

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THAÍS GARRIDO

**IMPLANTAÇÃO DE CONTROLES ESTATÍSTICOS NO PROCESSO
DE PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA**
TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Medianeira

2017

THAÍS GARRIDO

**IMPLANTAÇÃO DE CONTROLES ESTATÍSTICOS NO PROCESSO
DE PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Carla A. P. Schmidt

Co-Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Medianeira

2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação
Departamento de Administração e Produção e
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE CONTROLES ESTATÍSTICOS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FÉCULA DE MANDIOCA

Por

THAÍS GARRIDO

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 13h00 do dia 12 de Junho de 2017 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho de diplomação-

_____.

Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. Celeide Pereira
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. José Airton A. dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. André Sandmann
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Me. Neron A. C. Berghauser

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Deus, aos meus pais, meu irmão e meus avós...
companheiros de todas as horas...

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dr. Orientadora Carla A. P. Schmidt, pelo conhecimento transmitido, por ser tão atenciosa e ter ajudado em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus pais e meu irmão, pela confiança e encorajamento.

Aos meus avós, meus maiores exemplos de força, fé e amor, que alicerçam sempre a minha luta pela conquista dos meus sonhos.

Aos profissionais entrevistados, por fornecer informações essenciais para a realização deste estudo.

A todos que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

"A única maneira de fazer um grande
trabalho é amar o que você faz"

Steve Jobs

RESUMO

GARRIDO, Thaís. **Implantação de controles estatísticos no processo de produção de fécula de mandioca**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A mandioca é considerada um alimento de subsistência e pode ser utilizada tanto na alimentação humana como animal. A fécula de mandioca é oriunda dessa raiz, sendo que a sua produção, na maioria das vezes, é artesanal e sabe-se que a qualidade desse produto está relacionada com a armazenagem da mandioca. O estado do Paraná se destaca como um dos principais produtores de fécula de mandioca. Durante o processamento desse produto, a análise do pH e umidade são primordiais para se analisar a qualidade do produto final. Por meio das coletas de dados, ao longo desse processo, será observado se os dados possuem correlação, serão desenvolvidos gráficos de Controle Estatístico do Processo e também gráficos que vão avaliar a capacidade do processo. A importância desse presente trabalho é estabelecer o controle de qualidade, manter o bom funcionamento e a prosperidade dessa agroindústria sendo que ela atende diretamente os pequenos e grandes agricultores do oeste do Paraná. Depois de se analisar os dados serão verificadas as correlações dos mesmos com a função de diminuir os pontos de coletas durante o processo fabril de tal produto, para se obter um ganho de tempo de produção.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; Polvilho doce; Controle de qualidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Resumo das operações da produção de mandioca no Centro Sul do Brasil	17
Figura 2- Resumo da composição média dos subprodutos sólidos da mandioca	19
Figura 3- Potencialidades de uso do amido no Brasil	24
Figura 4- Processo de fabricação da fécula de mandioca.....	27
Figura 5- Exemplo de um Gráfico de Controle	32
Figura 6- Ações dirigidas pelas cartas de controle.....	33
Figura 7- Esquema dos pontos de coletas dos dados no processo produtivo	38
Figura 8- Gráfico do teste de normalidade dos dados do pH	40
Figura 9- Gráfico do CEP para os dados do pH.....	42
Figura 10- Novo gráfico do CEP para os dados do pH	43
Figura 11- Gráfico de capacidade com padrões empresariais para os dados do pH	45
Figura 12- Gráfico de capacidade com parâmetros legais para os dados do pH.....	46
Figura 13- Normalidade para os dados de concentração do filtro 1	48
Figura 14- Normalidade para os dados de concentração do filtro 2	49
Figura 15- Performance para os dados de concentração do filtro 1	51
Figura 16- Performance para os dados de concentração do filtro 2.....	51
Figura 17- Normalidade para os dados de pressão	53
Figura 18- Performance para os dados de pressão	54
Figura 19- Normalidade para os dados de temperatura no silo 1.....	56
Figura 20- Normalidade para os dados de temperatura no silo 2.....	56
Figura 21- Novo gráfico de normalidade para os dados de temperatura no silo 1	57
Figura 22- Gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 1	58
Figura 23- Novo gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 1.....	59
Figura 24- Gráfico de capacidade dos dados de temperatura no silo 1	61
Figura 25- Novo gráfico de normalidade para os dados de temperatura no silo 2 ...	62
Figura 26- Gráfico do CEP para os dados de temperatura no silo 2.....	63
Figura 27- Novo gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 2.....	64
Figura 28- Gráfico de capacidade dos dados de temperatura no silo 2	65
Figura 29- Normalidade para os dados de umidade no silo 1	67
Figura 30- Normalidade para os dados umidade no silo 2	67
Figura 31- Novo gráfico de normalidade dos dados de umidade no silo 1	68
Figura 32- Novo gráfico de normalidade dos dados de umidade no silo 2.....	69
Figura 33- Gráfico do CEP dos dados de umidade no silo 1.....	70
Figura 34- Gráfico do CEP dos dados de umidade no silo 2.....	70
Figura 35- Gráfico da capacidade dos dados de umidade no silo 1.....	72
Figura 36- Gráfico da capacidade dos dados de umidade no silo 2.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do tubérculo, farinha e polvilho	19
Tabela 2- Produção mundial de mandioca em raiz em milhões de toneladas	20
Tabela 3- Produção de mandioca no Brasil em mil toneladas.....	21
Tabela 4- Produção de mandioca no Paraná por região	22
Tabela 5- Limites de tolerância para a fécula de mandioca	23
Tabela 6- Evolução da participação dos setores demandantes de fécula de mandioca.....	25
Tabela 7- Comparação da composição de algumas féculas da Tailândia, Brasil e China.....	26
Tabela 8- Classificação dos alimentos segundo suas faixas de pH.....	29
Tabela 9- Estatística descritiva do pH.....	39
Tabela 10- Teste de normalidade do pH.....	40
Tabela 11- Novo teste de normalidade do pH.....	41
Tabela 12- Análise de variáveis do CEP (pH).....	41
Tabela 13- Nova análise de variáveis do CEP (pH).....	43
Tabela 14- Análise de capacidade com padrões empresariais (pH).....	44
Tabela 15- Análise de capacidade com parâmetros legais (pH).....	45
Tabela 16- Estatística descritiva da concentração filtro 1	47
Tabela 17- Estatística descritiva da concentração filtro 2	47
Tabela 18- Teste de normalidade da concentração no filtro1 e 2.....	48
Tabela 19- Análise de performance da concentração no filtro1	50
Tabela 20- Análise de performance da concentração no filtro 2	50
Tabela 21- Estatística descritiva da Pressão.....	52
Tabela 22- Teste de normalidade dos dados de pressão	53
Tabela 23- Teste de performance dos dados de pressão	54
Tabela 24- Análise da estatística descritiva da temperatura do silo 1 e 2.....	55
Tabela 25- Teste de normalidade da temperatura no silo 1 e 2.....	55
Tabela 26- Novo teste de normalidade da temperatura do silo 1	57
Tabela 27- Limites do CEP para os dados de temperatura do silo 1	58
Tabela 28- Novos limites do CEP para os dados de temperatura do silo 1	59
Tabela 29- Teste de capacidade dos dados de temperatura para o silo 1	60
Tabela 30- Novo teste de normalidade da temperatura do silo 2.....	61
Tabela 31- Limites do CEP para os dados de temperatura do silo 2	62
Tabela 32- Novos limites do CEP para os dados de temperatura do silo 2	63
Tabela 33- Teste de capacidade dos dados de temperatura para o silo 2.....	65
Tabela 34- Análise da estatística descritiva da umidade no silo 1 e 2	66
Tabela 35- Teste de normalidade da umidade no silo 1 e 2.....	66
Tabela 36- Novo teste de normalidade da umidade do silo 1 e 2.....	68
Tabela 37- CEP dos dados de umidade no silo 1 e 2	69
Tabela 38- Capacidade dos dados de umidade no silo 1.....	71
Tabela 39- Capacidade dos dados de umidade no silo 2.....	72
Tabela 40- Siglas e pontos de coletas do processo	74
Tabela 41- Análise de correlação entre os dados de ph, concentração, temperatura, pressão e umidade.....	74
Tabela 42- Análise de correlação entre CEP, CSP1, CSP2, CEH, CHS E CRH	75
Tabela 43- Resultados dos limites de controle e capacidade dos pontos de coletas	76

