



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIMENSIONAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO DE GELEIA DE FRUTOS DO
CERRADO: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DE MINAS GERAIS

Pedro Henrique Silva Miranda

PALMAS – TO

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DIMENSIONAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO DE GELEIA DE FRUTOS DO
CERRADO: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DE MINAS GERAIS**

Pedro Henrique Silva Miranda

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos no campus de Palmas da Universidade Federal do Tocantins como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Glândara Aparecida de Souza Martins

Co-orientadora: Maria Olívia Dos Santos Oliveira

PALMAS – TO

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M672d Miranda, Pedro Henrique Silva Miranda.

DIMENSIONAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO DE GELEIA DE FRUTOS DO CERRADO: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DE MINAS GERAIS . / Pedro Henrique Silva Miranda Miranda. – Palmas, TO, 2019.

47 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia de Alimentos, 2019.

Orientadora : Glêndara Aparecida de Souza Martins Martins

Coorientadora : Maria Olívia Dos Santos Oliveira Oliveira

1. Dimensionamento. 2. Layout. 3. Balanço de Massa. 4. Balanço De Energia. I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PEDRO HENRIQUE SILVA MIRANDA

DIMENSIONAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO DE GELEIA DE FRUTOS DO
CERRADO: ESTUDO DE CASO EM COOPERATIVA DE MINAS GERAIS

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins, campus universitário de Palmas, curso engenharia de alimentos para obtenção do título de bacharel em engenharia de alimentos e aprovado na sua forma final pelo orientador e banca examinadora.

Data da aprovação: 11/06/2019

Banca examinadora

Prof^ª. Dra. Glêndara Aparecida de Souza Martins

Orientadora – UFT

Prof^ª. Dr. Aroldo Arêvalo Pinedo

Professor Avaliador – UFT

Camila Mariane Da Silva Soares

Engenheira de Alimentos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família especialmente meu pai e minha mãe que sempre me apoiaram durante toda essa jornada, agradeço também minhas irmãs Carol e Jordana que sempre me incentivaram, também gostaria de agradecer a minha namorada Alexandra que sempre me apoiou, conversou e me motivou nos momentos difíceis e quando desanimava e também quero agradecer a todos meus amigos que fiz na universidade e me ajudaram e apoiaram durante esses cinco anos.

Agradeço também a Universidade Federal do Tocantins e a todos os professores que me passaram muito conhecimento no decorrer desta caminhada, agradeço ao meu tutor do PET Abraham que sempre conversou comigo me dando muitos conselhos e me incentivou em cada passo dentro da universidade. Gostaria de agradecer também a minha orientadora Glêndera Martins pelas oportunidades que me ofereceu dentro e fora da universidade. Quero agradecer especialmente ao PET-Engenharia de Alimentos e todos os petianos que passaram pelo PET que me ajudaram muito a crescer tanto como profissional e como pessoa.

RESUMO

O Brasil é um grande produtor de frutos, sendo o terceiro maior produtor de frutos no mundo, entre esses frutos existem os frutos do cerrado que são ricos em nutrientes e possuem sabores exóticos. No bioma do cerrado existe uma infinidade de frutos e entre eles estão o araticum, coquinho azedo, cajá manga e maracujá nativo que são nativos da região do cerrado brasileiro e são fontes de renda de várias famílias brasileiras, devido a esses frutos serem sazonais é difícil sua distribuição em todo território brasileiro, uma forma de agregar valor nessa matéria prima é realizando o processamento desse fruto e entre as formas de processamento está a produção de geleia. Devido ao processo produtivo da geleia conter uma troca térmica muito intensa é de extrema importância realizar o dimensionamento da linha de produção da geleia e realizar os balanços de massa e o balanço energético para se ter conhecimento da quantidade de calor que é trocado no processo. Desta maneira, foi realizado um estudo de caso para dimensionamento, no que tange ao balanço de massa e energia de uma linha de processamento de geleia de araticum, coquinho azedo, cajá manga e maracujá nativo, bem como o desenho do layout de produto atendendo aos critérios da legislação vigente para uma unidade processadora situada em Minas Gerais. Observou-se que os frutos com maior gasto energético para processamento na forma de geleia são as geleias de araticum e coquinho azedo. O layout proposto é funcional e atende as demandas da unidade processadora foco do estudo de caso.

Palavras-chaves: Dimensionamento. Balanço. Energia, Massa. Layout.

ABSTRACT

Brazil is a major producer of fruits, being the third largest producer of fruits in the world, among these fruits there are fruits of the cerrado that are rich in nutrients and have exotic flavors. In the biome of the cerrado there is an infinity of fruits and among them are the araticum, coquinho azedo, cajá manga and native passion fruit that are native of the region of the Brazilian cerrado and are sources of income of several Brazilian families, because these fruits are seasonal is difficult its distribution throughout Brazilian territory, a way of adding value in this raw material is performing the processing of this fruit and among the forms of processing is the production of jelly. Because the production process of the jelly contains a very intense thermal exchange, it is extremely important to carry out the sizing of the production line of the jam and to carry out the mass balances and the energy balance in order to know the amount of heat that is exchanged in the process. In this way, a case study was carried out for dimensioning, in relation to the mass and energy balance of a processing line of araticum jelly, coquinho azedo, cajá manga and maracujá nativo fruit, as well as the design of the product layout attending the current legislation for a processing unit located in Minas Gerais. It was observed that the fruits with the most energetic expenditure for processing in the form of jelly are the jellies of araticum and coquinho azedo. The proposed layout is functional and meets the demands of the processor focus case study focus.

Key-words: Sizing. Swing. Energy, Mass. Layout.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulação das geleias.	27
Tabela 2: Sólidos Solúveis da polpa, calda e geleia.	34
Tabela 3: Composição da calda da geleia.	34
Tabela 4: Rendimento da produção de geleia.	37
Tabela 5: Balanço de Massa para 3 bateladas (produção diária).....	37
Tabela 6: Balanço de massa mensal da produção total de geleia	38
Tabela 7: Balanço de massa anual da produção total de geleia.....	38
Tabela 8: Calor Especifico da calda e da geleia	39
Tabela 9: Calor necessário para aquecimento da polpa.	39
Tabela 10: Calor necessário para concentração da geleia.	40
Tabela 11: Calor total para cada batelada de produção de geleia.....	40
Tabela 12: Calor total para 3 bateladas (produção diária) para cada tipo de geleia	41
Tabela 13: Calor mensal utilizado para produção de geleia.....	41
Tabela 14: Calor total anual para produção de geleia.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de produção da geleia	28
Figura 2: Esquema do balanço de massa.....	30
Figura 3: Entrada e saída do balanço de energia.	32
Figura 4: Esquema do balanço de massa da geleia de araticum.	35
Figura 5: Esquema do balanço de massa da geleia de coquinho azedo	35
Figura 6: Esquema do balanço de massa da geleia de cajá manga	36
Figura 7: Esquema do balanço de massa da geleia de maracujá nativo	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Composição centesimal do araticum (<i>Annona Crassiflora</i> Mart).....	16
Quadro 2: Composição química de 100 gramas de coquinho azedo.	17
Quadro 3: Composição centesimal do cajá-manga (<i>Spondias mombin</i> L.)	18
Quadro 4: Propriedades químicas da pectina	20
Quadro 5: Balanço de massa da geleia de araticum.....	35
Quadro 6: Balanço de massa da geleia de coquinho azedo.....	36
Quadro 7: Balanço de massa da geleia de cajá manga.....	36
Quadro 8: Balanço de massa da geleia de maracujá nativo	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. FRUTOS DO CERRADO.....	14
2.1.1. Araticum.....	15
2.1.2. Coquinho Azedo	16
2.1.3. Cajá Manga	17
2.1.4. Maracujá Nativo	18
2.2. Geleia	19
2.3. Dimensionamento de linha de produção	20
2.3.1. Balanço de Massa	21
2.3.2. Balanço de Energia	22
3. METODOLOGIA	25
3.1. Estudo de caso	25
3.2. Dimensionamento da linha de produção	26
3.3. Obtenção da matéria prima	26
3.4. Produtos.....	26
3.5. Formulação das geleias	27
3.6. Fluxograma.....	27
3.7. Layout	30
3.8. Balanço de Massa	30
3.9. Balanço de Energia	31
3.9.1. Balanço de energia no aquecimento da polpa	31
3.9.2. Balanço de energia na concentração da calda	31
3.9.3. Calculo do Calor Específico.....	33
3.9.4. Sólidos Solúveis	33
4. RESULTADOS.....	34

4.1. Sólidos Solúveis e Balanço de Massa	34
.....	36
4.2. Rendimento de Produção	36
4.3. Balanço de massa geral	37
4.4. Balanço de Energia	38
4.4.1. Calor Específico	39
4.4.2. Calor necessário para produção da geleia	39
4.5. Layout	42
5. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	47

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de frutas do mundo ficando atrás da China e Índia, segundo dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Com uma produção de aproximadamente 41 milhões de toneladas em 2018, esse volume representa em torno 5% da produção mundial de frutas, a produção de frutas no Brasil ocupa aproximadamente 2,5 milhões de hectares (BRASIL, 2018).

Dentre essa produção anual encontram-se os frutos do cerrado, obtidos por meio do extrativismo, são colhidos por catadores na sua grande maioria na agricultura familiar, pode ser destinado para o consumo in natura, para fins culinários, também pode ser destinado a fins de medicamentos e para a indústria de cosméticos e muitas dessas famílias também destinam os frutos para cooperativas familiares para agregar valor na matéria prima (RODRIGUES, 2004).

Nesse contexto, encontram-se os frutos do cerrado araticum (*Annona Crassiflora* Mart), Coquinho Azedo (*Butia capitata* (Mart) Becc, Cajá Manga (*Spondias mombin* L.) e Maracujá Nativo (*Passiflora cincinnata* Mast.).

