

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**PROCESSO DE PRODUÇÃO DE GOMA DE MANDIOCA HIDRATADA E**  
**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE ESTATÍSTICO**

**Rafaela Carvalho Camilo**

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Departamento de Engenharia Química da  
Universidade Federal de São Carlos

Orientadora: **Profa. Dra. Fernanda Perpétua Casciotori**

São Carlos – SP

**2020**

## **BANCA EXAMINADORA**

Trabalho de Graduação apresentado no dia 16 de dezembro de 2020 perante a seguinte banca examinadora:

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Perpétua Casciotori, DEQ/UFSCar

Convidada: Karen Khristine Leal da Costa, Rocha & Rocha Alimentos Ltda.

Professora da Disciplina: Rosineide Gomes da Silva Cruz, DEQ/UFSCar

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos os meus amigos da UFSCar que me apoiaram (e me aguentaram) durante todo o período de graduação e de elaboração deste trabalho. Obrigada pelas longas conversas, pelas listas de exercícios compartilhadas, por não desistirem de mim após inúmeras piadas ruins, e por ajudarem a manter minha sanidade nos fins de semestre.

A minha família, que sempre me incentivou a seguir meus sonhos e que sempre fez o possível para me ajudar a realizá-los. Obrigada por me proporcionarem a oportunidade de fazer o curso que eu queria na universidade que eu queria, e por sempre estarem lá quando eu precisava voltar para casa.

Ao João Victor, que me acompanhou e me deu forças em todas as dificuldades da vida e da graduação. Obrigada pelas risadas, pelas *movie nights* à distância enquanto eu estava em São Carlos (e por me deixar escolher filmes com roteiro, atuação e CGI duvidosos), e por ter estado ao meu lado (mesmo quando estava longe) desde o vestibular até o tão sonhado diploma.

A minha orientadora, professora Fernanda, por todo o carinho e zelo ao me ajudar na elaboração deste trabalho. Obrigada por todas as reuniões, dicas, materiais, e revisões que permitiram que este trabalho se tornasse o que é hoje.

À professora Rosineide, membro da banca e responsável pela disciplina do TG, que tirou muitas de minhas dúvidas mesmo antes de eu estar inscrita em sua matéria. Obrigada pela paciência.

A minha supervisora de estágio, Karen, pela mentoria e pelo conhecimento compartilhado. Obrigada por sempre se disponibilizar a me ajudar com este projeto, e por ter aceitado fazer parte dele oficialmente como membro da banca.

A todos os colaboradores da Siamar que compartilharam sua experiência comigo, permitindo que eu entendesse os processos além do conhecimento técnico. Obrigada por responderem minhas dúvidas (que não eram poucas), e por me mostrarem que as pessoas são a parte mais importante de qualquer indústria.

À UFSCar, por todos os momentos, bons e ruins, que me ajudaram a crescer como pessoa e como profissional.

Agradeço também a todos os pesquisadores e cientistas brasileiros cujos trabalhos utilizei como referência no desenvolvimento deste projeto. Obrigada por persistirem em um país que nem sempre lhes dá o devido valor.

## RESUMO

A goma de mandioca hidratada, também conhecida como tapioca, é um produto alimentício derivado da mandioca muito comum nas regiões Norte e Nordeste, mas que vem conquistando mais espaço de mercado devido ao crescente interesse em opções de alimentação mais saudáveis. Foi destacada sua importância socioeconômica, contemplando a mandioca in natura, sua fécula e a goma hidratada, estudando suas propriedades físico-químicas (acidez, pH e teor de umidade) e como estas influenciam suas características organolépticas e de conservação. Foi também descrito e analisado um processo de produção de tapioca já em operação, destacando as funções de cada operação unitária presente e a importância de cada ingrediente adicionado. Além do processo, foi estudado também o controle de qualidade já implementado ao mesmo, destacando as determinações analíticas realizadas que garantem a segurança e a integridade do alimento produzido, além de sua adequação às normas. Foram também aplicadas ferramentas de controle estatístico de processos (CEP), através de software estatístico, para todos os indicadores de processo já utilizados no controle de qualidade atual, tendo como objetivo entender o comportamento do processo e suas perturbações, além de localizar possíveis causas especiais e propor melhorias cabíveis. Durante o estudo do processo, notou-se que seu comportamento não indica um alto nível de controle, mas encontra-se sempre dentro de suas especificações, levando a crer que o controle de qualidade já realizado tem efetividade, mas necessita ser aplicado em conjunto ao controle estatístico de processos, para que haja melhoria contínua do processo.

**Palavras-chave:** mandioca, fécula de mandioca, tapioca, controle de qualidade, controle estatístico de processos.

## ABSTRACT

Hydrated cassava starch, also known as tapioca, is a food product, derivative from cassava, and is rather common in the Brazilian Northern and Northeastern regions, but is expanding its market as interest in healthier food options grow. Its socioeconomic importance was highlighted, contemplating fresh cassava, its starch, and the tapioca, studying its physicochemical properties (acidity, pH and humidity) and how those influence its organoleptic and conservation characteristics. A manufacturing process, already in operation, was also described and analyzed, stressing the role and importance of each unit operation and ingredient involved. Along with the process, the quality control already implemented was also studied, highlighting the analytical experiments performed to guarantee the safety and integrity of the product, and to ensure it follows the regulations. Statistical process control was applied, by the means of a statistical software, to every variable already monitored by the current quality control, in order to further understand the behavior of the process and its disturbances, in addition to locating possible special causes and proposing appropriate improvements. During this study, it was possible to notice that the process behavior doesn't indicate a high level of control, however it is always within its specified limits, leading to conclusion that the quality control already in place is effective, but needs to be combined with the statistical process control, to achieve a continuous improvement of the process.

**Keywords:** cassava, cassava starch, tapioca, quality control, statistical process control.

## SUMÁRIO

<b>Banca Examinadora</b> .....	i
<b>Agradecimentos</b> .....	ii
<b>Resumo</b> .....	iv
<b>Abstract</b> .....	v
<b>Lista de Figuras</b> .....	vi
<b>Lista de Tabelas e Quadros</b> .....	viii
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Revisão Bibliográfica</b> .....	2
2.1. Mandioca.....	2
2.2. Fécula de Mandioca.....	4
2.3. Goma de Tapioca Hidratada.....	6
2.4. Características Agro-Econômicas da Mandioca e Seus Derivados.....	7
<b>3. Processo de Produção</b> .....	10
3.1. Ingredientes.....	11
3.1.1. Fécula de Mandioca.....	11
3.1.2. Água Declorada.....	12
3.1.3. Cloreto de Sódio Iodado.....	13
3.1.4. Ácido Cítrico.....	14
3.1.5. Sorbato de Potássio.....	14
3.2. Embalagem.....	14
3.3. Fluxograma.....	15
<b>4. Controle de Qualidade</b> .....	16
4.1. Análise Sensorial.....	16
4.2. Análises Físico-Químicas.....	17
4.2.1. Análise de pH.....	17
4.2.2. Análise de Acidez Total Titulável.....	18
4.2.3. Análise de Umidade.....	18
4.3. Controle Estatístico de Processos.....	19
<b>5. Metodologia</b> .....	21
5.1. Determinações Analíticas.....	21
5.1.1. Determinação de pH.....	21

5.1.2. Determinação de Acidez Total Titulável.....	22
5.1.3. Determinação de Umidade.....	23
5.2. Análise Sensorial.....	24
5.3. Controle Estatístico de Processos.....	25
<b>6. Resultados e Discussões.....</b>	<b>26</b>
6.1. pH.....	26
6.2. Acidez Total Titulável.....	29
6.3. Umidade.....	30
6.4. Análise Sensorial.....	32
<b>7. Conclusões e Sugestões.....</b>	<b>33</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>34</b>
<b>Apêndice A.....</b>	<b>41</b>
<b>Apêndice B.....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice C.....</b>	<b>56</b>
<b>Apêndice D.....</b>	<b>61</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Partes aérea e subterrânea da <i>Manihot esculenta</i> Cranz.....	2
Figura 2.2.	Raízes de <i>Manihot esculenta</i> Cranz.....	3
Figura 2.3.	Diagrama do processo de extração da fécula de mandioca.....	5
Figura 2.4.	Gráfico da produção anual de mandioca por continente.....	8
Figura 2.4.	Diagrama da cadeia agroindustrial da mandioca.....	9
Figura 3.1.	Processo de produção da goma de tapioca hidratada.....	15
Figura 5.1.	Análise de pH da amostra de tapioca.....	21
Figura 5.2.	Antes e depois da titulação da amostra de tapioca.....	23
Figura 5.3.	Medidor de umidade com amostra de tapioca.....	24
Figura 5.4.	Preparo final da tapioca.....	25
Figura 6.1.	Gráfico de controle Xi para o pH em 03/09.....	26
Figura 6.2.	Gráfico de controle Xi para o pH em 31/08.....	27
Figura 6.3.	Gráfico de controle Xi para o pH em todo o período amostral.....	28
Figura 6.4.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 09/09.....	29
Figura 6.5.	Gráfico de controle Xi para a acidez em todo o período amostral.....	30
Figura 6.6.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 03/09.....	31
Figura 6.7.	Gráfico de controle Xi para a umidade em todo o período amostral.....	32
Figura B.1.	Gráfico de controle Xi para o pH em 31/08.....	51
Figura B.2.	Gráfico de controle Xi para o pH em 01/09.....	52
Figura B.3.	Gráfico de controle Xi para o pH em 02/09.....	52
Figura B.4.	Gráfico de controle Xi para o pH em 03/09.....	53
Figura B.5.	Gráfico de controle Xi para o pH em 04/09.....	53
Figura B.6.	Gráfico de controle Xi para o pH em 08/09.....	54
Figura B.7.	Gráfico de controle Xi para o pH em 09/09.....	54
Figura B.8.	Gráfico de controle Xi para o pH em 10/09.....	55
Figura B.9.	Gráfico de controle Xi para o pH em 11/09.....	55
Figura C.1.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 31/08.....	56
Figura C.2.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 01/09.....	57
Figura C.3.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 02/09.....	57
Figura C.4.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 03/09.....	58
Figura C.5.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 04/09.....	58

Figura C.6.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 08/09.....	59
Figura C.7.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 09/09.....	59
Figura C.8.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 10/09.....	60
Figura C.9.	Gráfico de controle Xi para a acidez em 11/09.....	60
Figura D.1.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 31/08.....	61
Figura D.2.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 01/09.....	62
Figura D.3.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 02/09.....	62
Figura D.4.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 03/09.....	63
Figura D.5.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 04/09.....	63
Figura D.6.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 08/09.....	64
Figura D.7.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 09/09.....	64
Figura D.8.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 10/09.....	65
Figura D.9.	Gráfico de controle Xi para a umidade em 11/09.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.	Composição da fécula de mandioca.....	5
Tabela 2.2.	Composição média da tapioca.....	7
Tabela 3.1.	Parâmetros para féculas de mandioca segundo legislação.....	12
Tabela 4.1.	Faixa de aceitação para a tapioca.....	17
Tabela A.1.	Dados obtidos no dia 31 de agosto.....	41
Tabela A.2.	Dados obtidos no dia 01 de setembro.....	42
Tabela A.3.	Dados obtidos no dia 02 de setembro.....	44
Tabela A.4.	Dados obtidos no dia 03 de setembro.....	45
Tabela A.5.	Dados obtidos no dia 04 de setembro.....	46
Tabela A.6.	Dados obtidos no dia 08 de setembro.....	47
Tabela A.7.	Dados obtidos no dia 09 de setembro.....	48
Tabela A.8.	Dados obtidos no dia 10 de setembro.....	49
Tabela A.9.	Dados obtidos no dia 11 de setembro.....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1.	Divisão dos grupos e subgrupos de derivados de mandioca.....	6
Quadro 3.1.	Parâmetros para a potabilidade da água segundo legislação.....	13

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca, raiz tuberosa da família das *Euphorbiaceae*, é uma das culturas vegetais mais produzidas no Brasil e possui um mercado estável e consolidado, que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), movimentou mais de 9,7 bilhões de reais em 2018, apenas com sua produção *in natura*.

Além de seu uso *in natura*, a mandioca dá origem a diversos derivados, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da USP (CEPEA, 2019), em 2019 foram destinadas à moagem 21,4 mil toneladas de raízes por dia, sendo grande parte deste processamento concentrado nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

Apesar da importância já estabelecida da mandioca e sua fécula, a goma de mandioca hidratada é um produto recente no panorama industrial. A tapioca, um item cultural típico das regiões Norte e Nordeste, considerada como patrimônio imaterial e cultural em diversas cidades dessas regiões (BRASIL, 2006), era produzida, em grande parte, artesanalmente até o final da década de 2000.

Entretanto, a tapioca, por ser uma opção alimentícia sem glúten e com baixíssimo teor de gordura, começou a expandir seu mercado conforme o interesse em uma alimentação mais saudável cresceu na última década, chegando a um aumento de consumo anual próximo a 30% a partir de 2015, segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM, 2019). Tal expansão abriu espaço para uma maior industrialização de sua produção.

Para um processo industrial recente, é necessário que o mesmo seja entendido para que possa ser efetivamente controlado, tornando-se previsível e então submetido a um gerenciamento efetivo, levando-o a uma melhoria contínua (MARTINS, 2015).

Tendo em vista a importância socioeconômica da mandioca e seus derivados e o crescimento na demanda da goma de tapioca no mercado brasileiro e internacional, e na recente industrialização do processo, este trabalho tem como objetivos conhecer e explicar

suas principais características e limitações, a fim de melhorá-lo e controlá-lo de maneira eficaz.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Mandioca

A mandioca, também conhecida como macaxeira ou aipim em diferentes regiões do Brasil (ROMANO; CÁ, 2020), é o nome usual para a espécie vegetal, nativa da América do Sul, *Manihot esculenta*, da família das *Euphorbiaceae*. Em cultura agrícola, é utilizada a *M. esculenta* subsp. *Esculenta*, conhecida também como Crantz, ilustrada na Figura 2.1. As subespécies selvagens mais abundantes na natureza são *M. esculenta* subsp. *peruviana* e *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* (ALLEM, 1994).

**Figura 2.1. Partes aérea e subterrânea da *Manihot esculenta* Cranz.**



**Fonte:** Arquivo EMBRAPA (2019).

A *Manihot esculenta* Cranz é um arbusto/árvore de pequeno porte, como ilustrado pela Figura 2.1. Entretanto, o interesse agrônômico não está na parte aérea da planta, mas nas raízes tuberosas que possui. Além de sua versatilidade alimentícia, podendo ser consumida *in natura* ou dando origem a diversos derivados, a mandioca pode dar origem a outros produtos de interesse industrial, como na indústria têxtil, de plásticos biodegradáveis, colas atóxicas, entre outras utilizações (COPASUL, 2015).

A parte tuberosa da mandioca é composta por uma película marrom externa, que recobre a parte interna da raiz, que possui coloração branca ou amarelada, como visto na Figura 2.2, e é rica em amido. No centro da parte amilácea há uma nervura fibrosa central, rica em lignina (SILVA, 2010).

**Figura 2.2. Raízes de *Manihot esculenta* Cranz.**



**Fonte:** Arquivo Editora Panelinha, 2020.

Encontrada em grande parte da América do Sul, a mandioca, apesar de sua afinidade por solos arenosos (BREUNINGER, et al., 2009), possui um alto índice de adaptabilidade

aos diferentes tipos de solo presentes na região, até mesmo aqueles já esgotados por culturas prévias, além de ser resistente a estresses bióticos e abióticos (SILVA, 2011).

A mandioca também é capaz de se desenvolver bem em solos com baixo ou até nenhum preparo. Quando comparadas as produções entre plantio em solo sem preparo e solo com preparo convencional, a mandioca é capaz de atingir 80% da produção usual mesmo em plantio direto (OLIVEIRA, et al., 2001). O tipo de preparo de solo também não influencia o tempo de formação das raízes, tampouco sua morfologia (FIGUEIREDO, et al, 2014). A *Manihot esculenta* Cranz tem alta resistência a secas, podendo ser plantada em áreas com menos de 1000mm de chuva por ano (BREUNINGER, et al., 2009).

## **2.2. Fécula de Mandioca**

Féculas compõe a categoria de amidos provenientes de fontes subterrâneas, como a raiz de mandioca, por isso, o amido de mandioca é reconhecido oficialmente pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2005) como uma fécula. Esta distinção de nomenclatura é apenas tecnológica e funcional, não indicando nenhuma diferença físico-química (CARDOSO, 2005).

A fécula de mandioca é um farináceo branco, sem odor e sabor, extraído da raiz da *Manihot esculenta* (ABAM, 2010), e também pode ser denominado como polvilho doce. Como todo amido, a fécula de mandioca é composta por amilose e amilopectina, sendo, em média, 20% e 80%, respectivamente (CEREDA, et al., 2001; WUTISELLA, K., et al., 2008). Uma composição mais detalhada pode ser consultada na Tabela 2.1.

O processo de extração pode ser artesanal ou industrial, mas segue sempre os mesmos passos, variando apenas a escala e o tipo de equipamento utilizado na produção. O processo de extração da fécula, ilustrado na Figura 2.3, começa com a lavagem das raízes, retirando assim os resíduos de solo e outras impurezas acumuladas durante o processo agrícola de colheita; as raízes higienizadas são então descascadas e raladas, ocorre então a adição de água para a extração do amido. A massa de mandioca é separada do “leite” de amido por um processo de filtração, a fração líquida passa por uma nova separação

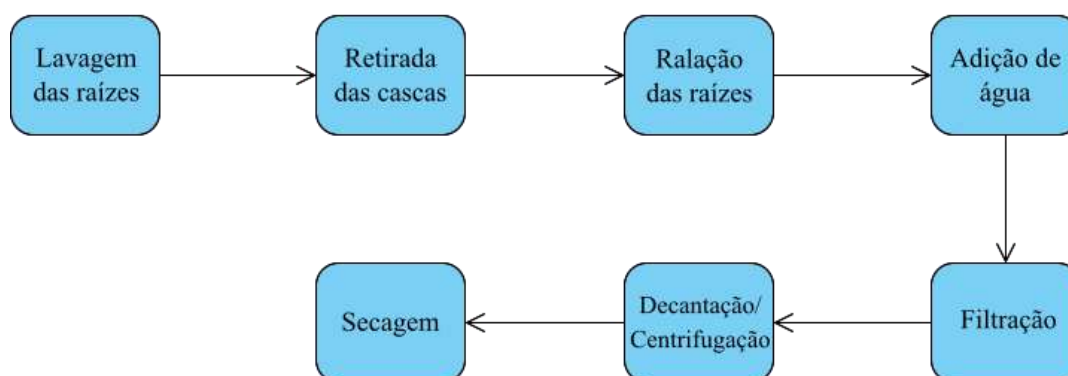
líquido-sólido, que pode ser uma decantação ou centrifugação. Por fim, tem-se um processo de secagem (CARDOSO, 2005).