LISTA DE SIGLAS

CEP	Controle estatístico de processo
LC	Linha central
LIC	Limite inferior de controle
LSC	Limite superior de controle
PIB	Produto Interno Bruto
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 MANDIOCA	16
2.2 FÉCULA DE MANDIOCA	22
2.3 PROCESSO PRODUTIVO DA FÉCULA DE MANDIOCA	26
2.4 IMPORTÂNCIA DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO FABRIL DA FÉCULA DE MANDIOCA	27
2.5 QUALIDADE E CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTO	28
2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)	30
2.7 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE	31
2.8 TESTE DE ESTABILIDADE	33
2.9 SEIS SIGMA	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	36
4 RESULTADOS	39
4.1 ANÁLISES DOS DADOS DO PH	39
4.2 ANÁLISES DOS DADOS DE CONCENTRAÇÃO DO FILTRO 1 E 2	46
4.3 ANÁLISES DOS DADOS DE PRESSÃO	52
4.4 ANÁLISES DOS DADOS DE TEMPERATURA DO SILO 1 E 2	54
4.5 ANÁLISES DOS DADOS DE UMIDADE DO SILO 1 E 2	65
4.6 CORRELAÇÕES ENTRE OS DADOS DE PH, CONCENTRAÇÃO, PRESSÃO, TEMPERATURA E UMIDADE	73
5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é um setor essencial para a economia do Brasil, sendo que o mesmo representa uma parcela significativa dentro do Produto Interno Bruto (PIB). Por estar incluída nesse setor, a fécula de mandioca possui uma cadeia produtiva que deve ser levada em consideração por ser uma atividade participativa desse cenário econômico.

A mandioca é considerada um alimento de subsistência. É usada na alimentação animal, em indústrias (onde são produzidos vários derivados da mandioca) e alimentação humana. A cultura de mandioca é de fácil condução e desenvolvimento, por isso que ela é muito utilizada na agricultura familiar em diversas regiões do Brasil. Existem dois tipos dessa raiz que são as chamadas mansas e bravas sendo que são diferenciadas pelo seu nível de toxidez.

A fécula de mandioca é considerada um dos principais derivados da mandioca, devido ao retorno financeiro e também a grande quantidade de aplicações em indústrias do setor têxtil, papelreira, química e alimentícia. A maior parte da produção de fécula é destinada ao consumo, seguido pelas indústrias farmacêuticas e de papel.

A região oeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul são definidas como os maiores pólos produtores de fécula de mandioca no Brasil. Consoante a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (2011) o Paraná detém um grande número de fábricas que produzem fécula de mandioca, sendo que em sua maioria são de médio e grande porte. Esse estado é o principal produtor, pois em média possui 70% da produção agrícola da Região Sul e produz cerca de 60% a 65% do volume de fécula no Brasil. Santa Catarina, considerada o estado pioneiro na produção de fécula, possui atualmente sua participação reduzida, porque a maioria de suas indústrias de fécula de mandioca foi transferida para o Paraná na década de 80.

A idade da planta, tempo de espera depois da colheita, regulagem e os tipos de equipamentos são considerados fatores limitantes para a obtenção da fécula de mandioca (CEREDA, 1994).

Os gestores de grandes indústrias, atualmente, utilizam as ferramentas de controle da qualidade para alcançar um diferencial competitivo diante das suas

concorrentes. O princípio essencial de competitividade, tanto externa como interna, está relacionado à aplicação do conceito de controle de qualidade, uso de inovações tecnológicas e ferramentas relacionadas às áreas da qualidade.

Indiscutivelmente, as empresas do século XXI têm o objetivo de assegurar a qualidade dos seus serviços ou produtos, já as empresas do século passado estavam mais preocupadas em produzir em larga escala para atender somente as necessidades do mercado. Vale dizer que os consumidores de hoje são bem mais exigentes dos que os de alguns anos atrás. Diante disso, as empresas tiveram que se adaptar a essa nova realidade buscando concepções sobre qualidade de produtos e serviços.

Para controlar o processo deve-se utilizar o CEP, Controle Estatístico do Processo, que pode ser definido como uma metodologia preventiva que compara repetidamente os resultados de um processo, analisando e identificando as tendências e variações. O objetivo da aplicação dessa metodologia é eliminar ou controlar as variações encontradas no processo estudado. As ferramentas utilizadas nessa metodologia são os histogramas, diagramas, curva de distribuição normal, cartas de controle, gráfico de Pareto e diagrama de causa e efeito.

O CEP pode ser considerado uma ferramenta de simples aplicação, permite um maior entendimento do processo, o que possibilita ações rápidas de controle pelos responsáveis da operação e tem a condição de ser aplicada em vários processos industriais. O Controle Estatístico do Processo não deve ser usado como um simples indicador de não conformidades. O conhecimento do processo que o CEP oferece tem o objetivo de mostrar quais os pontos críticos e onde as melhorias dever ser feitas, tornando a produção mais segura e com mais qualidade.

Com a meta de estabelecer o controle de qualidade em uma agroindústria, situada no oeste do Paraná, produtora de fécula de mandioca, será necessário o uso de ferramentas de qualidade pertinentes ao Controle Estatístico do Processo, estabelecer limites de controle, construção de gráficos e analisar a capacidade do processo.

A busca pela qualidade é primordial para as empresas produtoras de fécula de mandioca, pois além de resultar em grandes ganhos para a própria organização em questões financeiras com a diminuição de desperdícios e da fabricação de produtos fora das normas ou dos teores predeterminados, os seus clientes ficarão mais satisfeitos com o produto e conseqüentemente as vendas irão aumentar.