O *Annona Crassiflora* Mart é uma espécie frutífera da família *Annonaceae*, nativo da região do cerrado, a produção do araticum ainda é pequena e irregular quando se compara com outros tipos de fruto, porém apresenta um grande potencial frutífero (FILHO, 2009). Segundo (FRAGOSO et al., 2017) o araticum tem um grande potencial na produção de compotas, doces e geleia na região centro oeste do Brasil.

O Coquinho Azedo (*Butia Capitata* (Mart) Becc) é uma palmeira proveniente da região do cerrado brasileiro da família *Arecaceae* podendo ser encontrada nos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais, encontrada preferencialmente em locais com a vegetação aberta, solos arenosos e na beira de rios e córregos, a (*Butia Capitata* (Mart) Becc) tem seu melhor desenvolvimento em solos contendo um pH elevado. É considerado um fruto rico em nutrientes como, proteínas, óleos, vitaminas A e C e minerais, tendo sua frutificação ocorrendo de junho a janeiro (MARTINS, 2003; FERNANDES, 2008;).

O Cajá é uma fruta tropical proveniente da cajazeira (*Spondias mombin* L.) pertencente à família das *Anacardiáceas*, o cajá pode ser encontrado no Brasil no cerrado principalmente nas regiões Norte e Nordeste. O fruto contém casca e semente e pode medir até 10 cm de comprimento e 10 cm de largura chegando a um peso de

100 gramas cada fruto. A polpa do cajá é amarela escura e apresenta sabor agridoce e tem uma grande suculência (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; FRANQUIN et al., 2005; SILVA, 2016).

O maracujá nativo conhecido por outros nomes como: maracujá da caatinga, maracujá-mochila, maracujá-do-mato e maracujá-cincinnata possui um nome científico de *Passiflora cincinnata* Mast. O maracujá nativo pode ser encontrado na região da caatinga e do cerrado nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia, esse fruto é bastante resistente à seca e a bactérias e possui um sabor exótico e o fruto possui um diâmetro de 5 a 6 centímetros (NUNES; QUEIROZ, 2001; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2009; BRANDÃO, 2015).

Tais frutos apresentam importante fonte de nutrientes na alimentação humana, contendo quase todos os nutrientes necessários para ter uma boa alimentação (FREITAS et al., 2012). No entanto, estes frutos não estão disponíveis durante todo o ano, devidos sua sazonalidade, uma alternativa para tal é o processamento. Uma das formas mais aceitas para o consumo são as geleias.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é dimensionar uma planta industrial para o processamento de geleias de araticum Araticum, Coquinho Azedo, Cajá Manga e Maracujá Nativo na cooperativa Grande Sertão no município de Montes Claros no estado de Minas Gerais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FRUTOS DO CERRADO

O cerrado é um bioma que possui vários tipos de frutos comestíveis que são bem aceitos pela população, podem ser encontrados em grandes centros urbanos da região. Ainda são uma boa fonte de nutrientes como proteína, vitamina e sais minerais, as frutas nativas ocupam um importante lugar no ecossistema do cerrado podem ser consumidas *in natura* ou em formas de geleias, sorvetes e sucos. Os interesses industriais pelas frutas ocorreram na década de 40 (AVIDOS; FERREIRA, 2000), vários tipos frutas são promessas apontadas no futuro no mercado tanto para consumo interno e para exportação, o motivo dessa expectativa para futuro se dá pelo fato que muitas desses frutos estarem sendo estudados nos últimos anos e já foi comprovado que essas frutas têm um apelo sensorial, nutricional, funcional e tecnológico (VILAS BOAS, 2018).

Muitos dos frutos do cerrado possuem um alto teor de óleo e muitos produtores exploram essa característica para a extração do óleo das frutas. Os frutos comercializados *in natura* tem que ter seu consumo imediato devido a sua deterioração. O extrativismo é a principal meio de coleta para a obtenção dos frutos, são colhidos por catadores na sua grande maioria na agricultura familiar, com agricultura familiar desses frutos do cerrado pode ser destinado para o consumo *in natura*, para fins culinários, também pode ser destinado a fins de medicamentos e para a indústria de cosméticos e muitas dessas famílias também destinam os frutos para cooperativas familiares para agregar valor na matéria prima (RODRIGUES, 2004)

2.1.1. Araticum

O araticum (*Annona Crassiflora* Mart) é um fruto nativo do cerrado conhecido popularmente como Araticum do Cerrado, Araticum do Campo e Pinha do Cerrado e também tem uma sinonímia com o nome científico (*Annona macrocarpa* Barb. Rodr.) esse fruto pertence à família *Annonaceae* e também pertencente à ordem *Magnoliales*, podendo ser encontrado na região central do Brasil principalmente em terrenos com altitudes mais altas e terrenos arenosos, (SOARES et al., 2009).

O *Annona Crassiflora* é um fruto de uma árvore tem sua altura mínima de 4 metros e a máxima de 8 metros de altura, o diâmetro da árvore pode medir cerca de 4 metros e o seu tronco pode atingir o diâmetro máximo de 40 centímetros, no seu tronco tem uma larga casca de revestimento sendo também rugosa e corticosa. O Araticum é um fruto arredondado com um diâmetro que pode chegar a medir até 15 centímetros e o peso do fruto pode chegar a pesar 2 kg, o fruto tem uma casca marrom claro e a polpa um pouco amarelada com um tom de creme claro ele também possui varias sementes com um tom de marrom escuro e um formato elípticas (ALMEIDA, 1998).

Os frutos tem um alto valor nutritivo contendo altos teores de vitaminas, ferro, fosforo e cálcio podendo ser de suma importância na alimentação. O araticum pode ser colhido nos primeiros meses do ano sendo de fevereiro a abril e a espécie floresce nos últimos meses do ano de outubro a novembro (COSTA, 2017). Segundo Melo (2005) as frutas podem ser comidas *in natura* e são comercializadas em feiras, supermercados e nas margens das rodovias, os frutos também são utilizados industrialmente na produção de doces, licores e geleias, também têm pesquisas sendo exploradas para utilização do araticum na produção de medicamentos em combate ao câncer.

Quadro 1: Composição centesimal do araticum (*Annona Crassiflora* Mart)

Componente	Quantidade (%)
Umidade	60,31
Lípídeos	2,40
Proteínas	4,78
Cinzas	0,6
Fibra Bruta	9,28
Açúcares Redutores	13,90
Açúcares Não Redutores	7,24

Autor: (AGUIAR, 2018).

2.1.2. Coquinho Azedo

O *Butia capitata* (Mart) Becc conhecido usualmente como Coquinho Azedo é encontrado na região do cerrado brasileiro nos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais. O coquinho azedo é conhecido também por outros nomes populares como butiá-azedo e coco cabeçudo sendo o nome mais conhecido é o de coquinho azedo sendo que o *Butia capitata* (Mart) Becc é uma palmeira nativa do bioma do Cerrado, pertencente à família *Arecaceae* (FERNANDES, 2008; LIMA et al., 2010).

O coquinho azedo é uma palmeira endêmica do Cerrado, podendo ser encontrada com facilidade em alguns estados brasileiro, tendo uma grande quantidade de árvores no norte de Minas Gerais, podendo ser encontrada em vegetação aberta, solos arenosos e nas proximidades de rios e córregos, sendo que tem sua ocorrência preferencialmente em solos com pH mais elevado e de maior fertilidade e podendo chegar a uma altura de 4 metros (MARTINS, 2003).

O coquinho azedo tem sua germinação de março a setembro e a sua frutificação ocorrendo entre os meses de junho a novembro, sendo que seu tronco é recoberto por folhas velhas. As folhas da palmeira são de uma cor verde-cinza e as flores são da cor amarela. Os frutos têm um formato arredondado com uma cor característica amarelada e a sua polpa também da cor amarelada sendo uma polpa bem fibrosa de sabor azedo e adocicado. A polpa do *Butia capitata* (Mart) Becc é bastante rica em nutrientes, sendo rico em vitaminas A e C, potássio e óleo. O coquinho azedo contém sementes (amêndoas) provenientes com uma cor castanha recoberta por um caroço que dificulta a sua germinação, a semente do fruto também é comestível e rica em proteínas, óleos e minerais (FERNANDES, 2008).

Cada planta do coquinho azedo produz de 1 a 15 cachos por ano sendo que em cada cacho pode ter entre 18 e 555 frutos, cada fruto em média possui uma massa de 7,5 gramas sendo que por ano cada árvore de coquinho azedo pode produzir até 20 quilos de coquinho azedo (FERNANDES, 2008).

Quadro 2: Composição química de 100 gramas de coquinho azedo.

Componente	Quantidade
Proteína (%)	0,3
Extrato Etéreo (%)	2,6
Fibras (%)	10,1
Carboidrato (%)	10,8
Fósforo (mg)	19,9
Cálcio (mg)	16,8
Potássio (mg)	462,4
Magnésio (mg)	12,5
Enxofre (mg)	7,3

Autor: (FARIA et al., 2008).

2.1.3. Cajá Manga

A cajazeira (*Spondias mombin* L.) é uma espécie frutífera pertencente à família das *Anacardiáceas*, cujo gênero inclui espécies como a cirigueleira, cajaraneira, umbuzeiro, umbucajazeira e umbugueleira. É uma árvore que se encontra em diferentes regiões tropicais da América, África e Ásia. No Brasil o cajá pode ser encontrado em diversos estados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (SOARES, 2003; SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

O cajá (*Spondias mombin* L.) é uma fruta tropical, frondosa, situa-se entre as frutíferas perene, com flores dispostas em panícula, produzindo frutos nutritivos, saborosos com uma grande aceitação de mercado, conhecidos, popularmente, como cajá-manga e tem outros nomes como: cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim ou taperebá, apresentando sabor agridoce, suculência, sendo fortemente aromática (SILVA, 2016). O *Spondias mombin* L. é constituído de polpa, casca e semente, apresenta um formato elipsoide, do tipo drupa e apresenta um comprimento entre 6 a 10 cm e uma largura 3 a 10 cm e uma de aproximadamente de 100 g, com semente dotada de fibras rígidas e espinescentes que penetram parcialmente na polpa. Sua casca é fina e lisa e à medida que amadurecem, tornam-se amarelo escuro (FRANQUIN et al., 2005). Segundo dados Lobão e Santos (1982), a cajazeira apresenta um grande tronco ereto, com

circunferência medindo até 2 m, casca acinzentada ou brancacenta, rugosa, e casca grossa, copa de forma capitata, 4 corimbiforme dominante, com diâmetro variando de 8 a 24 m e altura e a árvore mais alta do gênero mede uma altura de até 30 m.

