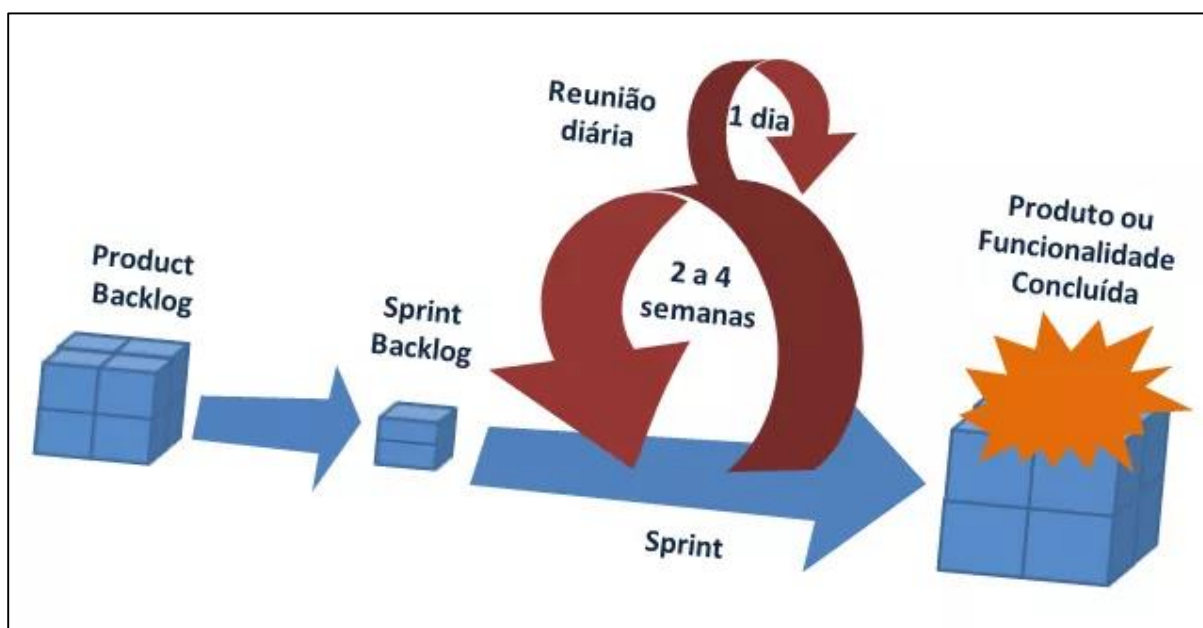


Figura 24. Esquemático da dinâmica de atividades da metodologia Scrum.

Fonte: (MIND MASTER, 2018)

3.3 Justificativa Da Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada está de acordo com o que é apresentado como metodologia de pesquisa científica no curso de Engenharia Mecânica e portanto pode ser aplicada neste trabalho.

A escolha da metodologia de projeto Scrum é baseada em sua agilidade, fácil adaptação e na característica de entregas incrementais, possibilitando a avaliação do andamento do projeto e respeito da data de entrega do trabalho final. O modelo

de metodologia em cascata descrito anteriormente é engessado e não está de acordo com a agilidade de desenvolvimento e pesquisa disponíveis atualmente por diversas ferramentas digitais. Dentre as tecnologias citadas pode-se destacar as ferramentas de busca online, por exemplo o Google Pesquisa, e as plataformas de desenvolvimento de documentos compartilhados pela nuvem, por exemplo o Google Docs. A história mostra que o problema desta abordagem é que ao fim do projeto muitas vezes o resultado obtido não é satisfatório, no caso de uma empresa milhões de reais podem ser gastos sem nenhum retorno (SUTHERLAND, 2014). Levando isto em conta, a escolha desta metodologia também representa uma oportunidade de domínio de uma ferramenta de gestão muito útil para a vida profissional de um engenheiro.

Este capítulo apresentou a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Inicia-se com a definição de tema, busca por referências gerais e específicas, organização do assunto e redação do texto. Após esta etapa, com todos os temas concatenados na forma deste trabalho, foi definida a metodologia ágil Scrum para desenvolvimento do projeto que será utilizado na segunda etapa de desenvolvimento do projeto. Um resumo das metodologias pode ser observado na Figura 25. O próximo capítulo faz uma abordagem mercadológica baseada no modelo de negócio de Empreendedorismo Disciplinado (AULET, 2013).

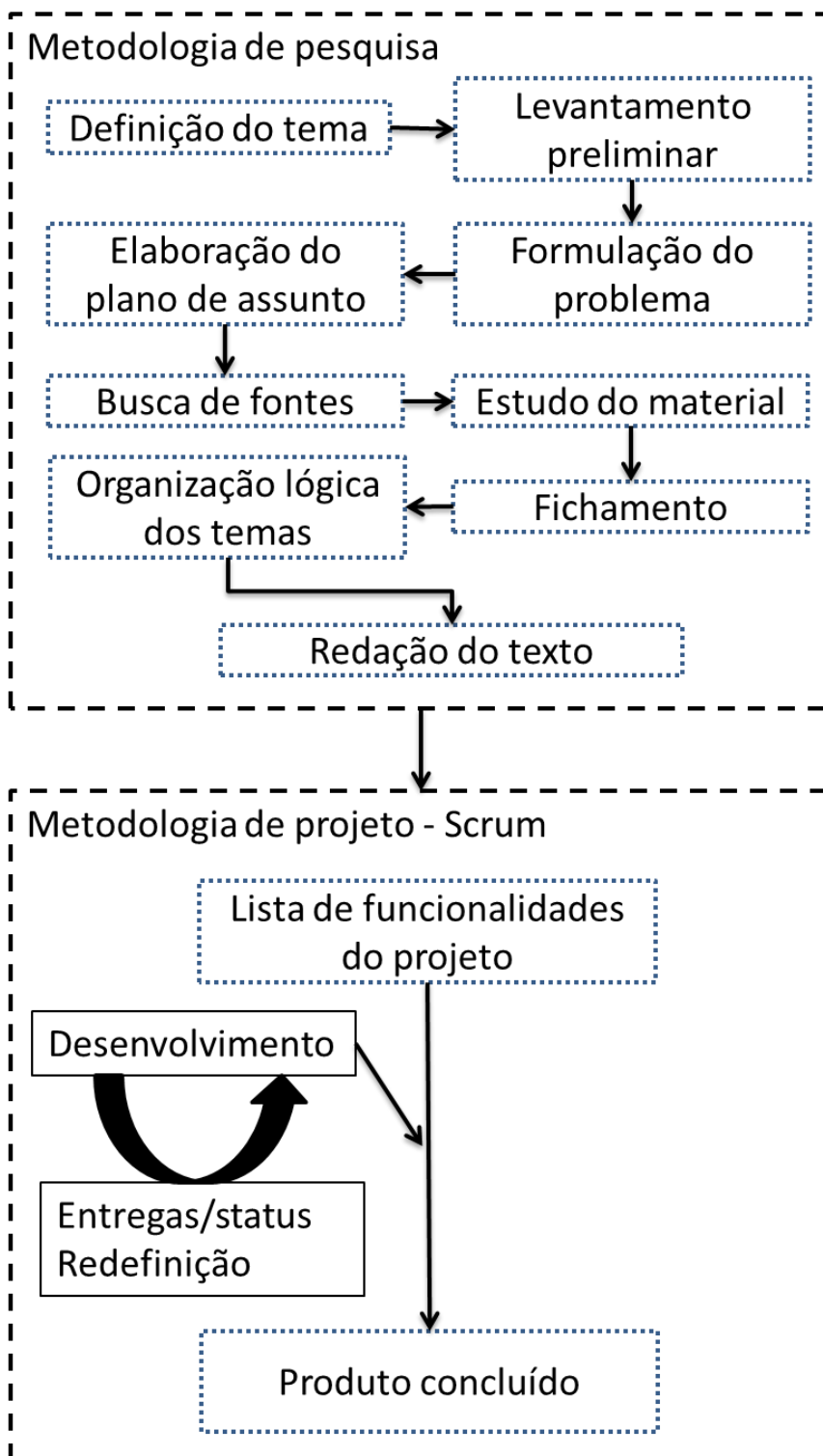


Figura 25. Fluxograma de resumo sobre a metodologia aplicada para este trabalho.

Fonte: os Autores.

4 MODELO DE NEGÓCIO

Este capítulo se propõe a desenvolver o modelo de negócios da empresa de VM de pipocas saborizadas Pipoca Pop, conforme mencionado em um dos objetivos específicos do trabalho. O modelo de negócios foi criado e é apresentado conforme a metodologia do livro Empreendedorismo Disciplinado (AULET, 2013). Esta foi criada pelo professor de empreendedorismo do MIT, Bill Aulet., e é aplicada em suas aulas na instituição. Seu foco na criação da empresa é sempre o cliente.

O livro propõe que 24 passos sejam seguidos como preparação para a criação da empresa e resumem seu modelo de negócio, ver Tabela 2. Este trabalho é desenvolvido até o passo 20, sendo que o passo 22 constitui a continuação do trabalho e desenvolvimento do MPVC. Ao final do desenvolvimento do projeto da VM, um protótipo será criado neste modelo.

Tabela 2. Empreendedorismo disciplinado.

Passo	Título	Passo	Título
1º	Segmentação de mercado	13º	Mapa de processo de aquisição pelo cliente
2º	Mercado estratégico prioritário	14º	TAM para mercados adjacentes
3º	Perfil do usuário final	15º	Modelo de negócio CANVAS
4º	TAM do mercado estratégico	16º	Definição da estrutura de preço
5º	Persona	17º	Valor de ciclo de vida útil do cliente
6º	Ciclo de vida de uso do produto	18º	Mapa dos processos de venda
7º	Especificações de produto de alto nível	19º	Cálculo do custo de aquisição de cliente
8º	Quantificar a proposta de valor	20º	Identificar os pressupostos chave
9º	Lista dos próximos 10 clientes	21º	Testar os pressupostos
10º	Foco central do produto	22º	Definir mínimo produto comercial viável
11º	Gráfico de posição competitiva	23º	Clientes usarão seu produto
12º	Unidade de tomada de decisão	24º	Desenvolvimento de plano de produto

Fonte: Adaptado de AULET (2013).

4.1 Segmentação de Mercado

A empresa possui dois possíveis tipos de mercado, os usuários finais do produto que são as pessoas que utilizam a vending machine para comprar pipoca e o segundo tipo de consumidor são os estabelecimentos que compram ou alugam a máquina.

Nosso negócio é baseado em B2B e B2C no entanto, o prevaiente é o B2C que representa os usuários finais do produto, sem eles a aquisição/aluguel da máquina não se torna um investimento viável para o B2B. A equipe definiu como

prioritário o mercado voltado diretamente para o consumidor final, neste caso o nosso cliente é o usuário final e o modelo negócios é B2C.

Um Brainstorming de marketing é feito para explorar potenciais mercados para nosso produto. O Brainstorming é uma técnica realizada em grupo para a geração de ideias e soluções. Cada participante é incentivado a falar o máximo de pensamentos e ideias possíveis com relação ao tema proposto sem que haja nenhum tipo de julgamento pelos outros participantes. Só ao final do processo as ideias são julgadas e filtradas. Um Brainstorming sobre os possíveis mercados a serem explorados pela empresa é listado abaixo.

- 1 - Casais de classe média de 25 a 35 anos com renda per capita de no mínimo R\$ 3000,00 que vão ao cinema em média uma vez ao mês.
- 2 - Casais de classe média de 25 a 35 anos com renda per capita acima de R\$ 5000,00 que vão ao cinema em média uma vez ao mês.
- 3 - Pais de família acima dos 35 anos com renda per capita acima de R\$ 3000,00 acompanhado das crianças no cinema ou shopping.
- 4 - Pais de família acima dos 35 anos com renda per capita acima de R\$ 6000,00 acompanhado das crianças no cinema ou shopping.
- 5 - Jovens de até 16 anos dependentes dos pais financeiramente que frequentam shoppings e cinemas.
- 6 - Jovens de 16 a 25 que possuem certa dependência financeira dos pais e eventualmente tem uma renda reduzida de até R\$ 1500,00 mensais, frequentadores de shoppings e cinemas.
- 7 - Torcedores de futebol de 16 a 25 que possuem certa dependência financeira dos pais e eventualmente tem uma renda reduzida e frequentam estádios.
- 8 - Torcedores de futebol de 25 a 35 anos que possuem renda per capita acima de R\$ 2000,00 e frequentam estádios.
- 9 - Torcedores de futebol acima de 35 anos que possuem renda per capita acima de R\$ 5000,00 e frequentam estádios.

Um esforço é feito para reduzir o número de potenciais mercados. De acordo com uma pesquisa de mercado realizada pela equipe sobre o produto e a intenção de compra dos clientes (ver Apêndice A), chegou-se à conclusão que os frequentadores de cinema são os clientes mais propensos a consumir nosso

produto. Portanto os possíveis mercados 7,8 e 9 foram deixados de lado no estudo inicial. Em seguida, uma pesquisa profunda é feita sobre qual seria nosso mercado primário e o resultado é mostrado nos tópicos a seguir.

- **Usuário final:** Clientes de estabelecimentos comerciais de circulação de público (cinemas, supermercados, estádios de esportes, locais de eventos, etc.) que tenham de 25 a 35 anos e renda per capita de no mínimo R\$ 3000,00.
- **Aplicação:** Ter acesso a um lanche diversificado de forma rápida e prática.
- **Benefícios:** Consumidores finais - agilidade, diminuição de tempo de espera em filas; Empresários que compraram a máquina ou que a utilizam em sistema de comodato podem ganhar dinheiro com despesas operacionais próximas a zero.
- **Consumidor mais influente:** Frequentadores de cinemas.
- **Características do mercado:** Atualmente a venda de pipoca é feita por atendentes, o que deixa o serviço lento. Mesmo clientes que só querem pipoca são abrigados a enfrentar a fila de lanchonetes.
- **Parceiros e players:** Parceiros que disponham do espaço físico necessário para locação da máquina: cinemas, shoppings centers, supermercado, estádios de esportes, salões para eventos e teatros. Outros parceiros são fornecedores de insumos de pipoca e os outros demais ingredientes, fornecedores dos materiais para equipamentos a serem usados na máquina (material para estrutura, equipamentos elétricos e eletrônicos, entre outros).
- **Tamanho do mercado:** 50 000 pessoas em Curitiba.
- **Competição:** Primeiramente outras marcas de vending machine de pipoca, lanchonetes (principalmente as lanchonetes dos cinemas, estádios, etc) e vending machines de lanches rápidos.

4.2 Mercado Estratégico Prioritário

Neste passo é necessário escolher um mercado estratégico prioritário que será o mercado inicial em cujo esforço da equipe deve se concentrar. Para esta escolha, responde a um formulário do livro.

- **O mercado alvo é bem fundado?**

Sim, através de pesquisa de mercado em campo (ver Apêndice A).

- **O mercado alvo possui possibilidade financeira?**

Sim, pois como a intenção é automatizar um serviço já existente, o mercado alvo já compra nosso produto por um preço muitas vezes elevado. Haverá somente uma mudança do modo como se compra a pipoca.

- **Sua força de vendas pode acessar direto o consumidor alvo?**

Sim, pois ele já consome a pipoca, porém adquire de uma maneira diferente.

- **Existe uma razão atraente para o mercado alvo comprar?**

Sim, com o apelo de diminuição de filas e praticidade de compras.

- **Você pode hoje entregar um produto com 100% da solução pronta?**

Não. Demanda pesquisa e desenvolvimento.

- **Se você ganhar o segmento de vending machine de pipocas, você pode entrar em outros segmentos?:**

Sim, por exemplo o segmento de *VM* de outros produtos alimentares.

- **O mercado é consistente com valores, paixões ou metas?**

O mercado alvo é movido pela tradição de comer pipoca durante eventos.

- **Nome do segmento de nossa escolha:**

Frequentedores de cinema.

- **O seu mercado está suficientemente endereçado?**

Sim, os consumidores compram pipoca frequentemente antes de entrarem no cinema. O processo de compra por VMs é facilitado por esse público mais jovem que está mais acostumado com processos de venda digital. Se a experiência do consumidor for satisfatória, seu modo de divulgar essa experiência é feita por redes sociais que tem o poder de difusão de informações em velocidade exponencial.

4.3 Perfil do Usuário Final

O consumidor é composto pelo usuário final e pela unidade de tomada de decisão os quais não são necessariamente a mesma pessoa. A unidade de tomada de decisão inclui o campeão, a pessoa que quer comprar o produto; o comprador econômico primário, quem tem autoridade e poder econômico para a compra; e o influenciador, como o próprio nome diz, alguém que tenha influência na decisão final.

Em nosso produto o usuário final difere com a unidade de tomada de decisão em apenas um aspecto, no influenciador. Este é possivelmente o(a) parceiro(a) do usuário final.

Um perfil característico do usuário final é montado a seguir.

- **Idade:** 25 a 35 anos.
- **Sexo:** Ambos.
- **Estado Civil:** Casado ou namorando.
- **Filhos:** Não possuem filhos.
- **Renda:** Acima de R\$ 3000,00 mensal.
- **Escolaridade:** Ensino superior completo e ensino médio completo.
- **Entretenimento:** Nos fins de semana frequenta cinema com seu parceiro(a) pelo menos uma vez ao mês..
- **Motivação:** Aproveitar a vida acima de construir um patrimônio.
- **Área geográfica:** Curitiba e região metropolitana.
- **Onde trabalha:** Escritórios, órgãos públicos, restaurantes e indústrias.
- **Escolaridade:** Ensino médio ou superior completo.
- **Maior medo:** Não aproveitar a vida.
- **Onde passa férias:** Guaratuba.
- **Onde vai jantar de noite:** Restaurantes estilo *Food Truck*.
- **Que jornal lê:** Gazeta do povo.
- **Que sites visita:** Facebook, Instagram, Hypheness.com, Gazeta do Povo, Blog futiliche, entre outros.

- **Que programa de TV assiste:** Séries da Netflix, Master Chef.
- **O que o faz especial e identificável:** Encara a vida como sendo uma pessoa jovem e cheia de energia.
- **Descrição do usuário final:** O usuário final pode ser descrito como um grupo de pessoas de meia idade com independência financeira e livre arbítrio. Estas pessoas são relativamente novas no mercado de trabalho portanto se dedicam profundamente no seu trabalho o que as leva a terem pouco tempo livre. Nas horas de lazer esse perfil de consumidores quer aproveitar ao máximo o tempo livre e também querem se sentir de alguma forma especial. Seus anseios de consumo podem ser difíceis de perceber porque estas pessoas gostam de produtos personalizados, no entanto não podem pagar muito por isso e sempre buscam bom custo benefício.

4.4 TAM do mercado estratégico

Neste passo é necessário fazer um cálculo do tamanho do mercado para o nosso mercado estratégico, em inglês *Total Adressable Market (TAM)*. A análise é feita pelo método *bottom-up*, que busca estimar o tamanho do mercado começando pelo levantamento de dados mais granulares até se chegar no montante total.