A qualidade atualmente é considerada um meio competitivo mais abordado nos diversos setores empresariais. As empresas buscam sempre a melhoria de resultados que geram o aumento de lucro e uma economia sólida, através da redução dos desperdícios e das perdas. A satisfação dos clientes em relação ao produto oferecido, buscar novas parcerias com outras empresas e ter uma melhor eficácia no processo produtivo são os principais objetivos da gestão da qualidade (RIBEIRO, 2014).

Dentro de um panorama regional e principalmente local a empresa em questão favorece o desenvolvimento econômico e social do Oeste do Paraná, oferecendo empregos e produtos que atendem a demanda local e até mesmo regional. Diante desse fato a permanência e o contínuo crescimento dessa organização são fatores que são de suma importância para a população dessa região aonde a agroindústria se encontra.

A mandioca é utilizada na alimentação de milhões de pessoas, na alimentação animal e serve também como matéria-prima na produção de diversos produtos e subprodutos. A produção de fécula de mandioca nacional ocorre principalmente nos estados da região Centro-Oeste, Sul e Sudeste, sendo que o Paraná é o principal produtor de fécula com 70% da produção. O amido é definido como uma *commodity* e a fécula de mandioca é o amido mais importante exportado no mundo (VILPOUX, 2008).

Indubitavelmente, o bom funcionamento e a prosperidade dessa empresa atingem diretamente os pequenos e grandes agricultores que dependem financeiramente dessa organização. A escolha e manutenção do mercado de mandioca dependem também do sucesso da empresa estudada, já que se esta não continuasse com as suas atividades, como consequência haveria uma migração desses antigos cultivadores de mandioca para outros tipos de cultivo sendo escolhidos os mais comuns como soja e milho.

A avaliação da qualidade do solo é essencial para se determinar as áreas com maiores chances de cultivo de mandioca e que poderiam se tornar uma região competitiva da fabricação de fécula. Um solo considerado mais fértil não significa maior oportunidade para a plantação de mandioca, mesmo quando a cultura atinge maior produtividade. As terras mais produtivas estão relacionadas a culturas mais competitivas, tais como: soja e milho, limitando, dessa forma, o interesse para o cultivo de mandioca. A presença de solos mais pobres não significa a

impossibilidade de se fazer o cultivo, no entanto há a necessidade de maior adição de adubo que aumentam os custos de produção. (VILPOUX, 2008).

A produção de mandioca é muito comum por ser considerada cultura de subsistência e isso enfatiza ainda mais a importância da melhoria de qualidade e a existência de um controle do processo, porque só assim as empresas desse setor vão conseguir se manter no mercado competitivo que está cada vez mais exigente quanto aos padrões de qualidade. Indiscutivelmente, a existência de produtos que não apresentem variações e que sigam os teores vigentes na legislação não pode ser considerada um diferencial, mas sim uma característica obrigatória que a empresa deve ter.

Atendendo as necessidades e as expectativas dos consumidores as vendas vão aumentar e com isso a empresa poderá ter a sua capacidade de produção ampliada, irá contratar mais colaboradores, gerando mais empregos na região e principalmente dará suporte a economia local e regional.

Em sequência, encontram-se apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que com a realização dessa pesquisa se pretende alcançar.

1.1 OBJETIVO GERAL

Foi utilizado os dados documentais de acompanhamento dos processos produtivos, coletados na fecularia, localizada no Oeste do Paraná, referentes ao processo de produção de fécula de mandioca, para a realização de uma avaliação estatística dos dados no sentido de buscar o estabelecimento dos limites de controle, para construir um programa de controle estatístico de qualidade (CEP), nas operações nas quais a implantação se mostrar possível, devido às limitações específicas dos processos e da estatística. Construção de gráficos e de avaliação da capacidade do processo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conhecer os pontos onde se pode implantar a ferramenta de controle estatístico ao longo do processo,
- b) Verificar os tipos de dados e escolher as análises mais adequadas para a avaliação dos dados,
- c) Buscar limites de controle com base no processo,
- d) Construir gráficos de CEP (Controle Estatístico do Processo),
- e) Construir gráficos estatísticos de avaliação da capacidade do processo com base nos limites de especificação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O uso da mandioca como ração animal ou até mesmo como fonte de amido, há muito tempo é um grande interesse industrial. O alto consumo de mandioca no mundo está relacionado ao fato desse alimento ser capaz de tolerar condições ambientais críticas em áreas que seriam consideradas impróprias para culturas como, por exemplo, de cereais e outras plantas alimentícias (EZETA; SOUZA; MATTOS, 1981).

Atualmente, a qualidade é considerada uma das principais estratégias de competição das empresas. A busca por produtos e serviços com maior qualidade se tornou uma meta essencial para as organizações. O Controle Estatístico de Processo (CEP) auxilia na avaliação da estabilidade do processo e sua eficiência de produzir um produto que atenda às especificações de qualidade (CAMPOS; ROCHA, 2008).

Quando o monitoramento dos processos for realizado de forma inteligente, os custos irão se pagar facilmente, porque a qualidade agrega valor. Os custos com a qualidade são divididos em quatro categorias: custos de prevenção, custos de avaliação, custos de erros internos e custos de falhas externas (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2011).

2.1 MANDIOCA

As plantas que apresentam bulbos, raízes e tubérculos, culturas tuberosas, são mais adaptáveis as regiões tropicais do mundo. Como exemplo pode-se citar a mandioca, inhame, batata-doce, taro, yacon, etc. O cultivo de subsistência, cultivo de razão étnica ou cultural e importância econômica são aspectos que evidenciam a importância destes cultivos. Na África a mandioca é cultivada por questões de subsistência, no Brasil por valorização cultural e por razões econômicas na Tailândia e China (CEREDA, 2002).

Desde o descobrimento do Brasil há o cultivo da mandioca. Ela é plantada em todas as unidades de federação, sendo principalmente usada na alimentação

animal e humana, como matéria-prima em vários processos industriais e geradora de emprego e de renda nas áreas pobres da Região Nordeste. A maior parte da mandioca de “mesa” é vendida na forma *in natura*. Nos dias atuais vem aumentando a comercialização de mandioca pré-cozida, congelada e na forma de *snack*. A mandioca para o setor industrial tem bastante variedade de usos, dos quais os mais importantes são a farinha e a fécula (CARDOSO; SOUZA, 2002).

Regiões de clima tropical e subtropical são as mais indicadas para o cultivo da mandioca. A precipitação pluviométrica deve ficar entre 600 a 1200 mm de chuvas bem distribuídas e a temperatura ideal é de 25°C. Além disso, as temperaturas abaixo de 15°C são prejudiciais para esse cultivo, porque causam danos ao desenvolvimento vegetativo da planta. A mandioca é bem tolerante à seca e se adapta as mais variadas condições de clima e solo. Para o tipo de solo deve-se evitar os muito arenosos e os permanentemente alagados (FRAIFE FILHO; BAHIA, 2016).

As operações envolvidas nos sistemas de produção de mandioca na região Centro Sul do Brasil seguem conforme a Figura 1 e podem existir algumas diferenças dependendo da região produtora (TAKAHASHI, 2002).