A época de safra do cajá varia em diferentes estados brasileiros, devido ao clima de cada região e da constituição da própria cajazeira. Na região da Amazônia, por exemplo, a colheita ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro, enquanto no Sudeste da Bahia e no estado do Ceará ocorre entre os meses de janeiro a maio, na Paraíba de maio a julho e nos estado de Goiás a colheita dos frutos ocorro nos meses de abril a junho (CAVALCANTE et al., 2009).

Quadro 3: Composição centesimal do cajá-manga (*Spondias mombin* L.)

Componente	Composição (g 100g ⁻¹)
Umidade	83,66
Proteína	1,06
Lipídeos	0,62
Carboidratos	13,90
Fibra Alimentar	1,87
Resíduo Mineral Fixo	0,76

Fonte: (TIBURKI et al., 2011)

2.1.4. Maracujá Nativo

O maracujá da caatinga conhecido pelo seu nome de *Passiflora cincinnata* Mast. Também é conhecido por outros nomes como: Maracujá-mochila, maracujá-do-mato, maracujá nativo e maracujá-cincinnata pode ser encontrado em grande escala nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia. Na região Nordeste o maracujá nativo é comercializado na entressafra do maracujá-amarelo, apresentando uma excelente opção de renda para os pequenos agricultores, uma vez que se trata de uma espécie adaptada às condições locais de cultivo, por ser nativa da região do cerrado (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2009).

O *Passiflora cincinnata* Mast., é uma espécie nativa que é bastante resistente a seca e possui um sabor exótico. Devido o fruto ser bem resistentes às condições adversas como a seca ele é bastante estudado sobre aspectos reprodutivos com formação de frutos e sementes, propagação vegetativa e enxertia deixando um pouco de lado o seu potencial bioquímico e nutricional (BRANDÃO, 2015).

A planta do maracujá nativo é uma árvore perene e pode chegar a 4,5 m de comprimento, apresenta gavinhas espiraladas com 6,0 a 12,0 cm de comprimento e 0,1 cm de diâmetro. É heliófita, comum na borda e interior de matas, cerrados e na beira de estradas e apresenta um crescimento vigoroso e tem hábito trepador. A planta é trepadeira, a base do caule possui quilhas suberosas e pecíolo velutino a glabro com um par de nectários sésseis e crateriformes (NUNES; QUEIROZ, 2001). Os frutos apresentam uma característica ovóides e contem de 5,0 a 6,0 cm de diâmetro. As sementes possuem um diâmetro em torno de 0,6 x 0,3 cm, são ovais, faveoladas e negras (NUNES; QUEIROZ, 2001).

2.2. Geleia

De acordo com a legislação brasileira RDC Nº. 272, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005 a geleia entra na classificação de produtos de frutas e (BRASIL, 2005) define como:

Produtos elaborados a partir de fruta(s), inteira(s) ou em parte(s) e/ou semente(s), obtidos por secagem e/ou desidratação e ou laminação e ou cocção e/ou fermentação e/ou concentração e/ou congelamento e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos; podem ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e ou outro ingrediente desde que não descaracterize o produto; podem ser recobertos (BRASIL, 2005, p. 2).

As geleias de fruta são obtidas a partir da cocção e concentração de frutas inteira ou em pedaços, polpa ou suco de frutas com a combinação de água, açúcar, ácido e pectina, (BIANCHINI, 2013). As geleias podem ser classificadas como extra e comum. A do tipo extra contém uma proporção de 50 partes de açúcar e 50 partes de polpa e a do tipo comum tem uma proporção maior de açúcar, sendo 60 partes de açúcar e 40 partes de polpa (FREITAS, 2006).

Para a geleia atingir a consistência desejada diversos fatores devem ser considerados, de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4: Propriedades químicas da pectina

Consistência da geleia								
Uniformidade da estrutura			Rigidez da estrutura					
Concentração de pectina			Acidez / pH			Concentração de açúcar		
0,5	1,0	1,5	2,5	3,2	3,5	64	67,5	71
Depende da fruta			Geleia dura	Ótimo	Não forma gel	Geleia	Ótimo	Cristalização

Fonte: (RAUCH, 1978).

As geleias provenientes de frutos do cerrado tem sua composição diferente entre si, como é o caso da geleia de araticum e maracujá nativo que usam concentrações diferentes de ácido cítrico devido ao pH inicial da polpa serem diferentes. No caso da geleia de araticum segundo dados Arévalo Pinedo (2013) o pH inicial da polpa usada para a produção da geleia teve que ser reajustado para um pH de 3,2 usando ácido cítrico para a produção de geleia de araticum e também foi usado 0,5% de pectina de alta metoxilação (ATM) para atingir o ponto desejado e a geleia obtida apresentou sólidos solúveis de 66,75 °Brix e um pH de 3,19. Já segundo dados de Rybka (2016) utilizando o maracujá nativo para a produção de geleia, utilizando dois cultivares de maracujá nativo para a produção de geleia uma das polpas apresentou pH de 3,34 não sendo necessário adição de ácido para reajuste do pH e o segundo cultivar apresentou um pH de 2,9 sendo necessário o reajuste de pH utilizando ácido cítrico. As geleias do maracujá nativo apresentaram sólidos solúveis de 63 °Brix e um pH de 3,2 (RYBKA et al., 2016).

2.3. Dimensionamento de linha de produção

Para o dimensionamento de qualquer linha de produção é fundamental o balanço de massa e energia. Utiliza-se o balanço de massa em operações unitárias que não envolvem a troca térmica, quando a operação envolve transferência de calor é necessário utilizar o balanço de massa e o balanço energético (BATISTA, 2015)

A determinação dos parâmetros de operação ótimos para um processo requer um conhecimento aprofundado sobre o comportamento do sistema durante a operação. Os

balanços de massa e energia são de suma importância para o projeto de equipamentos e devem ser muito bem elaborados, na íntegra, para que um processo seja operado da forma mais econômica possível e acabe sendo um projeto viável (MAZZUCCO, 2013).

Para a implantação de um projeto alguns critérios são muito importante como econômico, materiais, energia e financeiro, o balanço energético possibilita realizar uma análise energética, por isso o balanço de energia é imprescindível nos estudos financeiro do projeto para saber a viabilidade econômica do processo. Mas o balanço de energia não serve somente para assuntos econômicos, ele também é um requisito para o projeto de equipamentos, estudos do impacto ambiental e é utilizado também no desenvolvimento de novos processos industriais (MAZZUCCO, 2013)

2.3.1. Balanço de Massa

O balanço de massa ou balanço material pode ser definido como sendo a aplicação da lei de conservação de massas o qual define que, a massa não pode ser nem criada e nem destruída, com essa lei pode se definir a quantidade de matéria que entra em um equipamento durante o processo e a quantidade de produto que sai no processo final ou em frações geradas em diferentes saídas do processo, de acordo com Himmelblau (2006) a lei de conservação de massa pode ser definida:

$$\text{Eq.} \quad (\textit{Matéria inicial}) = (\textit{Matéria Final}) + (\textit{Ácumulo}) \quad (1)$$

A lei de conservação de massa que define que o balanço de massa é de suma importância para os processos industriais, porque a partir dos cálculos realizados é possível saber se as reações químicas e as operações unitárias durante o processo de fabricação estão ocorrendo da maneira correta e eficiente, e ainda identificar o rendimento do processo, saber se têm perdas ou acúmulos durante todo o processo de fabricação de produtos (QUERINO, 2014).

Pode-se realizar um balanço de massa de um sistema de produção, o sistema é classificado de acordo com a transferência de massa que acontece na sua fronteira em determinado intervalo de tempo, existem dois tipos de sistema o aberto e o fechado, um ocorrendo transferência de massa através da fronteira e no outro não existe a transferência de massa com sua fronteira, respectivamente. Um processo pode ser considerado como batelada, contínuo e semibatelada. Na operação em batelada a massa não cruza as fronteiras do sistema durante a operação, o sistema é alimentado e só há saída de produtos no fim do processo. No

processo contínuo tem a passagem contínua de massa através da fronteira pelas correntes de entrada e saída do processo. Já no processo a semibatelada é um processo que não é nem contínuo e nem a batelada um exemplo é quando em um tanque o vapor escapa para atmosfera (AQUIM et al., 2011).

Em termos gerais o balanço pode ser calculado de forma geral e parcial. Onde, o balanço parcial corresponde a cada um dos tipos de componentes que compõem o sistema e o balanço global é constituído pela soma dos balanços parciais (HIMMELBLAU; RIGGS, 2006).

O balanço de massa global quando está em um regime estacionário onde não tem a presença de reação química, o balanço pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad \textit{Massa que entra} = \textit{Massa que sai} \quad (2)$$

Para realizar o balanço de massa parcial deve ser considerado na equação o componente da espécie química em análise no sistema, o balanço de massa parcial pode ser determinado pela equação:

$$\text{Eq.} \quad \begin{aligned} &\textit{Taxa de entrada} + \textit{Taxa de geração} \\ &= \textit{Taxa de saída} + \textit{Taxa de consumo} + \textit{Taxa de acúmulo} \end{aligned} \quad (3)$$

2.3.2. Balanço de Energia

Segundo Felder e Rousseau (2004), para grande maioria dos processos químicos que ocorrem nas indústrias, são necessários uma grande quantidade de energia envolvida nos processos. Os balanços de energia são usados pelos engenheiros para calcular a quantidade de energia que entra e sai de um determinado sistema e para projetar meios de uma economia de energia no processo e na indústria.