**Tabela 2.1. Composição da fécula de mandioca.**

Componente	Presença na fécula (%)
Carboidratos	98,1-99,2
Proteínas	0,03-0,06
Lipídios	0,01-1,54
Fibras	0,09-0,62
Cinzas	0,02-0,33

**Fonte:** Cereda, et al., 2002.

**Figura 2.3. Diagrama de blocos do processo de extração da fécula de mandioca.**



**Fonte:** adaptado de Cardoso, 2005.

Por ser um produto agrícola de baixa modificação, a fécula de mandioca e sua produção são regulamentadas e fiscalizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SARMENTO, 2010), pelo qual é reconhecida como o Grupo I dos derivados de mandioca (BRASIL, 2005), como mostra o Quadro 2.1.



**Quadro 2.1. Divisão dos grupos e subgrupos de derivados de mandioca.**

	<b>Grupo I</b>	<b>Grupo II</b>
	Fécula	Tapioca
<b>Subgrupo</b>	*	Tapioca granulada
<b>s</b>	*	Tapioca pérola/sagu artificial

**Fonte:** MAPA, 2005

Além da destinação alimentícia, a fécula de mandioca é um produto de alto interesse industrial, podendo ser usada como matéria-prima na produção de tintas, colas, tecidos e plásticos (COPASUL, 2015).

### **2.3. Goma de Tapioca Hidratada**

Apesar da sua nomenclatura, a goma de tapioca hidratada não é reconhecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005) como parte do subgrupo “tapioca” dos derivados de raiz de mandioca, sendo este grupo referente às farinhas de tapioca, produtos granulados e não em pó, como indicado no quadro 2.1.

A goma de tapioca é originada pelo processo de hidratação da fécula de mandioca, pois em presença de quantidade suficiente de água, a fécula de mandioca é capaz de gelatinizar em temperaturas baixas, a partir de 60°C (TESTER; MORRISON, 1990). Característica fundamental para o preparo final da tapioca, que consiste em seu aquecimento em uma frigideira até a formação de “liga”, isto é, a gelatinização da goma.

Produtos amiláceos são responsáveis por parte significativa da energia presente na dieta humana, chegando a representar de 40% a 60% desta necessidade energética (HELBIG, 2007). Estes carboidratos estão presentes em grande quantidade como reserva energética de vegetais, sendo encontrados em abundância em produtos como tubérculos, raízes e grãos, especialmente cereais (DENARDIN, 2008).

Principalmente composta por fécula de mandioca, a tapioca é majoritariamente composta por carboidratos, como indicado na Tabela 2.2, possuindo um alto valor energético, sendo de aproximadamente 2,4kcal por grama de produto de acordo com a rotulagem.

**Tabela 2.2. Composição média da tapioca**

<b>Componente</b>	<b>% (massa/massa)</b>
Umidade	28,53
Cinzas	0,56
Lipídeos	0,03
Proteína	0,86
Carboidratos	70,02

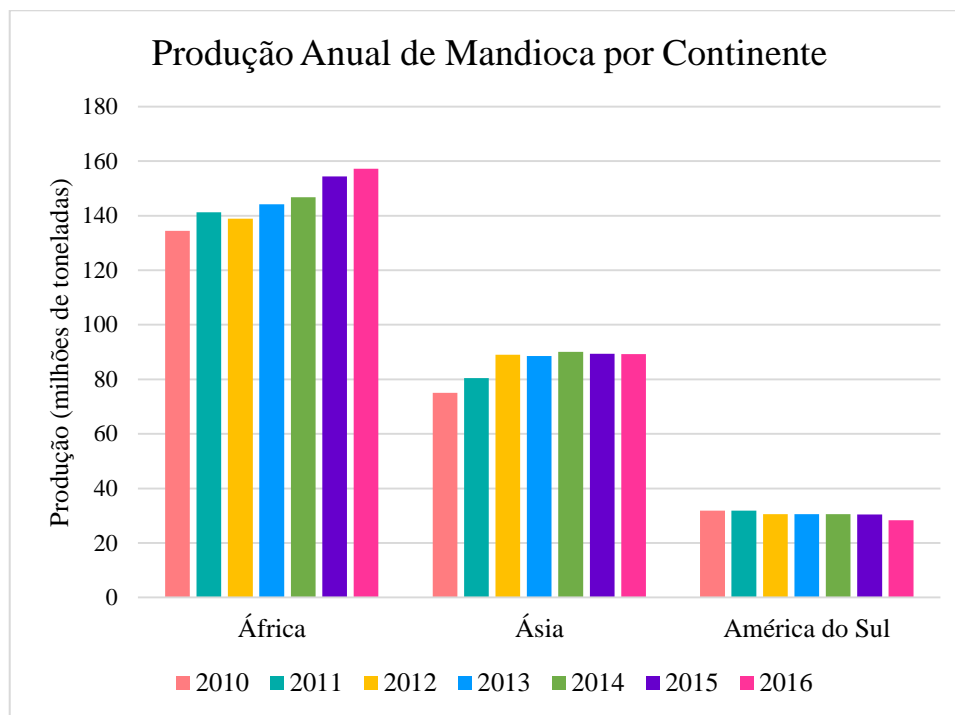
**Fonte:** HOLLAND; OLIVEIRA, 2015

#### **2.4. Características Agro-Econômicas da Mandioca e Seus Derivados**

A mandioca, fazendo parte da dieta de mais de um bilhão de pessoas, é considerada um dos cinco alimentos mais importantes do mundo (EMBRAPA, 2005). A produção anual da raiz segue índices bem próximos aos de culturas mais consolidadas, como arroz, milho e trigo, e na categoria das tuberosas, fica apenas atrás da batata (SILVA, 2010; TANGPHATSORNRUANG, et al., 2005)

A cultura de mandioca é uma característica de países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, isto se dá tanto pelas características climáticas quanto socioeconômicas dessas regiões (SILVA, 2010; DIAS, 2002). Em 2016, segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB/DERAL, 2018), a África liderava a produção mundial com quase 60% de participação, tendência que pode ser observada desde 2010, como mostra a Figura 2.4. Apresentando pequena variação através do tempo, a mandioca se mostra um produto de grande estabilidade.

**Figura 2.4. Gráfico da produção anual de mandioca por continente.**

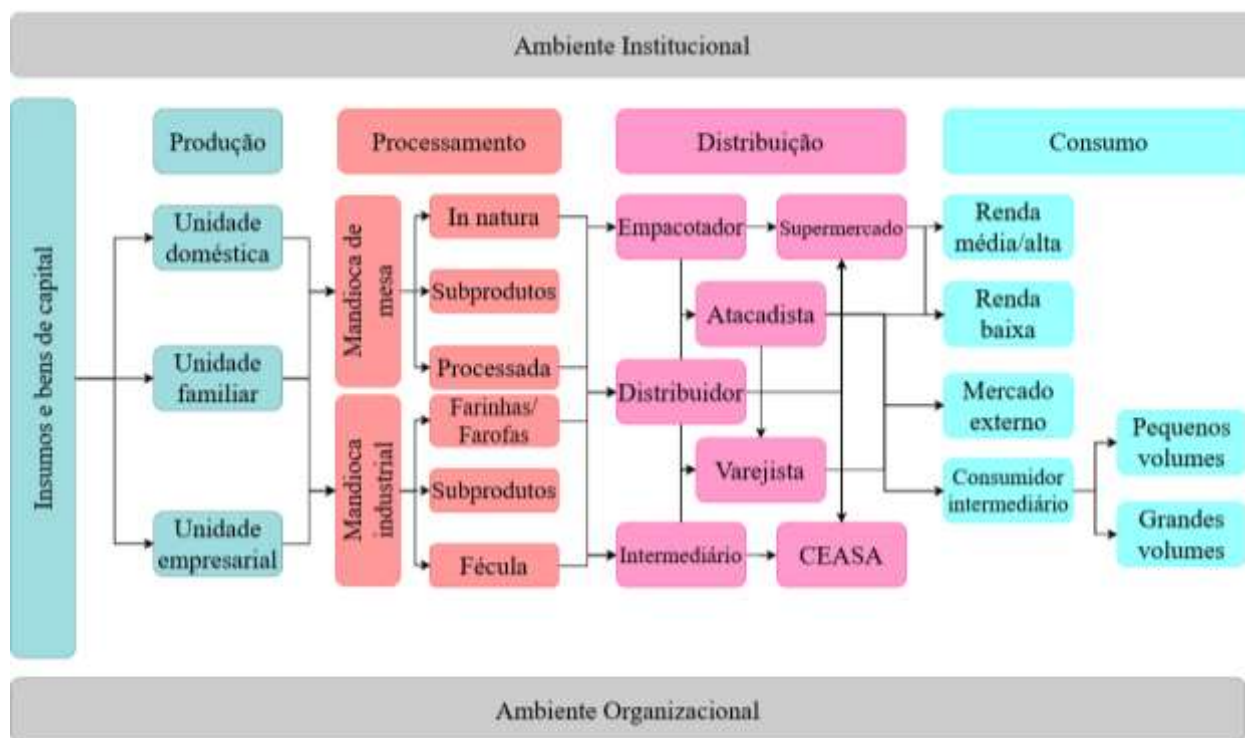


**Fonte:** adaptado de SEAB/DERAL, 2018.

O Brasil é o terceiro maior produtor de mandioca do mundo, abaixo somente da Nigéria e da Tailândia, sendo responsável por uma média de 8,63% da produção mundial e 88,30% da produção da América do Sul, considerando o período de 2010 a 2016 (SEAB/DERAL, 2018).

O principal derivado de mandioca no Brasil é a sua fécula, cuja extração industrial teve início na década de 1950. Com a criação da ABAM em 1991, o setor passou a ter um melhor desenvolvimento, levando à entrada de investidores internacionais nos anos 2000, o que tornou o Brasil um dos líderes tecnológicos na produção industrial de fécula de mandioca (FELIPE, 2019; ABAM, 2019).

**Figura 2.5. Diagrama da cadeia agroindustrial da mandioca.**



**Fonte:** adaptado de Coêlho (2018).

A cadeia produtiva da mandioca, cujo diagrama é ilustrado na Figura 2.5, possui três principais unidades produtoras, sendo estas classificadas por suas capacidades produtivas e nível tecnológico. Há a produção doméstica, com baixa produção e baixa tecnologia, prevalecendo o plantio e a colheita manual; produção familiar, com áreas variáveis e emprego de máquinas agrícolas; e produção empresarial, com grandes áreas cultivadas, mão de obra terceirizada e diferentes graus de tecnologia (COÊLHO, 2018).

A mandioca proveniente do campo segue então dois possíveis caminhos, o consumo direto, com pouco ou nenhum processamento, e o consumo industrial, como insumo para as indústrias de farinha e fécula, derivados estes que também podem ser consumidos como produto final, seja em mercado interno ou externo, ou, no caso da fécula, pode seguir na linha industrial para os chamados consumidores intermediários, produtores dentro e fora da

indústria de alimentos que utilizam a fécula em seus processos de fabricação (COÊLHO, 2018).

A participação destes consumidores intermediários tem apresentado um crescimento, devido a mudanças socioeconômicas no país, onde a mandioca deixa de ser apenas segurança alimentar para consumidores com rendas mais baixas, e torna-se um bem de consumo mais versátil, o que inclui tanto seu potencial industrial, como as novas maneiras em que é comercializada, a exemplo as raízes pré-cozidas ou congeladas encontradas para comercialização (ROSA NETO, MARCOLAN, 2010; BARROS, et al., 2004).

Destaca-se também a geração de empregos pela cadeia produtiva da mandioca, número que, em 2010 chegou a quase um milhão, sendo estes divididos em 450.000 diretos, nas fases de produção e processamento, e 500.000 indiretos, nas fases de distribuição e consumo (ALVES, et al., 2010).

Um derivado de alto potencial no novo panorama industrial da mandioca é goma de mandioca hidratada, a tapioca, cujo consumo é impulsionado pela onda de interesse em uma alimentação mais saudável e livre de glúten (SEBRAE, 2019), oportunidade que se estende ao mercado internacional. Em 2018 a exportação de tapioca, farinha e goma, movimentou 127 milhões de dólares, sendo os principais importadores Estados Unidos (19,20%), China/Hong Kong (9,88%), Japão (8,52%), e França (4,32%) (OEC, 2018a).

Taiwan liderou as exportações com 38,70%, enquanto o Brasil atendeu apenas 3,06% desta nova demanda, demonstrando uma oportunidade de crescimento nas exportações brasileiras (OEC, 2018b).

### **3. PROCESSO DE PRODUÇÃO**

O processo de produção descrito é realizado em uma indústria alimentícia localizada no noroeste do estado de São Paulo. Com cerca de 280 funcionários, trata-se de uma indústria de médio porte (SEBRAE, 2013), que possui área fabril de aproximadamente 7.000 m<sup>2</sup> e atua no mercado de alimentos desde 1975.

### **3.1. Ingredientes**

A qualidade de todas as matérias-primas recebidas é verificada através da inspeção de 10% das sacarias contidas no carregamento, sendo verificadas suas características organolépticas e físico-químicas, tendo como base a legislação para cada produto e o laudo de análise encaminhado pelo fornecedor (CAMILO; COSTA, 2020a).

As matérias-primas são armazenadas em área bem delimitada e separada da produção. Os insumos que necessitam de expurgo para controle de pragas são primeiramente submetidos a esse processo, antes de serem destinados ao seu local de armazenamento, evitando a contaminação dos demais produtos. A utilização das matérias-primas nos processos de produção segue o critério *first in, first out*, isto é, são utilizadas na ordem que são recebidas, minimizando assim o tempo de armazenamento *on site* (CAMILO; COSTA, 2020b).

#### **3.1.1. Fécula de Mandioca**

A fécula de mandioca utilizada no processo é inspecionada, e passa por análises sensoriais e conferência dos laudos enviados pelo fornecedor, garantindo que a mesma encontra-se dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo processo e, também, de acordo com as normas do MAPA para sua categoria, disponíveis na Tabela 3.1 (CAMILO; COSTA, 2020a).

**Tabela 3.1. Parâmetros para féculas de mandioca segundo legislação.**

<b>Grupo</b>	<b>I - Féculas</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Tipo</b>			
Fator Ácido (mL)	4,00	4,50	5,00
pH	4,5-6,5	4,5-6,5	4,0-7,0
Amido (%)	>84,00	>82,00	>80,00
Cinzas (%)	<0,20	<0,25	<0,72
Vazamento (%)	0,105	0,105	0,105
Abertura (mm)	99,00	98,00	97,00
Ponto Rompimento	>58°; <66°	>58°; <66°	>58°; <66°
Umidade	<14,00	<14,00	<14,00
Impurezas	Isento	Isento	Isento
Polpa (mL)	0,50	1,00	1,50
Odor	Peculiar	Peculiar	Peculiar

**Fonte:** Brasil (2005).

### **3.1.2. Água Declorada**

A potabilidade da água é um parâmetro de vital importância na indústria de alimentos, pois um comprometimento na qualidade da água utilizada também compromete a qualidade e a segurança dos alimentos produzidos (PORETTI, 1990).

A empresa estudada possui um poço artesiano para a captação de água de uso exclusivo. É realizado o tratamento de cloração da água captada do poço artesiano a ser acondicionada em caixa d'água de 5000 litros para uso interno nas áreas produtivas da unidade fabril (CAMILO; COSTA, 2020c). As análises laboratoriais físico-químicas e microbiológicas são realizadas através de empresa terceira especializada em qualidade da água, e seguem os padrões determinados pela legislação vigente, como discriminado no Quadro 3.1 (BRASIL, 2011).

**Quadro 3.1. Parâmetros para a potabilidade da água segundo legislação.**

<b>Descrição das Análises</b>	<b>Parâmetros Legais</b>	<b>Periodicidade</b>
Cloro residual livre	0,2 a 2,0 mg/L	Diário e Mensal
pH	6,0 a 9,5	Diário e Mensal
Turbidez	Máx. 5,0 uT	Mensal
Cor aparente	Máx. 15,0 UC	Mensal
Coliformes totais	Ausência em 100ml	Mensal
Escherichia Coli	Ausência em 100ml	Mensal

**Fonte:** Camilo e Costa (2020)c.

O processo de cloração garante a segurança da água, mas para que a mesma possa ser usada como ingrediente na preparação de um produto, o mesmo precisa ser removido. Isso ocorre para evitar a interferência do gosto e odor característicos do cloro nas características esperadas pelo produto (WORLEY, 2000), além de evitar uma alta ingestão de cloro pelos consumidores, considerando sua capacidade de formação de trihalometanos (BELLAR, et al., 1974), que possuem potencial cancerígeno (SIDDIQUE, et al., 2015; BOVE, et al, 2007).

### **3.1.3. Cloreto de Sódio Iodado**

O Cloreto de sódio é um sal tão amplamente utilizado que é conhecido apenas como sal ou sal de cozinha. É um ingrediente fundamental em muitos preparos, pois age como um realçador de sabor, ativando a parte “salgada” do paladar (AHA, 2016). Por questões de saúde pública, o sal de cozinha é enriquecido com compostos de iodo, reduzindo a deficiência desse mineral na população (WHO, 2014).



#### **3.1.4. Ácido Cítrico**

O ácido cítrico é um ácido tricarboxílico comercializado em pó, tanto em sua forma hidratada como anidra. Trata-se de um produto obtido naturalmente por vias metabólicas de microrganismos e que também é encontrado em frutas cítricas (CAMILO, et al., 2018).

É amplamente utilizado na indústria de alimentos como aditivo do tipo acidulante, com função de ajustar o pH dos produtos. Também é utilizado como realçador de sabor por ativar a parte azeda do paladar, e como co-conservante, pois aumenta a efetividade de conservantes antimicrobianos (CAMILO, et al., 2018).

#### **3.1.5. Sorbato de Potássio**

O sorbato de potássio é um derivado do ácido sórbico, obtido a partir de sua reação com o hidróxido de potássio. É mais utilizado na indústria de alimentos do que o ácido sórbico por ter maior estabilidade e ser mais solúvel em água (INGREDI, 2018).

Age como um antioxidante e conservante antimicrobiano, protegendo o alimento da proliferação de bactérias e fungos (SOFOS; BUSTA, 1981; SOFOS, et al., 1980) e de reações de oxidação que alteram as características desejadas de cor, sabor e odor do produto, aumentando seu tempo de armazenamento, além de aumentar a capacidade de absorção de água do amido de tapioca (FLORES, et al., 2007).