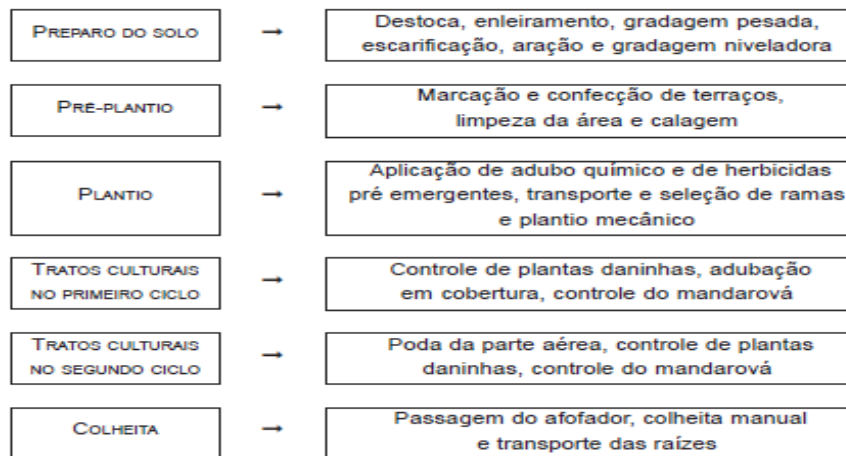


Figura 1- Resumo das operações da produção de mandioca no Centro Sul do Brasil
Fonte: Takahashi (2002).

A melhor época de colheita das ramas de mandioca, na região centro Sul do Brasil, é entre maio e agosto. Os cuidados começam no verão para que sejam obtidas boas ramas, por meio de análises prévias da lavoura, com o objetivo de encontrar possíveis doenças que são facilmente notadas quando as plantas estão

com mais folhas. Além disso, a maturidade da planta para o fornecimento das ramas ocorre a partir de maio, com a diminuição da atividade fotossintética da planta e queda natural das suas folhas (TAKAHASHI, 2002).

Os principais produtos produzidos no Brasil são a farinha de mandioca e o restante deles se divide entre produtos para a alimentação animal, humana e a fécula. Os produtores são pagos de acordo com o teor de massa seca da mandioca, o que é bem comum nas fecularias da Tailândia e do Brasil. Esse tipo de pagamento é uma forma de incentivar os agricultores para cultivarem variedades de mandioca de qualidade superior e deixarem de produzir se baseando somente na quantidade. Indiscutivelmente, o teor de massa seca está correlacionado com o amido, sendo este o principal componente dessa determinada massa (CEREDA; VILPOUX; TAKAHASHI, 2003).

O Brasil utiliza essa planta para o consumo *in natura* e na fabricação de farinha ou fécula. É importante saber que durante o processo de fabricação de derivados da mandioca existe a geração de resíduos líquidos e sólidos que podem apresentar grande potencial na geração de energia (FELIPE; RIZATO; WANDALSEN, 2009).

Há a possibilidade de produzir resíduos vegetais da cultura da mandioca. A parte aérea dela, composta por folhas e por hastes, é classificada como um resíduo agrícola em um mandiocal. Diversos fatores podem alterar a produção da parte aérea dessa planta como a fertilidade do solo, diferenças de genótipo, época da colheita e as condições ambientais (SAGRILO et al., 2002).

Durante o processamento da mandioca os seus subprodutos causam problemas quanto a sua disposição indevida. Além do aspecto ambiental, deve ser considerado que o despejo inadequado dos subprodutos de mandioca seria um desperdício para o produtor. As folhas, cascas, cepa, massa, farelo ou bagaço são os chamados subprodutos da mandioca (CEREDA, 2001).

As folhas são definidas como resíduo, porque apenas na região norte do Brasil elas são utilizadas na alimentação como hortaliças. As cascas depois de passarem por digestão anaeróbia podem ser usadas como adubo e na alimentação de animais. A cepa juntamente com a massa ou farelo podem ser usados *in natura* para a fabricação de ração animal. O farelo ou massa é um resíduo sólido formado pelo material fibroso da raiz e contém a parte do amido que não foi possível ser tirado no processamento. O farelo tem como característica conter alto teor de amido

residual (70%) e ao redor de 16% de fibras (CEREDA, 2001). Pode-se observar os resíduos da mandioca de acordo com a Figura 2.

	Caule	Cepa	Farinhão	Farelo	Casca Marrom	Entre Casca	Folhas
Umidade %	65,00	53,28	11,70	85,00	48,28	65,60	77,20
% Matéria seca							
Proteína (6,25)	6,25	-	0,52	1,98	0,64	1,29	30,68
Carboidrato	31,91	-	-	0,94	-	-	42,00
Amido	-	71,40	68,48	73,78	0,00	58,00	0,00
Matéria graxa	1,78	-	1,74	0,83	3,00	2,00	7,15
Cinzas (500 ^{oc})	6,15	2,28	1,06	1,65	4,00	3,00	7,22
Fibras	52,55	-	-	16,08	41,00	6,00	43,15
Calorias cal/ grama	4.216	2.035	3.800	3.775	-	-	4.782
pH	-	7,02	5,39	5,70	-	-	5,50
Acidez ⁽¹⁾	-	-	3,70	5,16	-	-	-
HCN ^o	-	102,40	0,00	0,00	0,00	320,00	0,00

⁽¹⁾ mL NaOH/ 100g ou ml de produto,

Figura 2- Resumo da composição média dos subprodutos sólidos da mandioca
Fonte: Cerat/Unesp (2000) apud Cereda (2001).

Na Tabela 1 nota-se a composição química do tubérculo, da farinha e do polvilho de mandioca.

Tabela 1- Composição química do tubérculo, farinha e polvilho

Constituintes	Tubérculo (%)	Farinha (%)	Polvilho (%)
Umidade	66,00	4,13	20,54
Cinzas	-	0,81	0,13
Lipídeos	0,80	1,06	0,12
Proteínas	1,20	0,60	0,67
Carboidratos	69,0	89,83	78,55

Fonte: Adaptado de Luna et al (2013).

No ano de 2002 a produção mundial de mandioca foi de 184,8 milhões de toneladas que foram cultivadas em 17,3 milhões de hectares. O continente Africano participou com 54,5%, a Ásia com 27,2% e América do Sul produziu 17,2%. A produção mundial foi de 122,1 milhões de toneladas no ano de 1980 e o Brasil participou com 24,6 milhões de toneladas, obtendo 20,1% de participação. Durante 22 anos (1980-2002) a produção mundial cresceu em 51,0% (CAMARGO FILHO;

ALVES, 2004).