O principal fundamento do balanço de energia está na primeira lei da termodinâmica, por isso os estudos termodinâmicos são de extrema importância para uma boa consolidação do balanço de energia, o balanço de energia é baseado na primeira lei da termodinâmica, que replica que por mais que a energia possa assumir diferentes formas, a quantidade de energia é sempre constante, ou seja, quando uma energia desaparece ela aparece em outra forma de energia e ela pode ser contada pela variação entre o trabalho realizado e o calor fornecido do mesmo (MAZZUCCO, 2013).

O balanço de energia como em todos os outros tipos de balanços devem ser aplicados em determinados sistemas, esse sistema pode ser aberto ou fechado. Na primeira lei da termodinâmica existem diferentes tipos de energia, as formas energias a serem consideradas segundo Felder e Rousseau (2004) são:

- Energia Potencial (P): está associada à massa do sistema acima de um plano de referência quando a força de atração é devida ao campo gravitacional terrestre.
- Energia Cinética (K): associada à velocidade de um corpo em relação a um ponto de referência no sistema.
- Energia Interna (U): do ponto de vista microscópico, é a soma de todas as diferentes formas de energia possuídas pelas moléculas das substâncias que compõem o sistema: molecular, química e atômica.

Se o sistema onde for realizar o balanço de massa for fechado, esse sistema não existe transferência de massa através de sua fronteira durante o processo, nesse caso a energia pode ser transferida para o sistema em duas formas, na forma de calor e trabalho. Na forma de calor a energia é transferida pela diferença de temperatura entre o sistema e suas vizinhanças, o calor é dado como positivo quando o calor é transferido das vizinhanças para o sistema. A outra forma de transferir energia é na forma de trabalho uma energia que flui em resposta a um tipo a outro tipo de força motriz esse tipo de energia é positiva quando a força motriz é fornecida do sistema para as vizinhanças. (FELDER; ROUSSEAU, 2004).

Em um sistema a batelada ele é um sistema fechado por definição e os sistemas contínuo e semicontínuos eles são um sistema aberto. Em um balanço de energia de um sistema fechado pode ser definido com a equação:

$$\text{Eq.} \quad \begin{aligned} & \textit{Energia Final do sistema} - \textit{Energia Inicial do sistema} && (4) \\ & = \textit{Energia líquida transferida ao sistema} \end{aligned}$$

Onde os termos da equação anterior são:

Energia Inicial do sistema: $U_i + E_{ki} + E_{pi}$

Energia Final do sistema: $U_f + E_{kf} + E_{pf}$

Energia transferida: $Q - W$

Onde a letra *i* se refere ao estado inicial e a letra *f* refere ao estado final do processo, os termos U, Ek, Ep, Q e W significa energia interna, energia cinética, energia potencial, calor e trabalho. Substituindo os termos na equação e considerando o delta como a variação do tempo final menos o inicial damos origem de uma forma básica a equação da primeira lei da termodinâmica:

Eq.
$$\Delta U + \Delta Ek + \Delta Ep = Q - W \quad (5)$$

Quando se aplica a primeira lei da termodinâmica para um sistema fechado alguns pontos da equação podem ser considerados como nulos e deve-se ficar muito atento nesses pontos (FELDER; ROUSSEAU, 2004).

Energia interna: A energia interna refere-se à composição química, estado de agregação e a temperatura das substâncias que compõem o sistema, se no processo não tem variação de temperatura, reação química ou mudança de fase das substâncias essa energia interna pode ser considerada nula ou seja $\Delta U = 0$

Energia cinética: A energia cinética depende exclusivamente da variação de velocidade. Então se no sistema não está acelerando a $Ek = 0$

Energia potencial: Se o sistema não tem a variação de altura a energia potencial pode ser considerada como nula.

Calor: o calor é considerado igual a zero quando nesse sistema não tem variação de temperatura, isso acontece quando o sistema tem a mesma temperatura da sua vizinhança ou quando o sistema está perfeitamente isolado.

Trabalho: Não se considera trabalho quando não existe parte móveis ou correntes elétricas ou radiação através da fronteira do sistema então pode ser considerado $W = 0$

Para um sistema aberto onde existe a transferência de massa entre as fronteiras do sistema a primeira lei da termodinâmica é um pouco diferente como descrito para um sistema fechado, de uma forma simplificada a equação baseada na primeira lei da termodinâmica pode ser descrita pela seguinte equação:

Eq.
$$\text{Entrada} = \text{Saída} \quad (6)$$

Nessa equação descrita acima não tem o termo de acumulação de energia se diferenciando da equação para o sistema fechado, no sistema aberto não se considera acúmulo de energia porque o termo entrada significa o fluxo total das energias internas, cinéticas e potencial por todas as correntes que entram no processo mais a forma de energia na forma de calor e saída significa a taxa total de energia que saem do processo pelas correntes de saída somada com a taxa de transferência de energia na forma de trabalho (FELDER; ROUSSEAU, 2004).

A equação para sistemas abertos pode ser definida que a taxa líquida na qual a energia é transferida para um sistema na forma de calor ou trabalho de eixo ($Q - W_s$), essa forma de energia é igual à diferença entre as taxas na qual a quantidade (entalpia + energia cinética + energia potencial) é transferida para dentro e para a parte externa do sistema ($\Delta H + \Delta E_k + \Delta E_p$). A partir desses dados é possível montar a equação. De uma forma simplificada e substituindo os termos da equação, a equação da primeira lei da termodinâmica para sistemas abertos segundo Felder e Rousseau (2004) pode ser definida pela equação:

Eq.
$$\Delta H + \Delta E_k + \Delta E_p = Q - W_s \quad (7)$$

A equação para sistema aberto o delta não significa mais (final – inicial) significa (saída – entrada). Na equação acima o H significa entalpia e o W_s significa trabalho de eixo no sistema. Essa equação pode ser usada como ponto de partida para a maioria dos cálculos de balanço de energia (FELDER; ROUSSEAU, 2004).

3. METODOLOGIA

3.1. Estudo de caso

O presente trabalho foi executado em parceria com a Cooperativa Grande Sertão. A Cooperativa Grande Sertão tem como o seu produto principal as polpas de frutas congeladas oriundas da agricultura familiar e da Caatinga e do Cerrado Brasileiro, a indústria trabalha com um total de 18 espécies de frutas comercializadas, entre as espécies comercializadas estão o araticum, coquinho azedo, mangaba e o maracujá nativo. No entanto também produzem mel, rapadura e produção de óleo através da extração de óleo do pequi.

A proposta consiste no dimensionamento de uma unidade de processamento de geleias desde a chegada da matéria prima (polpa de fruta) até o produto final. O foco do estudo são

geleias tipo extra, ou seja, 50 partes de polpa e 50 partes de açúcar (TORREZAN, 1998), de araticum, coquinho azedo, cajá manga e maracujá nativo.

3.2. Dimensionamento da linha de produção

O processamento da geleia deverá ocorrer em tacho com um sistema a batelada e a gás, o tacho contém uma capacidade máxima de 150 quilos, a unidade vai ter um processamento de 3 tachos por dia totalizando uma capacidade máxima de 450 quilos por dia, mas a unidade não irá trabalhar na sua capacidade máxima, o projeto visa processar 300 quilos por dia. Só trabalhará na capacidade máxima caso ocorrer alta demanda dos seus produtos ou grande quantidade matéria prima disponível na linha de produção.

O tacho irá processar 300 quilos de calda por dia, de geleia extra com proporção de 50 partes de polpa e 50 partes de açúcar, chegando a 150 quilos de polpa e 150 quilos de açúcar processados por dia, um total de 3,3 toneladas de polpa no mês e totalizando uma massa processada por mês de 6,6 toneladas de polpa e açúcar.

Na produção de geleia ocorre evaporação da água durante a concentração para obter o ponto da geleia, em média tem uma evaporação de 25% da massa no tacho, ou seja, das 6,6 toneladas de calda produzido por mês apenas três quartos da produção irão virar geleia totalizando aproximadamente 5 toneladas de geleia por mês.

3.3. Obtenção da matéria prima

A obtenção da matéria prima ocorre na região norte de Minas por meio da agricultura familiar pelo extrativismo e também no cerrado e na caatinga. A matéria prima é colhida e depois armazenada em caixas de plásticos e aguarda o caminhão da indústria passar para coletar os frutos, esses frutos são coletados e transportados até a indústria de processamento de polpa, os frutos são processados e transformados em polpa e a polpa pronta será transportada até a unidade de processamento de geleia chegando à unidade resfriada a 1°C.

3.4. Produtos

- Geleia de Araticum;
- Geleia Coquinho Azedo;
- Geleia Cajá Manga;
- Geleia Maracujá Nativo.

3.5. Formulação das geleias

As formulações das geleias se baseiam na adição de polpa, açúcar, pectina e ácido. Na Tabela 1 são demonstradas as formulações de cada geleia, as geleias de araticum e cajá manga levam mais ácido devido à polpa não ser tão ácida e elas também contêm uma proporção de polpa de fruta de 50 partes de polpa e 50 partes de açúcar, essa proporção é igual em relação às geleias de coquinho azedo e maracujá nativo que tem uma proporção de 50 partes polpa e 50 partes de açúcar.

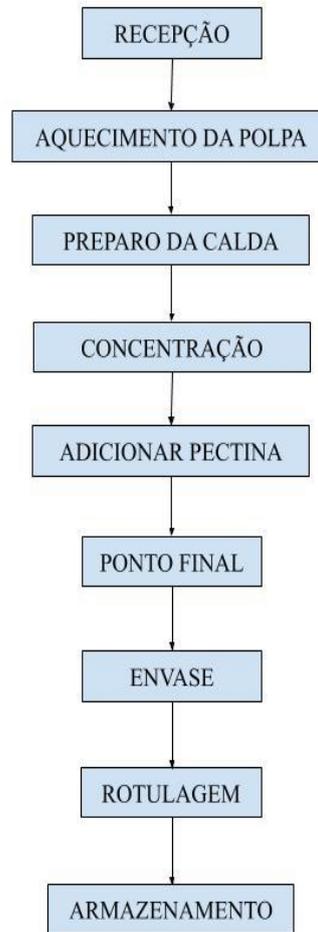
Tabela 1: Formulação das geleias.