Segundo a pesquisa de mercado do Apêndice A, dentre as pessoas entrevistadas na faixa etária de 25 a 35 anos, 93% das pessoas gostam de pipoca, desse grupo 90% declaram comprar pipoca por uma VM se o produto estiver disponível. Apesar de estas pessoas declaram comprar, considera-se que apenas 50% desse grupo vai efetivamente comprar. O nosso mercado estratégico prioritário é de Curitiba e região metropolitana, a população total da região é de 3,4 milhões de pessoas. Estima-se que 15% dessas pessoas estejam na faixa etária de 25 a 35 anos e que 20% dessas pessoas tem uma renda mensal acima de R\$3000,00. Reunindo todos esses dados, calcula-se que o número de clientes do nosso TAM é de aproximadamente 42600 pessoas.

O número de vendas esperado é de uma venda por cliente por mês ou seja 12 vendas por ano. O preço que o cliente estaria disposto a pagar em nosso produto, com base em dados de *benchmarking*, é de R\$5,00. Portanto, pode-se calcular a receita anual advinda de um cliente sendo R\$60,00.

Finalmente o resultado do *TAM* por essa análise é a multiplicação do número de clientes pela receita esperada de cada cliente. Como um dado complementar dessa análise, estima-se o crescimento de deste mercado em 5% ao ano. Este valor engloba tanto o crescimento projetado do PIB de 2.5% para os próximos anos, segundo relatório da Focus (BANCO DO BRASIL, 2018), quanto o percentual da população que entrará na faixa etária do nosso mercado estratégico. Um resumo do TAM e do seu crescimento anual é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo do TAM.

TAM (R\$)	Crescimento anual
2.556.000,00	5%

Fonte: Os autores.

4.5 Persona

Para compreender melhor quem é o cliente de nossa empresa é necessário criar uma persona que é a representação fictícia e detalhada de uma pessoa que seria um cliente típico da empresa. Esta persona deve ser alguém que não estaria somente interessado no produto mas que efetivamente compra o produto e se encaixa nos 20% de clientes que geram 80% das vendas. Segundo a pesquisa de mercado realizada anteriormente, dentro do nosso mercado estratégico, as mulheres se interessam mais do que os homens tanto na pipoca quanto na comprar de através de uma *VM* portanto nossa persona será uma mulher. A seguir é mostrado o perfil da persona.

- **Nome:** Gisele Couto Pereira.
- **Foto:**



Figura 26. Foto da Persona

Fonte: <https://saudavelefeliz.com/moda-aos-30-anos/>

- **Sexo:** Feminino.
- **Idade:** 29 anos.
- **Educação:** Superior Completo.
- **Profissão:** Professora de inglês.
- **História:** A cliente nasceu em Curitiba no bairro do Portão onde sempre realizou a maior parte das suas atividades inclusive frequentou colégio na escola municipal do próprio bairro. Ela sempre gostou de ler, estudar e jogar vôlei com suas amigas. Ao final do ensino médio decidiu que gostaria fazer faculdade de Letras em Inglês então com a ajuda dos pais se matriculou em um cursinho e passou no vestibular. Durante a faculdade conheceu muitas pessoas interessantes e ampliou seu leque de relacionamentos. Durante as férias ia para Guaratuba com seus amigos. Ao se formar foi contratada em uma escola de inglês e hoje trabalha longas horas para preparar e dar aulas além de corrigir todas as provas e exercícios. Aos fins de semana gosta de passear de bicicleta ou ir ao cinema com o namorado. Hoje mora com o namorado em um apartamento alugado no mesmo bairro do Portão e os dois têm uma renda mensal conjunta de R\$7000,00. O dinheiro é suficiente para o aluguel, mercado e para o financiamento de um carro popular também

compartilhado entre eles. Ao final do mês o casal estima que sobra R\$500,00 para ser gasto com lazer e comer fora de casa.

- **Fontes de informação:** Gazeta do Povo, G1 e Facebook.
- **Motivações:** Ensinar pessoas e ajudá-las a atingir seus objetivos.
- **Objetivos:** Virar diretora da escola de inglês e ter 2 filhos.
- **Medos:** Ser assaltada na rua e sofrer assédios sexuais.
- **Prioridades no processo de compra:**
 1. Segurança
 2. Agilidade
 3. Diversificação
 4. Qualidade
 5. Baixo custo

4.6 Ciclo de vida de uso do produto

Este passo se propõe a descrever as etapas de uso do produto pelo cliente desde a identificação de um problema que pode ser resolvido pelo produto até a divulgação deste a outras pessoas. Algumas perguntas devem ser respondidas.

Como o usuário:

- **Determina que o cliente tem oportunidade de fazer algo diferente?**

O cliente ao entrar em uma lanchonete dentro de um cinema se depara frequentemente com grandes filas. Vários cinemas já possuem guichês de autoatendimento para a venda de tickets no entanto não existe a mesma solução para suas lanchonetes. Existe claramente uma contradição na solução de atendimento rápido das empresas de cinema do momento que o cliente decide comprar o ingresso até o momento de entrar na sala de cinema. Uma máquina de venda automática de pipoca resolveria boa parte do problema de filas nas lanchonetes de cinemas.

- **Conhece melhor o seu produto?**

Primeiramente o produto deve ter um apelo visual chamativo. Como o produto é uma máquina instalada em locais públicos sua imagem deve transmitir claramente às pessoas passando em sua frente qual é o seu propósito. O cliente deve identificar sem esforço que a máquina é uma solução de autoatendimento que vende pipoca. Se o cliente se interessar mais sobre o produto ele pode encontrar mais informações a seu respeito no *website* oficial da Pipoca Pop e nas suas páginas nas redes sociais.

- **Analisa seu produto?**

O maior canal de análise do produto são as recomendações de outros clientes. Um dos maiores fatores de decisão de compra dos clientes é o gosto da pipoca. Portanto, as recomendações da qualidade da pipoca tanto em conversas informais quanto em recomendações nas redes sociais são de extrema importância na análise do produto por novos clientes.

- **Adquire seu produto?**

O cliente consegue fazer a comprar da pipoca diretamente em contato com a máquina.

- **Usa o produto em detalhes?**

Um passo a passo de instruções de uso deve estar disponível em alguma parte do processo de compra.

- **Determina o valor obtido pelo produto?**

Assumindo o pressuposto de que a pipoca da Pipoca Pop tem a mesma qualidade das pipocas vendidas nas lanchonetes dos cinemas, o cliente determina o valor obtido pelo produto tanto pela redução no tempo necessário para adquirir seus produto quanto no valor pago.

- **Paga pelo produto?**

O usuário paga pelo produto diretamente na máquina através de sistemas de recebimento de moedas e notas ou pelo pagamento via cartão bancário.

- **Recebe suporte para o produto?**

O cliente pode receber suporte para o produto em um canal de e-mail do próprio *website* da Pipoca Pop.

- **Compra mais produtos?**

O cliente pode sempre comprar mais produtos no mesmo lugar em que já comprou e nos outros locais onde a máquina está instalada.

- **Espalha a consciência do produto?**

Como já mencionado anteriormente o cliente pode espalhar sua opinião tanto em conversas informais quanto em sites de recomendação de produtos e nas redes sociais.

Por fim, um fluxograma do ciclo de vida de uso do produto é construído e mostrado na Figura 27 para resumir a interação entre o cliente o produto.



Figura 27. Fluxograma de ciclo de vida do produto.

Fonte: Os autores.

4.7 Especificações de produto de alto nível

Neste passo é necessário criar uma cara inicial do produto. A equipe precisa estar de acordo de quais funcionalidades o produto apresenta e qual deve ser seu aspecto. Um esboço da VM da Pipoca Pop é apresentada abaixo na Figura 28 junto com uma instrução de utilização. Esta imagem pode ser usada para mostrar a clientes e investidores onde a empresa deseja chegar no desenvolvimento do produto.

A VM deve prover ao cliente a possibilidade de comprar pipoca saborizada em um local de interesse no seu consumo, por exemplo um cinema. A máquina deve possuir um sistema de seleção do sabor da pipoca, um sistema de pagamento e um dispenser para disponibilizar a pipoca ao consumidor. Os critérios de projeto mais detalhados são descritos no capítulo de Desenvolvimento deste trabalho.



Figura 28. Brochura da Pipoca Pop.

Fonte: Os autores.

4.8 Quantificar a proposta de valor

Neste capítulo é quantificada a proposta de valor do produto. A abordagem deve ser de forma simples e focada na característica prioritária de compra do nosso cliente, conforme constatação do passo 5. O fator determinante de compra de nosso cliente é o da segurança. Como o nosso produto será instalado prioritariamente em cinemas, a segurança já é garantida pelo próprio sistema de segurança do shopping hospedeiro do cinema. Em segundo lugar o nosso cliente busca agilidade, é exatamente nesse aspecto que a Pipoca Pop consegue quantificar sua proposta de valor. Um fluxograma do processo de compra de ticket de cinema e de pipoca é mostrado a seguir na Figura 29 comparando a situação atual com a situação da *vending machine* de pipoca instalada no local.

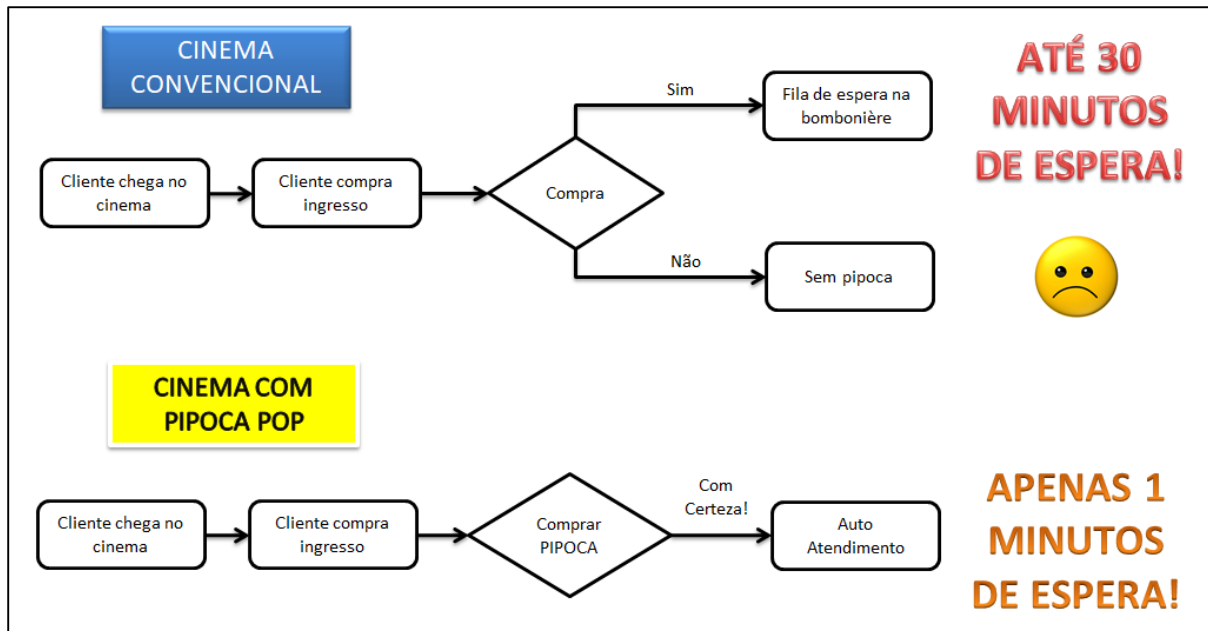


Figura 29. Fluxograma de proposta de valor.

Fonte: Os autores.

4.9 Lista dos próximos 10 clientes

Neste passo a equipe se propõe a fazer uma lista dos 10 próximos clientes. Esta etapa é importante para validar novamente se o produto e sua proposta de valor estão alinhados com necessidades reais do mercado e tem potencial de atrair clientes de verdade. É importante ressaltar que estes 10 primeiros clientes devem lembrar a persona, senão é necessária reavaliar se a persona realmente representa um cliente típico da empresa.

4.10 Foco central do produto

O foco central do produto é uma máquina de pipoca que sirva os clientes com agilidade e uma possibilidade de diferenciação dos demais através da escolha de sabor da pipoca.

4.11 Gráfico de posição competitiva

Todas as empresas e produtos do mercado possuem algum tipo de concorrência, seja direta ou indireta. É imprescindível que a empresa saiba qual a

sua posição competitiva comparada com as demais. Neste sentido, um gráfico desta análise é feito considerando todas as opções de compra de pipoca que um cliente encontra. Vale ressaltar que as características analisadas são a agilidade e a saborização, consideradas as mais importantes para o cliente. Outras características como preço não são abordadas neste gráfico por não serem tão relevantes para o cliente.

O nosso maior concorrente quanto à agilidade é a marca de VMs de pipoca Mais Pipoca. A empresa tem um produto que vende pipoca de forma rápida e prática, no entanto oferece apenas o sabor de pipoca salgada comum. O maior concorrente de pipocas saborizadas é a franquia PopCorn Gourmet que oferece uma alta variedade de sabores de pipoca. O gráfico da posição competitiva da Pipoca Pop é mostrado na Figura 30.

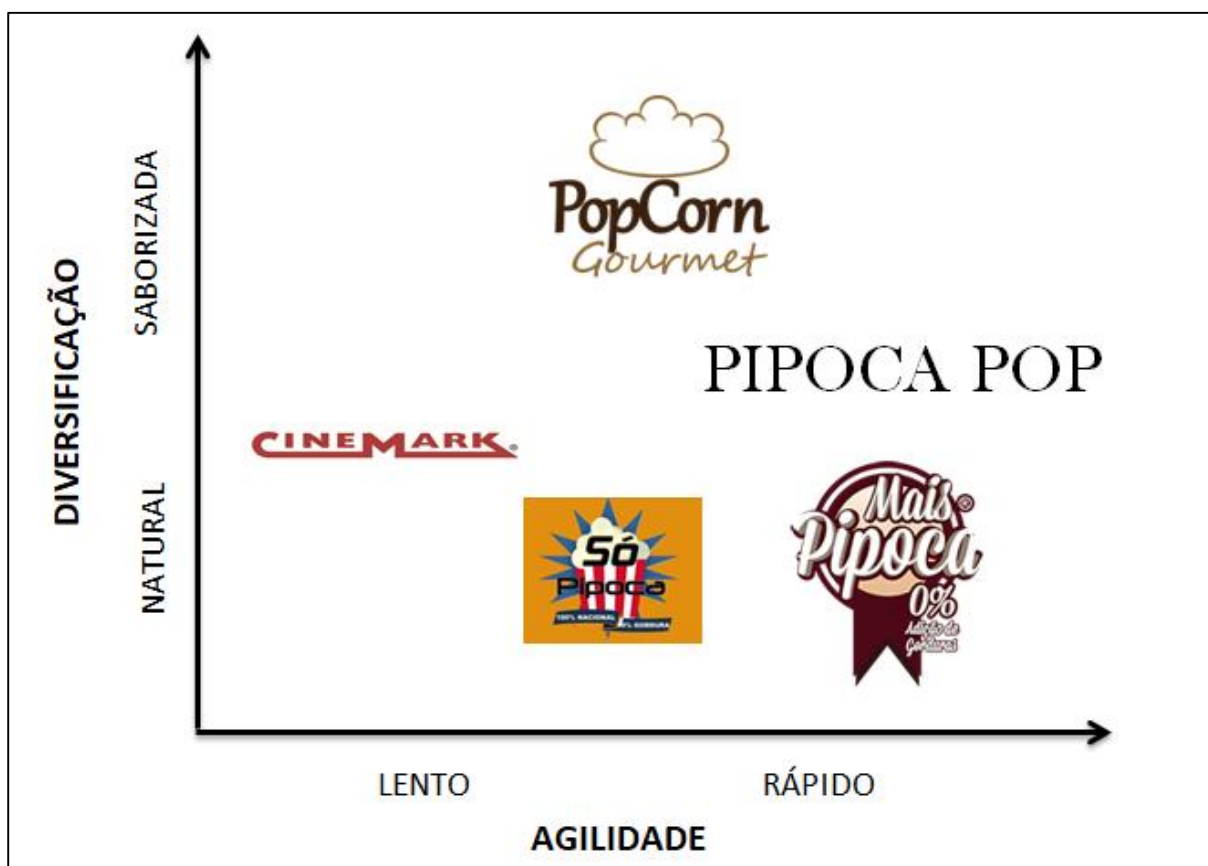


Figura 30. Gráfico de vantagem competitiva.

Fonte: Os autores.

4.12 Unidade de tomada de decisão

Este passo lista todas as entidades que participam no processo de decisão de compra, elas são explicadas abaixo.

- **Campeão:** é a pessoa que quer que o produto seja comprado, também pode ser referido como advogado de compra.
- **Usuário Final:** é a pessoa que efetivamente vai usar o produto.
- **Comprador Primário:** é quem possui os recursos financeiros para a compra.
- **Influenciadores:** são pessoas que tem o poder de influenciar os outros e frequentemente tem conhecimento sobre o assunto. Eles servem de suporte à tomada de decisão de compra.
- **Pessoa com poder de veto:** é a pessoa que tem a autoridade de vetar a compra.
- **Departamento de compra:** são pessoas que trabalham para impulsionar os preços para baixo e às vezes têm opinião contrária ao comprador primário, podendo forçar este a reavaliar sua decisão.

O mercado estratégico prioritário da Pipoca Pop se restringe a pessoas de 25 a 35 anos com renda mensal acima de R\$3000,00, portanto são pessoas de livre arbítrio e com independência econômica. Neste caso algumas das entidades descritas acima se confundem e outras simplesmente não existem.

Um mapa de tomada de decisão construído especificamente para a nossa persona é mostrado abaixo na Figura 31. A persona é a campeã e a própria usuária final porque ela é quem vai usar o produto neste caso. O seu namorado/amigo é quem tem uma certa influência na compra ao sugerir que o produto seja comprado ou opinar sobre a decisão de compra. Por mais que a persona tenha os recursos financeiros disponíveis para a compra, quem efetivamente paga muitas vezes é o namorado/amigo por uma questão de cortesia.