A intensa busca por produtos que fazem parte da cesta básica em conjunto com o crescimento acelerado da população mundial que já ultrapassa os 7 bilhões de pessoas, favorece a produção de mandioca. O Continente Africano em 2013 produziu 155,7 milhões de toneladas de mandioca, sendo que esse volume representa 57,4% da produção mundial registrada nesse ano. Já a Ásia teve a participação de 32,1% e a América do Sul 10,5% (DERAL, 2016). A produção mundial de mandioca pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2- Produção mundial de mandioca em raiz em milhões de toneladas

Países	1970	2010	2011	2012	2013	PART% 2013
África	40,5	134,4	141,2	146,4	157,7	57,4
Nigéria	10,2	42,5	46,2	51,0	53,0	19,3
Congo	10,3	15,0	15,0	12,0	12,5	4,6
Gana	1,5	13,5	14,2	14,5	16,0	5,8
Outros	18,5	63,4	65,8	68,9	76,2	27,7
Ásia	23,1	75,0	80,5	89,0	88,3	32,1
Tailândia	3,2	22,0	21,9	29,8	30,2	11,0
Indonésia	10,7	24,0	24,1	24,2	23,9	8,7
Outros	9,2	29,0	34,5	35,0	34,2	12,4
América do Sul	35,5	31,9	31,8	28,9	28,8	10,5
Brasil	30,0	25,0	25,4	23,0	21,5	7,8
Outros	5,5	6,9	6,4	5,9	7,3	2,7
Total	99,1	241,3	253,5	264,3	274,8	100,0

Fonte: Adaptado de Deral (2016).

O produto mais popular da alimentação brasileira é a mandioca, sendo a farinha a sua forma mais consumida no Brasil. A mandioca é produzida de norte a sul do país, pois o seu pequeno custo de produção facilita que a parcela da população mais pobre a consuma. Ela é considerada um alimento básico e muitas vezes chamado de “pão de pobre” (PINTO, 2016).

Além da farinha de mandioca existe o amido de mandioca que também tem a sua importância dentro do cultivo dessa matéria-prima. Ele é a base da tapioca e do polvilho, tem bastante aplicação na culinária na fabricação de beijus, biscoitos e

entre outros vários produtos industriais. Vale ressaltar que a farinha de mandioca mesmo sendo produzida e consumida de norte a sul do Brasil, a escolha por um tipo de produto ou outro derivado da mandioca se deve a questões de tradições locais. Na região amazônica há a produção de farinha e tucupi (líquido retirado da massa da mandioca ralada), no entanto no estado de Minas Gerais o consumo de amido é mais significativo, pois com este se prepara o polvilho, usado como a matéria-prima do pão de queijo (PINTO, 2016). A produção de mandioca no Brasil está descrita na Tabela 3.

Tabela 3- Produção de mandioca no Brasil em mil toneladas

Região/Estados	Safra 2012 (2011/12)	Safra 2013 (2012/13)
Norte	7750	7447
Nordeste	5976	6293
Sul	5590	5579
Sudeste	2799	2358
Centro-oeste	1299	1268
Pará	4809	4625
Paraná	3869	3893
Bahia	2202	2100
Maranhão	1530	1610
Rio Grande do Sul	1191	1178
São Paulo	1444	1128
Amazonas	926	975
Acre	897	907
Minas Gerais	824	826
Ceará	469	791
Mato Grosso do Sul	635	688
Santa Catarina	530	507
Pernambuco	342	495
Rondônia	588	494
Sergipe	450	427
Mato Grosso	350	351
Piauí	320	281
Alagoas	270	260
Rio de Janeiro	324	238
Tocantins	303	226
Goiás	300	200
Rio Grande do Norte	236	175
Espírito Santo	207	166
Paraíba	158	154
Amapá	149	143
Roraima	77	77
Distrito Federal	15	28
Brasil	23414	22944

Fonte: Adaptado de Souza (2013).

O Paraná vem mantendo a sua média de produção de 3,8 milhões de

toneladas de mandioca, sendo afetado principalmente pelo mercado nacional. No ano de 2014 a produção passou de 3,67 milhões de toneladas para 4,28 milhões em 2015. Esse fato ocorreu devido ao ano de 2013 quando os estados do nordeste tiveram uma quebra em sua produção. Esses estados são os maiores consumidores de farinha e com esse acontecimento, o Paraná teve que abastecer o consumo e algumas indústrias nordestinas (AZEVEDO, 2015). A produção de mandioca no Paraná pode ser analisada na Tabela 4.

Tabela 4- Produção de mandioca no Paraná por região

Regiões	Área em hectare			Produção em tonelada			Rendimento (kg/ha)		
	13/14	14/15	15/16	13/14	14/15	15/16	13/14	14/15	15/16
Centro-oeste	14.000	12.875	8.000	252.000	296.125	184.000	18.000	23.000	23.000
Noroeste	76.471	80.053	75.261	1.861.085	2.319.717	2.285.221	24.353	28.977	30.364
Norte	11.064	17.565	10.654	263.150	444.798	252.931	23.784	25.323	23.740
Oeste	27.589	24.395	15.440	887.687	808.300	440.503	32.175	33.147	28.530
Sudeste	8.114	8.064	6.420	155.770	178.450	140.840	19.198	22.129	21.938
Sul	14.324	13.454	13.420	252.897	238.478	245.663	17.662	17.725	18.306
Total	151.562	156.406	129.195	3.672.679	4.285.868	3.549.158	24.232	27.402	27.471

Fonte: Adaptado de Azevedo (2015).

2.2 FÉCULA DE MANDIOCA

A fécula é considerada um carboidrato tirado da raiz da mandioca que se apresenta na forma de um pó branco, sem cheiro e sem sabor. As mudanças dos hábitos dos consumidores, urbanização e a estabilização da moeda brasileira são fatores que fazem com que o mercado de fécula se desenvolva. Além desses fatores a questão da competitividade da fécula e de seus derivados em relação ao preço do amido de milho (ARIENTE et al., 2004).

O estado do Paraná, atualmente, conta com 40 indústrias de fécula das 69 existentes no Brasil. Esse estado é responsável por 70% da fécula fabricada no Brasil, produzindo 550 mil toneladas. Essa produção é destinada basicamente para o mercado interno, ou seja, não há muita exportação desse produto. A fécula é muito utilizada na indústria de alimentos e também faz parte do processo de

produção de papel, está presente nos frigoríficos e indústrias que fabricam tecidos (AZEVEDO, 2015).

A característica mais essencial para a produção de fécula de mandioca é o teor de matéria seca. Na indústria de congelados e para o consumo de mesa o aspecto mais importante é o cozimento, além das características da cor da polpa e da casca e a facilidade de descascamento. A fécula tem inúmeras aplicações que transcendem os mercados locais, regionais e internacionais (TAKAHASHI apud Souza, 2014).

O MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), desenvolveu o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca, por meio da Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005. Existem limites de tolerância para os produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca que podem ser observados nessa legislação conforme a Tabela 5. Esses produtos que são originados da raiz de mandioca são classificados em três tipos de acordo com a qualidade e os parâmetros. Os fora de tipo são os que não se enquadram nos padrões estabelecidos na Tabela 4 (BRASIL, 2005).