Fruto	Polpa (%)	Açúcar (%)	Pectina (%)	Ácido Cítrico (%)
Araticum	50	50	1	0,4
Cajá Manga	50	50	1	0,4
Coquinho Azedo	50	50	1	0,1
Maracujá Nativo	50	50	1	0,1

Fonte: Autor (2019).

3.6. Fluxograma

A figura 1 apresenta o fluxograma do processamento a ser adotado.

Figura 1: Fluxograma de produção da geleia

Fonte: Autor (2019).

Recepção

Nessa etapa acontece a recepção da polpa de fruta que vem da unidade de processamento em barris de 25 litros cada um, esses barris são recebidos na área de recepção e armazenados na câmara fria onde ficam a uma temperatura em torno de 1°C.

Aquecimento da Polpa

Nesta etapa a polpa será retirada da câmara fria e levada ao aquecimento até a temperatura de 25°C, para posteriormente o preparo da calda.

Preparo da Calda

O preparo da calda é tecnicamente a primeira etapa no processamento da geleia, nessa etapa ocorre a mistura da polpa da fruta com o açúcar, ácido e água, nessa parte do processo a

mistura é homogeneizada em tacho onde posteriormente vai acontecer o aquecimento. A adição de ácido é feita no preparo da calda para reajuste do pH.

Concentração

Na etapa de concentração o tacho será aquecido para que ocorra o aquecimento da geleia e conseqüentemente aconteça a evaporação da água concentração do caldo. A concentração ocorrerá até atingir determinado °brix, nessa etapa o aquecimento do tacho ocorre por gás.

Adição da Pectina

Nessa etapa adiciona-se a pectina, que não deve ser adicionada pura, deve ser uma mistura com o açúcar, o volume de açúcar tem que ser 4 vezes mais do que o volume de pectina, a pectina entra nessa etapa do processo para dar a consistência correta da geleia.

Ponto Final

O ponto final da geleia será quando ela atingir 67°brix, esse é o ponto ideal para garantir características da geleia, ou seja, a concentração da mistura vai ocorrer até atingir 67°brix. O °brix é medido através do refratômetro onde, é pego uma pequena parte da mistura e lida a quantidade de sólidos solúveis presente na mistura.

Envase

A geleia é envasada em envasadora semiautomática, em potes de vidros, em cada envase será adicionado cerca de 250 gramas em cada pote. O envase ocorrerá de forma asséptica e todos os potes e tampas serão devidamente lavados e sanitizados anteriormente o processo para que não ocorra contaminação durante o envase. O envase ocorrerá á quente, a uma temperatura de aproximadamente 80°C, para que ocorra a esterilização do pote.

Rotulagem

Após o envase, os potes seguirão a linha de produção para adição do rotulo, data de validade do produto e lote da produção, essa etapa do processo ocorre em equipamento automático para a rotulagem.

Armazenamento

Ultima etapa do processo, onde os doces são armazenados em caixas de papelão, cada uma acondicionará 24 potes de geleia. Logo após o empacotamento de cada caixa os produtos seguem para o depósito onde serão guardados em cima de estrados.

3.7.Layout

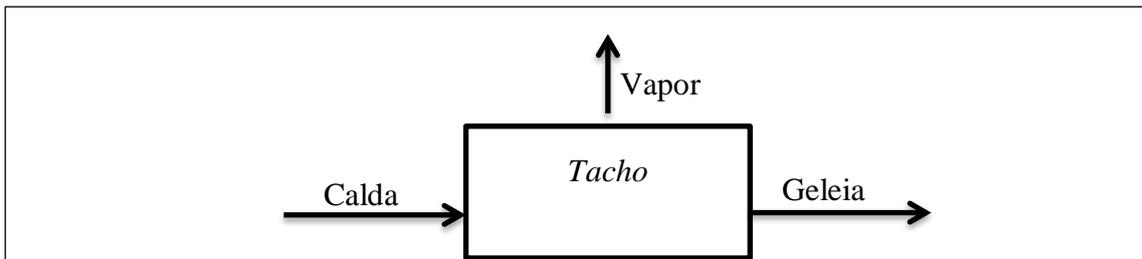
O layout proposto atende a todos os requisitos das instalações industriais conforme preconiza a legislação Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as instalações foram baseadas na PORTARIA Nº 368, DE 4 DE SETEMBRO DE 1997 (BRASIL, 1997).

Para a área de processamento foi projetado para que não haja o fluxo da área limpa para área suja para que não ocorra à contaminação do produto, todos os equipamentos serão instalados há pelo menos meio metro de distância da parede para que facilite a limpeza desses equipamentos e não tenha o acúmulo de sujidades entre esses equipamentos e as paredes.

3.8.Balanco de Massa

O balanço de massa foi calculado conforme é descrito por (HIMMELBLAU; RIGGS, 2006) que a massa que entra é igual à massa que sai, conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2: Esquema do balanço de massa



Fonte: Autor (2019).

No balanço de massa foi considerada como massa de entrada a polpa, açúcar, pectina, ácido e água (calda). A massa de saída considerada foi a geleia e o vapor produzido pelo aquecimento da geleia. O balanço de massa da unidade de processamento ocorreu somente no concentrador onde terá a evaporação da água contida na mistura e foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad \text{Calda} = \text{Geleia} + \text{Vapor} \quad (8)$$

A partir da equação (8) que é a equação do balanço de massa geral foi gerado a equação do balanço de massa específico contendo as frações (sólidos solúveis) e descrito pela seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad \text{Calda.} X_c = \text{Geleia.} X_g + \text{Vapor.} X_v \quad (9)$$

A equação (9) demonstra o cálculo do balanço de massa específico onde o X_c = sólidos solúveis da calda; X_g = Sólidos solúveis da geleia e X_v = Sólidos solúveis do vapor. No caso do vapor os sólidos solúveis foram considerados como zero.

3.9. Balanço de Energia

Para realizar os balanços de energia utilizou-se os modelos descritos por Felder; Rousseau (2004) e Himmelblau; Riggs (2006), o balanço de energia foi realizado no tacho, onde teve aquecimento da mistura e evaporação da água etapa na qual acontece a concentração da geleia. O balanço de energia foi realizado nas correntes de calor utilizadas para aquecer e resfriar durante o processamento da geleia. O balanço de energia do sistema tem duas etapas, a primeira etapa consiste no aquecimento da polpa de 1°C até 25°C e a segunda etapa consiste no aquecimento e concentração da calda.

3.9.1. Balanço de energia no aquecimento da polpa

O primeiro balanço de energia consiste no aquecimento de polpa, nessa primeira etapa acontece apenas o aquecimento da polpa (calor sensível) que foi calculada pela seguinte fórmula simples do calor:

$$\text{Eq.} \quad Q = C_p \cdot m \cdot \Delta T \quad (10)$$

Onde:

Q= Calor necessário para aquecer a polpa.

C_p = Calor específico da polpa.

M= Massa da polpa.

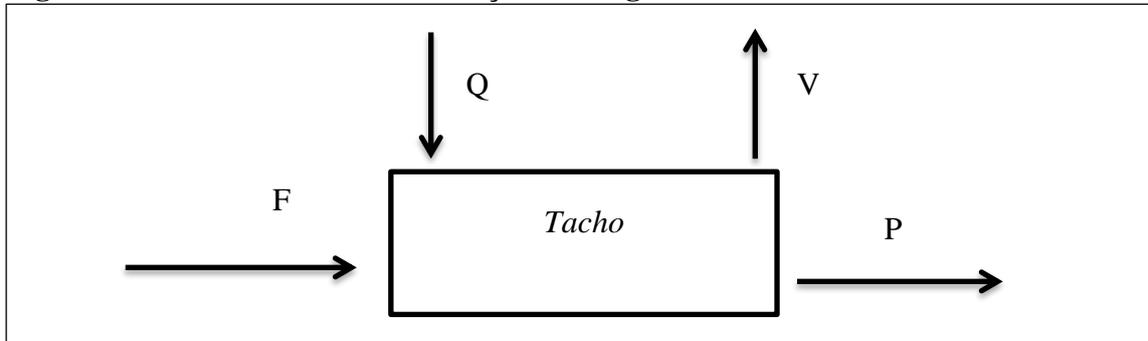
ΔT = Variação de temperatura.

3.9.2. Balanço de energia na concentração da calda

Para realizar o cálculo de calor necessário na operação de produção da geleia foi de suma importância o balanço de massa da operação para saber a quantidade de calor produzido no tacho com o processo de concentração da geleia, a partir do balanço de massa foi realizado

o cálculo energético, o esquema do balanço de energia para cálculo de calor na etapa de concentração está definido na Figura 3.

Figura 3: Entrada e saída do balanço de energia.



Fonte: Autor (2019).

Para saber a quantidade de calor foi usada a seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad F.H_f + Q = P.H_p + V.H_v \quad (11)$$

Onde:

F= Quantidade de caldo inicial que entra no tacho.

H_f= Entalpia do caldo inicial.

Q= Calor utilizado na reação.

P = Quantidade de produto final (geleia) obtido no fim do processo.

H_p= Entalpia do produto final.

V= Quantidade de vapor produzido no processo.

H_v= Entalpia do vapor.

Isolando a equação acima para calcular a quantidade de calor se chega à seguinte fórmula:

$$\text{Eq.} \quad Q = ((P.H_p + V.H_v) - F.H_f) \quad (12)$$

Para realizar os cálculos do balanço de massa é necessário saber a entalpia da calda de entrada e a entalpia do produto final, a entalpia foi calculada com base na seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad H = C_p \times T \quad (13)$$

No presente trabalho para obter a entalpia do produto foi calculada a partir do calor específico em função da temperatura como foi descrito na equação acima. Para este fim obteve-se a seguinte equação:

$$\text{Eq.} \quad Q = ((P.C_{pp}.T_p) + (V.Hv) - (F.C_{pf}.T_f)) \quad (14)$$

Onde:

C_{pp} = Calor específico do produto.