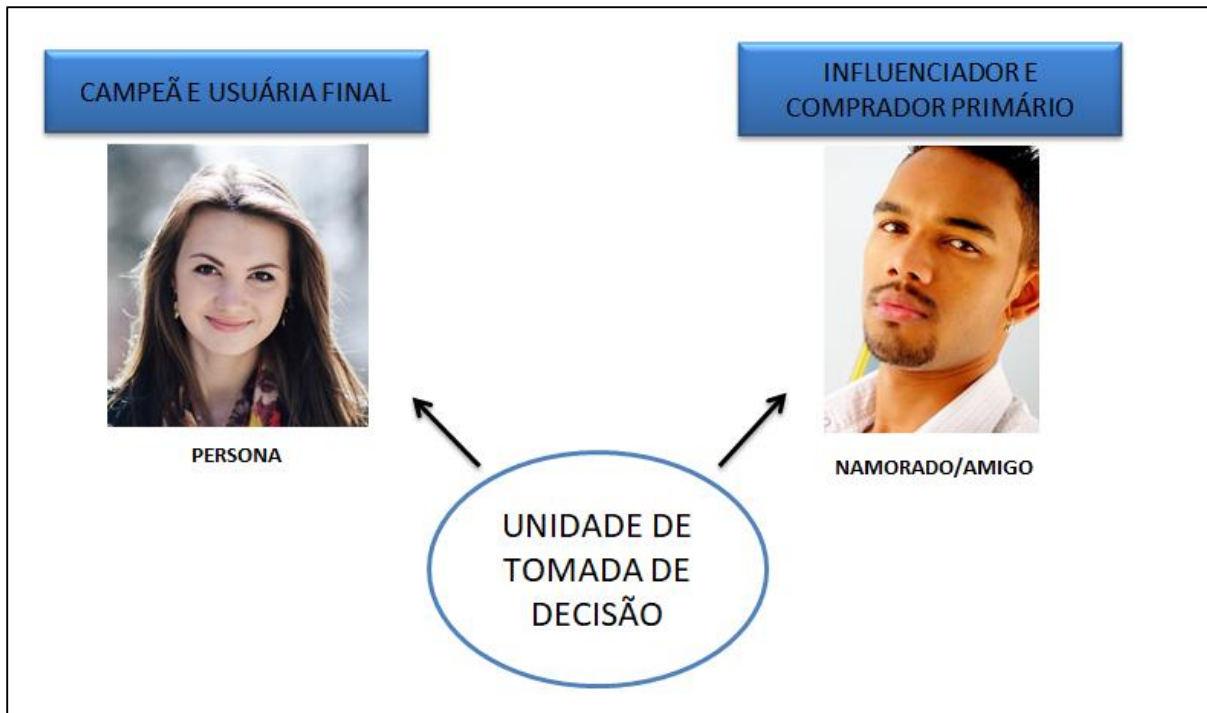


Figura 31. Unidade de tomada de decisão.

Fonte: Os autores.

4.13 Mapa de processo de aquisição pelo cliente

- **Como o cliente determina a necessidade de ter o produto:**

A necessidade de comprar o produto vem da decepção com as grades filas nos estabelecimentos de venda de pipoca. Se o futuro cliente já consome pipoca em VMs, muitos deles estão insatisfeitos com a falta de opções de sabor.

- **Como o cliente toma ciência que o produto existe:**

Nossa VM deve estar instalada próxima aos maiores pontos de consumo de pipoca, por exemplo cinemas, e deve possuir um apelo visual que traduza sua proposta de venda de pipoca e atraia o cliente.

- **Como o cliente analisa o produto:**

A primeira forma de o cliente analisar o produto é a própria *VM*, ela precisa transmitir confiança ao consumidor. A segunda análise do cliente é provavelmente pesquisa entre conhecidos e principalmente na internet. Por isso é importante manter uma página digital, presença nas redes sociais e entregar um produto de boa qualidade que seja elogiado nas avaliações *online*.

- **Como o cliente adquire o produto:**

O cliente pode adquirir o produto diretamente na *VD*, este é o único canal de venda.

- **Como o cliente paga pelo produto:**

O cliente pode pagar pelo produto tanto em espécie quanto por cartão de crédito.

4.14 TAM para mercados adjacentes

A estratégia empregada para a captação de mercados adjacentes será expandir as vendas para outras regiões que possuem uma grande quantidade de cinema utilizando o mesmo produto desenvolvido para nosso mercado estratégico prioritário. Os próximos locais escolhidos para a expansão serão os estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Para a análise dos próximos mercados, utilizaremos as mesmas considerações que foram feitas para Curitiba inclusive no preço, visto que, todas são capitais com hábitos de consumo similares com relação ao nosso produto. Para o cálculo do TAM de São Paulo e Rio de Janeiro, considera-se respectivamente uma população de 12,106 milhões e de 6,520 milhões de pessoas. O número de clientes potenciais são respectivamente 152000 e 81860. O resultado do cálculo pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4. TAM de mercados adjacentes.

São Paulo	R\$ 9.120.000,00
Rio de Janeiro	R\$4.911.000,00

Fonte: Os autores.

4.15 Modelo de negócio CANVAS

O modelo de negócios definido para esta etapa é baseado no Modelo de Negócios Canvas. Este modelo é um diagrama que planifica em uma página as informações mais relevantes ao redor de um modelo de negócios. Para elaboração desta etapa, foram levadas em consideração todas as informações levantadas até aqui.

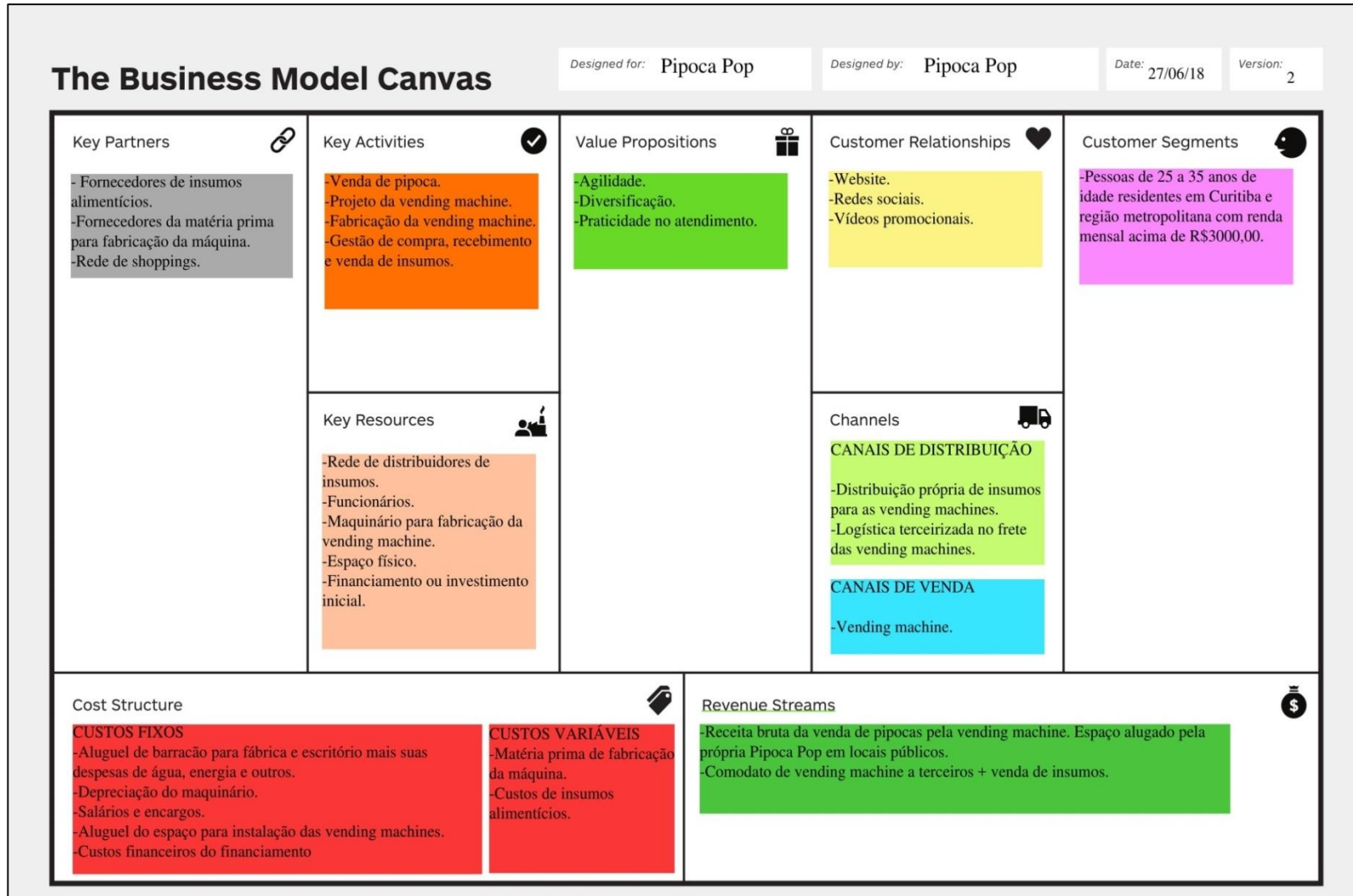


Figura 32. Modelo de negócio CANVAS da Pipoca Pop.

Fonte: Os autores.

4.16 Definição da estrutura de preço

Existem diversas forças de precificar um produto. Pelo motivo da pipoca ser um alimento provindo de uma comodite, o milho, e ela possuir baixo valor agregado, o seu preço deve estar intimamente atrelado ao custo. Outro método mais simples é definir o preço da pipoca tomando como base o estudo o preço dos concorrentes diretos da Pipoca Pop. O preço médio de pipocas vendidas por vending machines, como já citado no trabalho, é de R\$5,00. O preço médio de pipocas vendidas em bombonieres de cinemas é mais elevado, pode chegar a R\$15,00 em uma porção de pipoca pequena. No entanto a precificação deste produto no cinema segue um padrão diferenciado, no sentido de que a venda é feita preferencialmente em combos com bebidas e guloseimas.

O preço de R\$5,00 para pipoca salgada comum e de R\$8,00 para pipocas saborizadas nos deixa na média para vending machines similares e continua sendo atrativo para pessoas que iriam comprar diretamente na bomboniere do cinema. Vale ressaltar que nossa estratégia de valor não está focada em preço e que a pipoca é um item de consumo bastante difundido sendo difícil se cobrar preços acima da média de mercado. Portanto, a estratégia de receita é mais focada em atrair o maior número de clientes possíveis e gerar receita pelo volume ao invés do preço.

Contudo, deve-se validar se este preço é economicamente viável dada a estrutura de custo da empresa. Para isso uma análise básica de custos e receitas mensais é feita na sequência. Nesta análise leva-se em consideração um parque de VMs instalado para captar todo o potencial de vendas de Curitiba e região metropolitana, conforme o TAM calculado. As demais considerações são apresentadas a seguir.

- Vendas de pipoca: 42.600 porções/mês.
- Mix de vendas: 50% salgada e 50% saborizada.
- Parque instalado: 80 vending machines.
- Aluguel médio do espaço: 20% do faturamento (prática de mercado).
- Aluguel e custos do barracão e escritório.
- Custo do projeto diluído em 5 anos.
- Produção de vending machines: 4 máquinas/mês.
- Tempo de depreciação do maquinário: 5 anos.

- Quantidade de pipoca por porção: 0,08 quilogramas (kg).
- Quantidade de milho: $42.600 \times 0,08 \text{ kg} = 3.408 \text{ kg}$
- O quilo do milho de pipoca: R\$ 6,00.
- Funcionários: 2 pessoa para fabricação e outras 2 para manutenção do parque instalado. Considerar salários e encargos.
- Manutenção e reposição de insumos.
- Imposto médio de 15% sobre serviço realizado.

Tabela 5. Balanço financeiro da Pipoca Pop.

RECEITA	VALOR (R\$)
Venda de pipoca salgada	106.500,00
Venda de pipoca saborizada	170.400,00
TOTAL	276.900,00
CUSTOS	VALOR (R\$)
Aluguel (Comissão)	55.380,00
Aluguel do barracão e custos envolvidos	8.000,00
Custo do projeto	1.000,00
Custos de matéria prima - Chapa de aço	4.000,00
Custos de matéria prima - outros	8.000,00
Depreciação do maquinário	5.000,00
Custo do milho	20.448,00
Outros insumos	10.000,00
Salários e encargos	25.000,00
Impostos sobre serviço	41.535,00
TOTAL	178.363,00
LUCRO	VALOR (R\$)
Bruto	98.537,00

Fonte: Os autores.

A partir do balanço financeiro de um mês de operação mostrado na Tabela 5, conclui-se que a estratégia de preços é condizente com nossa estrutura de custos se atingirmos o volume de vendas esperado.

4.17 Valor de ciclo de vida útil do cliente

Estima-se que o ciclo de vida deste produto é de 5 anos e que a situação de captação total do nosso TAM para o mercado estratégico prioritário descrita no item anterior é atingida no quinto ano de negócio. Até então os lucros crescem linearmente.

Um cálculo do valor do ciclo de vida útil do cliente (LTV) é calculado a seguir com base no lucro acumulado de 5 anos, mostrado na Tabela 6 levando em conta o valor de lucro obtido no passo anterior. Para o cálculo do LTV, multiplica-se o lucro acumulado pelo custo de capital do período, segundo a Equação 26. Este custo é igual à taxa de interesse mínimo de investimento, considera-se 15% ao ano. O cálculo do LTV total e o LTV por cliente pode ser visto na Tabela 7.

$$LTV = Lucro. (1 - taxa\ custo\ de\ capital)^n \quad (Eq. 26)$$

Sendo,

Lucro = lucro bruto acumulado do período.

n = número de anos do período.

Tabela 6. Evolução do lucro anual da Pipoca Pop

Ano	1	2	3	4	5	TOTAL
Lucro (R\$)	18.707,40	39.414,80	59.122,20	78.829,60	98.537,00	323.879,50

Fonte: Os autores.

Tabela 7. LTV

LTV (R\$)	166.407,83
LTV por cliente (R\$/cliente)	3,90

Fonte: Os autores.

O segundo passo é estimar o custo de aquisição de novos clientes (COCA). No caso da Pipoca Pop esses custos são baixo pois não há grande trabalho de marketing envolvido na aquisição de novos clientes. O que se pode esperar é que este custo seja no máximo um terço do LTV, ou seja, este deve se restringir a cerca de R\$1,45 por cliente.

4.18 Mapa dos processos de venda

Sendo o cliente final já frequentador dos locais onde os equipamentos ficarão instalados, nosso canal de comunicação com o cliente será a própria máquina. Isto é, a estampa da marca serve de espaço para propaganda e marketing. Entretanto, para o cliente intermediário, a empresa contará com uma página na internet para informações gerais e terá um atendimento que deverá ser via e-mail ou via telefone.

Uma das estratégias de venda é instalar a máquina em um cinema coincidentemente com o lançamento de algum filme de bastante apelo, para que o cliente experimente o produto desmotivado com a fila de espera da lanchonete do cinema. Em paralelo, devemos utilizar amostras do produto para que o cliente se sinta confiante no produto que irá comprar e realmente faça a compra.

É necessário estruturar um mapa de vendas planejando qual a estratégia a curto, médio e longo prazo. Este planejamento interfere em como a empresa organiza seus canais de distribuição, marketing e o controle de custos.

A Pipoca Pop vai focar sua estratégia de vendas nos cinco primeiros anos exclusivamente no B2C do mercado curitibano. Esta venda é feita com a máquina sendo instalada em espaço privado e um aluguel é pago para o dono do espaço, no entanto o nosso cliente é diretamente o consumidor, o usuário final é a nossa fonte de receita.

A médio e longo prazo a Pipoca Pop pretende abrir o mercado para o B2B, o novo modelo de vendas se baseia no aluguel de máquinas para empreendedores que queiram instalar a vending machine em seus estabelecimentos e reter a receita gerada por ela.

4.19 Cálculo do custo de aquisição de cliente (COCA)

Para a definição do custo de aquisição de novos clientes (COCA) se leva em conta todos apenas a soma dos gastos em *marketing* e em vendas e divide-se esse número pelo número de clientes. Segundo o livro de Empreendedorismo Disciplinado, um bom indicativo de que o negócio é rentável é ter um COCA de no máximo um terço do LTV (AULET,2013). Como no primeiro ano a empresa não tem nenhum reconhecimento no mercado, os gastos com *marketing* e vendas são mais elevados. Após o primeiro ano os custos vão se reduzir, uma vez que os clientes

serão um vetor de divulgação do produto. Considera-se que o número de clientes adquiridos por ano seja de um quinto do número de cliente total do nosso TAM, ou seja 8520. Outra consideração é que não haverá uma pessoa da equipe dedicada exclusivamente aos esforços de marketing e venda, portanto seu salário já foi computado no cálculo do LTV. A partir dessas informações, uma estimativa do COCA é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Cálculo do COCA

Orçamento (R\$)	Ano				
	1	2	3	4	5
Despesas operacionais	10.000,00	8.000,00	6.000,00	4.000,00	4.000,00
Estampa na VD	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Eventos	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Website	10.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Propaganda direta	10.000,00	8.000,00	6.000,00	4.000,00	2.000,00
Redes sociais	10.000,00	8.000,00	6.000,00	4.000,00	2.000,00
COCA (R\$)	44.000,00	29.000,00	23.000,00	17.000,00	13.000,00
COCA (R\$/cliente)	5,16	3,40	2,69	2,00	1,52

Fonte: Os autores.

O nosso COCA por cliente é bem elevado no primeiro ano e ao terceiro ano, quando todo o nosso mercado estiver atingido, ele representa um pouco mais de um terço do LTV. Este resultado é esperado, a medida que o LTV aumenta o COCA diminui, no entanto este negócio não se mostra muito rentável a médio prazo.

4.20 Identificar os pressupostos chave

Alguns pressupostos chaves foram assumidos no desenvolvimento desse trabalho, eles são listados a seguir.

1. Frequentadores de cinemas procuram pipocas com diferentes sabores.
2. Qualidade do produto.
3. Produto saudável e fresco.
4. Clientes querem mais agilidade no processo de compra.
5. A sensação de autoatendimento dá autonomia para o cliente.
6. Os clientes buscam lanches práticos.

4.21 Revisão do capítulo

Os assuntos abordados neste capítulo fazem parte do desenvolvimento do modelo de negócios da empresa Pipoca Pop. A elaboração se inicia pela descoberta de quem é o consumidor, o que podemos fornecer para ele, como ele obtém o produto, qual a forma de capitalização inicial da empresa, como o produto é construído e projetado e qual é a escalabilidade do negócio. No próximo capítulo, será desenvolvido o projeto conceitual do equipamento.

5 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do projeto é realizado seguindo a metodologia Scrum. O Product Backlog inicial de projeto e cada um dos Sprint Backlogs é documentado a seguir na Tabela 9. Product Backlog Tabela 9 e Tabela 10, respectivamente. As soluções adotadas durante o desenvolvimento do projeto sempre partem da identificação do problema, seguidas de um brainstorming com os integrantes da equipe para encontrar a melhor das opções

Tabela 9. Product Backlog

BACKLOG GERAL
Definição do modelo de negócios
Critérios de projeto
Dimensionamento do sistema de aquecimento da pipoca
Seleção de componentes do sistema de aquecimento
Definição de automação, controle e eletrônica
Definição da estrutura e mecanismos
Definição dos materiais utilizados em cada componente
Início da modelagem 3D, pensando em alocação de cada sistema na máquina
Definição de modelagem 3D
Demais itens (embalagem, ...)
Concepção Final
Construção do MPVC
Conclusão

Fonte: Os autores.

A lógica geral do projeto é de primeiramente definir os critérios de projeto básicos que servirão como uma diretriz de trabalho. Logo em seguida, por ser considerado um tópico essencial do projeto, o sistema de aquecimento do milho será dimensionado e projetado. Em seguida, os mecanismos, dispositivos e sistemas utilizados na máquina serão ou projetados ou algum elemento comercial será escolhido. No próximo passo, um sistema de automação será escolhido para ativar os mecanismos e dispositivos e gerenciar a lógica de funcionamento da máquina. Juntamente à parte de automação, devem ser definidos os elementos

para o correto funcionamento da parte elétrica da máquina. Por fim, será definida a estrutura da máquina. Todos os elementos serão alocados no local mais apropriado na estrutura da máquina e possíveis reajustes serão feitos para uniformizar o projeto.