Tabela 5- Limites de tolerância para a fécula de mandioca

Grupo	Fécula		
	1	2	3
Tipos	1	2	3
Fator ácido (mL)	4,0	4,5	5,0
pH	4,5 a 6,50	4,5 a 6,5	4,0 a 7,0
Amido%	>84,0	>82,0	>80,0
Cinzas %	<0,2	<0,25	<0,75
Vazamento %	0,105	0,105	0,105
Abertura (mm)	99,0	98,0	97,0
Ponto de rompimento	>58° e <66°	>58° e <66°	>58° e <66°
Umidade %	<14,0	<14,0	<14,0
Matérias estranhas ou impurezas %	**	**	**
Polpa (mL)	0,50	1,00	1,50
Odor	Peculiar	Peculiar	Peculiar

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Consoante ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz da Mandioca esses produtos devem seguir alguns requisitos gerais como não possuir odores estranhos e impróprios, se apresentarem limpos e secos. O MAPA sempre que achar necessário pode exigir análises dos aspectos microscópicos, microbiológicos e existência de substâncias prejudiciais à saúde, independentemente do resultado da classificação do produto

que pode ser encontrado nas legislações específicas vigentes. Esses produtos podem ser comercializados ensacados, a granel ou empacotados. Os materiais das embalagens devem ser sintéticos, naturais ou outro tipo de material apropriado sendo que o mesmo esteja limpo, proteja o produto e que não o contamine com sabores estranhos ou adores (BRASIL, 2005).

Os derivados da fécula são o polvilho azedo, polvilho doce, tapioca, sagu, molhos, cremes, sopas, caldos, alimentos infantis, entre outros que estão descritos na Figura 3. O polvilho azedo é obtido através da fermentação da fécula ou goma, o que muda as suas propriedades, tornando possível a produção de pão de queijo. Essa fermentação é natural, feita em tanques abertos ou fechados e de material, preferencialmente, aço inoxidável. Já os beijus são obtidos pela secagem em fornos. Após a prensagem e esfarelamento da massa ralada das raízes da mandioca, adiciona-se ou não fécula de mandioca (FERREIRA FILHO et al., 2013).

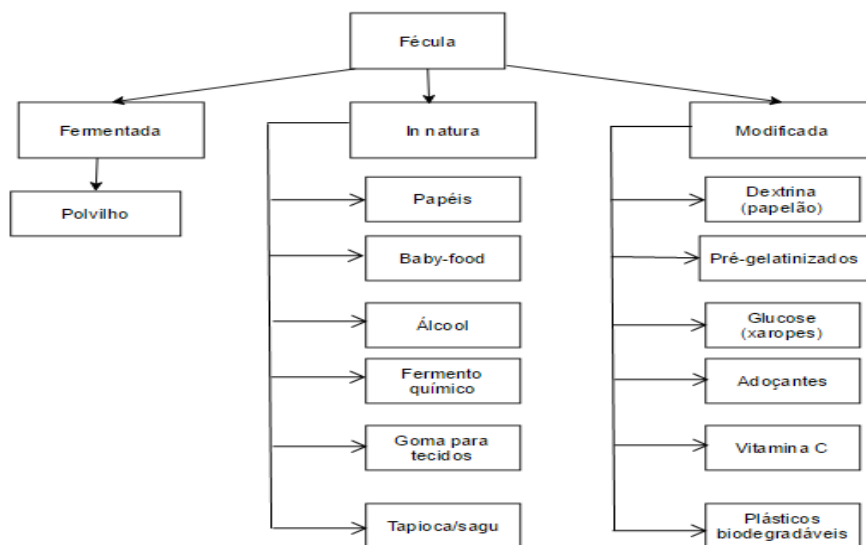


Figura 3- Potencialidades de uso do amido no Brasil
Fonte: Adaptado de Embrapa (2003).

As indústrias de massa, biscoito e panificação são as maiores demandantes na produção de fécula de mandioca conforme é observado na Tabela 6. Diante de uma queda de preço da fécula, a mesma se torna competitiva em relação a produção da farinha de trigo. Ademais, uma possível estagnação na economia do Brasil pode ser observada quando há a diminuição nas encomendas de papel e papelão nas indústrias, sendo que elas são consideradas um indicador da atividade econômica do país (MARQUES, 2016).

Tabela 6- Evolução da participação dos setores demandantes de fécula de mandioca

Setores	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Massa, biscoito e panificação	27,8%	14,5%	14,1%	22,5%	18,7%	14,4%	14,8%	18,6%	21,3%	21,5%
Papel e papelão	24,6%	26,2%	19,7%	23,5%	23,8%	20,0%	18,2%	15,8%	10,1%	18,8%
Atacadista	15,2%	16,8%	16,6%	21,8%	19,8%	29,4%	27,7%	25,0%	24,3%	21,3%
Frigoríficos	13,0%	19,5%	23,7%	13,5%	16,3%	17,3%	13,1%	13,2%	16,7%	11,4%
Varejista	4,9%	4,8%	3,2%	3,8%	2,7%	3,8%	11,2%	7,6%	10,6%	6,6%
Outras	4,6%	3,1%	2,9%	2,9%	5,1%	6,4%	5,1%	5,2%	4,0%	8,2%
fecularias										
Indústrias químicas	4,5%	6,6%	3,4%	3,8%	2,6%	2,9%	2,3%	4,7%	1,9%	1,4%
Gerais	3,9%	3,1%	11,5%	5,1%	8,9%	3,4%	6,5%	5,6%	5,9%	6,2%
Têxtil	1,1%	4,9%	4,9%	3,2%	2,2%	2,3%	1,1%	3,7%	4,9%	4,1%
Exportação	0,3%	0,4%	-	-	-	-	-	0,6%	0,4%	0,5%

Fonte: Adaptado de Marques (2016).

É possível colocar até 20% de fécula de mandioca na fabricação do pão francês e até 25% na massa de pães para hambúrguer e cachorro quente. No Mato Grosso do Sul a lei estadual que oferece subsídios a esse tipo de substituição já tornou obrigatória a mistura fécula/trigo e foi desenvolvida uma comissão para regulamentar esse dispositivo legal. O uso da fécula na fabricação de bandejas para embalagens de produtos pode substituir as produzidas com poliestireno. A principal vantagem dessa substituição se deve ao fato de que as feitas com o poliestireno demoram cerca de 150 anos para serem degradadas, enquanto as feitas à base de amido se desfazem com apenas 45 dias. Além do mais, na fabricação do poliestireno é empregado o gás CFC que causa buracos na camada de ozônio (SUFRAMA, 2003).

A produção mundial de fécula de mandioca passa de 4 milhões de toneladas se for somada a produção da Indonésia, China e Brasil. Diante disso pode-se dizer que a fécula é a segunda fonte de amido do mundo e perde somente para o amido de milho. As tecnologias usadas no processamento das féculas de mandioca na Tailândia, China e Brasil são similares. As fecularias brasileiras e chinesas possuem uma menor dimensão quanto a sua estrutura, no entanto aproveitam melhor a sua capacidade instalada com safras mais longas do que as fecularias de maior dimensão da Tailândia. A qualidade da fécula tailandesa e brasileira é semelhante e isso elimina a teoria que a qualidade é um aspecto essencial para a exportação desses produtos (VILPOUX, 2003). A Tabela 7 demonstra um comparativo entre as fecularias dos países citados acima.