### **3.2. Embalagem**

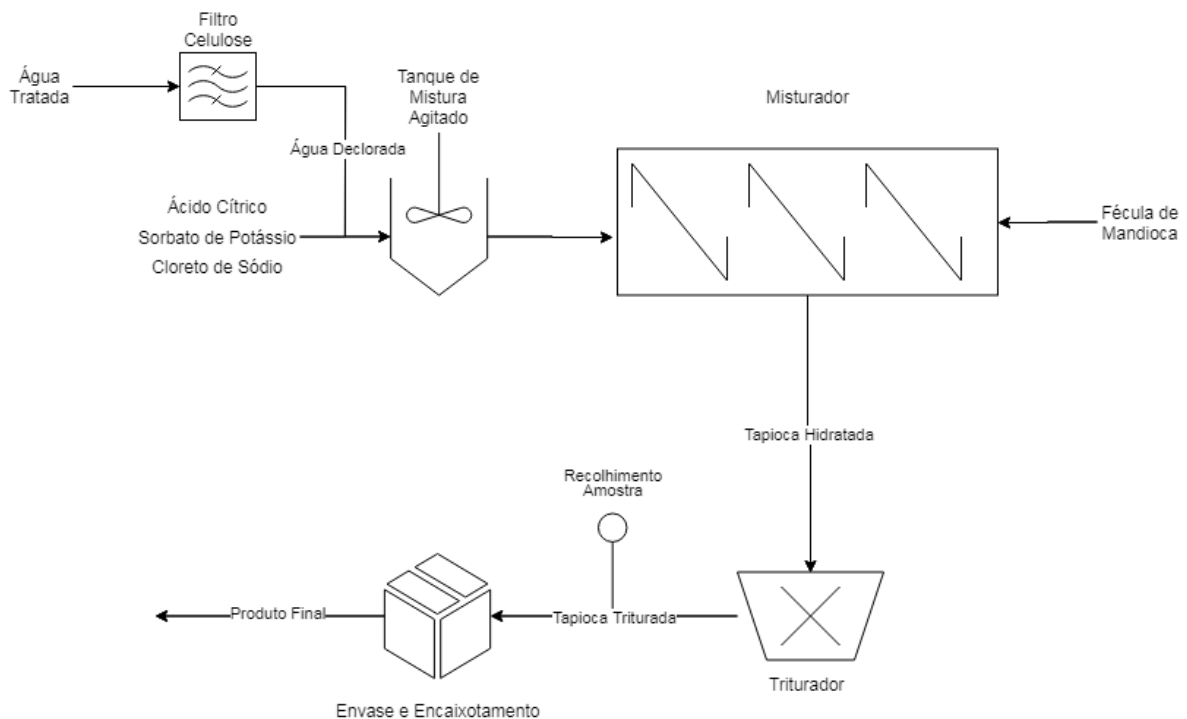
O uso de uma embalagem adequada é de suma importância, pois garante a integridade e a segurança do produto, preferencialmente de maneira barata e eficiente. A indústria de embalagens é responsável por cerca de 2% do PIB de países desenvolvidos, e aproximadamente metade das embalagens produzidas são destinadas à indústria de alimentos (ROBERTSON, 2012).

Para o envase do final da tapioca são utilizadas embalagens de filme plástico laminado composto por camadas de polipropileno de acabamento brilhante (BOPP), poliestireno (PE) Nylon, com espessura média de 70 micras.

### 3.3. Fluxograma

O processo, ilustrado na Figura 3.1, se inicia com a decoloração da água em filtro de celulose retro lavável (CAMILO; COSTA, 2020c). A celulose é um material atrativo para filtragem, pois trata-se de um material natural, biodegradável e atóxico, sendo uma opção ecologicamente sustentável (EXTERKOETTER, et al., 2017). Após este processo, a água é escoada até o tanque de mistura agitado, onde são adicionados os componentes sólidos, cloreto de sódio, sorbato de potássio e ácido cítrico, que são inteiramente dissolvidos antes das próximas etapas.

**Figura 3.1. Processo de produção da goma de tapioca hidratada.**



**Fonte:** adaptado de Camilo e Costa, 2020d.

As sacarias de fécula de mandioca são higienizadas com ácido peracético a uma concentração de 0,2%, e então seu conteúdo é despejado na peneira acoplada ao misturador rotativo. Após toda a fécula ser peneirada, é ligada a alimentação de água provinda do tanque de mistura. Essa alimentação é feita através de *sprinklers* inseridos no misturador, facilitando uma hidratação uniforme. A água é adicionada até que seja atingido o *set point* previsto em projeto. A tapioca hidratada continua no misturador durante o tempo adequado para que a homogeneidade da distribuição de água seja garantida.

Uma vez hidratada, a tapioca é transferida ao triturador, que uniformiza o produto, retirando o aspecto grumoso adquirido durante o processo de hidratação. A tapioca triturada é escoada para a esteira que alimenta a máquina de envase, onde o produto é devidamente embalado para comercialização (CAMILO; COSTA, 2020d).

A cada batelada do misturador é retirada uma amostra de tapioca já triturada, para que as análises pertinentes possam ser realizadas.

## **4. CONTROLE DE QUALIDADE**

### **4.1. Análise Sensorial**

A análise sensorial é um processo na qual o indivíduo interage com um produto alimentício, julgando suas características através das reações fisiológicas e psicológicas originadas pelo estímulo. Devem contemplar todos os sentidos: visão, olfato, tato, audição e paladar (CECHI, 2003).

Este tipo de análise deve ser planejado baseando-se em seu objetivo, podendo estudar as características gerais do alimento ou um atributo específico do mesmo. Em termos gerais, a análise sensorial visa garantir a viabilidade de um produto através de sua aprovação pelos consumidores (TEIXEIRA, 2009).

## 4.2. Análises Físico-Químicas

A realização de análises físico-químicas em produtos alimentícios é de extremamente importância para garantir que o alimento se encontra em condições adequadas para consumo. Para garantir essa integridade, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) determina diversos parâmetros nos quais cada categoria de alimento deve se encaixar, incluindo derivados de mandioca, como os mostrados na Tabela 3.1 na Seção 3.1.1.

Não há legislação específica para o produto goma de mandioca hidratada. As faixas de aceitação para cada variável, discriminadas na Tabela 4.1, foram determinadas com base na aceitação da matéria-prima e condições de processo previstas no projeto.

**Tabela 4.1 Faixa de aceitação para os indicadores estudados.**

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>pH</b>	3,50	4,40
<b>Acidez (mL)</b>	1,50	3,00
<b>Umidade (%)</b>	25,00	35,00

**Fonte:** Camilo e Costa, 2020e.

### 4.2.1. Análise de pH

O pH, uma medida do potencial hidrogeniônico de uma solução, é um parâmetro importante na análise de alimentos pois influencia a capacidade de digestão do alimento, além de suas características de conservação (CECHI,2003).

O sistema digestivo dos seres humanos opera em valores baixos de pH, isto é, ácidos. Por isso, a maioria dos alimentos que consumimos tem um pH baixo, facilitando o processo de digestão por não alterarem de maneira significativa o pH natural do sistema digestivo (KONG; SINGH, 2008).

O valor de pH também influencia no potencial de crescimento microbiológico no alimento, podendo inibir ou facilitar a proliferação de microrganismos dependendo de seu valor. Manter um pH estável em um produto industrializado é importante, pois pode-se prever a velocidade de crescimento, que associada a outros parâmetros, determina a vida comercial útil do produto (COLEMAN, et al., 2003; SOFOS, et al., 1980).

#### **4.2.2. Análise de Acidez Total Titulável**

A acidez total titulável de uma amostra indica a quantidade de ácidos presentes capazes de reagir com uma base de concentração conhecida, usualmente hidróxido de sódio 0,1N (CECHI, 2003). É um parâmetro usado em paralelo à medida de pH em alimentos, pois é capaz de determinar com precisão a quantidade de ácidos orgânicos com baixo potencial de dissociação.

Sua importância é análoga à do pH, influenciando a capacidade de digestão do alimento e o quão propício está ao desenvolvimento de microrganismos (BOULTON, 1999).

#### **4.2.3. Análise de Umidade**

A umidade, isto é, o teor de água presente em um produto, é um indicador de vital importância na análise de alimentos, porque está relacionada à estabilidade do produto durante as etapas de processamento, envase e estocagem.

Teores de água fora dos padrões indicados podem acarretar em mudanças físico-químicas e microbiológicas que comprometem a integridade e segurança do alimento, alterando seu período de *shelf life* e propriedades organolépticas (CECHI, 2003).

Apesar de ser uma análise conceitualmente simples, na prática, pode ser de grande complexidade, principalmente devido à necessidade de alta precisão e exatidão. Os resultados das análises podem ser alterados, ou até comprometidos, por diversos fatores,

como perda de outras substâncias voláteis no processo de secagem e reações de decomposição do alimento com formação de água (CECHI, 2003).

Para um alimento estável, com baixa presença de elementos voláteis, como é o caso da tapioca, é possível utilizar um método mais simples de medida de umidade, a secagem por infravermelho a 105°C. O método consiste em manter a amostra exposta à alta temperatura até que a massa se estabilize, ou seja, não haja mais água presente para evaporar.

Com os dados de massa inicial e massa final (resíduo seco), é possível determinar a porcentagem massa/massa de água que estava presente na amostra analisada através da Equação 1.

$$\%umidade = \left(1 - \frac{massa\ final}{massa\ inicial}\right) \times 100\% \quad (4.1)$$

### 4.3. Controle Estatístico de Processos

Controle estatístico de processos, conhecido pela sigla CEP, é uma ferramenta gerencial de controle da qualidade que visa monitorar indicadores de processo a partir de uma amostragem contínua, permitindo que se avalie o grau de variabilidade do processo, para que se possa investigar e minimizar as causas de variação, aumentando a qualidade<sup>1</sup> dos produtos e a redução dos custos por defeitos e retrabalho (MARTINS, 2015).

Entende-se como parte do processo tudo que é inserido no mesmo para que se possa alcançar o objetivo final (ISO 9001, 2008), no caso de um processo produtivo industrial, o objetivo é o produto fabricado, estando incluídas matérias-primas, equipamentos, mão de obra, energia, etc.

Os gráficos de controle são uma das bases do CEP e consistem no monitoramento de uma ou mais variáveis, chamadas de indicadores, através do tempo de operação do

---

<sup>1</sup> É importante ressaltar que, dentre as diversas definições disponíveis na literatura, será utilizada a definição de Crosby, que afirma “qualidade é a adequação à norma”.

processo. O indicador pode ter medições individuais ou médias, isto é, cada valor do grupo de dados é formado pela média de um subgrupo de dados colhidos em um mesmo momento (SAMOHYL, 2009). Gráficos com subgrupos de apenas um item são chamados de gráficos individuais do tipo Xi.

Gráficos de controle trazem mais informações do que gráficos simplesmente estatísticos, como histogramas e *boxplots*, pois são capazes de mostrar todas as variações presentes no processo e separá-las no que chamamos de causas normais e causas especiais. (SAMOHYL, 2009).

Para que se tenha um gráfico representativo do processo, é necessário que durante o desenvolvimento da estratégia de controle, tenha-se escolhido indicadores e pontos de coleta que sejam adequados para estas análises (MARTINS; COSTA, 1998). Características desejadas em indicadores de processo são a facilidade de medição e monitoramento, além de sua influência na qualidade do produto final.

Todo processo está sujeito a variações estatísticas derivadas do que chamamos de causas normais, que são os erros intrínsecos aos equipamentos, tanto de produção quanto de monitoramento, sensibilidades a mudanças no ambiente, como temperatura e umidade, e erros humanos (SAMOHYL, 2009). Planejamento e boas decisões gerenciais, como melhoria nos equipamentos e no treinamento dos colaboradores, podem minimizar estas variações, mas nunca as extinguir. Um processo que possui apenas causas normais é considerado estável, pois sua variabilidade pode ser prevista.

Já as causas especiais são provindas de algo pontual, que causa uma perturbação no processo acima das esperadas pelas causas normais. Uma carta de controle é capaz de identificar essa perturbação para que a gerência possa investigar sua causa e extingui-la, retornando o processo à estabilidade (MARTINS, 2015).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Determinações Analíticas

As determinações analíticas nesta seção descritas são realizadas diariamente para cada batelada de goma de mandioca hidratada produzida. Todos os procedimentos são executados em laboratório interno da empresa responsável. No escopo deste trabalho, tiveram-se as análises realizadas nos dias úteis dentro do período de 31 de agosto a 11 de setembro de 2020.

#### 5.1.1. Determinação de pH

As análises de pH já desenvolvidas na empresa são baseadas na metodologia 981.12 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2000). O material estudado é a amostra de tapioca coletada no processo de produção, como descrito na Seção 3.3.

**Figura 5.1. Análise de pH da amostra de tapioca.**



**Fonte:** a autora (2020).



A preparação da amostra para a determinação de pH consiste em sua dissolução em água destilada em uma proporção de um para dois massa/massa. Para fins de padronização, foram definidas as medidas de 25,00g de tapioca para 50,00g de água destilada, totalizando 75,00g de amostra líquida para cada medição.

As massas são medidas em balança analítica da marca Marte, modelo AD2000, com precisão de 0,01g. A amostra é bem homogeneizada para garantir a integridade do resultado; mergulha-se então o eletrodo do pHmetro W3B da marca Bel Engineering na amostra, para realizar a medição, como ilustrado na Figura 5.1.

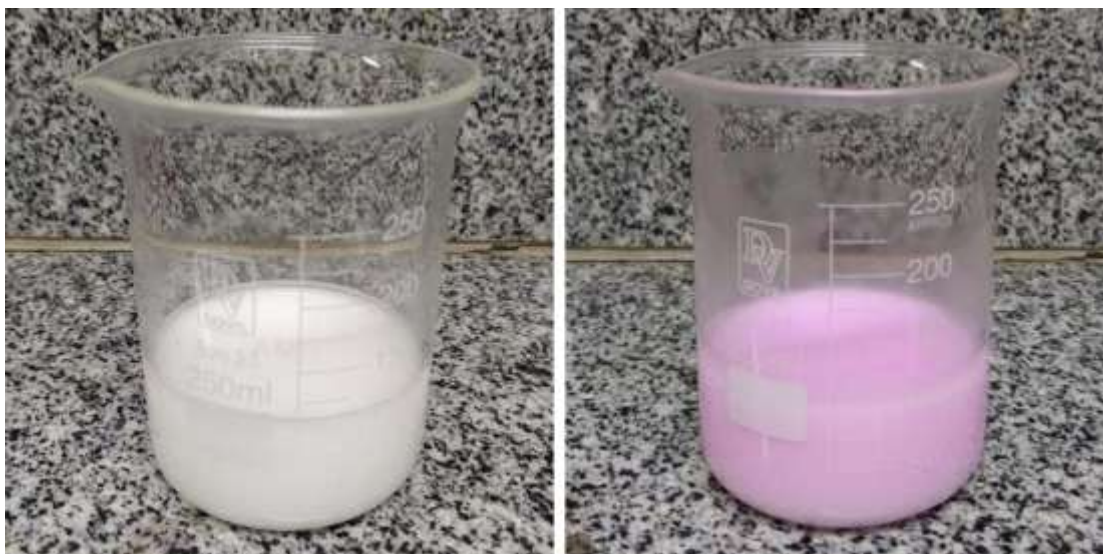
### **5.1.2. Determinação de Acidez Total Titulável**

A metodologia utilizada para as análises de acidez da tapioca, é baseada na metodologia 942.15 da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2000) e, assim como a análise de pH, tem como material a amostra de tapioca retirada da produção após o processo de trituração.

Para a realização da análise, é preparada uma solução 10% de tapioca, isto é, são medidos em balança analítica AD2000 10,00g de tapioca, aos quais são adicionados 90,0g de água destilada.

No processo de titulação, é utilizado o indicador fenolftaleína, em solução alcoólica a 1%. Como agente titulante tem-se uma solução padrão de hidróxido de sódio 0,1N, que é adicionada à solução preparada até que seja observada a mudança de cor do branco para o rosa claro, como ilustrado na Figura 5.2. A titulação é realizada com o auxílio de um agitador magnético, garantindo uma homogeneização rápida e eficaz da solução, para que o ponto de virada possa ser facilmente percebido.

**Figura 5.2. Antes e depois da titulação da amostra de tapioca.**



**Fonte:** a autora (2020).

### **5.1.3. Determinação de Umidade**

As análises de umidade são realizadas em equipamento específico de modelo ID50 da marca Marte, em sua configuração automática.

A amostra de goma de mandioca hidratada provinda do processo é adicionada a uma placa de alumínio de massa conhecida, são utilizados aproximadamente 10g de amostra a cada medição, que são espalhados uniformemente por toda a placa, como pode ser observado na Figura 5.3, para minimizar o tempo de secagem.

O equipamento aquece a amostra a 150°C, enquanto monitora a massa presente na placa. Com a evaporação da água presente na amostra a massa total diminui até sua estabilização, o que ocorre em aproximadamente 10 minutos por análise, isso permite que se conheça o teor de água presente na tapioca através da Equação 4.4 apresentada na Seção 4.3.3.

**Figura 5.3. Medidor de umidade com amostra de tapioca.**



**Fonte:** a autora (2020).

## **5.2. Análise Sensorial**

Durante este período também foram realizadas análises sensoriais a cada amostra preparada, contemplando cor, sabor, odor e capacidade de gelatinização da tapioca. Para isso, a cada batelada de goma de mandioca hidratada produzida, é feito um preparo da tapioca em frigideira, como mostra a Figura 5.4.

A tapioca então é analisada por um membro da equipe do controle de qualidade, que a classifica como estando conforme ou não conforme, isto é, se se encaixa, ou não, nos padrões sensoriais estabelecidos pela empresa.

**Figura 5.4. Preparo final da tapioca.**



**Fonte:** a autora (2020).

### **5.3. Controle Estatístico de Processos**

Para a análise estatística realizada foi utilizado o Minitab, um software privado de análise estatística, desenvolvido originalmente em 1972 e que, em 2020, chegou a sua 17<sup>a</sup> edição. Suas funções vão de ferramentas básicas de estatística, como análise de confiabilidade, até ferramentas especificamente voltadas para uso gerencial e de controle da qualidade, como CEP e DOE (*design of experiments*) (MINITAB, LLC, 2020).

Dentre as opções de controle estatístico, foram elaborados gráficos individuais (Xi), devido à natureza na amostragem, composta de apenas uma amostra para cada recolhimento. Os dados foram divididos por dia para melhor entendimento do processo, mostrando a variação dos indicadores estudados durante cada dia do período escolhido.

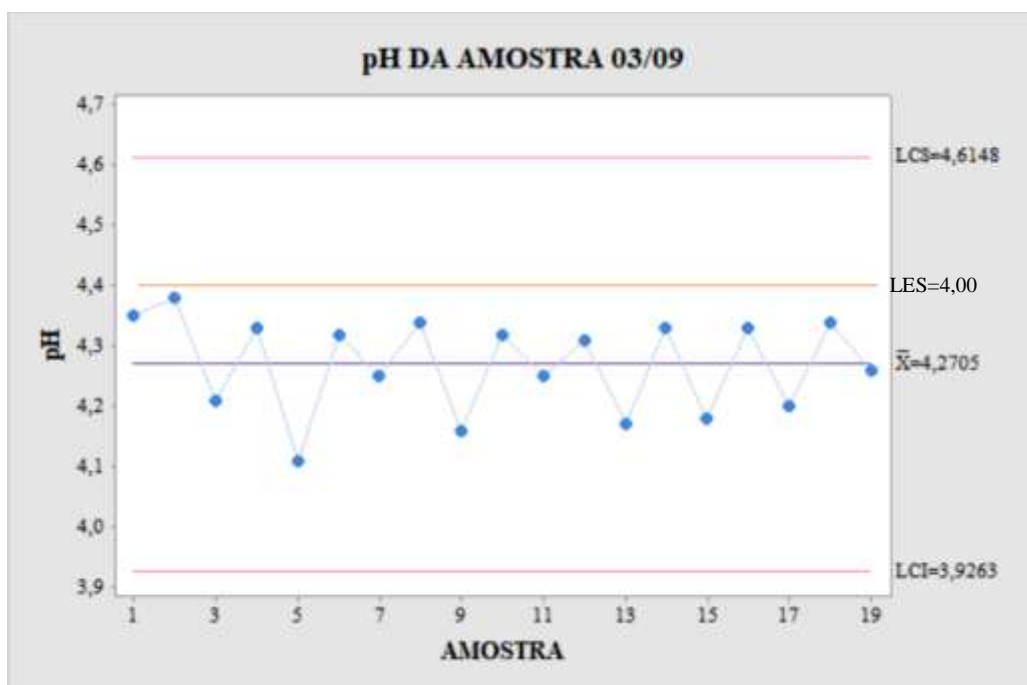
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos durante o período de amostragem encontram-se, em sua íntegra, no Apêndice A, os gráficos de controle do tipo Xi elaborados a partir dos mesmos, encontram-se disponíveis nos Apêndices B, C e D.