Tabela 10. Sprint Backlogs

SPRINT 1 (13/08 a 10/09)
Definição do modelo de negócios
Critérios de projeto
Dimensionamento do sistema de aquecimento da pipoca
Seleção de componentes do sistema de aquecimento
SPRINT 2 (10/09 a 08/10)
Seleção de componentes do sistema de aquecimento
Definição de automação, controle e eletrônica
Definição da estrutura e mecanismos
Definição dos materiais utilizados em cada componente
Início da modelagem 3D, pensando em alocação de cada sistema na máquina
SPRINT 3 (08/10 a 05/11)
Definição de modelagem 3D
Concepção Final
SPRINT 4 (05/11 a 30/11)
Construção do MPVC
Conclusão

Fonte: Os autores.

5.1 Critérios de Projeto

A primeira etapa do desenvolvimento da VM é a definição dos critérios de projeto, os quais são essenciais para direcionar o projeto a um cenário plausível e que esteja de acordo com o produto desejado no capítulo anterior para a criação da empresa Pipoca Pop. Os critérios de projeto discorrem tanto sobre as características físicas quanto sobre as características operacionais da máquina. Eles servem como um norte do projeto, no entanto podem ser alterados conforme o seu andamento.

O primeiro critério é o tempo de estouro da pipoca que fica definido em 2 minutos, chegando a um máximo aceitável de 3 minutos.

Em seguida se deseja definir a porção de pipoca servida pela máquina. Esta porção é única e deve ser compatível com a expectativa do cliente, a autonomia da máquina, o tempo de estouro e a embalagem da pipoca. No desenvolvimento do modelo de negócio, assumiu-se para efeito de estimativa de custo que a porção seria de 80 gramas. A partir desse valor foi realizado um experimento de estourar essa mesma quantidade de milho pipoca a fim de averiguar o volume final de pipoca estourada. O volume final encontrado foi 2 litros de um recipiente preenchido de pipoca, espaço vazio entre as pipocas e um pequeno resquício de milho não estourado, ou seja, uma situação bem próxima do real. O resultado do experimento é mostrado na Figura 33. A partir desse resultado, da comparação da porção da concorrência (40 gramas no VD da Mais Pipoca) e da comparação da porção de pipoca de microondas (100 gramas), foi definido que a nossa porção é de 50 gramas. Este valor foi julgado a porção ideal para o consumo de uma pessoa e não demanda um dispenser e uma embalagem excessivamente grandes. A partir deste experimento, também se pode inferir que o volume ocupado por uma porção de pipoca no reservatório é de 62,5 ml e quando estourado gera 1250 ml de pipoca dentro de um recipiente.

Da definição do critério anterior, pode-se definir o tamanho da embalagem. Ela deve ter no mínimo 1300 ml para acomodar satisfatoriamente todo o volume de pipoca, o que representa, para uma embalagem em forma de paralelepípedo, uma altura de 13 centímetros e base de 10 por 10 centímetros. O próximo critério é a autonomia do reservatório de milho. Em nosso cenário ideal projetado no capítulo anterior, o parque de VM instalado para atender todo o mercado de Curitiba é de 80 máquinas e o número de vendas é 42600 unidades por mês. Isto resulta em aproximadamente 530 unidades vendidas por máquina por mês. O tamanho do nosso reservatório deve prever uma reposição de uma vez por semana, ou seja, o reservatório deve ser dimensionado para produzir aproximadamente 135 unidades por semana. Como a nossa porção é de 50g, a capacidade definida para o reservatório é de 6,5 kg. Conforme correlação com o nosso experimento de volume de milho de pipoca, um reservatório de 6,5 kg possui um volume de 8,125 litros, arredonda-se esse valor para 8,2 litros.



Figura 33. Experimento de volume da pipoca.

Fonte: Os autores.

A princípio a VM tem a opção de apenas dois sabores, salgada e achocolatada.

Quanto ao critério dimensional adotado, a máquina deve ter no mínimo 1,5 metros de altura e no máximo 2 metros e no máximo 50 centímetros de largura e profundidade.

Por fim, define-se que a alimentação elétrica da máquina deve aceitar uma tensão elétrica de 127 e 220 volts na frequência de 60 Hz, podendo assim ser instalada em qualquer cidade do Brasil.

5.2 Sistema de aquecimento da pipoca

O sistema de aquecimento escolhido para o milho foi a opção de um soprador de calor, o qual é constituído por um ventilador provendo fluxo de ar a uma resistência elétrica. Esse fluxo de ar é aquecido e atinge nosso alvo que é a pipoca, aquecendo-a até a temperatura de estouro.

O estudo termodinâmico deste trabalho busca dimensionar a resistência elétrica e o ventilador, ao encontrar um valor de potência de dissipação de calor da resistência e a velocidade e fluxo de ar do ventilador. O volume de controle da câmara de aquecimento pode ser visto na Figura 34.

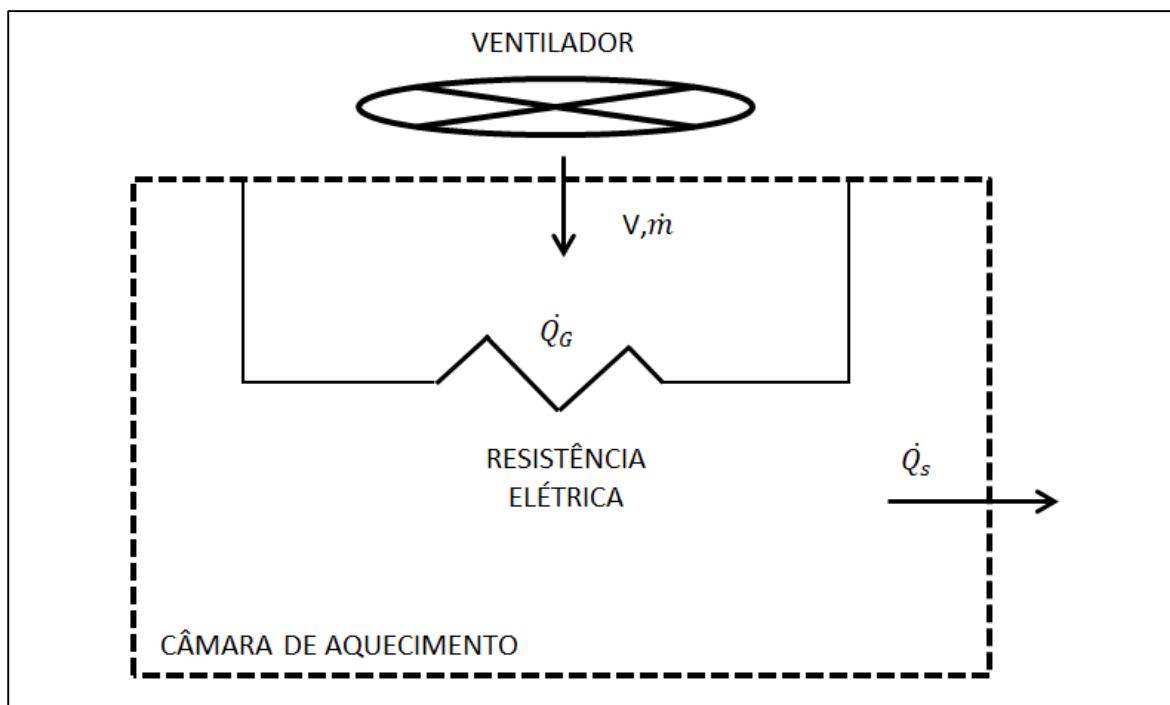


Figura 34. Volume de controle da câmara de aquecimento.

Fonte: Os autores.

Aplicando a primeira lei da termodinâmica ao sistema através da Equação 7 e assumindo que de todo o calor gerado no sistema (\dot{Q}_G) um décimo é absorvido pela pipoca (ΔU) e o resto é dissipado (\dot{Q}_s), chega-se à expressão abaixo.

$$\dot{Q}_G = 11. \Delta \dot{U}$$

O calor necessário para aquecer 50 gramas de pipoca da temperatura de 10°C (mínima temperatura considerada) a 180°C pode ser calculado pela expressão do calor sensível dada pela Equação 26, (INCROPERA et al., 2003). O valor de calor específico da pipoca pode ser calculado pela Equação 4 a uma umidade relativa de 13,5%.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{Eq. 26})$$

Onde,

m = Massa do corpo (kg)

ΔT = Diferença de temperatura (K)

O resultado deste cálculo resulta em um calor necessário de 11400 J, dividindo esse valor por 2 minutos de aquecimento, considerando uma taxa de transferência de calor constante, chega-se a um valor de potência da resistência elétrica de 1045 W.

Por outro lado é necessário garantir que a troca térmica se dê como o esperado. Para determinar o fluxo de calor necessário, em KW/m², que o sistema de aquecimento deve fornecer, utilizaremos a Equação 9. Entretanto, antes de determinar este valor, deve-se calcular o coeficiente de transferência de calor por convecção e para isso é preciso calcular o valor de Nusselt.

O número de Nusselt é calculado utilizando a correlação de jatos colidentes da Equação 14. Por definição, utilizare-se um único jato com o bico arredondado de diâmetro (D) de 6 cm, a uma altura (H) de 15 cm e o raio de aceleração (r) de 24 cm. Para o valor de Prandtl iremos atribuir o valor de 0,707 a 23°C (INCROPERA et al., 2003). O valor de Reynolds será calculado pela equação 10, de acordo com as seguintes propriedades do ar a 200°C: densidade igual a 0,6964 kg/m³ e viscosidade igual a 28,4 x 10⁻⁶ N.s/m² (INCROPERA et al., 2003). O diâmetro D do compartimento onde o milho fica é de 8 cm e a velocidade do escoamento é definida inicialmente como 5 m/s, a qual é a velocidade de um microventilador comercial. Tem-se, portanto, os valores de Reynolds e Nusselt:

$$Re = 9808$$

$$Nu = 44,5$$

O coeficiente de transferência por convecção (h) deve ser calculado pela Equação 10. Para determinar a condutividade térmica (k) utilizamos a Equação 3, com uma umidade relativa de 13,5% e uma CE de aproximadamente de 32 ml/g (Miranda et al., 2011). O diâmetro D é o mesmo utilizado no cálculo de Reynolds.

$$k = 0,16332 \text{ W/m.K}$$

$$h = 90,92 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Para temperatura da superfície (T_s), que é a temperatura da interface superior do milho, adota-se o valor de 10 C° ao início do processo de aquecimento. Este valor é a mínima temperatura considerada para um caso real do milho em condições de estocagem. A temperatura do ambiente (T^∞) representa a temperatura no interior da câmara de aquecimento, ou seja, a temperatura do ar que vem do ventilador e atravessa a resistência. Esse valor é definido em 250°C . Substituindo os valores na Equação 9, tem-se o valor de fluxo de calor de:

$$q'' = 21820 \text{ W/m}^2$$

Para determinar a potência térmica fornecida ao milho, deve-se utilizar a Equação 7. A área é o local onde o milho está acomodado, que possui um diâmetro de 8 cm, portanto, a potência fornecida é de:

$$\dot{Q} = 109 \text{ W}$$

Levando em conta a premissa das perdas de calor na câmara de aquecimento e o resultado obtido anteriormente, a resistência elétrica deve ter potência de aquecimento de aproximadamente 1200 Watts e o ventilador velocidade de 5 m/s.

5.2.1 Componentes do sistema de aquecimento

Os componentes que serão responsáveis pelo aquecimento da pipoca são: uma resistência com potência de 1200W, um ventilador e a câmara de aquecimento.

Para a fabricação da resistência, entrou-se em contato com uma empresa especializada, a Heatcon, a fim de entender um pouco mais sobre as possibilidades de fabricação. Após um contato telefônico, foi informado que a fabricação da resistência poderia ser feita no formato, dimensão e potência demandada pelo

projeto. Portanto, definimos uma resistência helicoidal com alimentação de 220 V CA e potência nominal de 1200 W.

O ventilador escolhido que atende o projeto é o modelo D6025V24HS da empresa SELL-PARTS. Ele possui as medidas de 60x60x25, alimentação a 24V CC e componentes em alumínio (SELL-PARTS, 2018).

A câmara de aquecimento tem o formato cilíndrico na parte de cima e um tronco de cone na parte de baixo, com a finalidade de afunilar o encaminhamento da pipoca para que esta não se acumule na câmara após o estouro. A parte superior tem compartimentos para entrada de ar, fixação do ventilador e da resistência e um furo para a entrada do milho. Ao final do tronco de cone há uma abertura para a entrada da portinhola do dispenser de pipoca, explicada em detalhe posteriormente. A peça é ilustrada em uma vista de topo na Figura 35 e uma vista 3D na Figura 36.

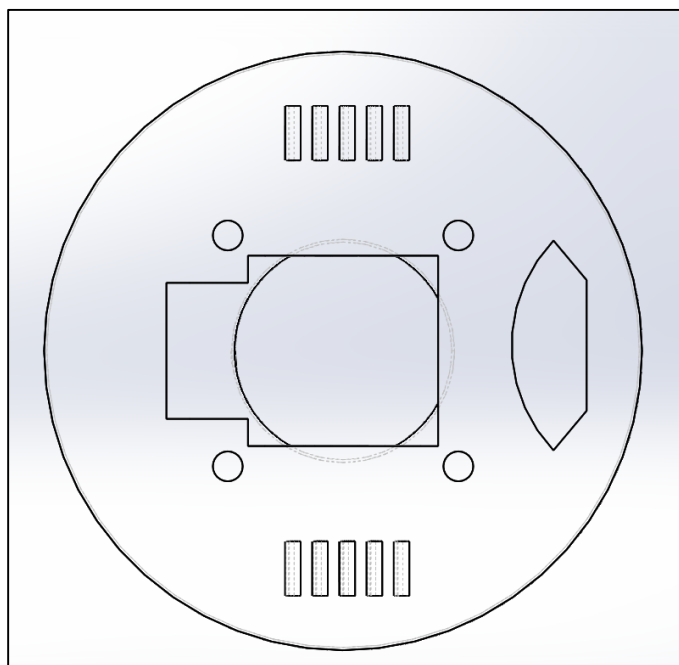


Figura 35. Vista de topo da câmara de aquecimento.

Fonte: Os Autores.

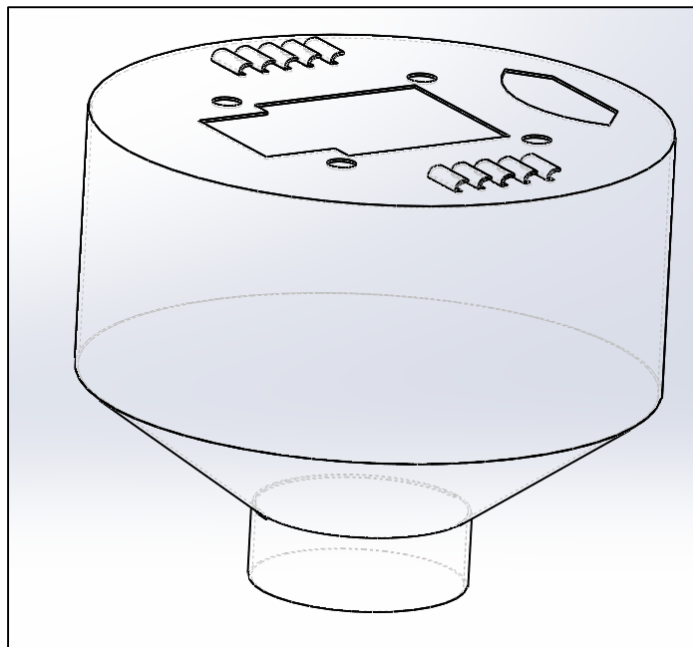


Figura 36. Vista 3D da câmara de aquecimento.

Fonte: Os Autores.

5.3 Dispositivos e Mecanismos

Baseando-se no fluxograma de processo do funcionamento da máquina, definido na Figura 10 e Figura 11, pode-se determinar quais os dispositivos e mecanismos essenciais para o funcionamento da máquina. Os mecanismos atendem por premissa possuir apenas um grau de liberdade. Estes são o reservatório, o mecanismo coletor de milho do reservatório, o sistema de aquecimento do milho (já explorado no capítulo anterior), o mecanismo de adição de sabor e o mecanismo dispenser de pipoca ao cliente. Ainda existem os dispositivos periféricos que não estão ligados ao funcionamento da máquina em si mas ao bom funcionamento do produto como uma Vending Machine. Estes são os dispositivos de recebimento de dinheiro e o dispositivo de seleção do produto. Como já mencionado, todos esses dispositivos são controlados por um sistema de automação.

A seguir, são apresentados os mecanismos e dispositivos definidos como essenciais para o funcionamento da máquina. Parte deles são projetos próprios e outra parte são elementos comerciais.

5.3.1 Reservatório

O reservatório de pipoca terá formato retangular com base piramidal e sua capacidade de armazenamento respeita os 6,5 kg de milho e 8,125 l de volume definidos em projeto. Sua base piramidal termina em uma rosca macho, a qual deve ser rosqueada à estrutura da máquina, e seu topo possui uma portinhola para acesso do reservatório para seu preenchimento. Uma vista 3D do sistema é mostrada na Figura 37.