T_p = Temperatura do produto.

C_{pf} = Calor específico do caldo inicial.

T_f = Temperatura inicial do caldo.

3.9.3. Cálculo do Calor Específico

Para realizar os cálculos de calor necessário na operação foi de suma importância saber os calores específicos do caldo inicial e do produto final foram utilizadas equações para obtenção do calor específico. Em um estudo do Muniz (2006) foram testadas diferentes equações para obtenção do calor específico, no estudo a equação que apresentou menor erro percentual em relação ao C_p foi à equação descrita por manohar; Ramakrishna; Udayasankar (1991) e equação pode ser descrita da seguinte maneira:

$$\text{Eq.} \quad C_p = 4,18 + (6,839 \times 10^{-5} T - 5,03 \times 10^{-2})S \quad (15)$$

Onde:

C_p = Calor específico.

T = Temperatura.

S = Sólidos solúveis.

A escolha dessa equação para calcular o calor específico ocorreu devido ser necessário calcular o C_p do caldo inicial e do produto final para realizar os cálculos energéticos, visto isso essa fórmula se encaixa perfeitamente devido ela considerar a temperatura e os sólidos solúveis na solução, quando o produto estiver pronto ele terá aproximadamente 67% de sólidos solúveis e vai estar em alta temperatura o que mudaria o C_p e na equação é considerado os dois termos.

3.9.4. Sólidos Solúveis

Para realizar o cálculo de calor específico foi necessário medir os sólidos solúveis do fruto e da calda inicial, os sólidos solúveis foram medidos em um refratômetro de bancada do modelo RTA-100. Para efetuar a medida de sólidos solúveis das polpas, as polpas foram obtidas na cooperativa grande sertão e esperou a polpa chegar a uma temperatura de 20°C e a leitura foi medida em triplicatas. Já na medida de sólidos solúveis da calda foi retirada uma

amostra da calda que entra no tacho e realizado a leitura em triplicadas para cada uma das caldas.

4. RESULTADOS

4.1.Sólidos Solúveis e Balanço de Massa

Na Tabela 2 é demonstrado o teor de sólidos solúveis em °brix da polpa, calda e geleia. A polpa de coquinho azedo foi a que apresentou um menor resultado e a polpa com maior °Brix foi à do cajá manga, consequentemente como a formação de todas as caldas é composta pela mesma quantidade de polpa e açúcar a calda que obteve um maior °Brix foi também a calda de cajá manga contendo 55°Brix e que conteve um menor resultado foi a calda de coquinho azedo apresentando 46,5°Brix.

Tabela 2: Sólidos Solúveis da polpa, calda e geleia.

Fruto	Polpa (°Brix)	Calda (°Brix)	Geleia (°Brix)
Araticum	7	47	67
Coquinho Azedo	5,5	46,5	67
Cajá Manga	14	55	67
Maracujá Nativo	10	51	67

Fonte: Autor (2019).

Na Tabela 3 é demonstrada a composição da calda que entra no processo, nela são mostrados todos os componentes que entra no processo para a fabricação da geleia. É possível notar a variação no ácido cítrico em cada umas dos tipos de geleia, a variação de ácido ocorre devido ao pH inicial dos frutos ser diferente. Segundo Rauch (1978), o pH ideal da geleia é em torno de 3,2 e essa variação de ácido adicionada é para chegar na consistência e textura desejada da geleia.

Tabela 3: Composição da calda da geleia.

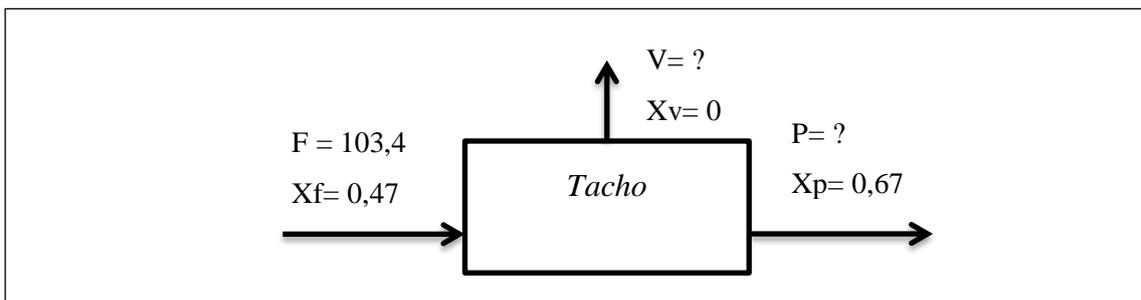
Geleia	Açúcar (kg)	Polpa (kg)	Pectina (kg)	Ácido Cítrico (kg)	Água (kg)	Peso total (kg)
Araticum	50	50	1	0,4	2	103,4
Coquinho Azedo	50	50	1	0,1	2	103,1
Cajá Manga	50	50	1	0,4	2	103,4
Maracujá Nativo	50	50	1	0,1	2	103,1

Fonte: Autor (2019).

Nas figuras Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7, são demonstrados os balanços de massa das geleias de araticum, coquinho azedo, cajá manga e maracujá nativo. Já os Quadro 5, Quadro 6, Quadro 7 e Quadro 8 demonstram os resultados de vapor produzido e a quantidade de geleia produzida para cada um dos tipos de frutos. Através das figuras é possível identificar a quantidade de sólidos solúveis presente na calda de entrada e os sólidos solúveis presentes na geleia que sai do tacho. Todas as geleias produzidas têm a quantidade de sólidos solúveis padronizada em 67°Brix, porém a calda de entrada não tem o °Brix padronizado, uma vez que depende da composição da polpa de cada fruto.

Conforme é demonstrado no balanço de massa de cada uma das geleias é possível notar que a composição do vapor sempre é zero, isso ocorre porque na composição do vapor não existe sólido solúvel ocorrendo somente a evaporação da água presente na calda e assim para todos os efeitos de cálculos o X_v (Fração de sólidos do vapor) é considerado zero.

Figura 4: Esquema do balanço de massa da geleia de araticum.



Fonte: Autor (2019).

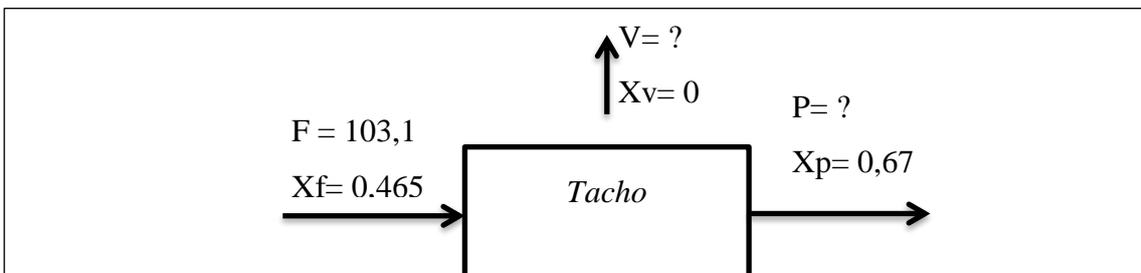
F = Calda de entrada, Xf = °Brix da calda, V = Vapor evaporado, Xv = °Brix, P = Geleia, Xp = °Brix da geleia

Quadro 5: Balanço de massa da geleia de araticum

Fruto	F (kg)	Fx	Xp	P (kg)	V (kg)
Araticum	103,4	0,47	0,67	72,5	30,9

Fonte: Autor, 2019.

Figura 5: Esquema do balanço de massa da geleia de coquinho azedo



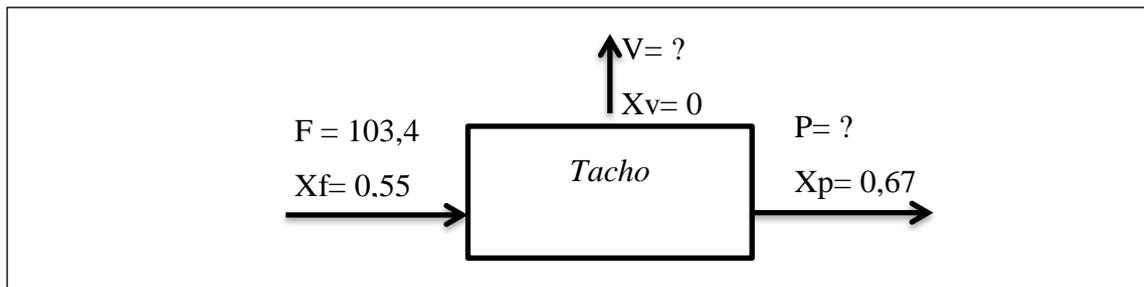
Fonte: Autor (2019).

F = Calda de entrada, Xf = °Brix da calda, V = Vapor evaporado, Xv = °Brix, P = Geleia, Xp = °Brix da geleia

Quadro 6: Balanço de massa da geleia de coquinho azedo

Fruto	F (kg)	Fx	Xp	P (kg)	V (kg)
Coquinho Azedo	103,1	0,465	0,67	71,6	31,5

Fonte: Autor, 20119.

Figura 6: Esquema do balanço de massa da geleia de cajá manga

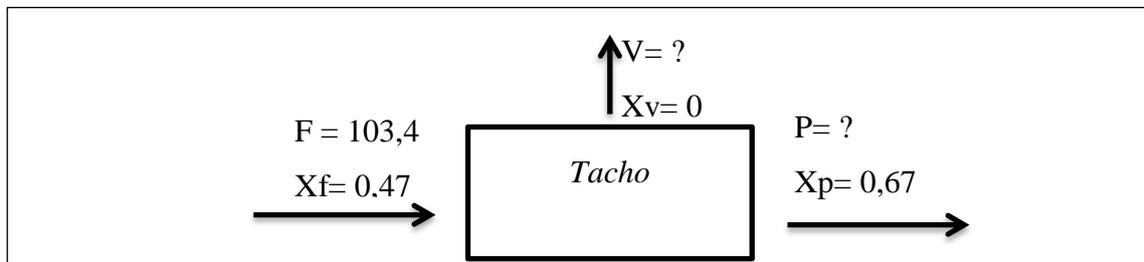
Fonte: Autor (2019).