### 6.1. pH

O indicador pH da tapioca exibiu resultados que demonstram um processo controlado em oito dos nove dias estudados, chegando a aproximar-se da idealidade em dois deles; a Figura 6.1, referente às medições de pH no dia 3 de setembro, ilustra este fato, com pontos, em sua maioria, alternados e com baixo desvio da média.

**Figura 6.1. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 03/09**



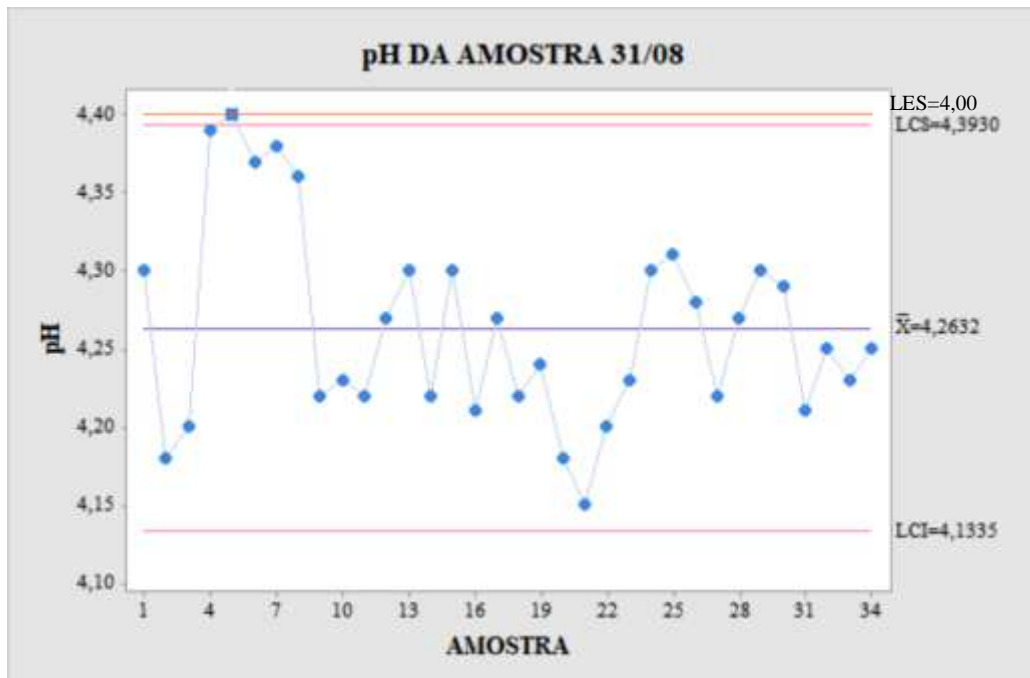
**Fonte:** a autora (2020)

Entretanto, foram observadas algumas causas especiais durante o período, como pode-se observar na Figura 6.2. Esta perturbação foi refletida não apenas no ponto acima do limite de controle superior (LCS), mas também naqueles ao seu redor, todos acima da média e próximos ao LCS. Após a perturbação o processo tende à estabilização, indicando tratar-se de uma perturbação isolada.

Como a alteração foi percebida em mais de um ponto, pode-se assumir que não se trata de uma perturbação experimental. Há diversos fatores no processo capazes de causar uma perturbação do tipo, entre eles irregularidades na homogeneização da água de hidratação, alterando a quantidade de acidulante ácido cítrico na mistura final.

Há também a possibilidade de que, mesmo tendo passado pelo controle de qualidade, parte da fécula esteja fora do padrão, risco estatístico corrido ao utilizar-se uma análise amostral.

**Figura 6.2. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 31/08**



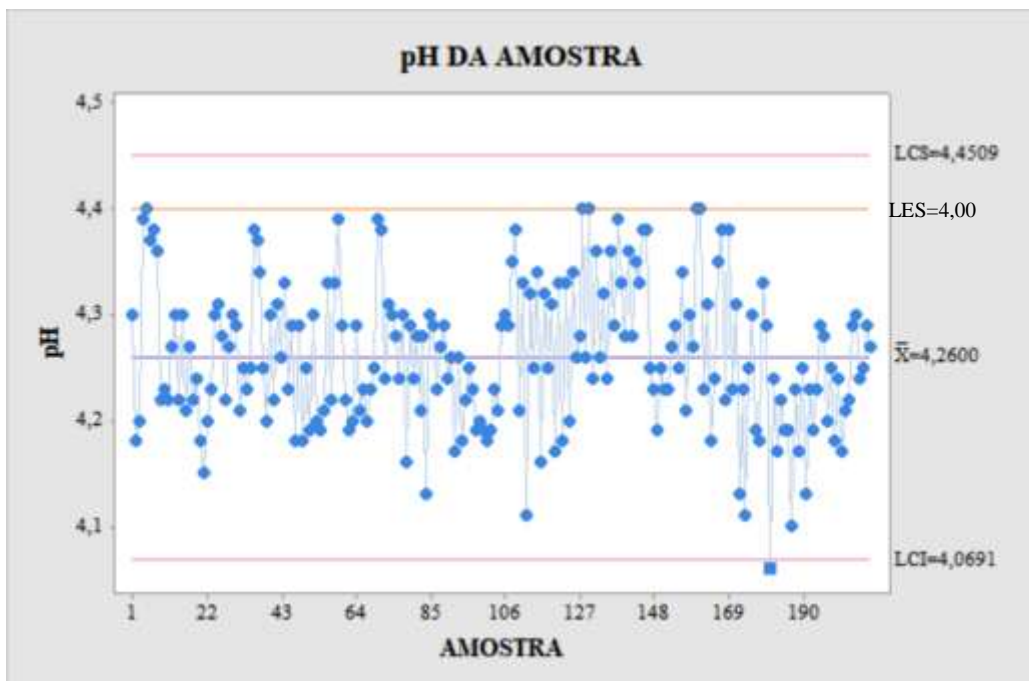
**Fonte:** a autora (2020)

Para uma melhor visualização do panorama geral do processo, foi gerado um gráfico, Figura 6.3, de controle abrangendo todos os dados de pH coletados. Nota-se que, apesar de apresentar apenas uma causa especial, ao considerar-se todos os dados obtidos, os valores de pH se aproximam diversas vezes de seu limite de especificação superior (LES) de 4,40, indicada no gráfico pela linha laranja.

Um valor de pH fora da especificação altera a digestibilidade do produto (FARIAS, 2017), influenciando diretamente a experiência do consumidor. Além disso, um pH mais básico pode diminuir a vida de prateleira do alimento, pois é mais propício ao desenvolvimento microbiológico (JAY, et al., 2005).

Considerando-se que o parâmetro não se aproxima de sua especificação mínima de 3,5 nenhuma vez durante o período estudado, poder-se-ia aumentar a quantidade de ácido cítrico em sua formulação, sem grandes alterações ao paladar. Com mais acidulante, o gráfico seria “deslocado” para longe do limite da especificação.

**Figura 6.3. Gráfico de controle Xi para a variável pH em todo o período amostral**



**Fonte:** a autora (2020)

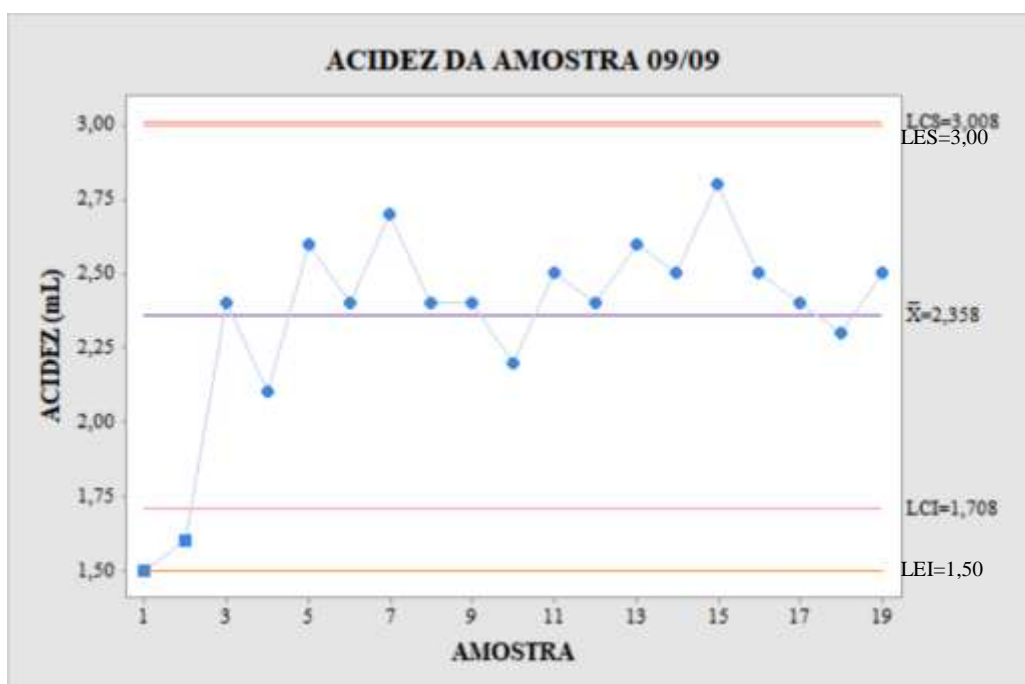
## 6.2. Acidez Total Titulável

O indicador acidez total titulável apresenta comportamento de um processo não controlado em sete dos nove dias estudados, e mesmo nos dias que não apresenta causas especiais, o mesmo comportamento pode ser percebido.

As primeiras medições de cada dia apresentam valores abaixo, ou muito próximos, do limite de controle inferior, como pode-se perceber na Figura 6.4, onde os dois pontos iniciais indicam a ocorrência de causas especiais. Observa-se também que após a perturbação inicial, o processo apresenta estabilidade, com pontos próximos à média.

Como as medições diárias da acidez mostram um padrão, é possível perceber um comportamento cíclico no gráfico geral deste indicador, mostrado na Figura 6.5, com o cruzamento do limite de controle inferior ao início de todos os dias, exceto o primeiro.

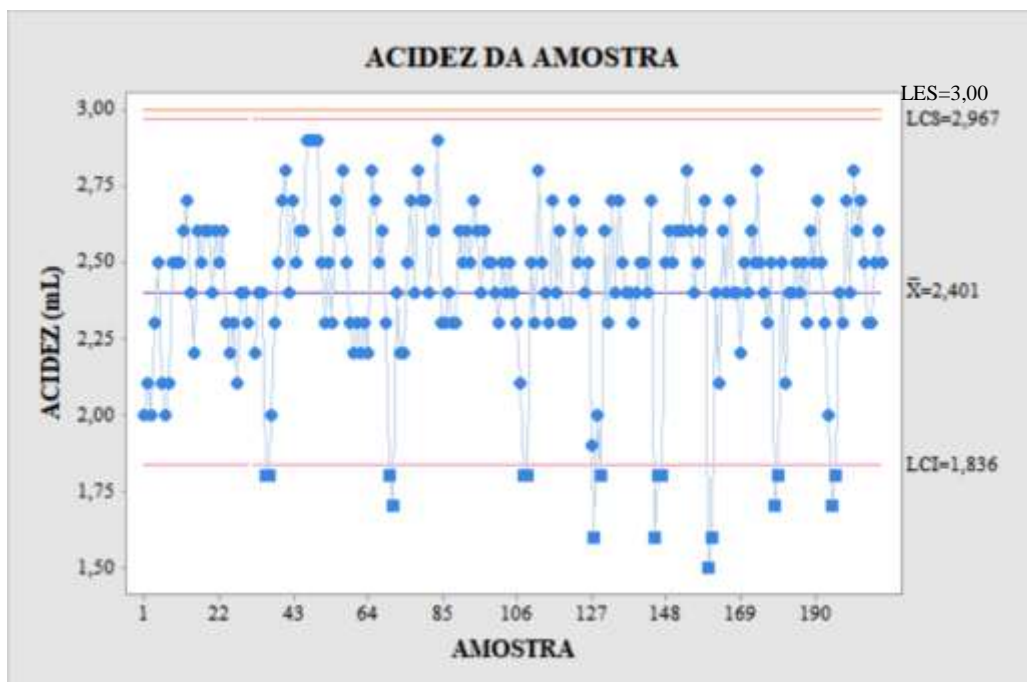
Figura 6.4. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 09/09



Fonte: a autora (2020)



Figura 6.5. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em todo o período amostral



Fonte: a autora (2020)

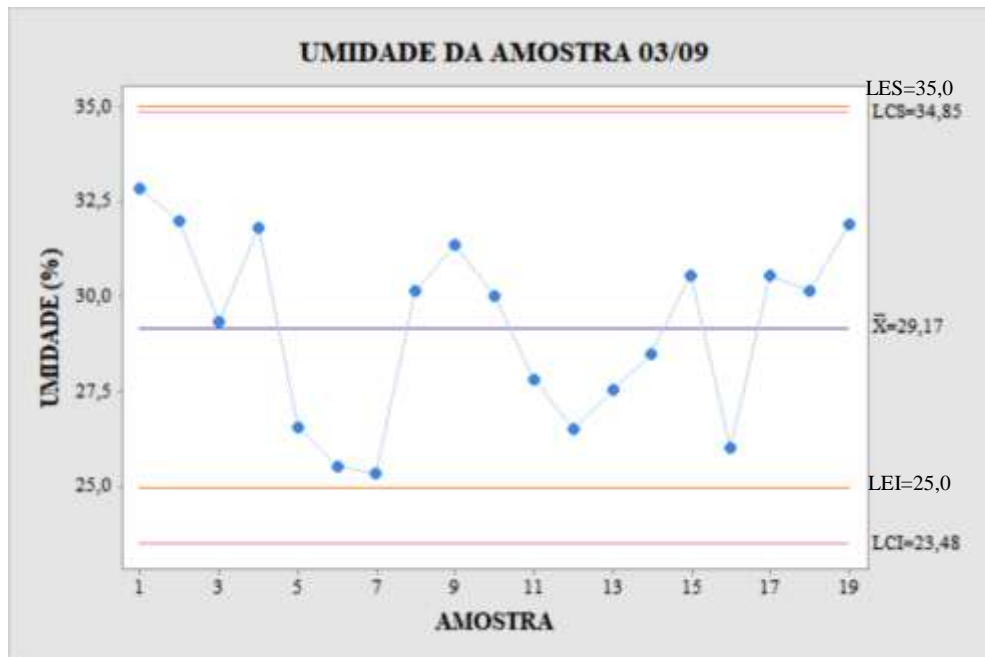
Sabe-se que o parâmetro acidez está relacionado ao parâmetro pH (SOUZA, et al., 2010), no qual não é percebido este comportamento, o que pode denotar erros experimentais no acompanhamento de um ou ambos os indicadores. Realizar as análises em triplicata poderia ajudar a minimizar esta influência experimental, além de uma revisão dos procedimentos realizados, com ênfase no período crítico, isto é, as primeiras medições de cada dia.

### 6.3. Umidade

Mesmo em dias nos quais não mostra causas especiais, como 3 de setembro, ilustrado na Figura 6.6, a umidade da tapioca não apresenta características de um processo devidamente controlado. Nota-se a existência de pontos consecutivos de um mesmo lado da média diversas vezes, o que indica influências de perturbações no processo.

Analisando-se o gráfico geral para este parâmetro, apresentado na Figura 6.7, nota-se também que a curva se aproxima diversas vezes da especificação mínima de umidade, representada pela linha de cor alaranjada.

**Figura 6.6. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 03/09**



**Fonte:** a autora (2020)

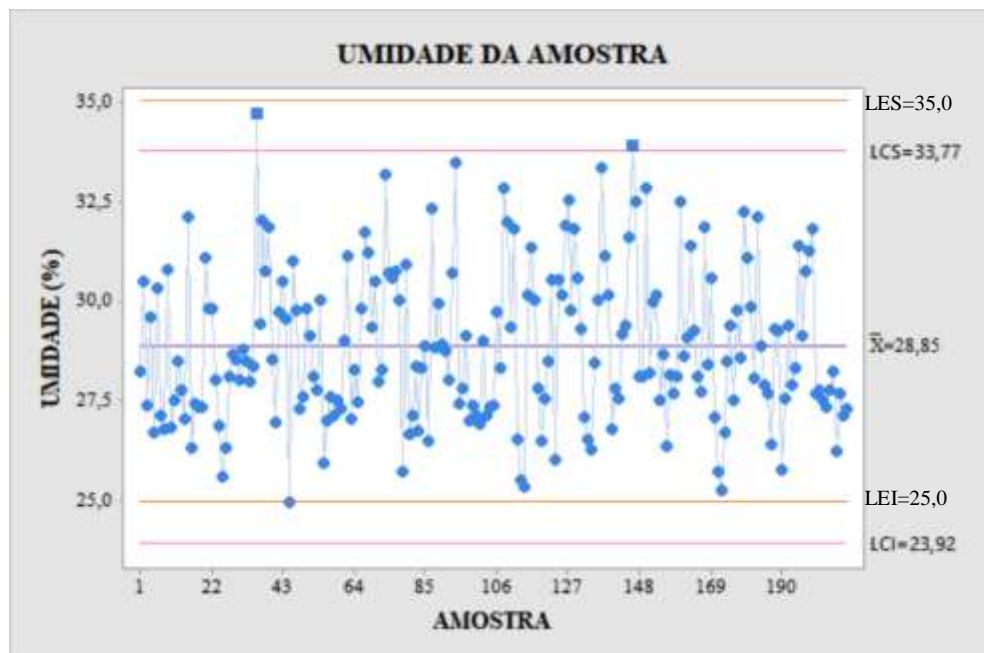
O tempo de medição de cada amostra é aproximadamente o de uma batelada de tapioca, entretanto, deve-se considerar os tempos de preparação do equipamento para medição e de inserção da amostra no mesmo, além da existência dos demais produtos fabricados na mesma planta que também necessitam de controle de umidade. Portanto, há tempo de espera entre o recolhimento da amostra e sua análise.

Tendo em vista que a umidade é uma variável de alta sensibilidade ao ambiente (CELESTINO, 2010), pode-se considerar que as perturbações observadas sejam reflexo de uma interação das amostras com o ambiente, o que distancia os resultados obtidos da umidade real do produto, que é envasado logo após sua preparação.

Para minimizar o tempo de espera das amostras, poder-se-ia analisar uma massa menor de tapioca, diminuindo assim o tempo de secagem no aparelho. Desde que padronizada, a massa não influencia o resultado obtido, expressado em porcentagem.