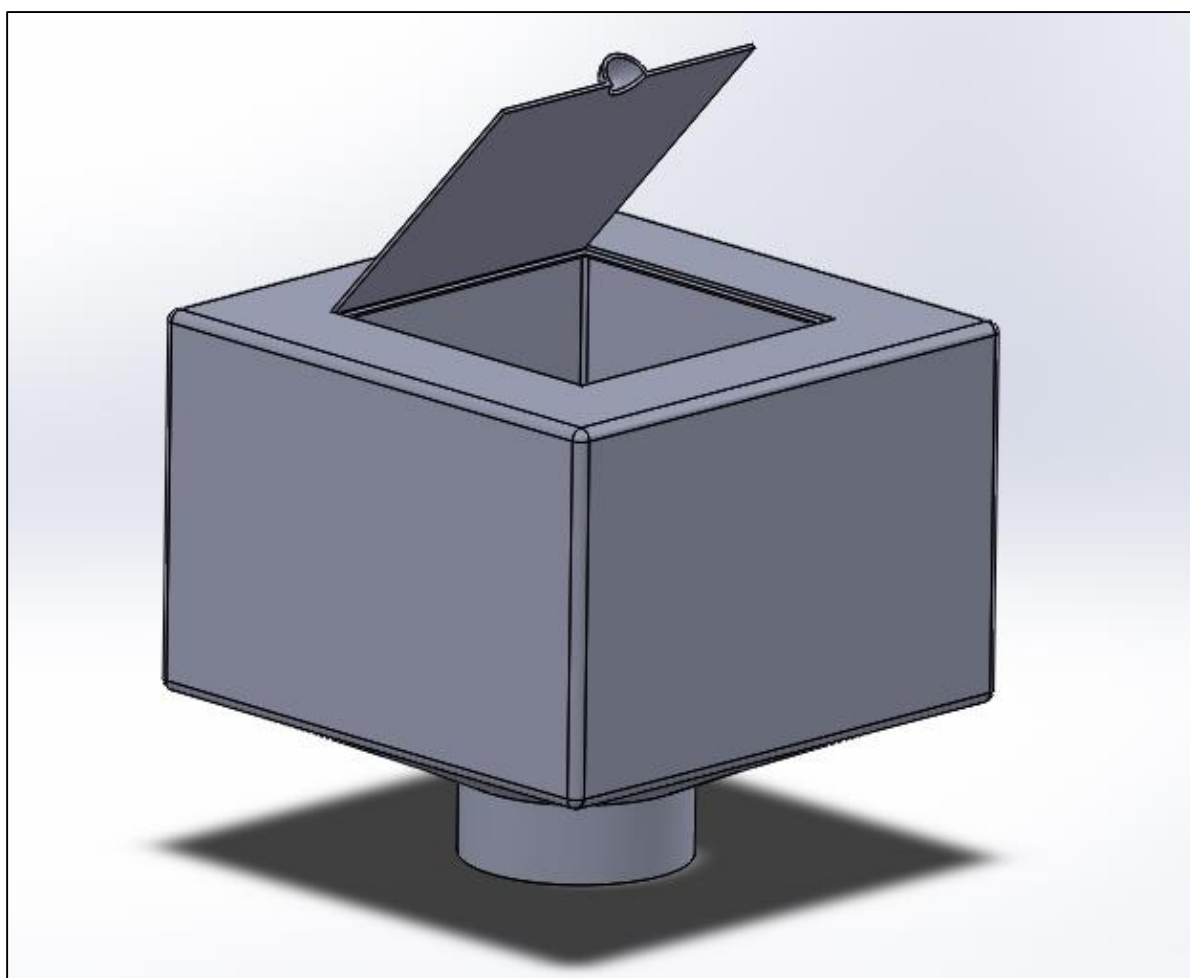


Figura 37. Vista 3D do reservatório.

Fonte: Os Autores.

5.3.2 Mecanismo coletor de milho

O mecanismo coletor de milho é composto por uma peça coletora, um motor de passo (NEMA 17 – 3,5 kgf.cm / 1,5A, ver ANEXO A), um condutor do reservatório ao coletor e um condutor do coletor ao sistema de aquecimento.

A peça coletora tem formato cilíndrico e um compartimento interno vazado longitudinalmente. O volume do compartimento vazado foi projetado e calculado para atender à porção de milho definida nos critérios de projeto, 62,5 ml. Em um corte transversal da peça, a área vazada está descentralizada e contida entre um ângulo de 90° a partir do centro do círculo externo da base da peça. Em seu fundo há uma furação para entrada do eixo do motor de passo.

O funcionamento do mecanismo de coleta se dá da seguinte forma. O dispositivo condutor do reservatório ao coletor está conectado diretamente ao reservatório, de modo que a pipoca sempre o preenche pela simples ação da gravidade. Ao fundo deste dispositivo há uma cunha para contenção da entrada do milho dentro do coletor, sua abertura se limita a um ângulo de 90°. Em estado de espera da VM, esta entrada coincide com a região vazada do coletor. Abaixo do coletor, há uma peça similar a anterior, impedindo o escoamento do milho dentro do coletor, no entanto sua abertura de 90° está posicionada no lado oposto. Ao iniciar a produção de uma porção de pipoca, o motor de passo gira lentamente o coletor conduzindo o milho contido em seu interior ao condutor de sistema de aquecimento. Na rotação do coletor é possível distinguir três momentos claros. Primeiramente, a admissão do milho no coletor, em seguida, o momento em que não há nem admissão e nem escoamento do milho e por fim, o escoamento do milho ao sistema de aquecimento. Uma vista 3D explodida do sistema é mostrada na Figura 38.

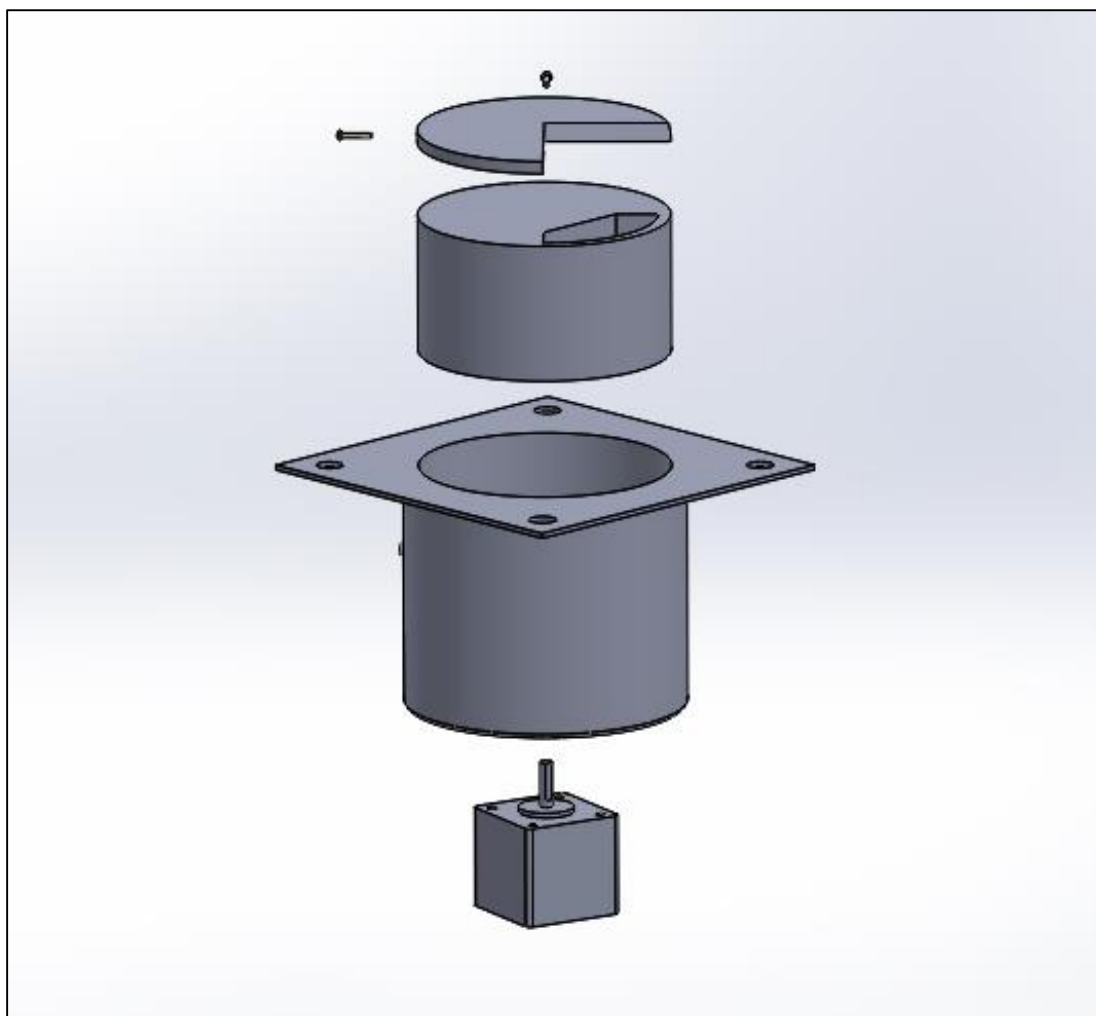


Figura 38. Vista 3D explodida do coletor de milho.

Fonte: Os Autores.

5.3.3 Mecanismo dispenser de pipoca

A primeira opção para a condução da pipoca à embalagem era que não houvesse uma barreira. Conforme o milho estourasse a pipoca saltaria para cima e para os lados, dessa forma escaparia da região de aquecimento e poderia se conduzida por paredes metálicas até o furo que termina na embalagem da pipoca. No entanto, utilizando este método não é possível garantir que não sobrarão resíduos ao final do processo de aquecimento e entrega da pipoca.

A segunda opção é optar por uma região de aquecimento confinada. Em sua parte inferior utiliza-se uma portinhola que libera a pipoca até a embalagem, a qual está posicionada abaixo. Esta é a opção escolhida. Vale ressaltar que esta opção

pode ter um problema de sobreaquecer as pipocas que já estouraram e continuam no compartimento de aquecimento.

A portinhola deste mecanismo é feita com uma chapa, do tamanho do furo da saída de pipoca, fixada na guia linear de perfil metálico modelo MSA 15 S do fabricante OBR. A guia corre sobre um trilho e tem uma cremalheira fixada a ela. A cremalheira é acionada por um pinhão acoplado a um motor elétrico com caixa de redução acoplada. A cremalheira e o pinhão são do fabricante USICORP e o motor do fabricante AKIYAMA MOTORS, de número de referência AK380/5.5MF24R35CE. Sua tensão de alimentação é de 24 V CC e sua rotação nominal é de 35 RPM, consumindo uma potência máxima de 7.2 W.

O módulo da cremalheira e do pinhão de 1,5 e seu passo 4,71. O pinhão possui 12 dentes e um diâmetro primitivo de 18 mm, resultando em 56,5 mm percorridos pela cremalheira a cada volta do pinhão. Para um percurso total do mecanismo de 80 mm e um motor de 35 RPM, é necessário um tempo de acionamento de 2,4 segundos. O controle de curso do motor pode ser feito com duas chaves de fim de curso e um relé DPDT. Uma das chaves é responsável por desarmar o sistema após a abertura da portinhola e, após um tempo, inverter o sentido de rotação fechando a portinhola. A segunda chave é utilizada para desarmar completamente o sistema. A lógica de operação é controlada pelo CLP. Duas vistas da montagem do sistema são mostradas a seguir, uma vista frontal na Figura 39 e outra 3D na Figura 40.

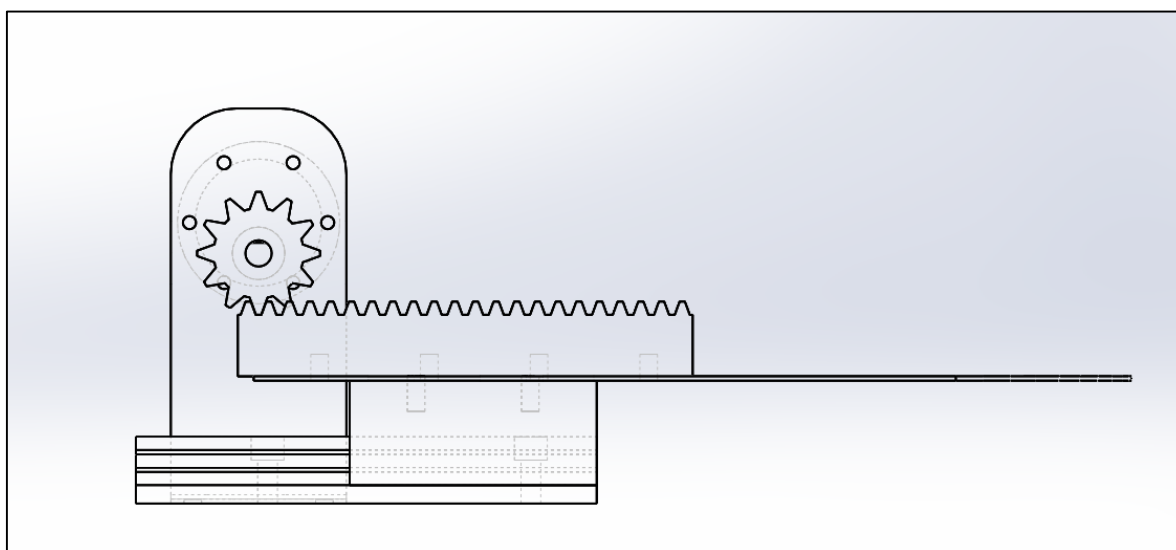


Figura 39. Vista frontal do mecanismo dispenser de pipoca.

Fonte: Os Autores.

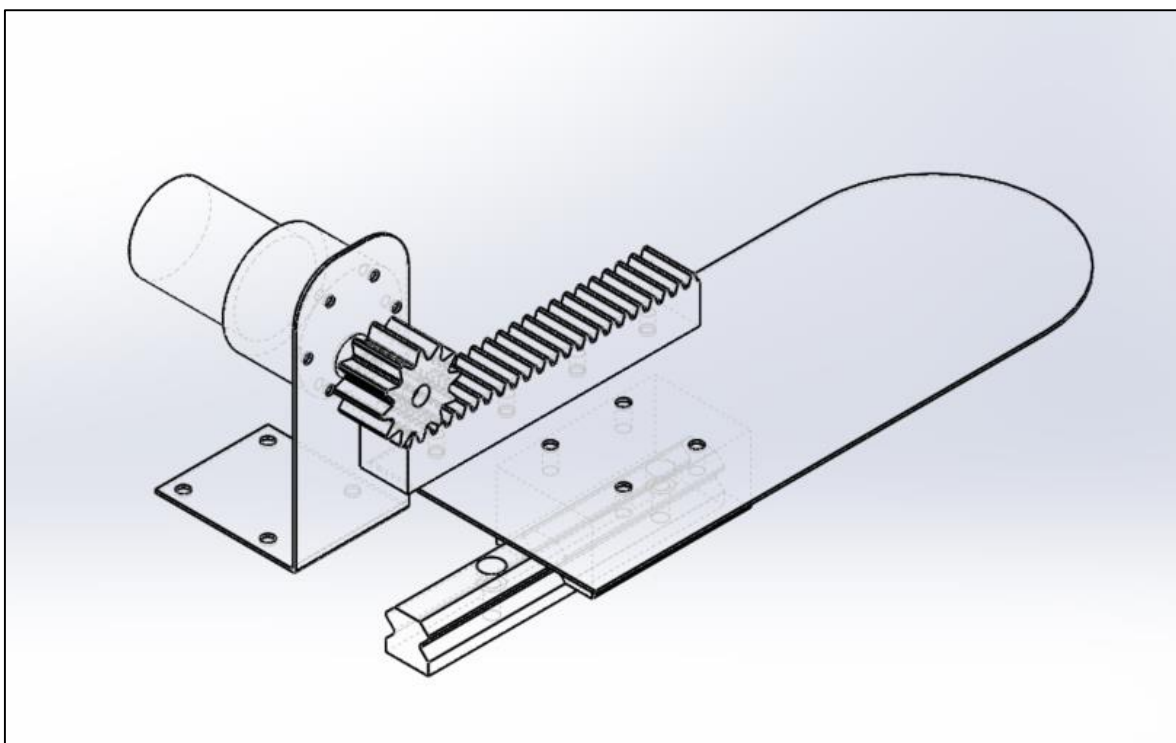


Figura 40. Vista 3D do mecanismo dispenser de pipoca.

Fonte: Os Autores.

5.3.4 Mecanismo de adição de sabor

Foi definido que tanto a salinização quanto a saborização da pipoca é feita após o processo de estouro, quando estas estiverem na embalagem. A saborização da pipoca é feita por um pó saborizado que ao entrar em contato com a pipoca quente se aglutina à mesma. O sal e o pó achocolatado são estocados em reservatórios específicos com mecanismo de dosagem baseados em um sistema de extrusão por rosca sem fim. A dose de sal e pó é de 10 ml, portanto, para nossa capacidade de 135 porções por semana, o reservatório deve ter 1,35 litros.

O sistema de extrusão é acionado por um motor elétrico com caixa de redução acoplada do fabricante AKIYAMA MOTORS, número de referência AK555/06PF24R350CE (ver ANEXO B). Sua tensão de alimentação é de 24 V CC e sua rotação nominal é de 350 RPM, consumindo uma potência máxima de 15 W. O passo do fuso é de 10 mm e o seu volume anular por passo é de 0.4 ml, são necessárias aproximadamente 25 voltas no fuso para liberar 10 ml de pó. Isto resulta em 4 segundos de acionamento do motor.

O sal, ou o pó achocolatado, é conduzido até a embalagem da pipoca por uma mangueira de silicone de 12 mm de diâmetro interno e 17 mm de diâmetro externo, conforme encontrado na loja Casa do Borracheiro. Antes de o pó sair da mangueira, é previsto que haja algum tipo de difusor para que este se espalhe uniformemente na pipoca.

Uma vista 3D explodida do sistema é mostrada na Figura 41.

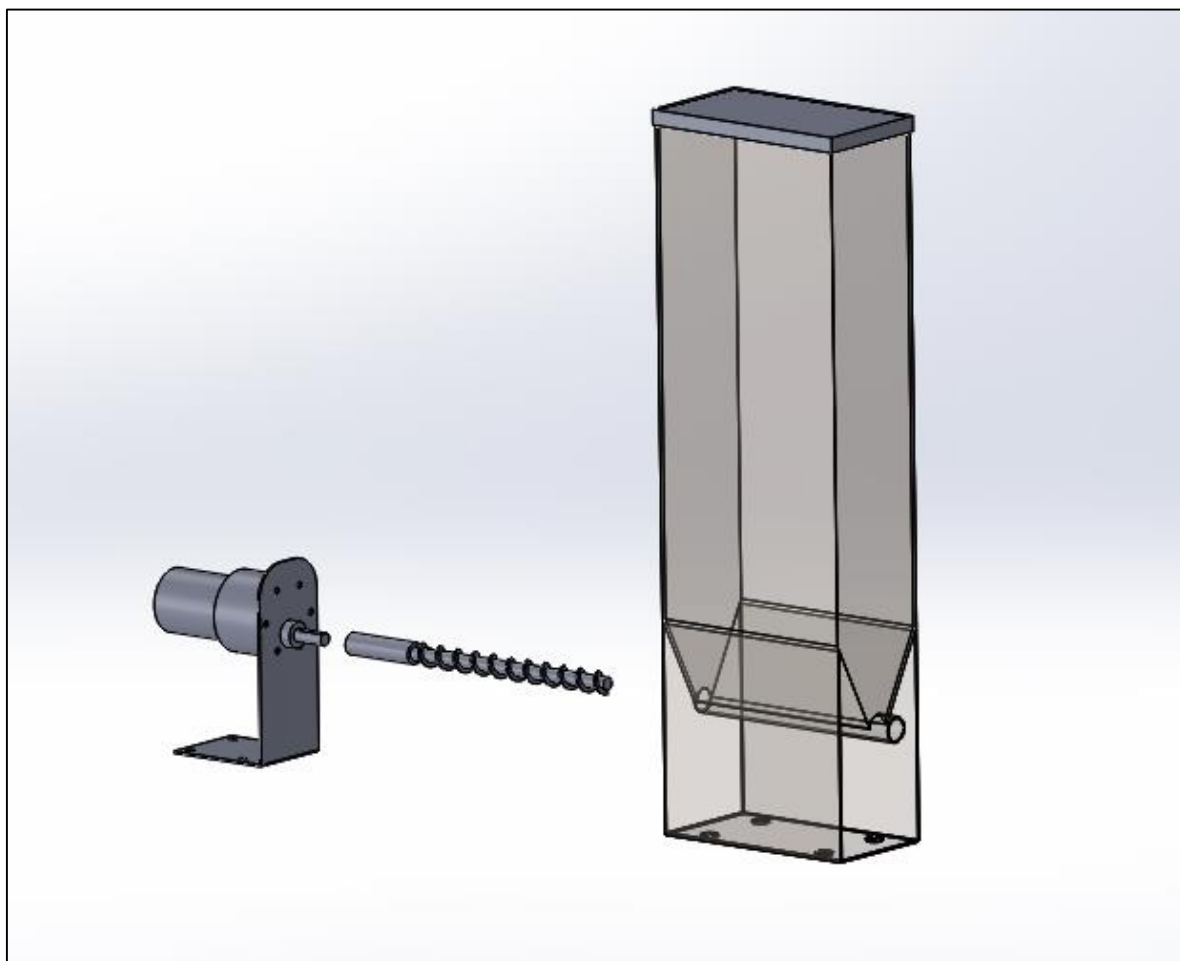


Figura 41. Vista 3D explodida do mecanismo de adição de sabor.