F = Calda de entrada, Xf = °Brix da calda, V = Vapor evaporado, Xv = °Brix, P = Geleia, Xp = °Brix da geleia

Quadro 7: Balanço de massa da geleia de cajá manga

Fruto	F (kg)	Fx	Xp	P (kg)	V (kg)
Cajá Manga	103,4	0,55	0,67	84,9	18,5

Fonte: Autor, 2019.

Figura 7: Esquema do balanço de massa da geleia de maracujá nativo

F = Calda de entrada, Xf = °Brix da calda, V = Vapor evaporado, Xv = °Brix, P = Geleia, Xp = °Brix da geleia.

Quadro 8: Balanço de massa da geleia de maracujá nativo

Fruto	F (kg)	Fx	Xp	P (kg)	V (kg)
Maracujá Nativo	103,1	0,51	0,67	78,5	24,6

Fonte: Autor, 2019.

Os quadros Quadro 5, Quadro 6, Quadro 7 e Quadro 8 mostram a produção de geleia (P) em quilos e a produção de vapor (V) em quilos. É possível perceber que quanto menor é a fração de sólido presente na Calda de entrada (F) maior é a produção de vapor ou menor é a produção de geleia.

4.2.Rendimento de Produção

A Tabela 4 demonstra o rendimento da produção de cada uma das geleias. Conforme demonstrado, a geleia que teve um maior rendimento foi a de Cajá Manga tendo um rendimento superior a 82%, e a que teve um menor rendimento foi a geleia de coquinho azedo com um rendimento aproximadamente de 69%.

Tabela 4: Rendimento da produção de geleia.

Geleia	F (kg)	P (kg)	Rendimento (%)
Araticum	103,4	72,5	70,1
Coquinho Azedo	103,1	71,6	69,4
Cajá Manga	103,4	84,9	82,1
Maracujá Nativo	103,1	78,5	76,1

F= Calda; P= Geleia.

A diferença no rendimento de cada uma das geleias se deve ao fato da composição da calda inicial que entra no tacho, uma vez que, conforme maior o °Brix da calda maior é o rendimento na produção da geleia e isso se comprova através de uma correlação dos dados apresentados na Tabela 2 e na Tabela 4. Quanto menor o °Brix maior será a necessidade de tempo de cocção para chegar ao ponto ideal da geleia, conseqüentemente com mais tempo de concentração mais água é evaporada ocorrendo um menor rendimento no processo.

4.3. Balanço de massa geral

A Tabela 5 demonstra o balanço de massa da produção diária de cada uma das geleias, sendo que só é processado um tipo de geleia por dia, ou seja, os dados demonstrados na Tabela 5 são referentes à quantidade da produção diária quando se processa cada um dos tipos da geleia. Nesse contexto, o dia que processa geleia de araticum a produção diária de calda é 310,2 kg e tem uma produção de geleia no fim do processo totalizando 217,6 kg de geleia. Já no dia que há processamento de geleia de maracujá nativo a quantidade de calda que entra no processo durante o dia é de 309,3 kg e tem uma produção diária de 235,4 kg uma quantidade superior ao dia que processa araticum.

Tabela 5: Balanço de Massa para 3 bateladas (produção diária)

Geleia	F (kg)	V (kg)	P (kg)
Araticum	310,2	92,6	217,6
Coquinho Azedo	309,3	94,6	214,7
Cajá Manga	310,2	55,6	254,6
Maracujá Nativo	309,3	73,9	235,4

Fonte: Autor (2019).

F= Calda; V= Vapor; P= Geleia.

A Tabela 6 demonstra o balanço de massa para a produção mensal. Como cada tipo de fruto tem sua época de frutificação o balanço de massa mensal pode ser um pouco diferente do esperado. A Tabela 6 mostra uma produção total de calda no final do mês de 6814,6 kg, considerando a produção ativa durante 6 dias no mês para as geleias de araticum e maracujá nativo, 5 dias para as geleias de coquinho azedo e cajá manga, totalizando ao total 22 dias de produção no mês desconsiderando os sábados e domingos.

Visto isso, o balanço de massa mensal não será muito diferente devido à cooperativa ter um estoque de polpa para distribuição durante todo o ano mesmo sem ser no período de safra. A Tabela 7 demonstra a produção anual de geleia, totalizando 81 toneladas de calda e 60 toneladas de geleia aproximadamente.

Tabela 6: Balanço de massa mensal da produção total de geleia

Geleia	F (kg)	V (kg)	P (kg)
Araticum	1.861,20	555,58	1.305,62
Coquinho Azedo	1.546,50	473,18	1.073,32
Cajá Manga	1.551,00	277,79	1.273,21
Maracujá Nativo	1.855,80	443,18	1.412,62
Total	6.814,50	1.749,73	5.064,77

Fonte: Autor (2019).

F= Calda; V= Vapor; P= Geleia.

Tabela 7: Balanço de massa anual da produção total de geleia

Geleia	F (kg)	V (kg)	P (kg)
Araticum	22.334,40	6.666,99	15.667,41
Coquinho Azedo	18.558,00	5.678,19	12.879,81
Cajá Manga	18.612,00	3.333,49	15.278,51
Maracujá Nativo	22.269,60	5.318,11	16.951,49
Total	81.774,00	20.996,79	60.777,21

Fonte: Autor (2019).

F= Calda; V= Vapor; P= Geleia.

4.4. Balanço de Energia

Os dados do calor específico da polpa, calda e geleia são mostrados na Tabela 8. Pode-se perceber que conforme menor o °brix maior o calor específico, se aproximando cada vez

mais do cp da água pura que é 4,18 kg/kg°C. O cp da geleia é bem menor quando comparado a cp da polpa pura, uma vez que conforme o °Brix vai aumentando o cp vai diminuindo conforme é demonstrado em um estudo de propriedades termo físicas do bacuri onde se fez o estudo do calculo do calor específico do bacuri em diferentes concentrações (°Brix) onde o calor específico diminui com o aumento da concentração (MUNIZ et al., 2006).

4.4.1. Calor Específico

Tabela 8: Calor Específico da calda e da geleia

Fruto	Polpa		Calda		Geleia	
	°Brix	CP (kj/kg °C)	°Brix	CP (kj/kg °C)	°Brix	CP (kj/kg °C)
Araticum	7	3,83986825	47	1,89625825	67	1,24520235
Coquinho Azedo	5,5	3,91275363	46,5	1,920553375	67	1,24520235
Cajá Manga	14	3,4997365	55	1,50753625	67	1,24520235
Maracujá Nativo	10	3,6940975	51	1,70189725	67	1,24520235

Fonte: Autor (2019).

CP= Calor específico

4.4.2. Calor necessário para produção da geleia

Na Tabela 9 é demonstrado o calor necessário para realizar o aquecimento da polpa variando de 1°C (temperatura que sai da câmara fria) até 25°C (temperatura ambiente) tendo variação total de 24°C. Observa-se que a polpa que necessita de mais calor para realizar o aquecimento é a de coquinho azedo que tem o maior calor específico entre as polpas devido ser a polpa com menor °Brix.

Tabela 9: Calor necessário para aquecimento da polpa.

Fruto	Massa (kg)	Cp (kj/kg °C)	ΔT (°C)	Calor (kj)
Araticum	50	3,84	24	4607,84
Coquinho Azedo	50	3,91	24	4695,30
Cajá Manga	50	3,50	24	4199,68
Maracujá Nativo	50	3,69	24	4432,92

Fonte: Autor (2019).

Cp= Calor específico; ΔT= Variação de temperatura

Na Tabela 10 é demonstrado o calor e os dados necessários para realizar os cálculos da quantidade de calor necessário para efetuar a concentração da geleia, conforme é possível perceber, a geleia que necessita mais calor é a que tem a maior produção de vapor, devido ser necessário mais calor latente (calor para realizar mudança de fase) para a produção da geleia.

A geleia que produz mais kg de vapor é a geleia de coquinho azedo tendo um total de 31,54 kg de vapor evaporado durante cada batelada e apresentando um calor de concentração em torno de 75 mil kj. A geleia de coquinho precisa de mais calor, pois sua polpa apresenta o menor teor de sólidos solúveis (5,5 °Brix) necessitando de mais calor no processo de evaporação.

Tabela 10: Calor necessário para concentração da geleia.

Fruto	F (kg)	Cpf (kg/kg °C)	P (kg)	Cpp (kj/kg °C)	V (kg)	Hv (kj/kg)	Calor (kj)
Araticum	103,4	1,896	72,5	1,245	30,86567	2256,4	73775,47
Coquinho Azedo	103,1	1,920	71,5	1,245	31,54552	2256,4	75139,07
Cajá Manga	103,4	1,507	84,8	1,245	18,5194	2256,4	48459,55
Maracujá Nativo	103,1	1,701	78,4	1,245	24,6209	2256,4	60940,19

Fonte: Autor (2019).

F= Calda; Cpf= Calor específico da calda; P= Geleia; Cpp= Calor específico da geleia; V= Vapor; Hv= Entalpia do vapor.

A Tabela 11 apresenta o calor total para cada batelada utilizando em torno 100 kg de calda, onde o calor 1 é referente ao calor de aquecimento e o calor 2 é referente ao calor de concentração da geleia.

Tabela 11: Calor total para cada batelada de produção de geleia

Fruto	Calor 1 (kj)	Calor 2 (kj)	Calor total (kj)
Araticum	4.607,84	73.775,47	78.383,31
Coquinho Azedo	4.695,30	75.139,07	79.834,38
Cajá Manga	4.199,68	48.459,55	52.659,24
Maracujá Nativo	4.432,92	60.940,19	65.373,10

Fonte: Autor (2019).

A geleia que apresenta maior taxa de calor envolvido na operação é a geleia de coquinho azedo com aproximadamente 80 mil kj e a que apresenta uma menor taxa de calor na operação e a geleia de cajá manga necessitando de apenas de 52 mil kj para a produção da mesma quantidade.