Outra maneira de evitar a troca de umidade da tapioca com o ar seria a utilização de recipientes vedados para o armazenamento das amostras, mantendo assim a umidade entre o recolhimento e a medição.

**Figura 6.7. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em todo o período amostral**



**Fonte:** a autora (2020)

#### 6.4. Análise Sensorial

Durante o período de amostragem não ocorreu variação em nenhum dos critérios de análise, estando todas as amostras analisadas classificadas como conformes, como indicado pelos dados apresentados no Apêndice A, isto é, encontravam-se dentro dos padrões sensoriais da empresa quanto a sua cor, sabor, odor e formação de liga.

## **7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

Diante dos resultados obtidos e apresentados, percebe-se que, apesar de estar dentro das especificações, o processo de produção da goma de tapioca estudado não se comporta estatisticamente como um processo controlado, apresentando causas especiais em todos os parâmetros considerados.

Nota-se também a importância do controle de qualidade durante toda a cadeia do processo produtivo, pois, apesar da presença de causas especiais, não foram percebidas alterações muito elevadas, nem fora das especificações, havendo garantia de segurança do alimento para venda.

Para atingir um controle efetivo de processo, sugere-se que o controle de qualidade já aplicado seja acompanhado de um monitoramento estatístico contínuo do processo através de ferramentas de CEP no futuro, de maneira a reconhecer a ocorrência de causas especiais o mais rapidamente possível a fim de identificá-las, permitindo que decisões gerenciais possam ser tomadas para saná-las.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Servidor de arquivos**. ABAM, 2010. Disponível em: <[www.abam.com.br](http://www.abam.com.br)>. Acesso em: 07 set. 2020.

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Servidor de arquivos**. ABAM, 2019. Disponível em: <[www.abam.com.br](http://www.abam.com.br)>. Acesso em: 07 set. 2020.

AHA – American Heart Association. **Sodium and salt**. AHA, 2019. Disponível em <[www.heart.org](http://www.heart.org)>. Acesso em: 12 out. 2020.

ALLEM, A. C. **The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiceae)**. Genetic Resources and Crop Evolution, n. 41, p. 133-150, 1994.

ALVES, R. N. B.; JUNIOR, M. S. M.; CAMPOS, E. M. **Potencialidades da cultura da mandioca para a agricultura familiar do Pará**. Embrapa, 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882846/1/PotencialidadesCulturaMandioca.pdf>> Acesso em 27 out. 2020.

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of AOAC**. Gaithersburg: AOAC, 17<sup>a</sup> ed., 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO9001:2008: Sistemas de gestão da qualidade – requisitos**. Rio de Janeiro, 2008.

BARROS, G.S.C. **Melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial da mandioca no Estado de São Paulo**. São Paulo: Sebrae; Piracicaba: ESALQ/CEPEA, 2004.

BELLAR, T. A.; LICHTENBERG, J. J.; KRONER, R. C. **The occurrence of Organohalides in Chlorinated Drinking Waters**. Journal of the American Water Works Association, dec. 1974, p. 703-706.

BOULTON, R. **The relationship between total acidity, titratable acidity and pH in wine**. American Journal of Enology and Viticulture. Davis, v.31, n.3, p. 76-80, 1980.

BOVE, JR, G. E.; ROGERSON, P. A.; VENA, J. E. **Case-Control Study of the Effects of Trihalomethanes on Urinary Bladder Cancer Risk**. Archives of Environmental & Occupational Health, v. 62, n. 1, p. 39-47, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005: regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz da mandioca**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, seção 1, p. 5, dezembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Cultura; Ministério do Turismo, 2006. **Tapioca Patrimônio Cultural e Imaterial do Nordeste**. Disponível em <<http://www.turismo.gov.br/>>. Acesso em: 07 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, seção 1, p. 4, dezembro de 2011.

BREUNINGER, W. F.; PIYACHOMKWAN, K.; SCRIBOTH, K. **Tapioca/Cassava Starch: Production and Use**. Starch: Chemistry and Technology. Philadelphia: Elsevier, 3ª ed., 2009.

CAMILO, R. C.; FUJIMOTO, M. C. M.; LEITE, P. D.; PEREIRA, M. L. **Produção Industrial de Ácido Cítrico**. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, 2018.

CAMILO; R. C.; COSTA, K. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Armazenamento**. Rocha & Rocha Alimentos Ltda., Neves Paulista, r. 00, 2020b.

CAMILO; R. C.; COSTA, K. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Controle de Qualidade**. Rocha & Rocha Alimentos Ltda., Neves Paulista, r. 00, 2020e.

CAMILO; R. C.; COSTA, K. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Preparação de Produto - Tapioca**. Rocha & Rocha Alimentos Ltda., Neves Paulista, r. 02, 2020d.

CAMILO; R. C.; COSTA, K. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Potabilidade da Água**. Rocha & Rocha Alimentos Ltda., Neves Paulista, r. 04, 2020c.

CAMILO; R. C.; COSTA, K. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Seleção de Matérias-Primas e Embalagens**. Rocha & Rocha Alimentos Ltda., Neves Paulista, r. 00, 2020a.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S. **Aspectos agro-econômicos da cultura da mandioca: potencialidades e limitações**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, documentos, n. 86, 1999.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**. 2005. Dissertação Ciências Ambientais – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2005.

CECHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 2003.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. EMBRAPA, Documentos 276, 2010.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Produção e Consumo de Fécula de Mandioca no Brasil 2019**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 07 set. 2020.

CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. Série Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas, v.4. São Paulo: Fundação Cargill, p. 340, 2001,

COÊLHO, J. D. **Produção de mandioca: raiz, farinha e fécula**. Caderno Setorial ETENE, n. 48, p. 1-11, 2018.

COLEMAN, M. E.; TAMPLIN, M. L.; PHILLIPS, J. G.; MARMER, B. S. **Influence of agitation, inoculum density, pH, and strain on the growth parameters of *Escherichia coli* O157:H7—relevance to risk assessment**. International Journal of Food Microbiology, n. 83, p. 147-160, 2003.

COPASUL – Cooperativa Agrícola Sul Matogrossense. **Fécula de mandioca: muito além da tapioca**. COPASUL, 2015. Disponível em < [www.copasul.coop.br](http://www.copasul.coop.br)>. Acesso em: 12 out. 2020.

DENARDIN, C. C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos**. Dissertação Mestrado – Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DIAS, A R. G. **Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e da fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado**. Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2002.

EMBRAPA – **Mandioca: o pão do Brasil = Manioc, le pain du Brésil**. Brasília: Embrapa, 2005. 530p.

EXTERKOETTER, A. C.; HEINZ, K. L.; PESCHEL, L. T.; KOSLOWSKI, L. A. D.; NOGUEIRA, A. L. **Desenvolvimento de filtro a base de celulose microcristalina funcionalizada com nanopartículas de prata para desinfecção da água**. ABES, FENASAN, 2017.

FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J.; MORAES-DALLAQUA, M. A.; TANAMATI, F. Y.; AGUIAR, E. B. **Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo**. *Bragantia*, Campinas, n. 73, p. 357-364, 2014.

FLORES, S.; FAMÁ, L.; ROJAS, A. M.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. **Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate**. *Food Research International*, v. 40, p. 257-265, 2007.

HELBIG, E. **Efeitos do teor de amilose e da parboilização do arroz na formação de amido resistente e nos níveis glicêmico e lipêmico de ratos Wistar**. Tese Doutorado – Curso de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola em 2018. **Servidor de arquivos**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 set. 2020.

INGREDI. **Sorbic acid vs potassium sorbate**. INGREDI, 2018. Disponível em <www.ingredi.com>. Acesso em: 12 out. 2020.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. New York: Springer Science, 7<sup>th</sup> ed, 2005.

KONG, F.; SINGH, R. P.; **Disintegration of Solid Foods in Human Stomach**. Journal of Food Science, v. 73, n. 5, p. 67-80.

MARTINS, R. A. **Conceitos Básicos de Controle Estatístico da Qualidade**. São Carlos: EdUFSCar, 2015.

MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P. L. O. **Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização**. Gestão & Produção, v. 5, n. 3, 1998.

MINITAB, LLC. **Minitab Brochure**. Minitab, 2020. Disponível em <www.minitab.com>. Acesso em 12 out. 2020.

OECD. **Which countries export tapioca?**. The Observatory of Economic Complexity, 2018b. Disponível em: <oec.world>. Acesso em: 02 nov. 2020.

OECD. **Which countries import tapioca?**. The Observatory of Economic Complexity, 2018a. Disponível em: <oec.world>. Acesso em: 02 nov. 2020.

OLIVEIRA, J. O. A. P.; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C. A., PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; MUNIZ, A. S.; SAGRILO, E. **Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta, crantz*)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 25, p. 443-450, 2001.

PORETTI, M. **Quality control of water as raw material in the food industry**. Food Control, apr. 1990, p. 79-83.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice**. 3ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2012, p. 1-8.

ROMANO, V. P.; CÁ, J. F. **Mandioca, macaxeira e aipim na Região Sudeste do Brasil: distribuição diatópica e comentários geolinguísticos dos informantes**. Revista Moana, n. 55, p. 109-128, jan-jul 2020.

ROSA NETO, C.; MARCOLAN, A. L. **Estudo exploratório acerca do comportamento de consumo de mandioca e derivados no Brasil, com ênfase na Região Norte**. SOBER, n. 48, 2010.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Elsevier. 1ª ed., 2009.

SEAB/DERAL, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural. **Prognóstico Mandioca**. Arquivo Governo Estadual do Paraná, 2018. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em 01 nov. 2020.

SEBRAE. **Cinco tendências no mercado de alimentação saudável**. Sebrae, 2019. Disponível em: <[www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SEBRAE. **Definição de porte de estabelecimentos segundo o número de empregados**. Anuário do trabalho na micro e pequena empresa, p. 17, 2013.

SIDDIQUE, A.; SAIED, S.; MUMTAZ, M.; HUSSAIN, M. M.; KHWAJA, H. A. **Multipathways human health risk assessment of trihalomethane exposure through drinking water**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 116, p. 129-136, 2015.

SILVA, P. A. **Estudo do processamento e da qualidade física, físico-química e sensorial da farinha de tapioca**. Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, UFPA, Belém, 2010.

SOFOS, J. N.; BUSTA, F. F. **Antimicrobial Activity of Sorbate**. Journal of Food Protection, v. 44, n. 8, p. 614-622, 1981.

SOFOS, J. N.; BUSTA, F. F.; ALLEN, C. E. **Influence of pH on *Clostridium botulinum* control by sodium nitrite and sorbic acid in chicken emulsions.** Journal of Food Science, v. 45, p. 7-12.

SOUZA, L. M.; CORREIA, K. C.; SANTOS, A. M. G.; BARRETO, L. P.; BEZERRA NETO, E. **Comparação de metodologias de análise de pH e acidez titulável em polpa de melão.** JEPEX, 2010.

TANGPHATSORNRUANG, S.; NACONSIE, M.; THAMMARONGTHAM, C.; NARANGAJAVANA, J. **Isolation and characterization of an  $\alpha$ -amylase gene in cassava (*Manihot esculenta*).** Plant Physiology and Biochemistry, Paris, v. 43, n. 9, p. 821-827, 2005.

TEIXEIRA, L. V. **Análise Sensorial na Indústria de Alimentos.** Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. **Swelling and gelatinization of starches. Effects of amylopectins, amyloses and lipids.** Cereal Chemistry, St. Paul, v. 67, n. 6, p. 551-557, 1990.

WHO – World Health Organization. **Guideline: fortification of food-grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders.** WHO, 2014. Disponível em <[apps.who.int/iris/handle/10665/136908](https://apps.who.int/iris/handle/10665/136908)>. Acesso em: 12 out. 2020.

WORLEY, J. L. **Evaluation of Dechlorinating Agents and Disposable Containers for Odor Testing of Drinking Water.** Master of Science in Environmental Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2000.

WUTTISELA, K.; SHOBSNGOB, S.; TRIAMPO, W.; TRIAMPO, D. **Amylose/amylopectin simple determination in acid hydrolyzed tapioca starch.** Journal of the Chilean Chemical Society, v. 53, n. 3, p. 1565-1567, 2008.

## APÊNDICE A

Resultados brutos das análises realizadas no período de 31 de agosto a 11 de setembro de 2020. A letra C nas colunas de liga no preparo, cor, sabor e odor indicam amostras conformes, isto é, de acordo com a especificação.

**Tabela A.1. Dados obtidos no dia 31 de agosto.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	06:50	28,23	4,3	2	C	C	C	C
2	08:08	30,5	4,18	2,1	C	C	C	C
3	08:22	27,36	4,2	2	C	C	C	C
4	08:50	29,6	4,39	2,3	C	C	C	C
5	09:05	26,7	4,4	2,5	C	C	C	C
6	09:26	30,31	4,37	2,1	C	C	C	C
7	09:44	27,1	4,38	2	C	C	C	C
8	10:10	26,79	4,36	2,1	C	C	C	C
9	10:40	30,8	4,22	2,5	C	C	C	C
10	10:58	26,83	4,23	2,5	C	C	C	C
11	11:37	27,5	4,22	2,5	C	C	C	C
12	11:55	28,5	4,27	2,6	C	C	C	C
13	12:16	27,77	4,3	2,7	C	C	C	C
14	12:35	27,05	4,22	2,4	C	C	C	C
15	12:58	32,09	4,3	2,2	C	C	C	C
16	13:22	26,31	4,21	2,6	C	C	C	C
17	13:46	27,43	4,27	2,5	C	C	C	C
18	14:14	27,32	4,22	2,6	C	C	C	C
19	14:33	27,34	4,24	2,6	C	C	C	C
20	14:52	31,08	4,18	2,4	C	C	C	C

**Tabela A.1. Conclusão.**

21	15:10	29,81	4,15	2,6	C	C	C	C
22	15:31	29,79	4,2	2,5	C	C	C	C
23	15:48	28,02	4,23	2,6	C	C	C	C
24	16:08	26,86	4,3	2,3	C	C	C	C
25	16:43	25,56	4,31	2,2	C	C	C	C
26	17:00	26,32	4,28	2,3	C	C	C	C
27	17:20	28,1	4,22	2,1	C	C	C	C
28	17:40	28,65	4,27	2,4	C	C	C	C
29	18:01	28,52	4,3	2,4	C	C	C	C
30	18:25	28,01	4,29	2,3	C	C	C	C
31	18:45	28,78	4,21	2,3	C	C	C	C
32	19:03	28,5	4,25	2,2	C	C	C	C
33	19:22	27,95	4,23	2,4	C	C	C	C
34	19:42	28,35	4,25	2,4	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.2. Dados obtidos no dia 01 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	06:53	34,7	4,38	1,8	C	C	C	C
2	07:25	29,43	4,37	1,8	C	C	C	C
3	07:45	32,03	4,34	2	C	C	C	C
4	08:07	30,75	4,25	2,3	C	C	C	C
5	08:26	31,83	4,2	2,5	C	C	C	C
6	08:48	28,51	4,3	2,7	C	C	C	C
7	09:11	26,93	4,22	2,8	C	C	C	C
8	09:31	29,7	4,31	2,4	C	C	C	C
9	09:48	30,5	4,26	2,7	C	C	C	C
10	10:14	29,53	4,33	2,5	C	C	C	C

**TabelaA.2. Conclusão.**

11	10:34	24,92	4,23	2,6	C	C	C	C
12	10:52	30,99	4,29	2,6	C	C	C	C
13	11:10	29,75	4,18	2,9	C	C	C	C
14	11:31	27,3	4,29	2,9	C	C	C	C
15	11:48	27,6	4,18	2,9	C	C	C	C
16	12:07	29,82	4,25	2,9	C	C	C	C
17	12:27	29,12	4,19	2,5	C	C	C	C
18	12:49	28,1	4,3	2,3	C	C	C	C
19	13:15	27,77	4,2	2,5	C	C	C	C
20	13:35	30	4,19	2,3	C	C	C	C
21	13:57	25,91	4,21	2,7	C	C	C	C
22	14:16	26,99	4,33	2,6	C	C	C	C
23	14:43	27,57	4,22	2,8	C	C	C	C
24	15:02	27,1	4,33	2,5	C	C	C	C
25	15:22	27,5	4,39	2,3	C	C	C	C
26	15:41	27,3	4,29	2,2	C	C	C	C
27	16:00	29	4,22	2,3	C	C	C	C
28	16:22	31,12	4,19	2,2	C	C	C	C
29	17:40	27,03	4,2	2,3	C	C	C	C
30	17:57	28,28	4,29	2,2	C	C	C	C
31	18:18	27,47	4,21	2,8	C	C	C	C
32	18:45	29,79	4,23	2,7	C	C	C	C
33	19:11	31,72	4,2	2,5	C	C	C	C
34	19:28	31,19	4,23	2,6	C	C	C	C
35	19:45	29,33	4,25	2,3	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.3. Dados obtidos no dia 02 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	06:52	30,47	4,39	1,8	C	C	C	C
2	07:12	27,96	4,38	1,7	C	C	C	C
3	07:32	28,25	4,24	2,4	C	C	C	C
4	08:02	33,16	4,31	2,2	C	C	C	C
5	08:23	30,68	4,3	2,2	C	C	C	C
6	08:48	30,58	4,28	2,5	C	C	C	C
7	09:03	30,76	4,24	2,7	C	C	C	C
8	09:24	30,02	4,3	2,4	C	C	C	C
9	09:44	25,69	4,16	2,8	C	C	C	C
10	10:05	30,91	4,29	2,7	C	C	C	C
11	10:31	26,66	4,24	2,7	C	C	C	C
12	10:54	27,1	4,28	2,4	C	C	C	C
13	11:13	28,35	4,21	2,6	C	C	C	C
14	11:32	26,75	4,28	2,6	C	C	C	C
15	11:50	28,3	4,13	2,9	C	C	C	C
16	12:13	28,88	4,3	2,3	C	C	C	C
17	12:33	26,47	4,29	2,3	C	C	C	C
18	12:55	32,33	4,23	2,4	C	C	C	C
19	13:14	28,83	4,27	2,3	C	C	C	C
20	13:35	29,95	4,29	2,3	C	C	C	C
21	14:01	28,89	4,24	2,6	C	C	C	C
22	14:19	28,74	4,26	2,5	C	C	C	C
23	14:40	27,99	4,17	2,6	C	C	C	C
24	15:00	30,69	4,26	2,5	C	C	C	C
25	15:22	33,47	4,18	2,7	C	C	C	C
26	15:44	27,4	4,22	2,6	C	C	C	C

**TabelaA.3. Conclusão.**

27	16:15	27,8	4,25	2,4	C	C	C	C
28	16:30	29,1	4,23	2,6	C	C	C	C
29	16:53	26,99	4,19	2,5	C	C	C	C
30	17:20	27,36	4,2	2,5	C	C	C	C
31	17:35	27,1	4,19	2,4	C	C	C	C
32	17:47	26,9	4,18	2,3	C	C	C	C
33	18:06	29,01	4,19	2,5	C	C	C	C
34	18:30	27,1	4,23	2,4	C	C	C	C
35	18:47	27,31	4,21	2,5	C	C	C	C
36	19:10	27,39	4,29	2,4	C	C	C	C
37	19:30	29,7	4,3	2,3	C	C	C	C
38	19:58	28,3	4,29	2,1	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.4. Dados obtidos no dia 03 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	07:23	32,84	4,35	1,8	C	C	C	C
2	07:55	31,96	4,38	1,8	C	C	C	C
3	08:15	29,34	4,21	2,5	C	C	C	C
4	08:35	31,81	4,33	2,3	C	C	C	C
5	08:54	26,52	4,11	2,8	C	C	C	C
6	09:14	25,51	4,32	2,5	C	C	C	C
7	09:35	25,34	4,25	2,4	C	C	C	C
8	09:55	30,14	4,34	2,3	C	C	C	C
9	10:19	31,35	4,16	2,7	C	C	C	C