Fonte: Os Autores.

5.3.5 Recebimento de dinheiro

O recebimento do dinheiro será feito somente via cartões. Para a leitura do destes, foi escolhido um equipamento nacional que possui integração com sistemas de automação que é o equipamento Moderninha Plus encontrada da empresa PagSeguro.uol.

5.4 Automação

A premissa básica para definir qual solução de automação utilizar é que o aparelho deve ser robusto e confiável. Por esse motivo foi escolhido um CLP em detrimento de um simples microprocessador. Primeiramente, é necessário definir o que os mecanismos e dispositivos da VM demandam em termos de automação. Neste trabalho, a análise da demanda se restringe a saber quantas portas de entrada e saída digitais e/ou analógicas são necessárias e qual o tipo de controle requerido para as saídas.

As entradas do sistema são descritas a seguir. O sistema de recebimento de dinheiro demanda uma porta de entrada digital, a do pagamento por cartão bancário. O sistema de seleção do sabor demanda duas portas de entradas digitais, uma para cada opção de sabor que são acionadas por interruptores em forma de botão para o cliente. O dispenser de pipoca demanda duas entradas digitais para as duas chaves de fim de curso do seu sistema.

As saídas do sistema são descritas a seguir. O sistema de aquecimento demanda duas saídas do tipo relé, o ventilador e a resistência elétrica. O dispenser do reservatório utiliza duas saídas digitais para o motor de passo se for utilizado um driver específico. O dispenser de pipoca demanda duas saídas digitais, uma para seu motor elétrico e outra para o relé inversor DPDT. O mecanismo de adição de sabor demanda mais duas saídas digitais, uma para cada motor elétrico dos dois mecanismos de adição de sabor.

O dispositivo de automação escolhido para fazer o controle de todos os mecanismos e dispositivos da máquina é um CLP da marca WEG, modelo CLW-02 20HR-D 3RD (ver catálogo no ANEXO C). Este dispositivo pede uma tensão de alimentação de 24 V CC e possui 12 entradas digitais e 8 saídas digitais a relé para 8 A de corrente máxima. Este dispositivo tem lógica programável em LAD e em FBD. Se durante o desenvolvimento ou alguma atualização do produto for necessário mais portas de entrada e saída, este modelo possui a opção de expansão por módulos da própria fabricante WEG. Um imagem dele é mostrada na Figura 42. A lógica de programação do CLP não será desenvolvida neste trabalho.

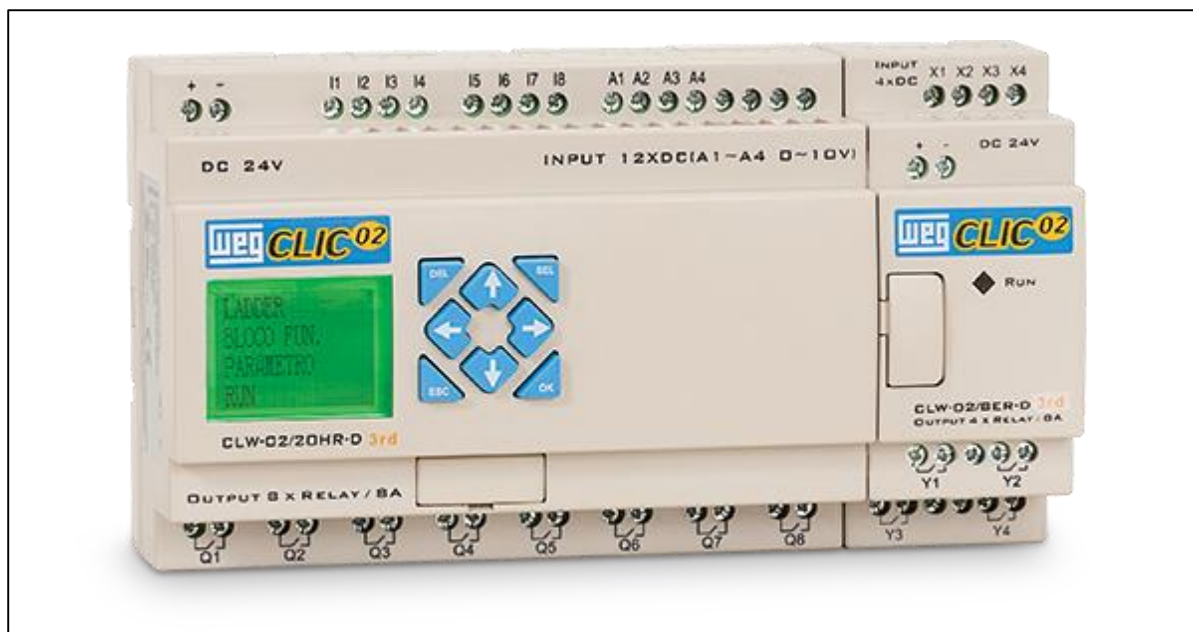


Figura 42. CLP CLIC02, Fabricante: WEG.

Fonte: weg.net

5.5 Circuito Elétrico

A alimentação do sistema será feita pela rede a uma tensão de 127 ou 220 V em CA. Para a máquina poder ser bivolt, é necessário um transformador de tensão de 127 V CA para a 220 V CA. Uma chave seletora do tipo H deve ser instalada para o dono da máquina selecionar a tensão de alimentação (127 ou 220 V). Se a tensão for de 127 V a chave seletora deve direcionar a corrente para o transformador, elevando sua corrente a 220 V. Será utilizada uma fonte de alimentação chaveada para transformar esta tensão em 24 V CC, a tensão utilizada para a maioria dos dispositivos. O único aparelho que é alimentado por uma tensão de 220 V CA é a resistência elétrica do sistema de aquecimento. A resistência elétrica será acionada diretamente pelo CLP. Visto que a resistência elétrica dissipa 1200 W a 220 V, pode-se calcular pela Equação 23 que sua corrente máxima é de 5,45 A, abaixo do limite de 8 A que o CLP suporta.

O CLP é alimentado pela tensão 24 V em CC. Através de sua lógica operacional, o CLP aciona, por mecanismo de relé, a resistência elétrica, o ventilador, o motor de passo do sistema coletor, o motor elétrico de abertura da portinhola da saída da pipoca e os dois motores de adição de pó saborizado. Com exceção da resistência elétrica, todos os dispositivos são alimentados pela tensão

24 V CC. O motor de passo utiliza um drive para facilitar o seu acionamento e reduzir seu ruído (WOTION, WD-22), o qual alimenta o motor na corrente ideal.

É necessário fazer um somatório de potências dos equipamentos conectados à fonte chaveada de saída 24 V CC para dimensionar a potência suportada pela fonte. Em seguida, é necessário somar essa potência à potência da resistência elétrica para dimensionar o transformador de tensão.

Segue a seguir tabela de somatório de potências máximas dos equipamentos alimentados pela fonte chaveada de 24 V CC.

Tabela 11. Somatório de potências 24 V.

Equipamento	Potência Nominal (W)
Ventilador	5
Driver motor de passo	12
Motor elétrico (Sal)	15
Motor elétrico (Achocolatado)	15
Motor elétrico (Portinhola)	8
Máquina de cartão de crédito	10
CLP	5
TOTAL	70

Fonte: Os Autores.

Devido a esta potência demandada e a um fator de segurança de 70%, se escolheu a fonte chaveada Phaseo ABL-1REM24042 do fabricante Schneider Electric (ver catálogo no ANEXO D). Esta fonte admite tensão de alimentação tanto a 127 ou 220 em CA monofásica e fornece uma potência máxima de 100 W.

Segue a seguir tabela de somatório de potências máximas dos equipamentos alimentados pelo transformador de tensão 127 V CA para 220 V CA.

Tabela 12. Somatório de potências 220 V.

Equipamento	Potência Nominal (W)
Equipamento 24 V CC	70
Fonte 24 V CC	25
Resistência elétrica	1200
TOTAL	1295

Fonte: Os Autores.

Devido a esta potência demandada, escolheu-se o transformador de 127 V a 220 V que suporta 2500 VA e 1700 W em carga constante, a empresa fabricante é A Casa das Fontes.

Um diagrama elétrico básico do circuito da VM pode ser visto na Figura 43.

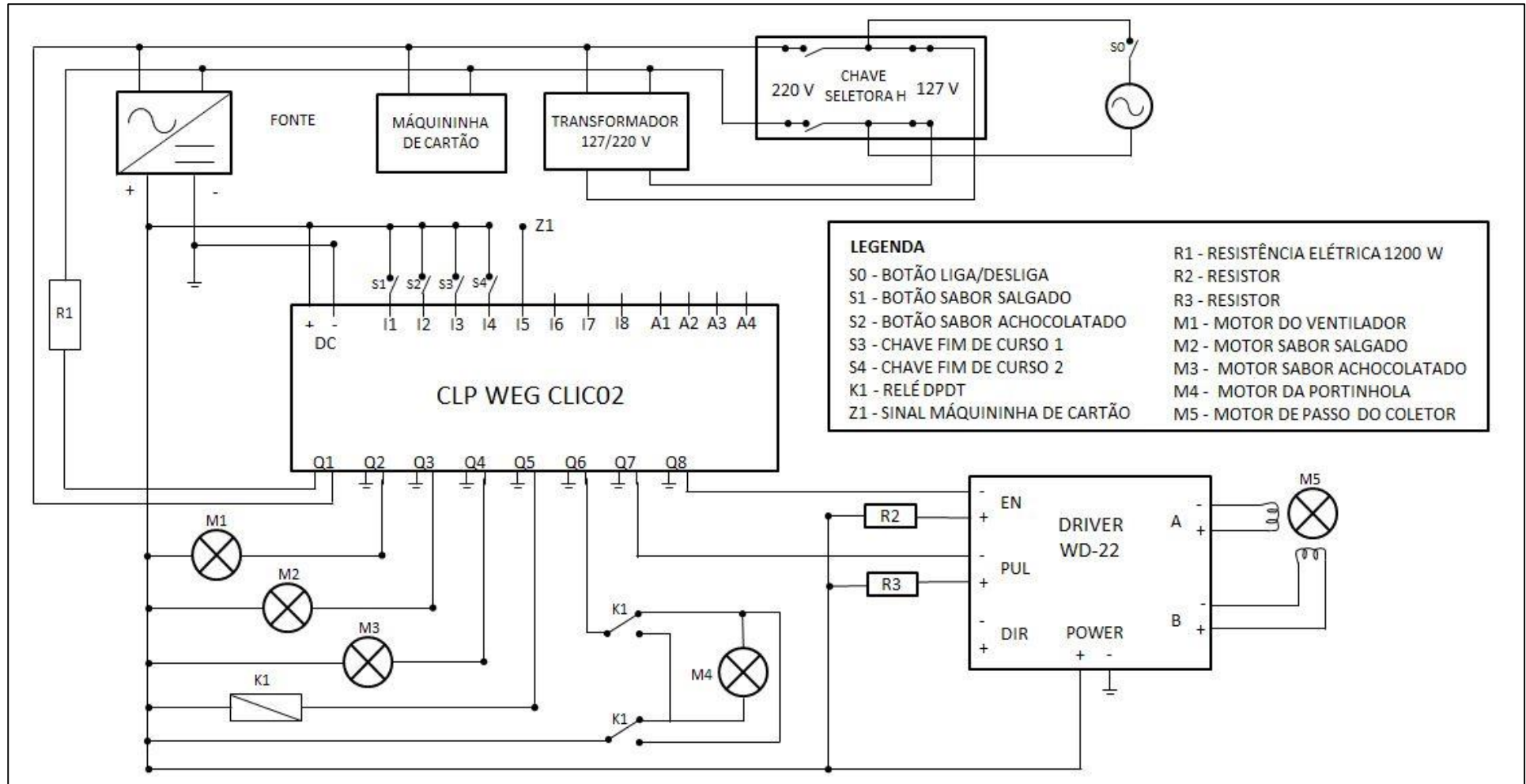


Figura 43. Diagrama elétrico da *Vending Machine*.

Fonte: Os Autores.

5.6 Materiais

Para a seleção dos materiais que serão utilizados é levado em conta se o material está em contato com o alimento ou não.

Para a parte exterior do equipamento, que protegerá os sistemas internos contra intempéries climáticas e contra danos, e as partes que sustentarão os mecanismos, é utilizado chapa de aço galvanizado de 1,25 mm de espessura.

Para a seleção do material que terá contato com o alimento, foi selecionado chapa de aço inox, devido ao atendimento das normas vigentes. A espessura da chapa selecionada é de 1 mm.

A peça “Coletor” do sistema coletor de milho é feita de plástico porque se fosse em aço seu peso elevaria demais a carga axial do seu eixo de rotação. O plástico escolhido é o polietileno de alta densidade (PEAD) devido às suas boas propriedades mecânicas e possibilidade de contato com alimentos.

5.7 Estrutura e montagem

A parte externa do equipamento é estruturada pelo dobramento de chapas de aço galvanizado. Uma chapa é dobrada três vezes para formar a parte frontal, no formato de ‘U’. Na parte de trás, é instalada uma porta feita em chapa metálica que tem como função dar acesso aos equipamentos para manutenção, limpeza e abastecimento. Na parte frontal da estrutura, há espaço para a colocação de botões redondos com LED modelo NOPL12 (AEGIR, 2018) para a seleção do sabor. Também há uma abertura para a instalação do equipamento para efetuar o pagamento e uma abertura para o dispenser de retirada da pipoca. Esta abertura fica a 85 cm do chão, a fim de dar maior ergonomia no momento da coleta da pipoca. No dispenser, há uma grade para servir de apoio a embalagem e para conduzir as pipocas que não caírem na embalagem a uma lixeira localizada abaixo dela. Na parte superior e na parte inferior, serão soldadas chapas. A chapa inferior tem espaço para colocação de pés niveladores de 10 cm de altura com base de poliamida reforçada e antivibratório de borracha, para diminuir possível vibração (OmegaBelt, 2018). Na chapa da parte superior, há furos para encaixe da bolsa do coletor, e conseqüentemente do reservatório de milho, e seus parafusos.

Na parte interna do equipamento, há uma chapa de aço galvanizado que é soldada e tem como função acomodar a câmara de aquecimento e os sistemas de adição de sabor. Além disso, na parte interna haverá mais uma chapa para acomodar o CLP e a fonte. Outro componente necessário é um compartimento que servirá como lixo para as pipocas que não forem para a embalagem, como citado anteriormente. A montagem da concepção final do equipamento pode ser observada na Figura 44 em vista frontal, na Figura 45 em vista de corte traseiro e na Figura 46 em vista de corte lateral.

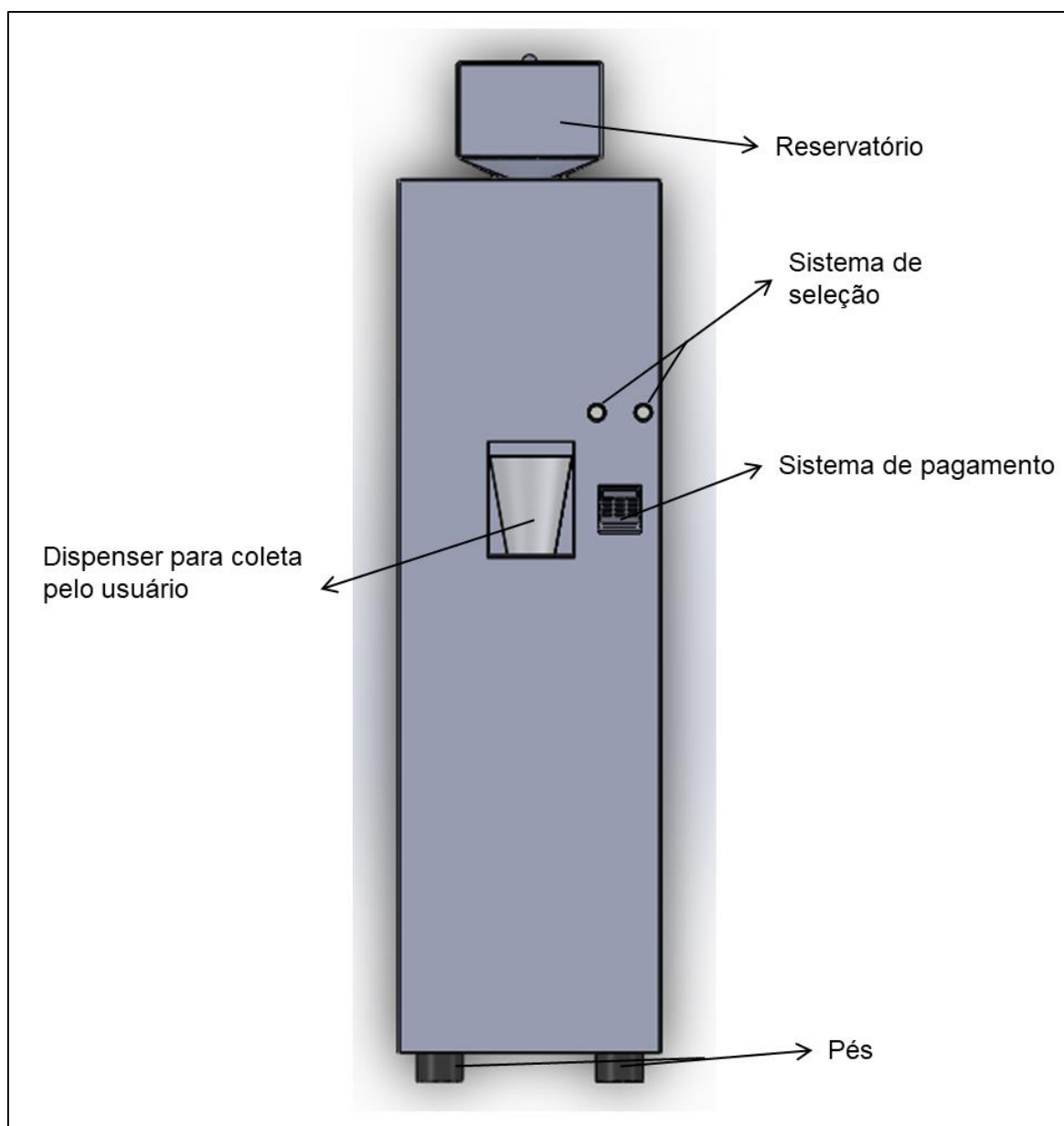


Figura 44. Vista frontal da montagem.