Tabela 7- Comparação da composição de algumas féculas da Tailândia, Brasil e China

Países	Tailândia			Brasil	China
Ano	2000-1	2000-2	2000-3	1996(*)	2000
H ₂ O (%)	12,04	11,45	11,64	12,28	12,48
% MS					
Amido	92,58	93,48	93,60	96,41	91,90
Fibras	0,50	0,36	0,39	0,17	0,88
Matéria graxa	0,15	0,11	0,05	0,10	0,22
Açúcares redutores	0,08	0,13	0,09	-	0,91
Cinzas	0,13	0,16	0,17	0,12	0,14
Proteína	-	-	0,01	0,18	0,30
PH	4,90	6,09	6,11	5,43	7,03
Acidez	1,12	1,09	0,75	1,24	1,10

(*) Resultados médios obtidos a partir da análise da fécula de 34 fecularias

Fonte: Adaptado de Vilpoux (2003).

2.3 PROCESSO PRODUTIVO DA FÉCULA DE MANDIOCA

As fecularias de grande porte são todas automatizadas. O setor de recepção das raízes é caracterizado por depósitos abertos de concreto, subdivididos em lotes para controlar a ordem de chegada da matéria-prima. Do depósito as raízes são levadas até o lavador, que é dividido em duas seções, uma tem a função de lavar as raízes e a outra descascá-las. Sendo que somente a periderme ou camada externa é retirada. A próxima etapa é o corte das raízes em fragmentos de cerca de 30 mm de espessura e desintegração desses fragmentos em um equipamento de alta velocidade periférica, que permite o máximo de rompimento das células (VILELA; FERREIRA 1987 apud LEONEL 2001). Esse processo pode ser observado na Figura 4.

A produção de goma ou fécula é feita na maioria das vezes de maneira artesanal, variando apenas o tipo de equipamento usado na sua produção. O processo de fabricação de fécula no Brasil também é realizado em escala industrial. Nas indústrias o teor de amido da raiz afeta diretamente no rendimento industrial e no valor gasto na produção dessa matéria-prima. Processamento da mandioca para a produção de goma segue as seguintes etapas: raiz da mandioca, lavagem e

descascamento, ralação, adição de água, extração da fécula, decantação, secagem, moagem, acondicionamento e armazenamento (FERREIRA FILHO et al., 2013).

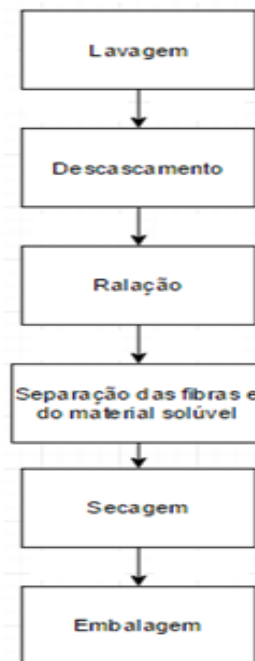


Figura 4- Processo de fabricação da fécula de mandioca
Fonte: Adaptado de Leonel, (2001).

Há alterações de qualidade da fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca. A baixa resistência da mandioca ao ser armazenada se deve ao fato das enzimas presentes no suco se tornarem muito ativas logo após a colheita e também a invasão de microorganismos e fungos. O primeiro sinal de deterioração das raízes é surgimento de nervuras cinzento azuladas no cilindro central. Nas indústrias é verificada essa característica, pois essas raízes irão produzir féculas de qualidade inferior (PACHECO, 1952).

2.4 IMPORTÂNCIA DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO FABRIL DA FÉCULA DE MANDIOCA

O controle de qualidade define-se em um conjunto de técnicas e atividades de natureza operacional usadas para satisfazer os requisitos da qualidade. Esse

conjunto de técnicas tem o objetivo de monitorar processos e eliminar as causas de deficiências em todas as fases do ciclo da qualidade com o intuito de atingir a eficácia econômica. Além disso, certas ações de controle da qualidade e de garantia da qualidade estão interrelacionadas (LOBO, 2010).

Desenvolver, projetar, produzir e vender produtos de qualidade mais econômicos e satisfatórios para o consumidor são maneiras de se praticar um bom controle da qualidade. Todos os indivíduos da empresa precisam participar e promover esse controle, desde os altos executivos até os funcionários de chão de fábrica, pois assim poderá se alcançar um excelente controle na empresa. Ademais, não se pode definir qualidade sem levar em consideração o preço, porque não importa o quanto a qualidade é elevada, se o produto está com o preço abusivo, ele não satisfará o consumidor (ISHIKAWA, 1915).

O melhoramento do processo de extração de fécula de mandioca é uma questão bastante discutida entre os pesquisadores e empresários. Hoje em dia, para cada tonelada de raiz de mandioca processada gera-se 250 kg de fécula e perde-se no resíduo fibroso cerca de 140 kg de fécula que não é extraída nesse processamento (LEONEL; CEREDA, 2000).

2.5 QUALIDADE E CARACTERÍSTICAS DO ALIMENTO

O conjunto de características que vão influenciar na aceitabilidade de um alimento pode ser definido como qualidade. Na escolha de um alimento os órgãos do sentido são muito utilizados, sendo que os fatores detectados podem ser classificados em três categorias: textura, saboroma e aparência. As causas de alterações dos alimentos estão relacionadas com o crescimento e atividade dos microrganismos, reações químicas não enzimáticas, ação das enzimas presentes nos alimentos, mudanças físicas e alterações provocadas por insetos ou roedores (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Existem alguns fatores que afetam a multiplicação de microrganismos nos alimentos e eles podem ser classificados como parâmetros intrínsecos e parâmetros extrínsecos. Os parâmetros intrínsecos são características inerentes ao alimento que podem se tornar barreiras ou facilitadores para as contaminações

microbianas. Os seus principais parâmetros são pH, atividade em água, conteúdo de nutrientes, potencial de oxirredução, estruturas biológicas, constituintes antimicrobianos e microbiota competitiva do alimento. No entanto, os parâmetros extrínsecos são relacionados com o ambiente que cerca o alimento, como temperatura, umidade relativa do ar e irradiação e presença de gases no meio. Nas etapas de armazenamento, transporte e distribuição esses parâmetros são essenciais para garantir a integridade, qualidade e propriedade do alimento (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A combinação dos fatores intrínsecos com os extrínsecos originou o conceito dos obstáculos de Leistner que funciona como uma barreira que não permite que os microrganismos encontrem condições favoráveis para seu desenvolvimento. Esse conceito é muito empregado na produção de alimentos e apresenta um conjunto de técnicas aplicadas de forma simultâneas que tem o objetivo de buscar a estabilidade microbiológica e bioquímica do produto (TAVARES FILHO et al., 2010).

A maioria dos microrganismos se desenvolvem em pH em torno de neutralidade (6,6 a 7,5). Além disso, as bactérias, principalmente as patogênicas, são as mais exigentes por essa faixa de pH do que as leveduras e os bolores. A Tabela 8 mostra os valores de pH de vários alimentos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Tabela 8- Classificação dos alimentos segundo suas faixas de pH

Alimentos	Faixa de pH	Característica da microbiota	Alimentos
Pouco ácidos	>4,5	Variada: maioria das bactérias, bolores e leveduras.	Leite, carne, pescados e vegetais em geral.
Ácidos	4,0 - 4,5	Restrita para algumas bactérias. Condições ótimas para bolores e leveduras.	Frutas e hortaliças.
Muito ácidos	<4,0	Bastante restrita: bactérias lácticas e acéticas, bolores e leveduras.	Frutas cítricas, maçãs, conservas de azeitonas, sucos de frutas e refrigerantes.