**TabelaA.4. Conclusão.**

10	10:38	30,02	4,32	2,4	C	C	C	C
11	10:59	27,78	4,25	2,6	C	C	C	C
12	11:20	26,49	4,31	2,3	C	C	C	C
13	11:42	27,54	4,17	2,3	C	C	C	C
14	12:03	28,47	4,33	2,3	C	C	C	C
15	12:22	30,52	4,18	2,7	C	C	C	C
16	12:48	26	4,33	2,5	C	C	C	C
17	13:06	30,52	4,2	2,6	C	C	C	C
18	13:25	30,15	4,34	2,4	C	C	C	C
19	13:50	31,88	4,26	2,5	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.5. Dados obtidos no dia 04 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	07:30	32,54	4,28	1,9	C	C	C	C
2	08:04	29,76	4,4	1,6	C	C	C	C
3	08:26	31,79	4,26	2	C	C	C	C
4	08:44	30,56	4,4	1,8	C	C	C	C
5	09:06	29,29	4,24	2,6	C	C	C	C
6	09:27	27,07	4,36	2,3	C	C	C	C
7	09:46	26,52	4,26	2,7	C	C	C	C
8	10:10	26,26	4,32	2,4	C	C	C	C
9	10:31	28,44	4,24	2,7	C	C	C	C
10	10:48	30,01	4,36	2,5	C	C	C	C
11	11:37	33,34	4,29	2,4	C	C	C	C

**TabelaA.5. Conclusão.**

12	11:52	31,11	4,39	2,4	C	C	C	C
13	12:17	30,15	4,33	2,3	C	C	C	C
14	12:37	26,76	4,28	2,4	C	C	C	C
15	13:24	27,8	4,36	2,5	C	C	C	C
16	13:39	27,55	4,28	2,5	C	C	C	C
17	14:25	29,15	4,35	2,4	C	C	C	C
18	15:00	29,38	4,33	2,7	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.6. Dados obtidos no dia 08 de setembro.**

Batelada	Hora	Umidade (%)	pH	Acidez (mL)	Liga no Preparo	Cor	Sabor	Odor
1	07:28	31,58	4,38	1,6	C	C	C	C
2	08:20	33,9	4,38	1,8	C	C	C	C
3	08:42	32,5	4,25	1,8	C	C	C	C
4	09:00	28,1	4,23	2,5	C	C	C	C
5	09:20	28,11	4,19	2,6	C	C	C	C
6	09:40	32,85	4,25	2,5	C	C	C	C
7	10:00	28,16	4,23	2,6	C	C	C	C
8	10:28	29,98	4,23	2,6	C	C	C	C
9	12:49	30,13	4,27	2,6	C	C	C	C
10	13:09	27,51	4,29	2,8	C	C	C	C
11	13:29	28,65	4,25	2,6	C	C	C	C
12	13:55	26,33	4,34	2,4	C	C	C	C
13	14:15	28,15	4,21	2,5	C	C	C	C
14	14:49	27,65	4,3	2,6	C	C	C	C
15	15:11	28,1	4,27	2,7	C	C	C	C

**Tabela A.7. Dados obtidos no dia 09 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	07:14	32,48	4,4	1,5	C	C	C	C
2	07:45	28,62	4,4	1,6	C	C	C	C
3	08:04	29,07	4,23	2,4	C	C	C	C
4	08:24	31,38	4,31	2,1	C	C	C	C
5	08:45	29,26	4,18	2,6	C	C	C	C
6	09:05	28,08	4,24	2,4	C	C	C	C
7	09:43	27,72	4,35	2,7	C	C	C	C
8	10:01	31,86	4,38	2,4	C	C	C	C
9	10:20	28,38	4,22	2,4	C	C	C	C
10	12:44	30,59	4,38	2,2	C	C	C	C
11	13:09	27,08	4,23	2,5	C	C	C	C
12	13:30	25,71	4,31	2,4	C	C	C	C
13	14:00	25,25	4,13	2,6	C	C	C	C
14	14:20	26,7	4,23	2,5	C	C	C	C
15	14:44	28,5	4,11	2,8	C	C	C	C
16	15:04	29,37	4,25	2,5	C	C	C	C
17	15:28	27,51	4,3	2,4	C	C	C	C
18	15:49	29,75	4,19	2,3	C	C	C	C
19	16:11	28,58	4,18	2,5	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.8. Dados obtidos no dia 10 de setembro.**

<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	07:13	32,25	4,33	1,7	C	C	C	C
2	07:50	31,09	4,29	1,8	C	C	C	C
3	08:13	29,83	4,06	2,5	C	C	C	C
4	08:34	28,05	4,24	2,1	C	C	C	C
5	09:17	32,12	4,17	2,4	C	C	C	C
6	09:38	28,85	4,22	2,4	C	C	C	C
7	09:58	27,89	4,19	2,5	C	C	C	C
8	10:20	27,68	4,19	2,4	C	C	C	C
9	10:40	26,38	4,1	2,5	C	C	C	C
10	12:58	29,28	4,23	2,3	C	C	C	C
11	13:18	29,23	4,17	2,6	C	C	C	C
12	13:38	25,73	4,25	2,5	C	C	C	C
13	14:00	27,54	4,13	2,7	C	C	C	C
14	14:20	29,38	4,23	2,5	C	C	C	C
15	14:52	27,87	4,19	2,3	C	C	C	C
16	15:15	28,3	4,23	2	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

**Tabela A.9. Dados obtidos no dia 11 de setembro.**

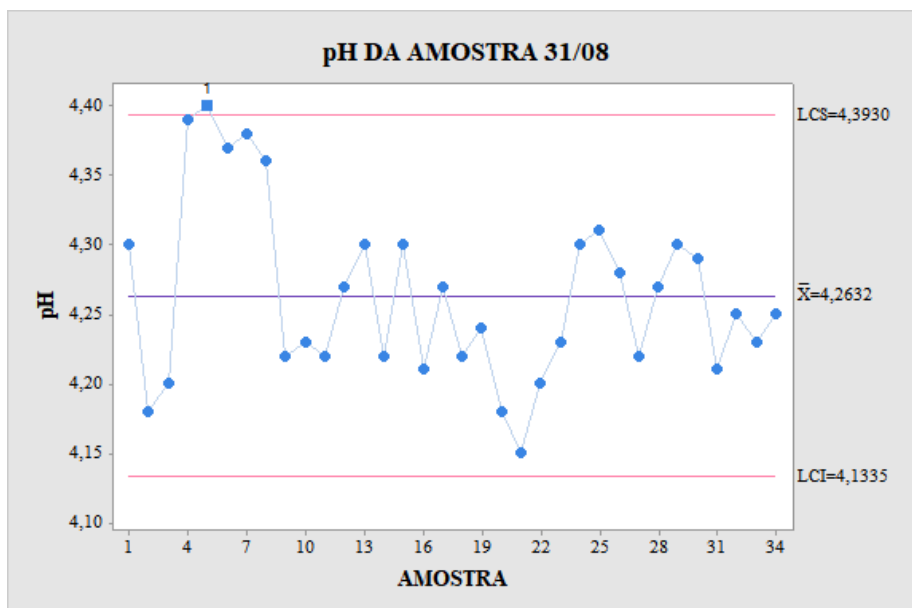
<b>Batelada</b>	<b>Hora</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (mL)</b>	<b>Liga no Preparo</b>	<b>Cor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Odor</b>
1	07:15	31,4	4,29	1,7	C	C	C	C
2	08:30	29,13	4,28	1,8	C	C	C	C
3	08:50	30,74	4,2	2,4	C	C	C	C
4	09:09	31,24	4,25	2,3	C	C	C	C
5	09:30	31,82	4,18	2,7	C	C	C	C
6	09:51	27,67	4,24	2,4	C	C	C	C
7	10:14	27,77	4,17	2,8	C	C	C	C
8	10:34	27,5	4,21	2,6	C	C	C	C
9	12:39	27,32	4,22	2,7	C	C	C	C
10	12:59	27,77	4,29	2,5	C	C	C	C
11	13:27	28,22	4,3	2,3	C	C	C	C
12	13:55	26,21	4,24	2,3	C	C	C	C
13	14:10	27,66	4,25	2,5	C	C	C	C
14	14:41	27,1	4,29	2,6	C	C	C	C
15	15:18	27,3	4,27	2,5	C	C	C	C

**Fonte:** a autora, 2020.

## APÊNDICE B

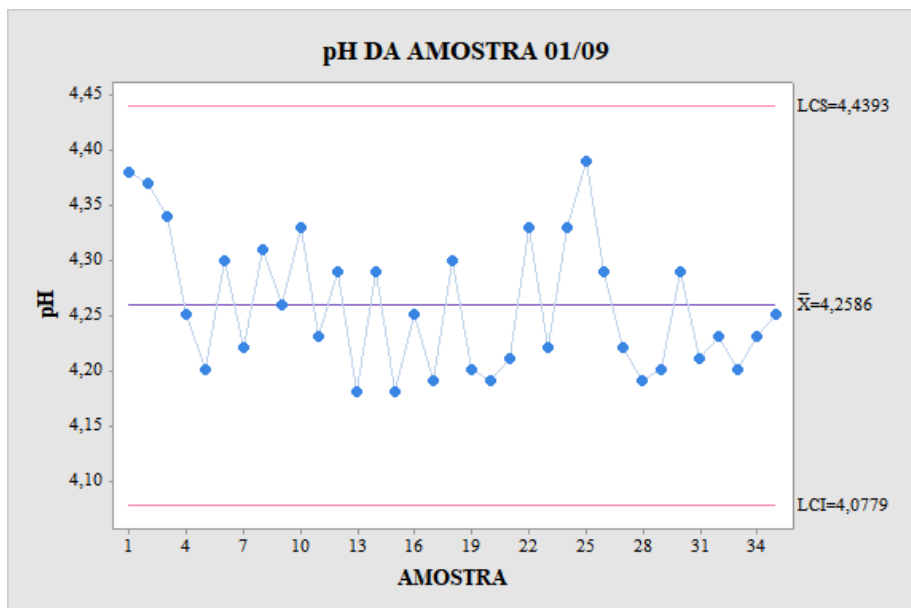
Gráficos de controle do tipo Xi da variável pH da tapioca elaborados a partir dos dados obtidos nas análises realizadas no período de 31 de agosto de 2020 e 11 de setembro de 2020.

**Figura B.1. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 31/08**



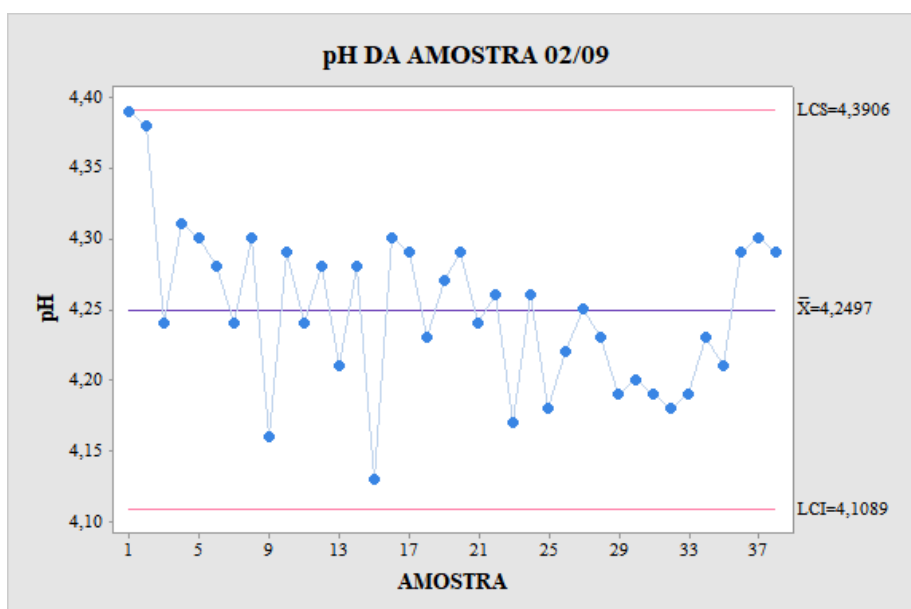
**Fonte:** a autora, 2020.

**Figura B.2. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 01/09**



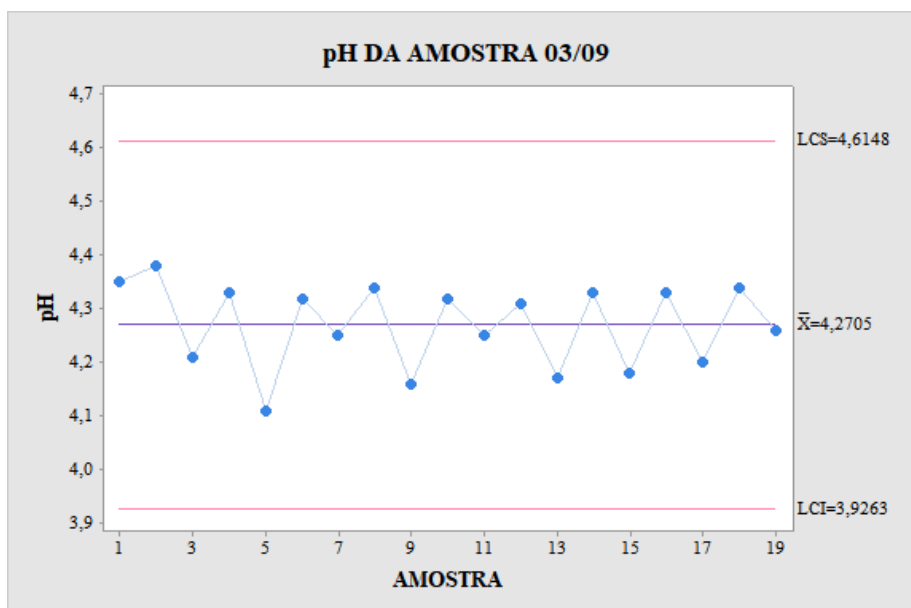
Fonte: a autora, 2020.

**Figura B.3. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 02/09**



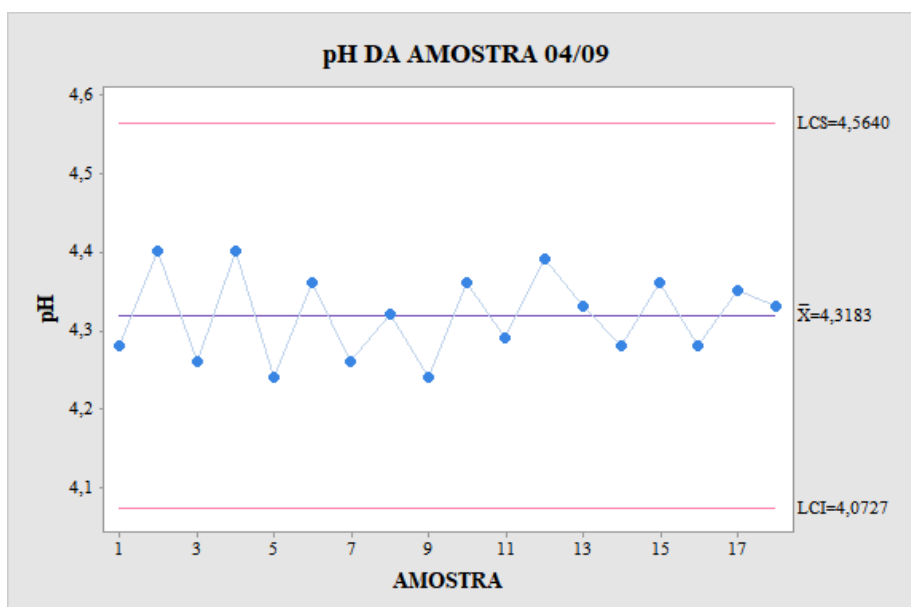
Fonte: a autora, 2020.

**Figura B.3. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 03/09**



Fonte: a autora, 2020.

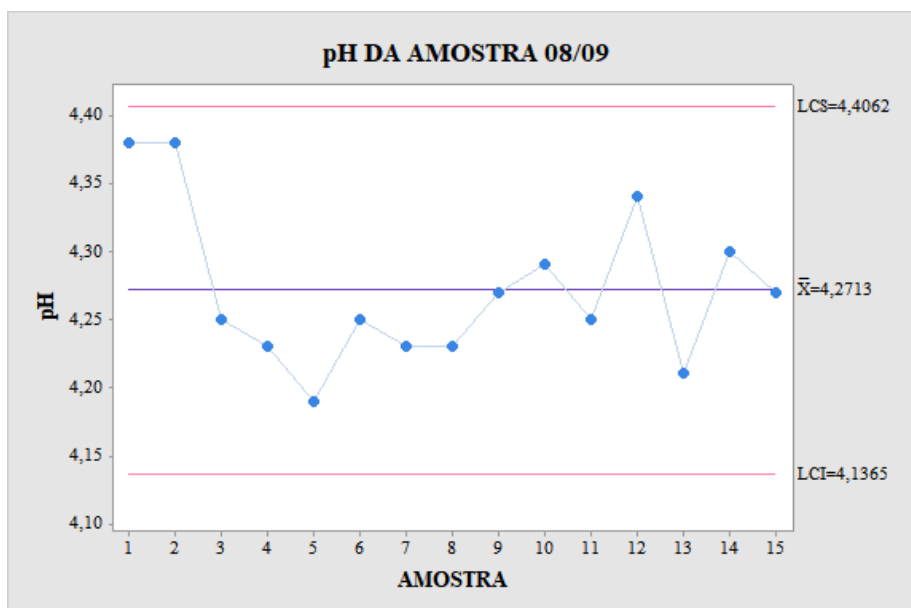
**Figura B.5. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 04/09**



Fonte: a autora, 2020.