Fonte: Os Autores.

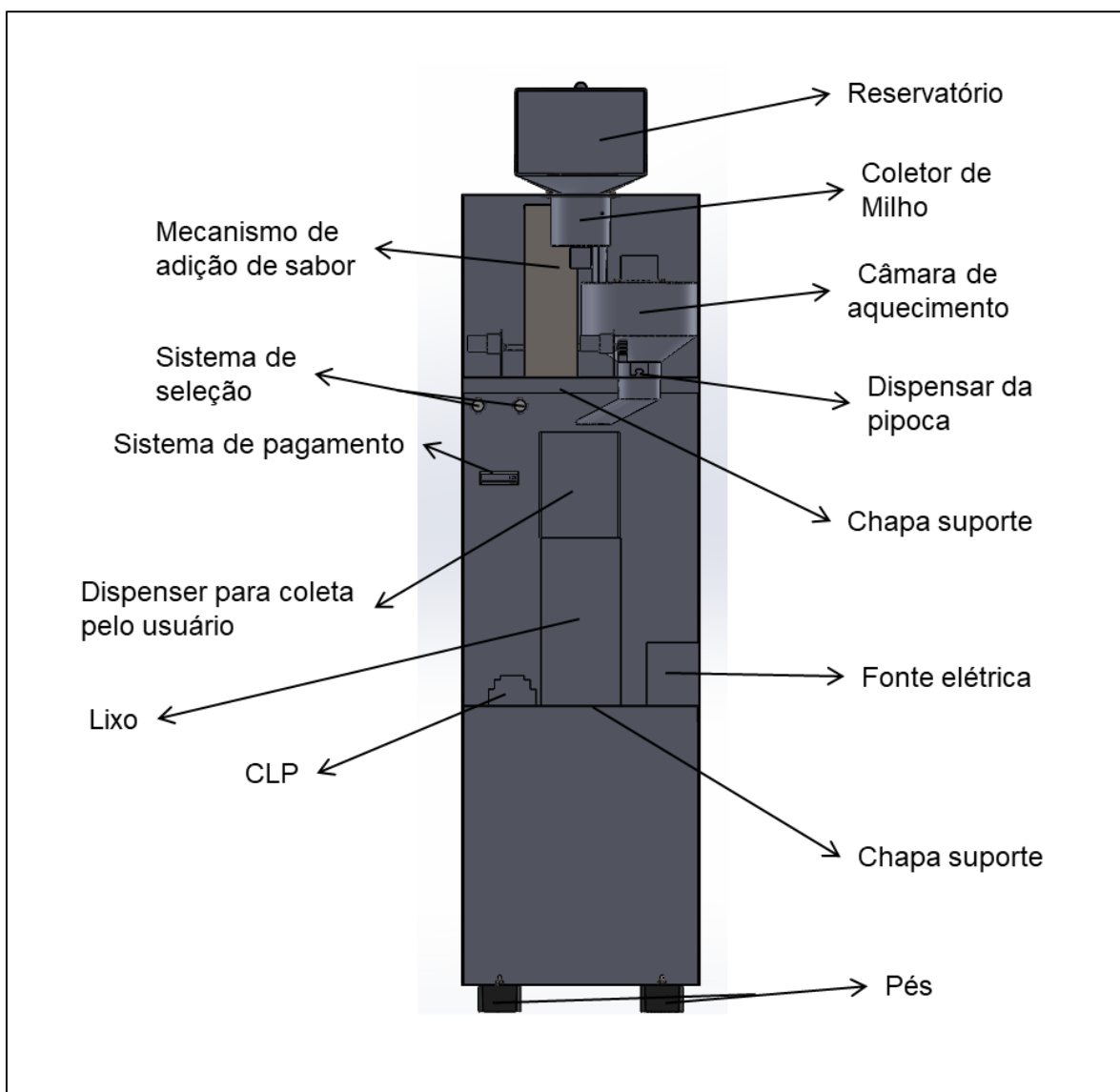


Figura 45. Vista de corte traseiro da montagem.

Fonte: Os Autores.

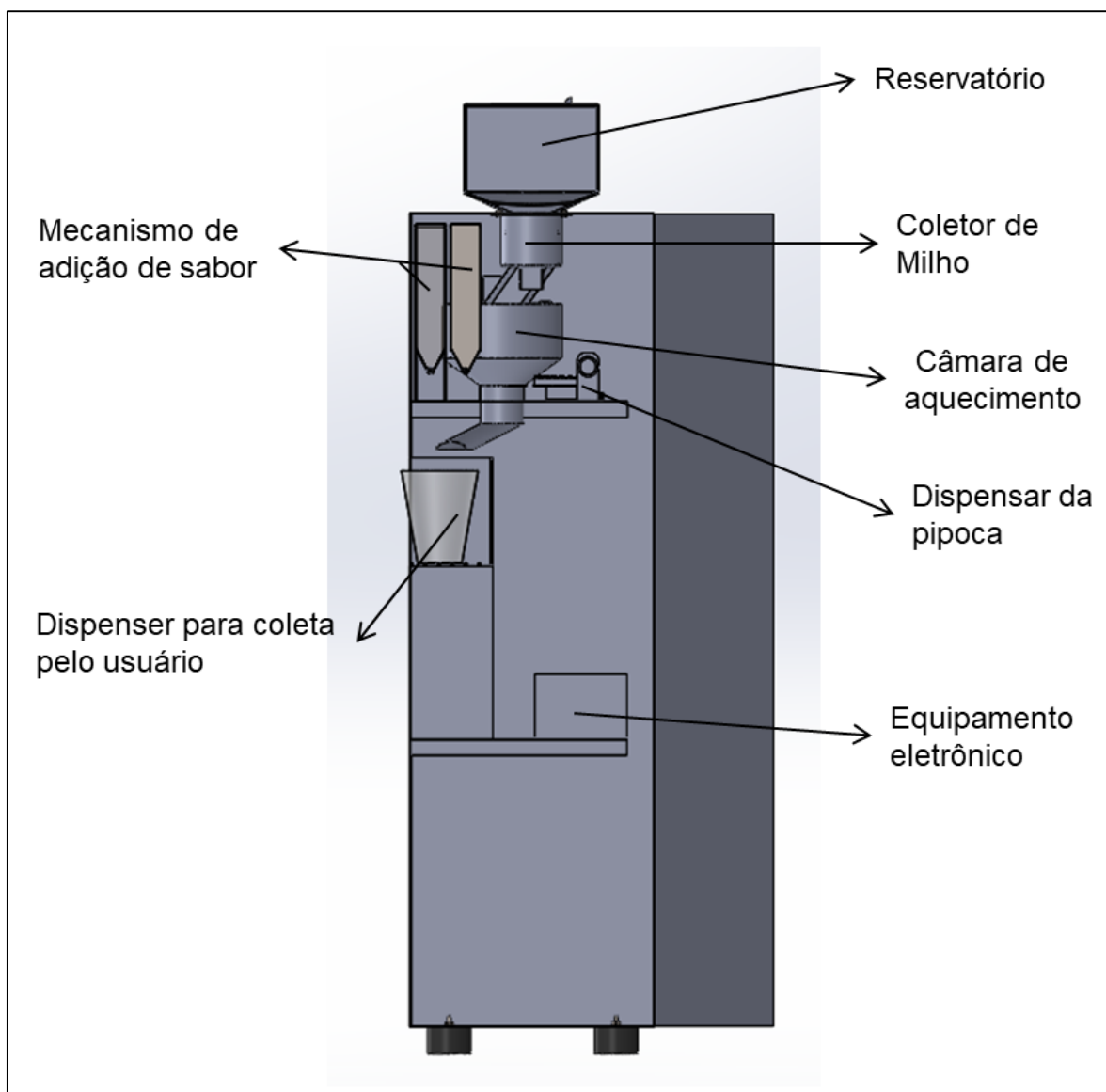


Figura 46. Vista de corte lateral da montagem.

Fonte: Os Autores.

5.8 Protótipo MPVC

Com a finalidade de testar o funcionamento da VM e principalmente de validar o produto perante o mercado, conforme previsto no Capítulo 4, um protótipo da VD foi criado. Este protótipo segue as premissas de um mínimo produto comercial viável, ou seja, ele apresenta as funcionalidades básicas da máquina e serve como amostra do produto para possíveis consumidores e investidores da Pipoca Pop.

A construção do protótipo se baseou na concepção final da máquina, no entanto, por motivos orçamentário e temporais, algumas alterações foram feitas. A meta estabelecida foi de reproduzir as características essenciais da máquina. As características definidas foram o sistema de aquecimento, o mecanismo de dispenser de pipoca, o mecanismo de adição de sabor e a automação dos processos. Ao apresentar um protótipo com esses mecanismos funcionando, por mais que os materiais, as dimensões e a totalidade dos mecanismos não sigam a concepção final, a ideia do produto está validada.

A estrutura do protótipo foi feita prioritariamente por chapas de madeira pregadas e parafusadas e cantoneiras de aço como suporte. Um eletrodoméstico de forno elétrico com potência similar a potência especificada neste trabalho foi utilizado como a câmara de aquecimento. Ele possui um ventilador interno para aumentar a troca térmica com o alimento, característica também similar à câmara de aquecimento da VM. Os motores do mecanismo de dispenser de pipoca e da adição de sabor foram comprados iguais aos especificados no projeto. A mesma fonte de 24 V foi utilizada. Os mecanismos foram feitos parcialmente com elementos comerciais, parcialmente com elementos de fabricação própria e parcialmente com fabricação de empresas terceiras a partir de especificação própria. O dispositivo escolhido para realizar a automação do sistema foi um Arduino Uno, já citado anteriormente neste trabalho, em conjunto com relés de utilização própria ao Arduino.

5.8.1 Construção do protótipo

O início da construção do protótipo se deu pela aquisição dos componentes comerciais e das matérias-primas de construção. Na primeira etapa, a estrutura foi montada a partir das chapas de madeira. Ela serve como suporte a todos os sistemas e principalmente como referencial estático, tendo em vista que existem partes móveis nos dispositivos. Nesta etapa, foi definido um nível para o suporte do sistema de aquecimento, um nível para o suporte do dispenser de pipoca e para o mecanismo de adição de sabor e outro nível para o apoio da embalagem e para o suporte dos componentes elétricos. Nesta etapa, já foram instalados o sistema de aquecimento e o dispenser de pipoca. Este último é composto de duas chapas de madeira paralelas para servirem de apoio e uma longarina com corredeira. O

mecanismo é acionado por um motor através de contato direto de uma roda de borracha com a longarina. Uma ilustração desta etapa pode ser vista na Figura 47.

Na segunda etapa do protótipo, o mecanismo de adição de sabor foi instalado ao lado do dispenser de pipoca. Este mecanismo segue o mesmo princípio de funcionamento do projeto, funcionando como uma extrusora de pó. No protótipo, apenas o mecanismo de adição de achocolatado foi instalado, com o intuito de comprovar esta funcionalidade. A extrusora é acionado por um motor elétrico e rotaciona um eixo com uma rosca sem fim, de forma que o pó contido no interior do reservatório é empurrado para um tubo, o qual conduz o achocolatado até a embalagem (ver Figura 49).

Abaixo dos mecanismos, encontra-se a parte elétrica do projeto (ver Figura 49). Os seus elementos principais são a fonte de 24V e o Arduino Uno. O Arduino controla, através de suas portas digitais, módulos de relé que acionam os motores elétricos, o sistema de aquecimento e uma chave inversora da rotação do motor do dispenser de pipoca. Como entrada digital do Arduino, tem-se dois botões de seleção de sabor (ver Figura 48), e duas chaves de fim de curso do dispenser de pipoca.

O arduino é programado para dois comando distintos, a escolha de pipoca salgada e pipoca achocolatada, ativados respectivamente pelos botões azul e verde da Figura 48. A programação do botão azul aciona o sistema de aquecimento por dois minutos e meio para o estouro da pipoca, desliga-o, liga o motor do dispenser de pipoca até este atingir o fim de curso e por fim inverte sua rotação até a portinhola encostar na parede da câmara de aquecimento. A programação do botão verde é parecida, no entanto, após dois minutos e meio de acionamento do sistema de aquecimento, o dispenser de pipoca e a extrusora de achocolatado são acionados simultaneamente. O sistema de aquecimento só para de funcionar 5 segundos depois deste momento, para que o fluxo de ar quente ajude a aglutinar o achocolatado à pipoca. Quando o sistema de aquecimento para de funcionar o dispenser de pipoca recolhe sua portinhola.



Figura 47. Primeira etapa do protótipo.

Fonte: Os Autores.



Figura 48. Vista frontal do protótipo.

Fonte: Os Autores.

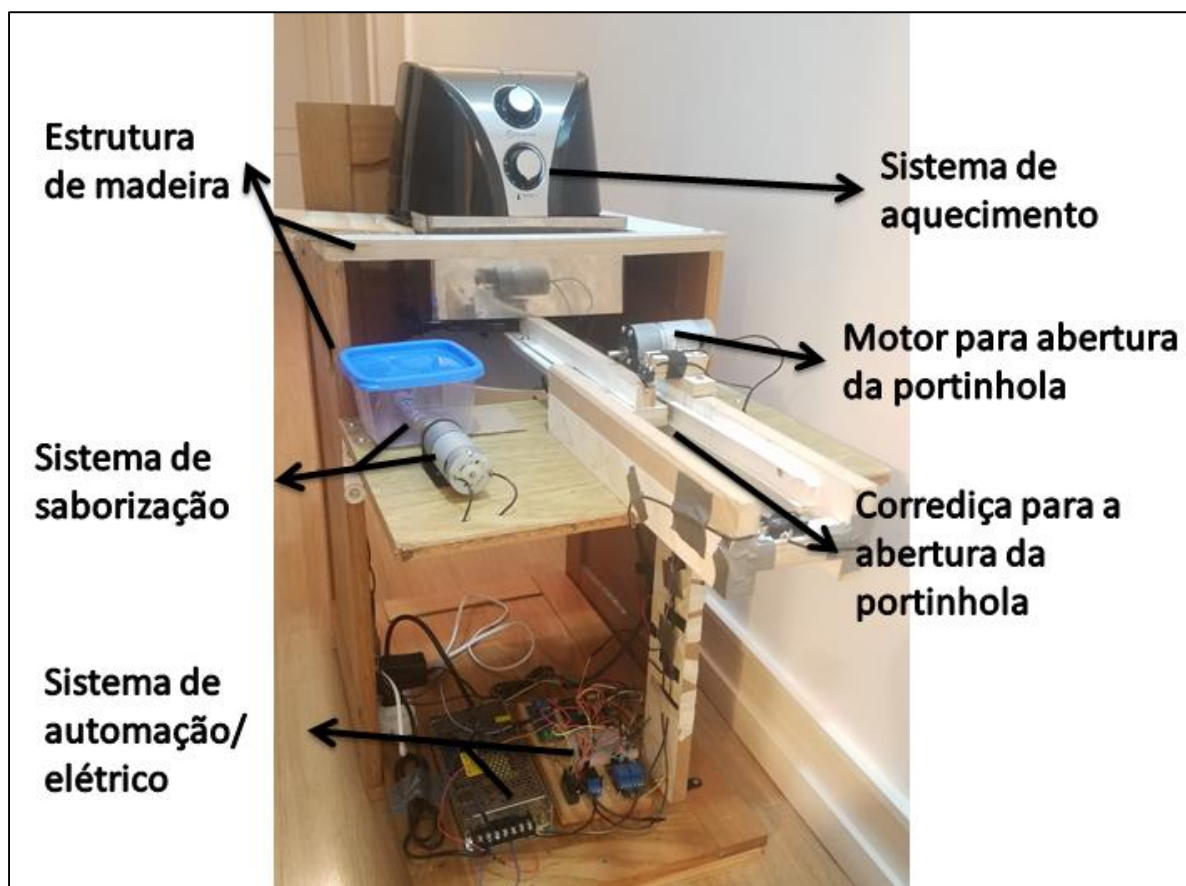


Figura 49. Montagem final do protótipo.

Fonte: Os Autores.

5.9 Revisão do capítulo

O foco central deste capítulo foi o desenvolvimento do projeto conceitual. A partir da lista de funcionalidades definidas com base na metodologia Scrum, foram elaboradas soluções de engenharia. O primeiro passo é o desenvolvimento e a definição do sistema fundamental para transformar milho em pipoca, isto é, o dispositivo de aquecimento. Posteriormente, foram desenvolvidos os mecanismos que transporta o milho, a pipoca e os mantimentos de saborização. Após esta etapa de funcionamento mecânico da máquina, foi selecionado o sistema de automação e os dispositivos elétricos. Por fim, os materiais dos componentes da máquina foram definidos. Em paralelo a este trabalho, todos os sistemas eram modelados em um software de CAD para a elaboração da concepção final. Com a definição do projeto da máquina, finalmente foi possível construir o protótipo. No capítulo subsequente, serão apresentadas as considerações finais do projeto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho surgiu de uma observação feita pelos autores sobre a demanda de pipoca saborizada e saudável de forma prática e rápida no ambiente de um cinema. Posteriormente, isso se tornou uma oportunidade de desenvolver um equipamento do tipo VD que pudesse diminuir as filas durante a compra de pipoca. Além disso, surgiu a oportunidade de colocar em prática os conhecimentos e as habilidades desenvolvidas durante o curso de engenharia mecânica.

De início, a equipe acreditou não existir equipamento similar no mercado, entretanto, após uma busca, foram encontradas alguns dispositivos similares. Estes não possuíam pipoca fresca e saborizada e tinham como forma de pagamento exclusivamente o dinheiro. Neste momento a equipe acreditou poder desenvolver como diferencial um equipamento com essas características.

A formação em engenharia mecânica é um diferencial dos Autores no desenvolvimento do projeto. No entanto, foi necessário consolidar o conhecimento necessário ao desenvolvimento desta máquina através de uma intensa fundamentação teórica sobre o milho pipoca, as vending machines e todos os conhecimentos científicos e técnicos envolvidos neste desenvolvimento.

Após a fundamentação teórica, foi elaborado o modelo de negócio da empresa de VD Pipoca Pop. A metodologia usada para este desenvolvimento foi de Empreendedorismo Disciplinado. Esta metodologia fornece um caminho lógico sequencial para a estruturação e criação de uma empresa baseada no mercado. Durante esse estudo, foram abordados temas sobre qual seria o mercado alvo, como o cliente obtém o produto, como podemos capitalizar a empresa, como o equipamento é projetado e, por fim, qual a escalabilidade deste negócio. Todo esse desenvolvimento serviu como base para verificar que o mercado, de fato, não está saturado e possui rentabilidade caso este projeto seja colocado em prática comercialmente.