Observando apenas a produção de uma batelada a diferença não parece ser tão relevante, mas quando se compara as quantidades para a produção diária, mensal e anual descritas nas Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14 é possível notar a grande diferença de calor

necessário na operação. Nota-se na produção anual, descrita na Tabela 14, a geleia de cajá manga necessita de 9,5 milhões de kj, enquanto para a geleia de coquinho azedo é necessário em torno de 14,5 milhões de kj, ou seja, praticamente 50% a mais de calor.

Tabela 12: Calor total para 3 bateladas (produção diária) para cada tipo de geleia

Fruto	Calor 1 (kj)	Calor 2 (kj)	Calor total (kj)
Araticum	13.823,53	221.326,40	235.149,92
Coquinho Azedo	14.085,91	225.417,21	239.503,13
Cajá Manga	12.599,05	145.378,65	157.977,71
Maracujá Nativo	13.298,75	182.820,56	196.119,31

Fonte: Autor (2019).

Tabela 13: Calor mensal utilizado para produção de geleia

Fruto	Calor 1 (kj)	Calor 2 (kj)	Calor total (kj)
Araticum	82.941,15	1.327.958,38	1.410.899,53
Coquinho Azedo	70.429,57	1.127.086,06	1.197.515,63
Cajá Manga	62.995,26	726.893,27	789.888,53
Maracujá Nativo	79.792,51	1.096.923,33	1.176.715,84
Total	296.158,48	4.278.861,05	4.575.019,53

Fonte: Autor (2019).

As Tabela 13 e Tabela 14 mostram o calor necessário para realizar a produção da geleia mensal e anual. Conforme é possível notar o araticum demanda uma maior quantidade de calor para a produção da geleia, porém esse fato ocorre porque este fruto é produzido em maior quantidade no mês tendo 6 dias de processamento.

Tabela 14: Calor total anual para produção de geleia

Fruto	Calor 1 (kj)	Calor 2 (kj)	Calor total (kj)
Araticum	995.293,85	15.935.500,55	16.930.794,40
Coquinho Azedo	845.154,78	13.525.032,74	14.370.187,52
Cajá Manga	755.943,08	8.722.719,28	9.478.662,37
Maracujá Nativo	957.510,07	13.163.079,97	14.120.590,04
Total	3.553.901,79	51.346.332,54	54.900.234,33

Fonte: Autor (2019).

4.5.Layout

O layout proposto no anexo 1 foi todo pensado para que a unidade em estudo tivesse um fluxo contínuo na produção desde a chegada da matéria prima até a saída para distribuição do produto final.

A câmara fria fica próxima à área de recepção para ter o armazenamento próximo. A linha de produção começa logo após a saída da câmara fria onde está alocada a mesa de preparo na qual ocorre todas as pesagens de ingredientes que serão encaminhados ao tacho de produção.

O layout propõe, ainda, a inserção de uma mesa de auxílio ao envase da geleia situada próximo à envasadora, bem como uma esteira onde o pote de geleia é transportado até o local onde é adicionado o rótulo, lote e data de validade. Após a rotulagem as geleias seguem para o estoque onde são armazenadas para posteriormente serem distribuídas.

Toda a linha de produção e layout segue as normas da PORTARIA Nº 368, DE 4 DE SETEMBRO DE 1997 (BRASIL, 1997), indicando um fluxo que corrobore com a total higiene dos manipuladores e do ambiente de manipulação de alimentos. Destaca-se a previsão de um pé de luvio e pias para a correta lavagem e sanitização das mãos, bem como a distribuição de todos os equipamentos dentro de uma distância segura da parede para ocorrer à lavagem e sanitização da maneira correta sem que haja acúmulo de sujidades nos equipamentos.

A fábrica possui ventilação por janelas com tela proteção e pensando em uma possível ampliação ou troca de equipamentos a fábrica possui uma parede falsa para saída ou entrada de equipamentos de grande porte.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do dimensionamento indicaram a possibilidade de produção de geleia anual de 15.667 kg para a geleia de Araticum, 12.879 kg para a geleia de coquinho azedo, 15.278 kg para a geleia de cajá manga e 16.951 kg para a geleia Maracujá Nativo. A produção de geleia de araticum apresenta um consumo de calor anual de aproximadamente de 17 milhões de KJ, sendo que a geleia de cajá manga requer menor gasto energético utilizando em torno de 9,5 milhões de KJ e a geleia apresenta maior rendimento é a de cajá manga devido ter a maior quantidade de sólidos solúveis. O layout proposto atende a demanda de processamento de acordo com a legislação.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. O. DE. PROCESSAMENTO E APROVEITAMENTO DO FRUTO DO ARATICUM (*Annona crassiflora* Mart.) EM FORMA DE DOCE EM MASSA. 2018.
- ALMEIDA, S. P. ET AL. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa CPAC. p. 464 p., 1998.
- AQUIM, P. M. et al. Balanço de massa nos processos de ribeira e curtimento. p. 1–17, 2011.
- ARÉVALO-PINEDO, A. et al. ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E COLORIMÉTRICAS DE GELÉIAS DE ARATICUM (*Annona crassiflora*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 397–403, 2013.
- AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos cerrados: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, p. 1–6, 2000.
- BATISTA, G. J. A. P. Balanços de massa e energia aplicados a produção industrial de formaldeído. p. 45, 2015.
- BIANCHINI, G. Desenvolvimento de geleia de café. 2013.
- BRANDÃO, L. E. M. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO EXTRATO DE *Passiflora cincinnata* Masters EM CAMUNDONGOS: EFEITOS NA ANSIEDADE E POTENCIAL NEUROPROTETOR. 2015.
- BRASIL. PORTARIA Nº 368, DE 4 DE SETEMBRO DE 1997. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**, p. 654, 1997.
- BRASIL. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005 - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, p. 1–6, 2005.
- BRASIL. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) Cenário hortifruti brasil,. 2018.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo Paraibano. **Acta Scientiarum**, p. 627–632, 2009.
- COSTA, G. P. Estudo da atividade antioxidante de folhas e polpa de *Annona crassiflora* Mart para utilizar como fitocosmético. p. 0–52, 2017.

FARIA, J. P. et al. Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Rev. Bras. Frutic.** **30**, 2008.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, R. W. **Princípios Elementares dos Processos Químicos**. Terceira E ed. [2017].

FERNANDES, R. C. Estudos propagativos do coquinho-azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc) *Arecaceae*. p. 94, 2008.

FILHO, J. R. B. PRODUÇÃO DE FRUTOS E CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES DE OCORRÊNCIA DE PLANTAS NATIVAS DE OF THE OCCURRENCE OF NATIVE PLANTS OF ARATICUM IN. p. 461–473, 2009.

FRAGOSO, A. D. O. et al. O Brasil em compotas : um estudo sobre a utilização de alimentos regionais em compotas. v. 5, n. 2, p. 63–70, 2017.

FRANQUIN, S. et al. Physicochemical characterisation of the mature-green Golden apple (*Spondias cytherea* Sonnerat). p. 203–210, 2005.

FREITAS, A. A. Processamento de Geléias e Sucos Utilizando Uvas (*Vitis vinifera* L.) Fora do Padrão de Comercialização. 2006.

FREITAS, M. L. F. et al. Diagnóstico Do Consumo E Processo Produtivo De Doces De Frutas Produzidos. **Alim. Nutr**, v. 23, n. 4, p. 589–595, 2012.

HIMMELBLAU, D. M.; RIGGS, J. B. **Engenharia Química: princípios e cálculos**. 7ª Edição ed. 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | Brasil em síntese | território**. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

LIMA, V. V.; SILVA, P. A. D.; SCARIOT, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do coquinho azedo**. 2015.

LOBÃO, D. E. V. P.; SANTOS, O. M. Sombreamento definitivo do cacauieiro. p. 24, 1982.

MANOHAR, B.; RAMAKRISHNA, P.; UDAYASANKAR, K. Some physical properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. **Journal of Food Engineering**, v, 1991.

MARTINS, E. R. Projeto conservação de recursos genéticos de espécies frutíferas nativas do

- Norte Mineiro. **UFMG**, p. 73, 2003.
- MAZZUCCO, M. Introdução Aos Balanços De Massa E Energia. p. 111, 2013.
- MELO, D. L. B. DE. Dormência em sementes de *Annona crassiflora* Mart. p. 51, 2005.
- MUNIZ, M. B. et al. Caracterização termofísica de polpas de bacuri. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 360–368, 2006.
- NUNES, T. S.; QUEIROZ, L. P. A família Passifloriaceae na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, p. 33–46, 2001.
- OLIVEIRA-JÚNIOR, M. X. DE et al. Superação De Dormência De Maracujá-Do-Mato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, 2009.
- QUERINO, V. S. Balanço de massa e energia em uma planta de produção de bioquerosene. p. 53, 2014.
- RAUCH, G. H. Fabricación de mermeladas. 1978.
- RODRIGUES, E. T. Frutos do Cerrado. p. 178, 2004.
- RYBKA, A. C. et al. Elaboração de geleia de maracujá-da-caatinga(*Passiflora cincinnata* Mast.) BRS Sertão Forte. 2016.
- SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. Cajá (*Spondias mombin* L.). 2000.
- SILVA, T. L. L. CAJÁ-MANGA (*Spondias mombin* L .): DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO E AVALIAÇÃO DO PADRÃO. 2016.
- SOARES, E. B. AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAJAZEIRA (*Spondias mombin* L.): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS E REPETIBILIDADE DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS. n. Mm, p. 1–18, 2003.
- SOARES, F. P. et al. Marolo : Uma Frutífera. **Boletim Técnico**, v. 82, p. 1–17, 2009.
- TIBURKI, J. H. et al. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, 2011.
- TORREZAN, R. Manual para produção de geléias de frutas em escala industrial. p. 1–15, 1998.

VILAS BOAS, E. V. DE B. **FRUTOS DO CERRADO: características e aplicações tecnológicas. Prefácio.** 2014.

ANEXOS