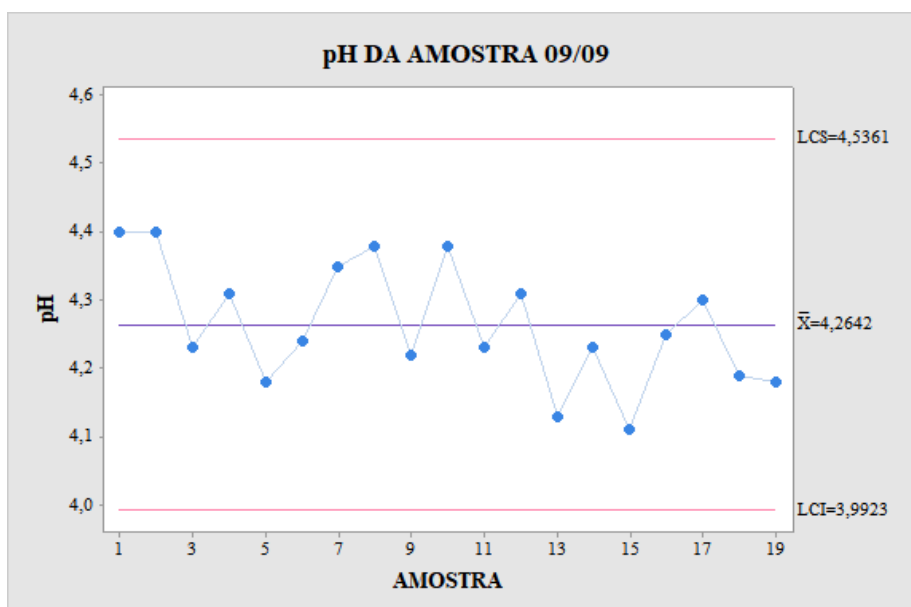


**Figura B.6. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 08/09**



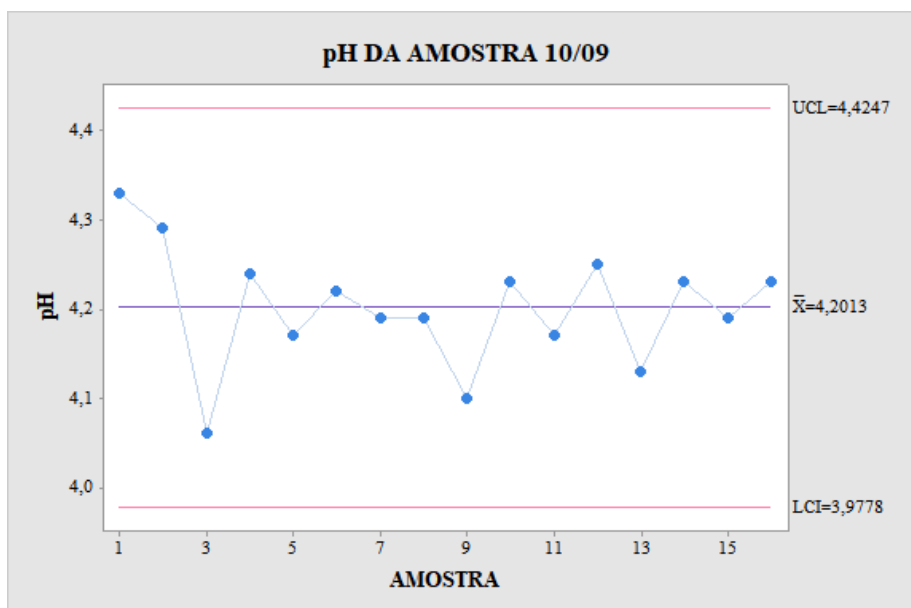
Fonte: a autora, 2020.

**Figura B.7. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 09/09**



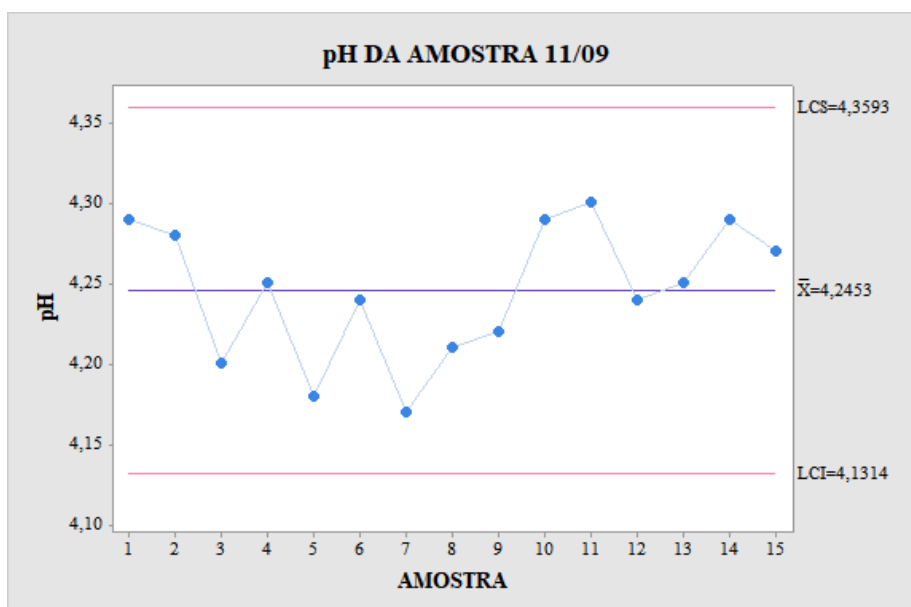
Fonte: a autora, 2020.

**Figura B.8. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 10/09**



Fonte: a autora, 2020.

**Figura B.9. Gráfico de controle Xi para a variável pH em 11/09**

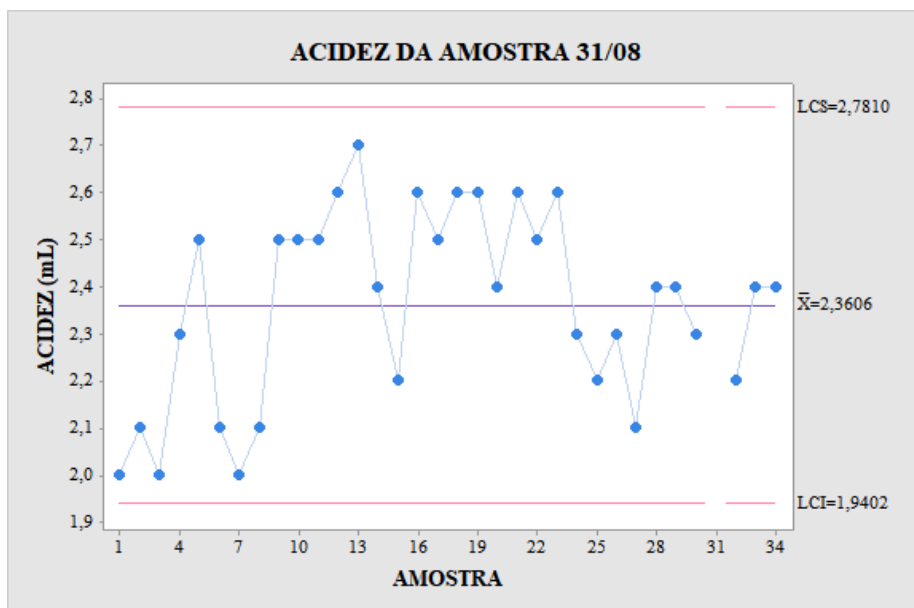


Fonte: a autora, 2020.

## APÊNDICE C

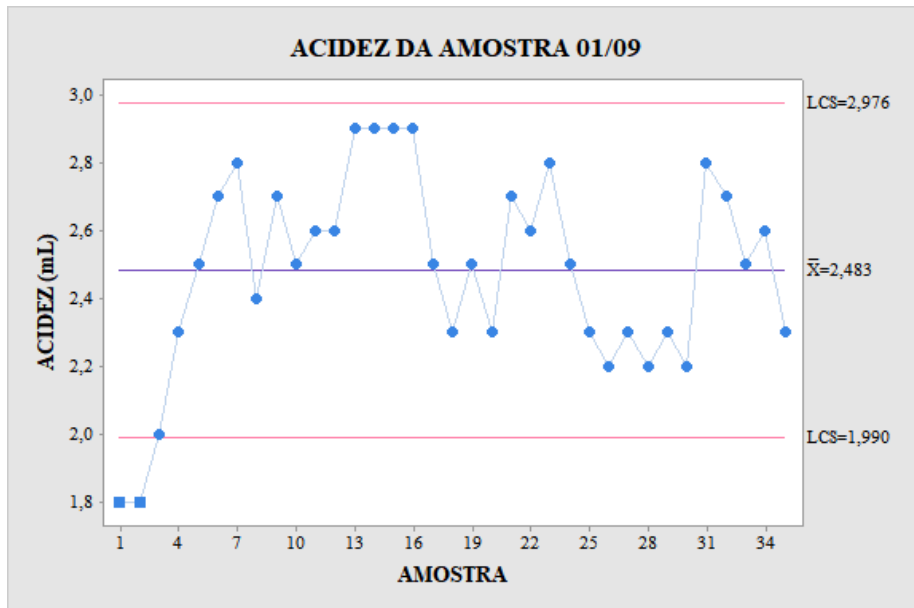
Gráficos de controle do tipo Xi da variável acidez da tapioca elaborados a partir dos dados obtidos nas análises realizadas no período de 31 de agosto de 2020 e 11 de setembro de 2020.

**Figura C.1. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 31/08**



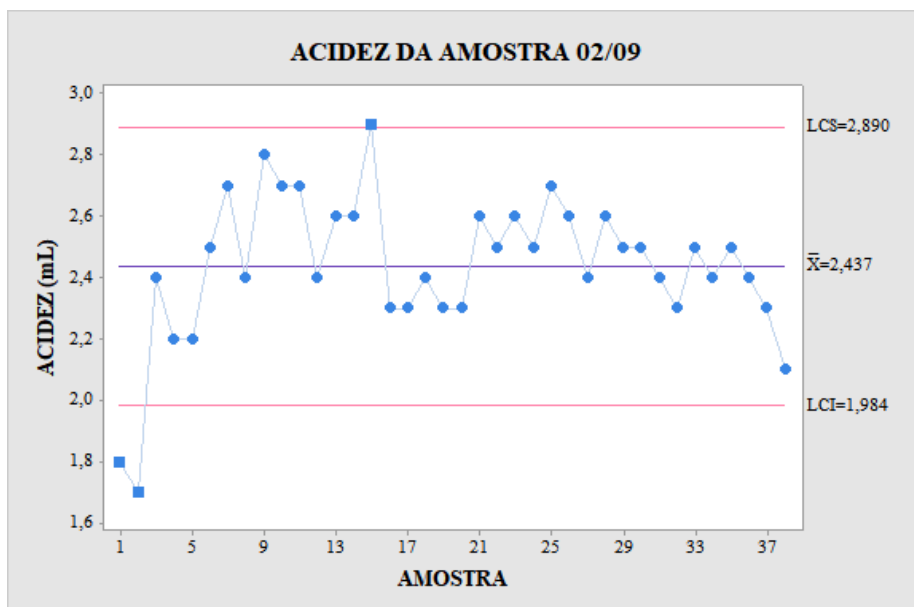
Fonte: a autora, 2020.

**Figura C.2. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 01/09**



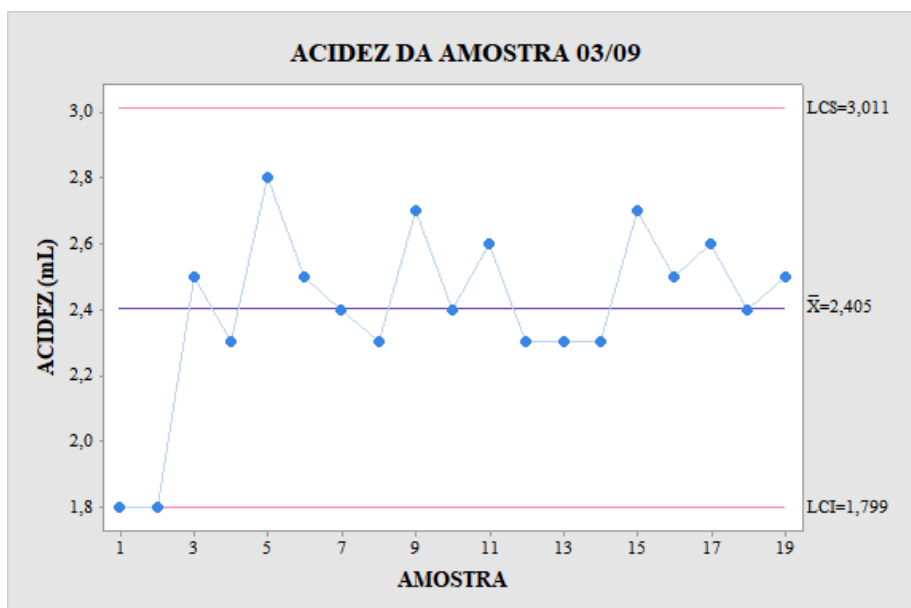
Fonte: a autora, 2020.

**Figura C.3. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 02/09**



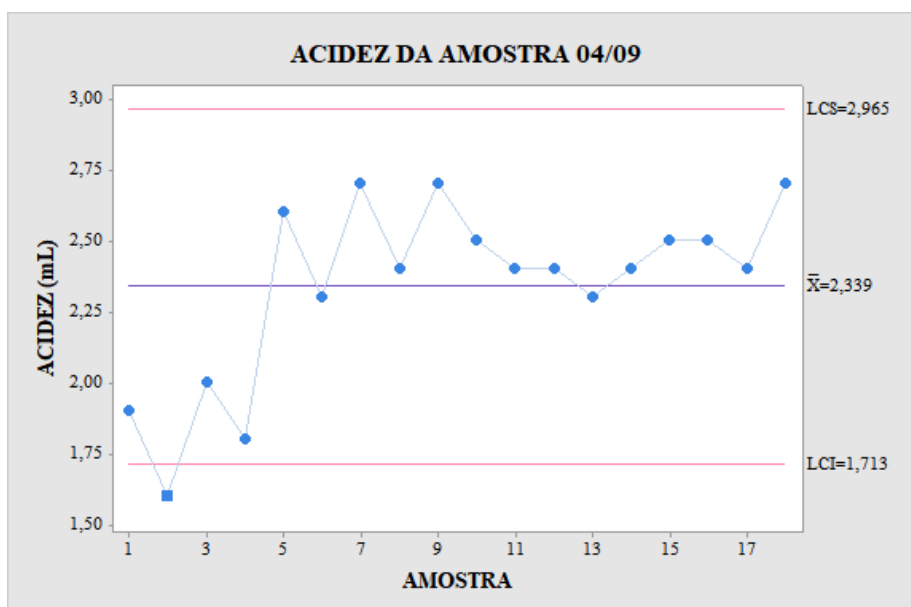
Fonte: a autora, 2020.

Figura C.3. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 03/09



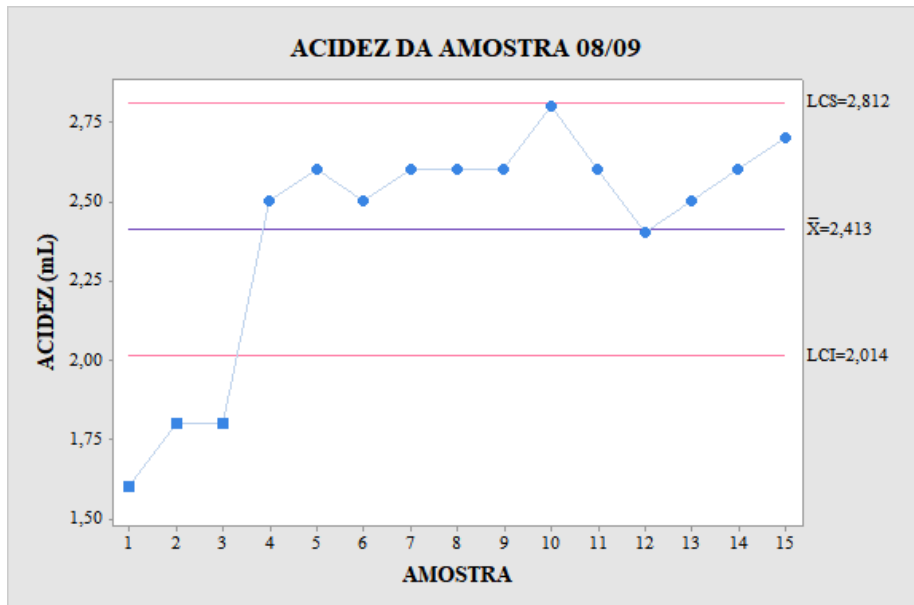
Fonte: a autora, 2020.

Figura C.5. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 04/09



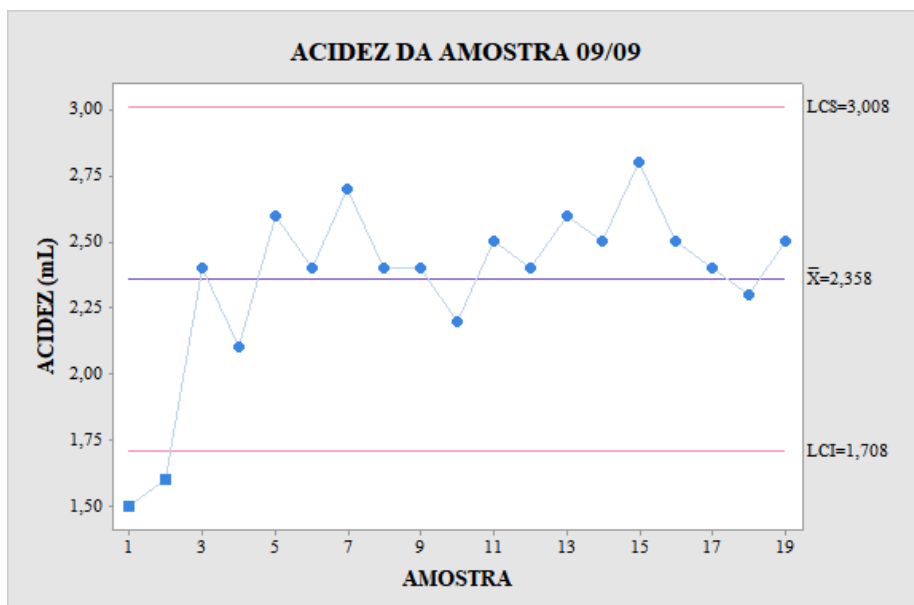
Fonte: a autora, 2020.

Figura C.6. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 08/09



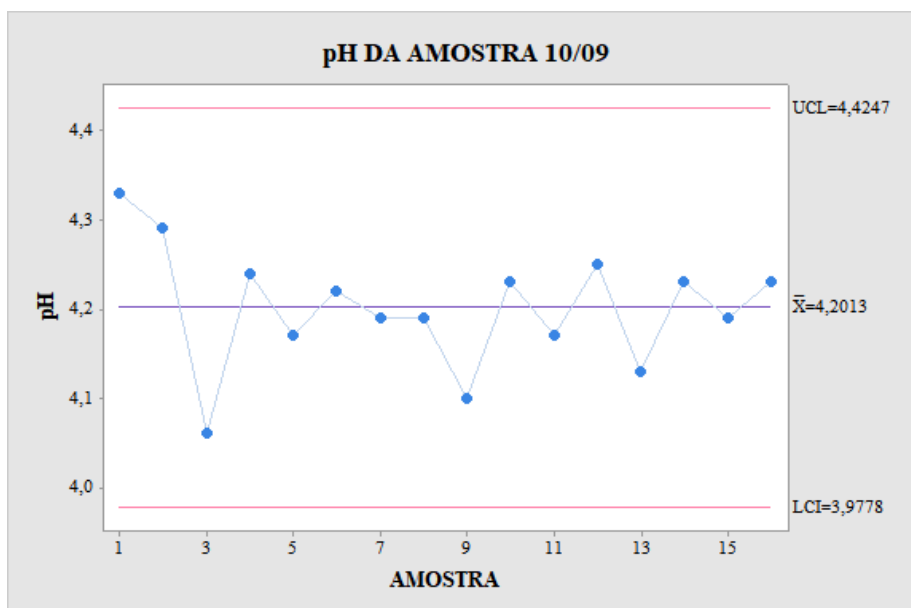
Fonte: a autora, 2020.