Para desenvolver o projeto, foi escolhida a metodologia Scrum, que entrega agilidade e capacidade de adaptação ao projeto. Como sugere a metodologia, a equipe listou todas as funcionalidades esperadas ao produto por meio do product backlog. A partir dela, fiz-se o cronograma inicial de desenvolvimento. O projeto foi subdividido em entregas que deveriam ser feitas dentro de prazos definidos

mensalmente. Além disso, foram feitas reuniões semanais para verificar o andamento do projeto. Algumas entregas respeitaram o prazo, outras não e outras ainda tiveram seu prazo adiantado. A característica adaptativa do Scrum se mostrou útil e o projeto foi concluído satisfatoriamente.

Na sequência, para validação do funcionamento da máquina, foi desenvolvido um protótipo. Esta, de fato, foi a etapa mais complexa, visto que deveríamos tirar do papel e colocar em prática todo o projeto desenvolvido. Pode-se destacar, como uma das maiores dificuldades encontradas, a definição e montagem de toda a parte elétrica. Foi necessário encontrar um conjunto de componentes e soluções que reproduzissem o resultado esperado utilizando o Arduino Uno como sistema de automação. Entretanto, como o projeto estava robusto e completo, a montagem teve sucesso.

Durante a execução do protótipo, foram encontradas algumas etapas-chaves que necessitavam uma decisão, e que em alguns momentos foram dificuldades. O primeiro momento, foi sobre fazer um produto totalmente autônomo que respondesse somente ao comando de um botão e como poderíamos fazer isso tendo em vista a parte elétrica e de automatização. Fomos em algumas lojas para tentar entender quais seriam as soluções necessárias e como faríamos a automação. Os produtos definidos foram alguns relés, talvez contadores e um arduino.

Após isso, tentamos definir quais seriam os sistemas mecânicos que teriam no protótipo, se somente o sistema de aquecimento, se o sistema de alimentação de milho, etc.. Os sistemas definidos foram o aquecimento, o sistema da portinhola e o sistema de saborização. Definido isso, foi necessário estabelecer como faríamos isso com pouco recurso e talvez utilizando soluções não desenvolvidas no projeto conceitual.

Logo que tínhamos os sistemas pré-definidos, partimos para a execução. Durante a execução encontramos mais algumas dificuldades. Dentre elas podemos citar a falta de conhecimento de manipular um relé, que era específico para trabalhar com o arduino, porém, era necessário uma fonte de alimentação de 12 V. Depois disso, tivemos mais um problema com relação à sensibilidade do arduino a ruídos. Deixamos o fio do equipamento de aquecimento próximo ao fio de sinal do arduino. O equipamento estava acionando sozinho. Quando isolamos os fios, o problema parou.

Como recomendações para trabalhos futuros, seria interessante desenvolver mais profundamente os aspectos audiovisuais da máquina. Estes podem servir tanto como apelo visual de atração de clientes, quanto como instruções de utilização da máquina e mesmo como espaço reservado a marketing. Este trabalho poderia ser levado com profissionais da área de Design, Marketing e outras áreas correlatas. Outra sugestão é o desenvolvimento mais aprofundado de todos os mecanismos e dimensionamento de seus elementos de máquina. Este trabalho pode ser feito pelos próprios Autores. Como última recomendação, todo o projeto elétrico da máquina poderia ser revisto e aperfeiçoado por um profissional qualificado como um engenheiro eletricista.

Em termos gerais, o desenvolvimento deste trabalho serviu de forma única no aprendizado de como se empreender no ramo da engenharia e na experiência em desenvolvimento de produtos. Com certeza, portas foram abertas para abrir a empresa Pipoca Pop ou alguma outra empresa de Vending Machine.

REFERÊNCIAS

ABAL, Associação Brasileira do Alumínio. **Fundamentos e Aplicação do Alumínio**, 2007

AEGIR, **BOTÕES**. Disponível em: <https://www.aegir.com.br/loja/index.php?route=product/product&path=25&product_id=71>. Acesso em: 03 novembro de 2018.

AGITTEC - Agência de Inovação e Transferência de Tecnologia UFSM, **Busca de Anterioridade**. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/agittec/index.php/propriedade-intelectual/busca-de-anterioridade>>. Acesso em: 25 de maio 2018.

ALEXANDER, C. K. SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5ª Edição. AMGH Editora Ltda, 2013.

ANDRADE, Ednilton Tavares de et al . **Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho**. Ciênc. agrotec., Lavras , v. 28, n. 3, p. 488-498, Junho, 2004.

ARDUINO. **What is Arduino?**. Disponível em <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 03 de maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15635:2015: Serviços de alimentação – Requisitos de boas práticas higiênico-sanitárias e controles operacionais essenciais**. Rio de Janeiro, p. 24. 2002.

AULET, B. **Disciplined Entrepreneurship: 24 Steps to a Successful Startup**. New York, NY ,EUA: Wiley, 2013.

BANCO DO BRASIL. **Focus – Relatório de Mercado**. 3 de agosto de 2018.

BISSI, W. **Scrum - metodologia de desenvolvimento ágil**. Campo Dig. , Campo Mourão, Centro Universitário de Maringá (CESUMAR), v.2, n.1, 2007.

ÇENGEL, Y. A., **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 3. ed
Porto Alegre: Bookman, 2010.

CLUBE DA PIPOCA. **História da pipoca**. Disponível em:
<<https://www.clubedapipoca.com/blog/historia-da-pipoca/>>. Acesso em: 22 de abril
de 2018.

CLUBE DA PIPOCA. **Mais Pipoca: Tudo sobre a Máquina de Pipoca Automática**.
Disponível em: <<https://www.clubedapipoca.com/blog/mais-pipoca-maquina-automatica-de-pipoca>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PACHECO, C. A. P.; COSTA, R. V.; **Milho Pipoca**; Agência Embrapa de Informação Tecnológica, Disponível em:
<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy9zxynl02wx5ok0pvo4k359f3bo9.html>>. Acesso em: 25 de maio 2018.

CW VENDING. **VISTA L vending machine**. Disponível em:
<<http://www.cwvending.com.br/vista-l-vending-machine.php>>. Acesso em: 21 de
maio de 2018.

EMBRAPA. **O Milho Pipoca**. Inf, Agropec., Belo Horizonte, v. 14, n, 165, p. 12-16,
1990.

FEDERAL MACHINE. **MP32 Snack Machine**. Disponível em
<https://www.federalmachine.com/pages/indivmachines/machine_detail_pages/snack/32mp_versions/32snack-framework.asp#SNACK>. Acesso em: 03 de maio de
2018.

FOLHA ON LINE. **Tempo perdido: paulistano gasta até duas horas de lazer na fila**.
2018. Disponível em:
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/treinamento/novoemfolha43/te20070629036.shtml>>. Acesso em: 21 de abril de 2018.

G1. **Estudo revela que pipoca de cinema é filme de terror para saúde.** <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL1385963-5603,00-ESTUDO+REVELA+QUE+PIPOCA+DE+CINEMA+E+FILME+DE+TERROR+PARA+SAUDE.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

GALILEU. **Na mira do dinheiro.** Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT433436-1716-4,00.html>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

GAZETA DO POVO. **Pipoca, o alimento que sustenta a indústria cinematográfica.** Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/cadernog/cinema/pipoca-o-alimento-que-sustenta-a-industria-cinematografica-dpv22cx8x59wg20xtdu8gwh0j>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª Edição. Editora Atlas S.A, 2002.

HIGH BEAM. **Automatic Vending Machines.** Disponível em <<https://business.highbeam.com/industry-reports/equipment/automatic-vending-machines>>. Acesso em: 02 de maio de 2018.

ICZ, Instituto de Metais não Ferrosos. Guia de Galvanização por Imersão a Quente. Disponível em: <[http://www.galvanisa.com.br/files/guia-de-galvanizacao-por-imersao-a-quente\(icz\).pdf](http://www.galvanisa.com.br/files/guia-de-galvanizacao-por-imersao-a-quente(icz).pdf)>. Acesso em: 01 de junho de 2018.

INCROPERA, F. P., DE WITT, D. P., **Fundamentos Transferência de Calor e de Massa.** 5ª edição. LTC, 2003.

INPI, **Instituto Nacional da Propriedade Industrial.** Disponível em <<http://www.inpi.gov.br/sobre/estrutura>>. Acesso em 13/11/2018.

JAIN, S.; VAIBHAV,A. ;GOYAL,L. **Raspberry pi based interactive home automation system through e-mail**. International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology, 2014.

JAPAN GUIDE. **Vending Machines**. Disponível em: <<https://www.japan-guide.com/e/e2010.html>>. Acesso em: 02 de maio de 2018.

KLOECKNER, Metals, **Manual Técnico de Aço Inoxidável**, Rev. 09 - 05/2011. Disponível em: <<http://www.kloecknermetals.com.br/pdf/3.pdf>>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

MADEHOW. **Vending Machine**. Disponível em <<http://www.madehow.com/Volume-7/Vending-Machine.html>>. Acesso em: 03 de maio de 2018.

MAIS PIPOCA. Disponível em: <<https://maispipoca.com.br/a-maquina>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

MEDEIROS, Renata. 2017, **Como as máquinas de lanches diferenciam moedas verdadeiras e falsas?**. Disponível em: <<https://segredosdomundo.r7.com/como-as-maquinas-de-lanches-diferenciam-moedas-verdadeiras-e-falsas/>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

METALICA. **Para entender os elementos de fixação**. Disponível em: <<http://wwwo.metlica.com.br/para-entender-os-elementos-de-fixacao>>. Acesso em: 27 de maio de 2018.

MIND MASTER. **Scrum: A Metodologia Ágil Explicada de forma Definitiva**. Disponível em: <<http://www.mindmaster.com.br/scrum/>>. Acesso em: 26 de maio de 2018.

NAYAX. Disponível em: <<https://www.nayax.com/>>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

NISE, N. S. **Control System Engineering**. 6th Edition. [S.I.]: John Wiley Sons Inc, 2010.

NORTON, R. L. **CINEMÁTICA E DINÂMICA DOS MECANISMOS**. NEW YORK: MCGRAW-HILL INC., 2010.

NORTON, R. L. **PROJETO DE MÁQUINAS, UMA ABORDAGEM INTEGRADA**. 4. Ed. São Paulo: Bookman, 2013.

OMEGA BELT, **NIVELADORES**. Disponível em: <http://www.omegabelt.com.br/niveladores_9.html>. Acesso em 03 de novembro de 2018.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 75).

PEIXOTO, Arildomá Lobato. **Estudo da Microestrutura de Soldas AlMg – 5083 depositado pelo Processo MIG Pulsado**. Relatório Técnico Científico – Projeto: Soldagem MIG do Alumínio em Corrente Pulsada. Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, PA. 2003.

PEIXOTO, Arildomá Lobato. **Soldagem**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, e-Tec.red, Belém-PA, 2012

PETRUZELLA, F.D. **Controladores lógicos programáveis**. 4ª Edição. AMGH Editora Ltda, 2014.

PETRUZELLA, Frank, D. **Motores elétricos e acionamentos**. AMGH Editora Ltda, 2013.

POPCORN VENDING. Disponível em: <<http://www.popcornvending.co.uk/machine-selection/>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

REVISTA RURAL, **Pipoca “High Tech”!**, Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/edicoes/item/6540-pipoca-hingh-tech>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

RUFFATO, S. **Teor de umidade dos grãos**. UFV, 1998.

SANTOS, Karla Susane Borges dos. **MAGNETRON: Do Radar Ao Forno De Micro-ondas**. Universidade Católica de Brasília, 2011.

SAWAZAKI, E. **A cultura do milho pipoca no Brasil**. IAC - Centro de Planta Graníferas. O Agrônomo, Campinas, 53(2), 2001.

SCHNEIDER, G. A. **Controle e Servomecanismos** – notas de aula. Disciplina de Controle e Servomecanismo do curso de Engenharia Mecânica. UTFPR. 2016.

SELL PARTS. **Micro ventilador 60 mm**. Disponível em: <<http://www.sell-parts.com.br/produto-page.php?id=26&uri=micro-ventilador-60mm&menu=3>>. Acesso em: 30 de outubro de 2018.

SENAI. **Noções Básicas de Processos de Soldagem e Corte**. CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção. Espírito Santo, 1996.

SÓ PIPOCA. Disponível em: <<http://www.sopipoca.com.br/>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

SUREK, Andrea Camargo. MIZOKOSHI, Luciana Lima. FREITAS, Thiago Silva. JUNIOR, Roger Lahorgue Castagno. **Vending machines, uma análise do mercado brasileiro**. Rev. FAE, Curitiba, Edição Especial, v. 1, p. 27-45, 2016

SUTHERLAND, J. **Scrum - A Arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo**. [S.l.]: Brasil: Editora do Grupo LeYa, 2014.

UNIPAMPA, Núcleo de Inovação Tecnológica, **Busca de anterioridade** . Disponível em: <<http://porteiros.r.unipampa.edu.br/portais/nit/tutorial-busca-de-anterioridade/>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - NATIONAL AGRICULTURAL LIBRARY. **Popcorn: Ingrained in America's Agricultural History**. 2018. Disponível em: <<https://specialcollections.nal.usda.gov/popcorn-exhibit>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

VENDON, **Remote management and analytics for vending and coffee machines**. Disponível em: <<https://www.vendon.net/>>. Acesso em: 24 de maio de 2018.

VENDSOFT. **Reduce Vending Machine Vandalism and Theft**. Disponível em: <<https://www.vendsoft.com/reduce-theft>>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

APÊNDICE A – PESQUISA DE MERCADO

Uma breve pesquisa de mercado foi realizada pelos autores do trabalho com o intuito de investigar o interesse de possíveis clientes de uma pipoqueira automática do tipo *vending machine*. A pesquisa foi realizada com uma amostra de 29 pessoas em shoppings e uma na universidades de Curitiba. As perguntas feitas às pessoas são mostradas a seguir, sendo que as pessoas que respondem “não” para a pergunta 1 não responderam as perguntas consecutivas, o mesmo acontece para a pergunta 2. Portanto a porcentagem das respostas apresentadas por cada gráfico é proporcional à amostra restante.

1. Você gosta de pipoca?
2. Você compraria pipoca em uma máquina automática?
3. Até quanto tempo você estaria disposto(a) a esperar pelo preparo da pipoca?
4. Qual método de pagamento você prefere?
5. Qual(is) sabor(es) você compraria?

Os resultados das perguntas são apresentados em gráficos a seguir.

Você gosta de pipoca?

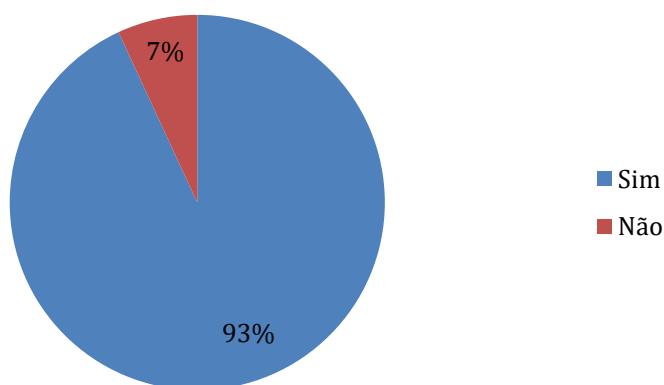


Figura A-1. Respostas da Pergunta 1.

Fonte: Os Autores.

Você compraria pipoca em uma máquina automática?

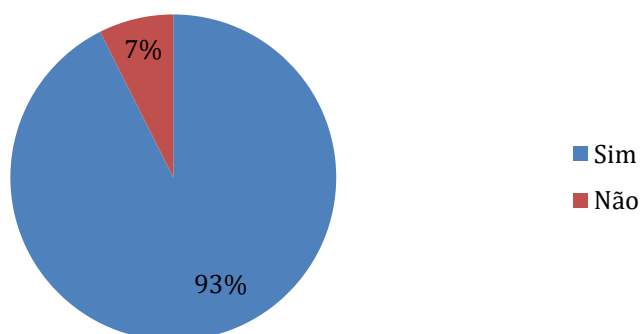


Figura A-2. Respostas da Pergunta 2.

Fonte: Os Autores.

Até quanto tempo Você estaria disposto(a) a esperar pelo preparo da pipoca?

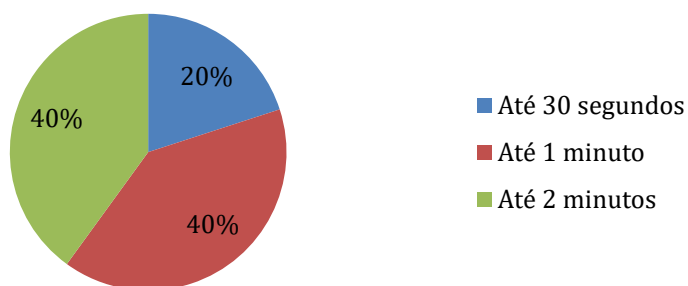


Figura A-3. Respostas da Pergunta 3.

Fonte: Os Autores.

Qual método de pagamento Você prefere?

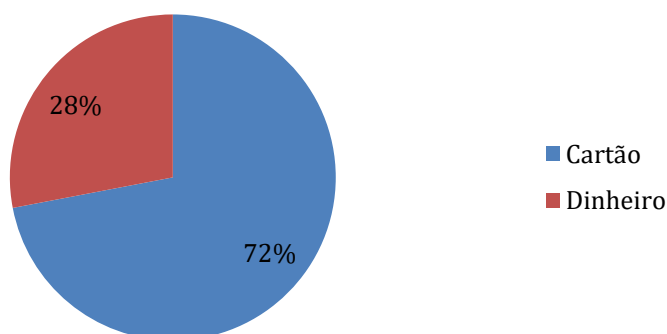


Figura A-4. Respostas da Pergunta 4.

Fonte: Os Autores.

Qual(is) sabor(es) você compraria?

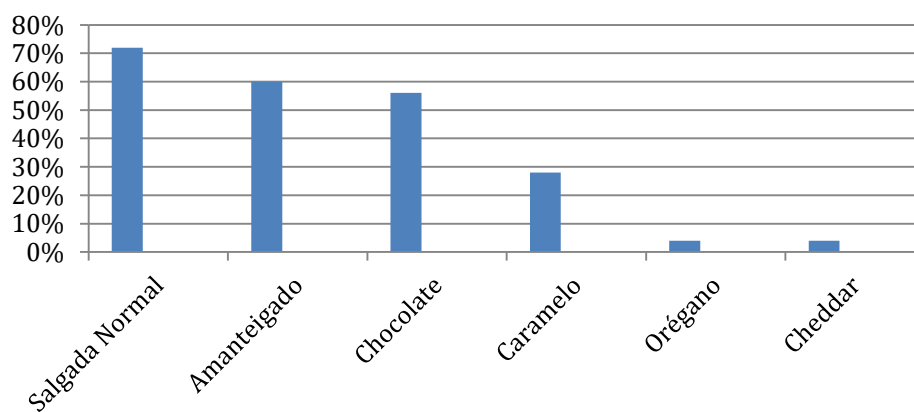


Figura A-5. Respostas da Pergunta 5.

Fonte: Os Autores.