Figura C.7. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 09/09



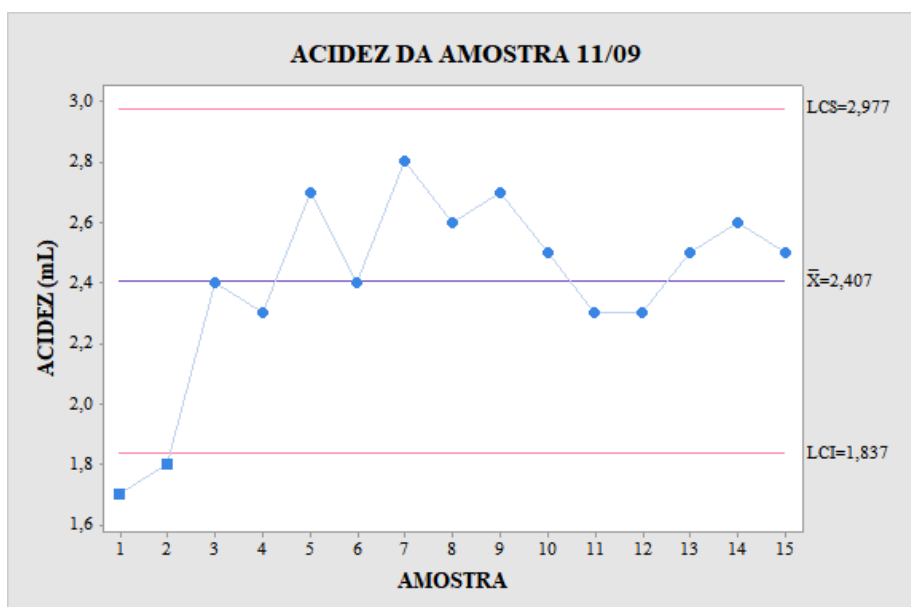
Fonte: a autora, 2020.

Figura C.8. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 10/09



Fonte: a autora, 2020.

Figura C.9. Gráfico de controle Xi para a variável acidez em 11/09

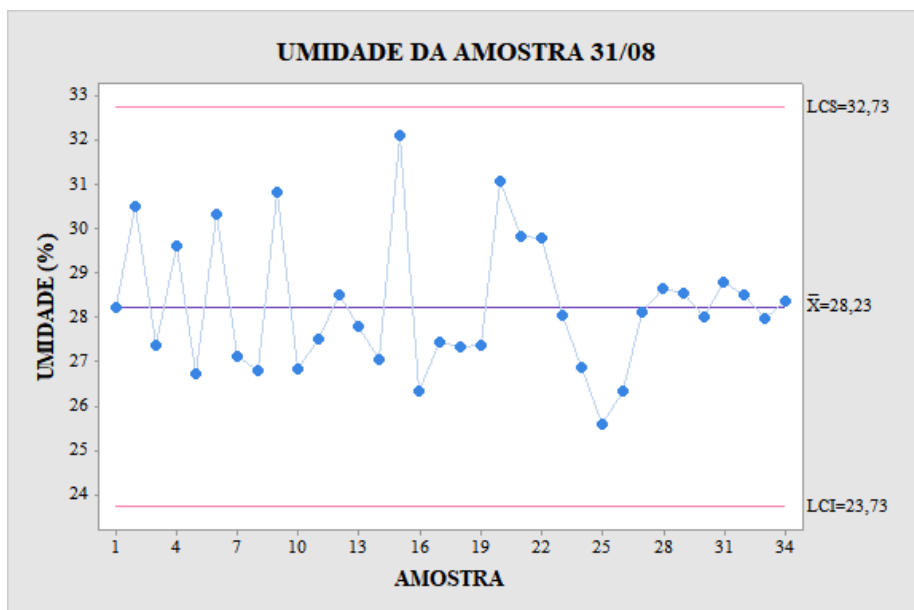


Fonte: a autora, 2020.

## APÊNDICE D

Gráficos de controle do tipo Xi da variável umidade da tapioca elaborados a partir dos dados obtidos nas análises realizadas no período de 31 de agosto de 2020 e 11 de setembro de 2020.

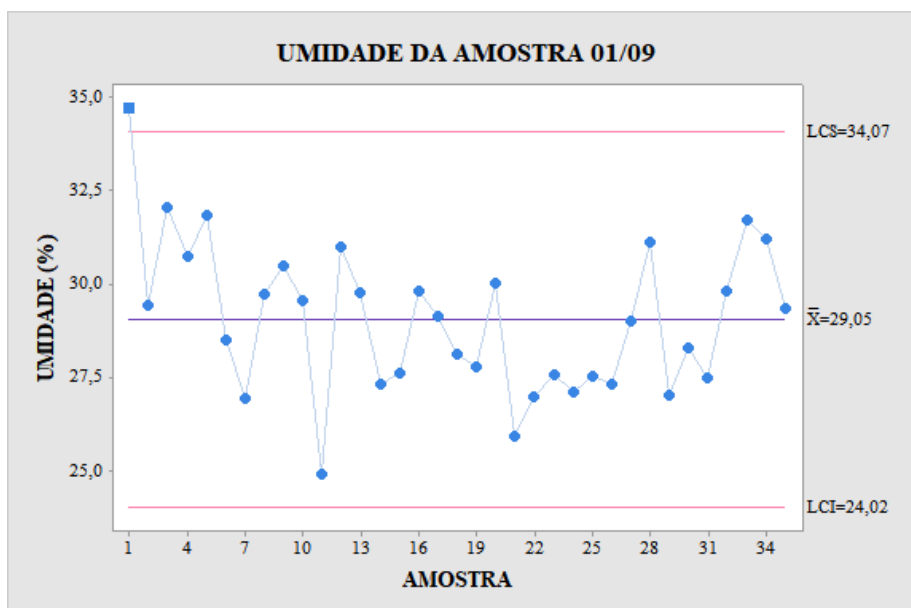
**Figura D.1. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 31/08**



Fonte: a autora, 2020.

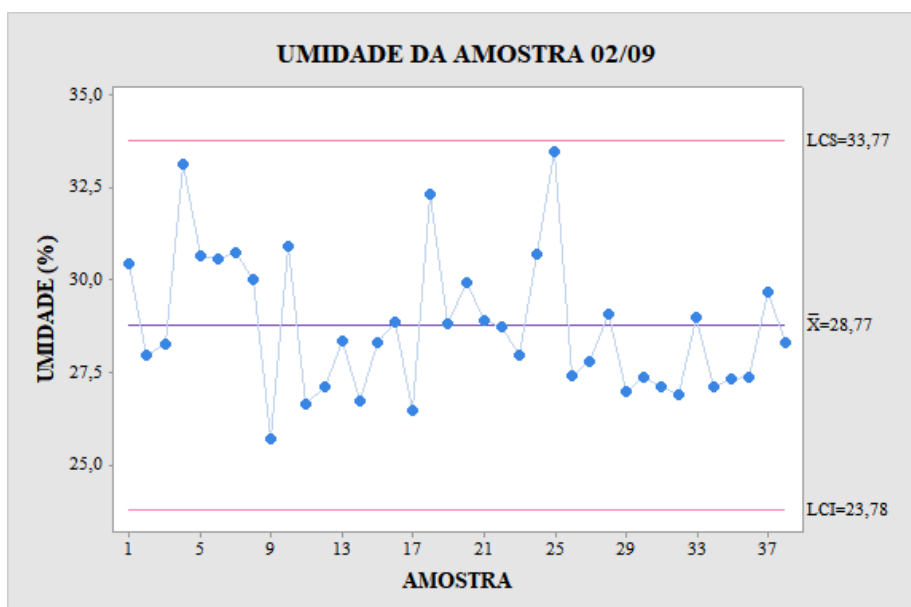


**Figura D.2. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 01/09**



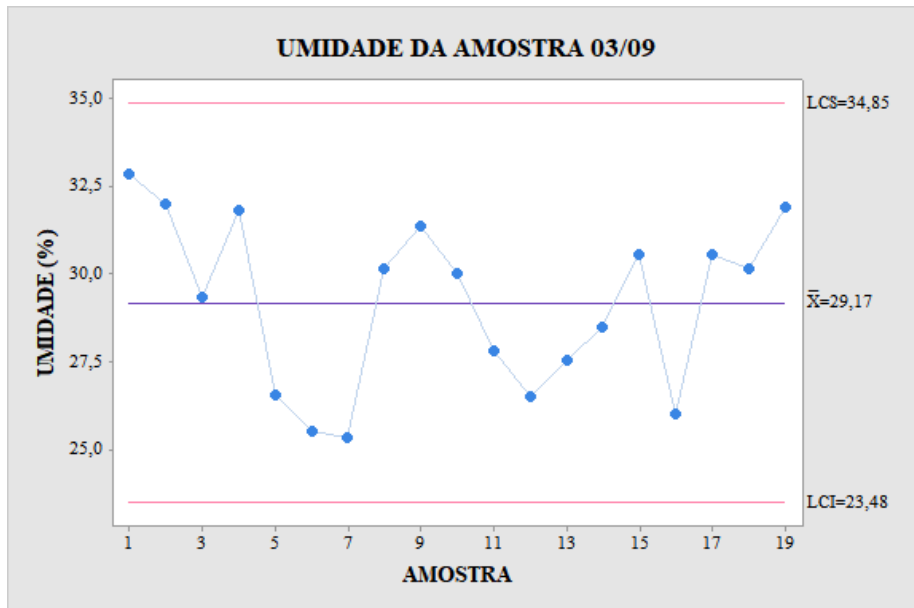
Fonte: a autora, 2020.

**Figura D.3. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 02/09**



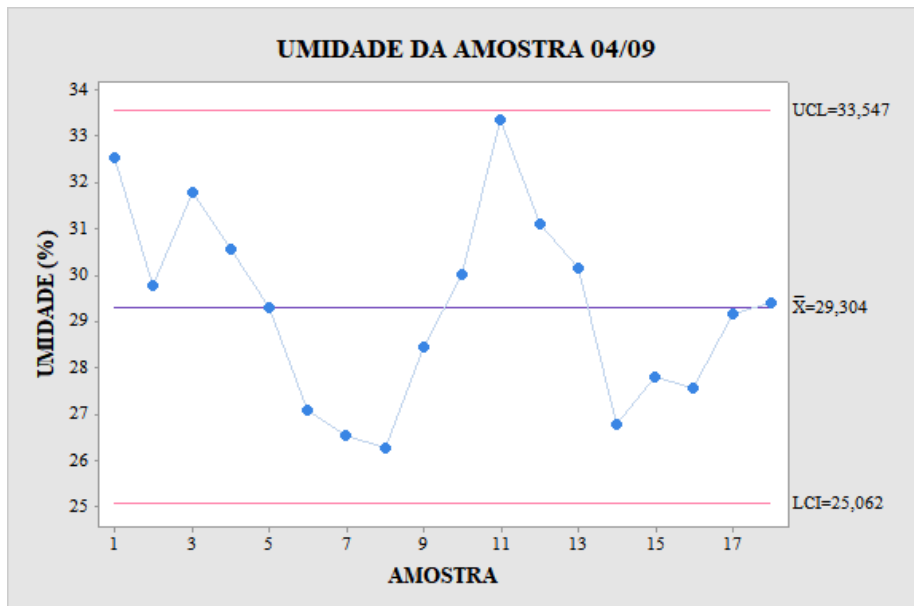
Fonte: a autora, 2020.

Figura D.3. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 03/09



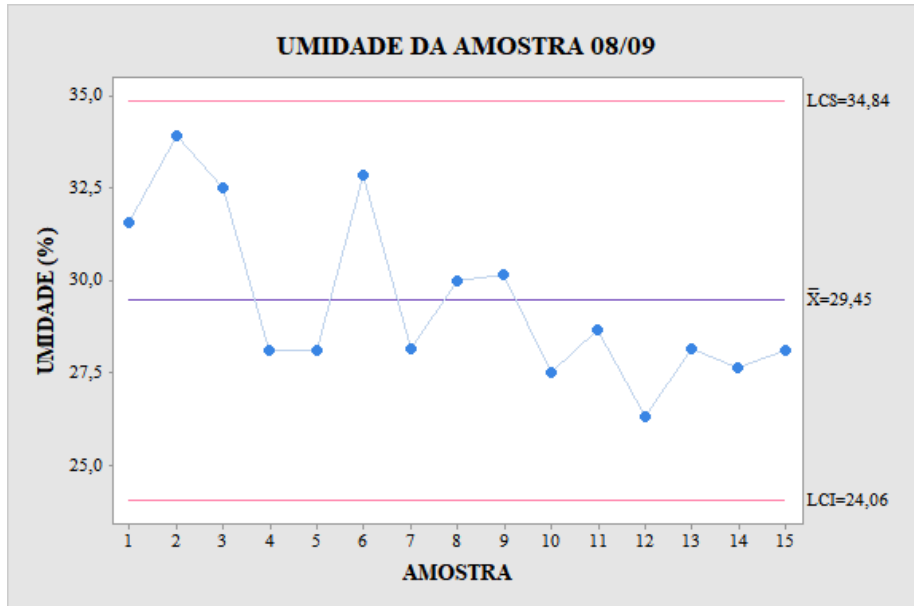
Fonte: a autora, 2020.

Figura D.5. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 04/09



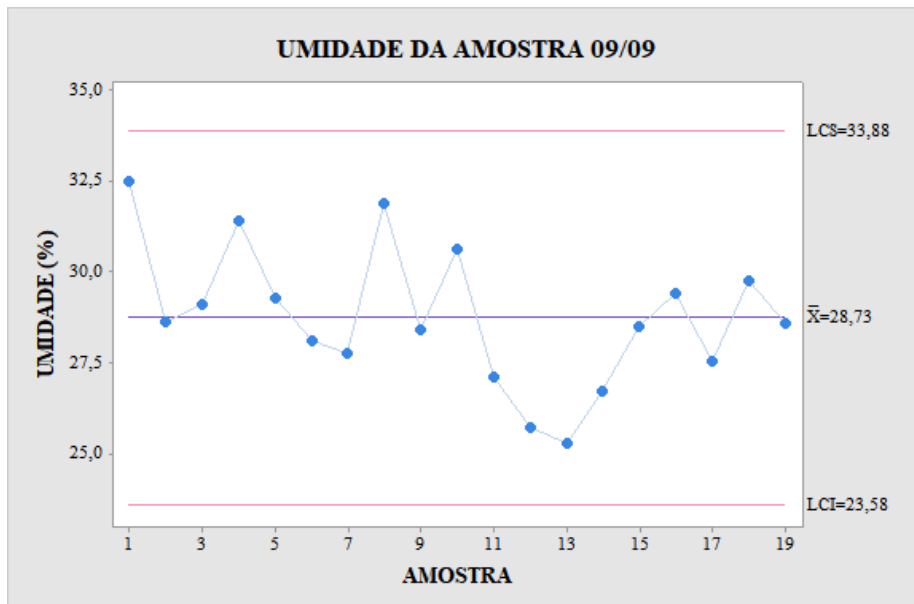
Fonte: a autora, 2020.

**Figura D.6. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 08/09**



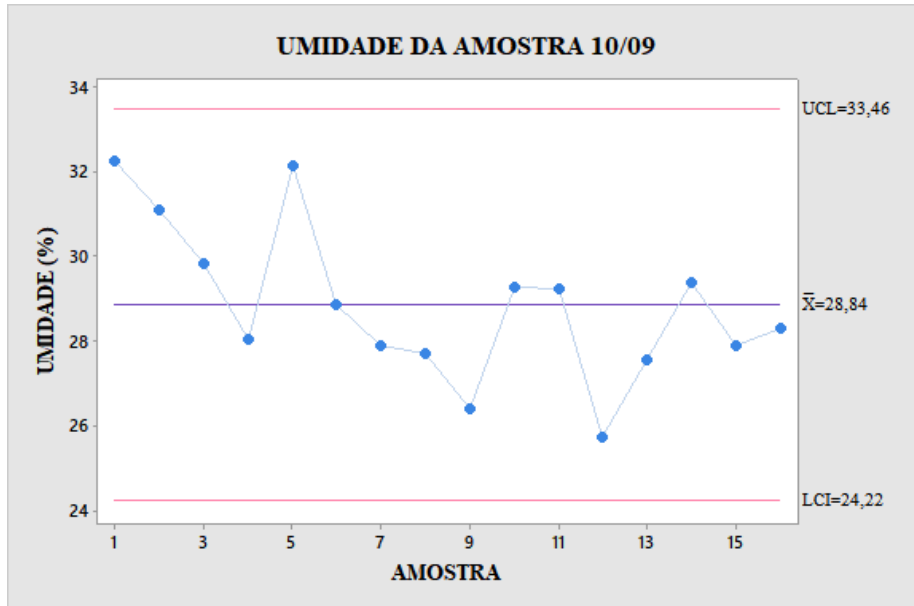
Fonte: a autora, 2020.

**Figura D.7. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 09/09**



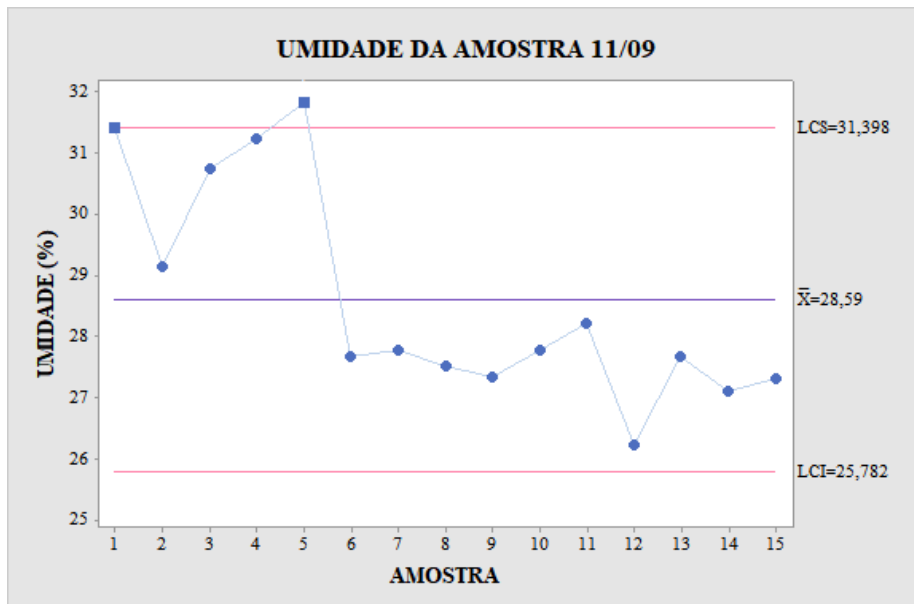
Fonte: a autora, 2020.

**Figura D.8. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 10/09**



Fonte: a autora, 2020.

**Figura D.9. Gráfico de controle Xi para a variável umidade em 11/09**



Fonte: a autora, 2020.