Fonte: Adaptado de Jay (1992) apud Gava; Silva; Frias (2008).

A umidade da fécula é essencial para a padronização do produto final,

fundamental para a indústria. Além disso, assegura a estabilidade microbiológica do alimento (NUNES; SANTOS; CRUZ, 2009).

As medidas de controle da multiplicação de microrganismos nos alimentos podem ser consideradas métodos de conservação, nos quais possuem alguns objetivos como reduzir a carga microbiana dos alimentos, eliminar os microrganismos e prevenir a multiplicação dos microrganismos nos alimentos. Os métodos mais convencionais existentes são a conservação pelo calor, irradiação, controle da umidade contida no alimento, fermentação, defumação, uso de embalagens e uso de aditivos (CARDOSO; RUBENSAM, 2011).

De acordo com a Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2011, que descreve os Padrões Microbiológicos para Alimentos, as contaminações de microrganismos podem acontecer em todas as etapas de produção dos produtos agrícolas, desde o processo de colheita, produção, embalagem, transporte, estocagem e por outros meios como o solo, ar, água, contatos físicos, manuais e mecânicos.

A melhoria da qualidade dos produtos pode ajudar na agregação de valor e na rentabilidade da atividade agroindustrial. Ademais, pode tornar possível o acesso a novos mercados. Por isso que a adequação de unidades de processamento de mandioca deve funcionar dentro das boas práticas de funcionamento para garantir a produção de produtos seguros e com um ótimo padrão de qualidade (NASCIMENTO NETO, 2006).

2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

O CEP é considerado uma metodologia que age sobre o processo produtivo de forma preventiva. Para que um produto ou serviço atenda as exigências do consumidor é preciso que o processo ocorra de maneira controlada, livre de variações e nas condições ideais, com o objetivo de fornecer uma maior facilidade na obtenção da melhoria da qualidade e dos objetivos. Durante a aplicação do CEP se utiliza para a resolução de problemas as chamadas ferramentas estatísticas úteis ou também conhecidas como ferramentas básicas da qualidade (MAICZUK; ANDRADE JÚNIOR, 2013).

Um ambiente em que todos os indivíduos em uma empresa desejam a melhoria contínua na qualidade e na produção pode ser construído pelo CEP. Esse ambiente se desenvolve de forma mais harmônica quando a gerência se envolve em um processo contínuo de melhoria da qualidade (MONTGOMERY, 2004).

O CEP é muito útil, pois pode ser considerado uma poderosa coleção de ferramentas para a análise, interpretação e coleta de dados que tem como meta melhorar a qualidade por meio da eliminação de causas de variações, sendo assim um instrumento de tomada de decisão muito utilizado nos processos (MONTGOMERY, 2004).

O Controle Estatístico do Processo pode ser definido como um conjunto de ferramentas de monitoramento *on-line* da qualidade. Com a ajuda desse tipo de ferramenta, adquire-se uma descrição detalhada da conduta do processo, analisando sua variabilidade e permitindo o seu controle ao longo do tempo, através da frequente coleta de dados, análise e a inibição de possíveis causas particulares que são responsáveis pelas instabilidades do processo estudado (ALENCAR et al., 2004).

2.7 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE

As funções primordiais dos gráficos de controle são averiguar se em um determinado período o processo está controlado e orientar a administração no processo de manutenção. Ademais, a meta desse gráfico é fornecer informação adequada para o aperfeiçoamento do processo. No momento que se atinge o controle estatístico do processo tem-se vantagens, como a fração de defeituosos permanece a mesma, ou seja, na média; custos e índices de qualidade podem ser previsíveis e a produtividade será máxima (GOMES, 2016).

Os gráficos ou cartas de controle são as principais ferramentas utilizadas no Controle Estatístico de Processos e as mesmas têm como meta demonstrar os desvios de parâmetros representativos do processo, diminuindo a quantidade de produtos fora dos padrões e reduzindo os custos de produção. É necessário para a sua utilização que exista um processo estatisticamente estável, ou seja, que não tenha presença de causas especiais de variação ou até mesmo que as sucessivas

amostragens retratem um conjunto de valores independentes ou não correlacionados. Essa condição nem sempre é atendida e na maioria das vezes é utilizada a carta de controle com limites inaptos e há a presença de alarmes (pontos fora ou próximos aos limites das cartas) que não representam absolutamente a presença de uma causa especial (ALENCAR et al., 2004). Um exemplo de um Gráfico de Controle está demonstrado na Figura 5.

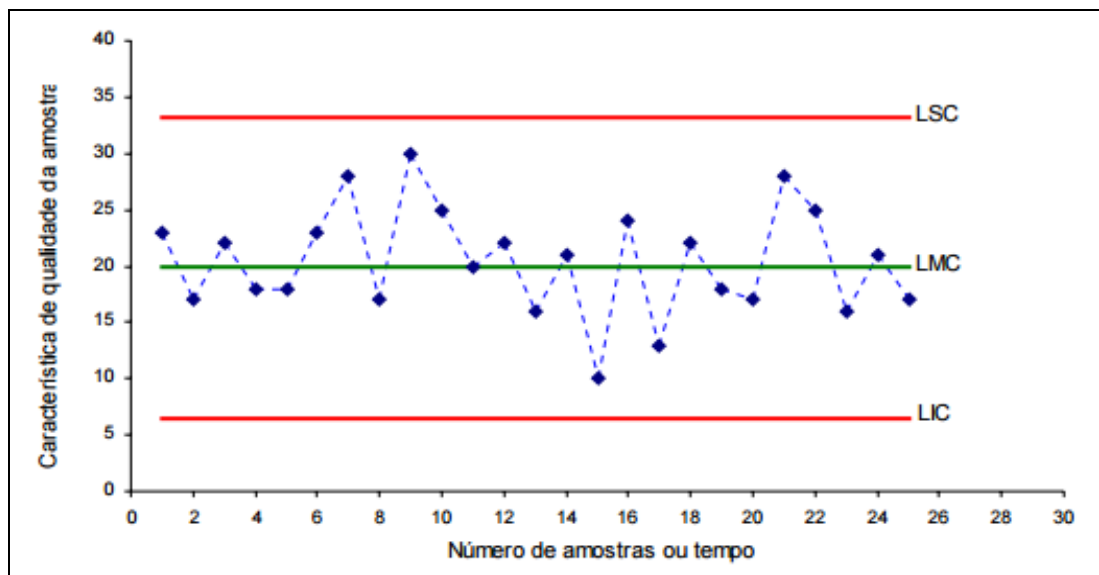


Figura 5- Exemplo de um Gráfico de Controle
Fonte: Alves (2003).

Depois de eliminar as variações existentes no processo, pode-se dizer que o processo está funcionando em controle estatístico. Quando não há variabilidade, ou seja, o processo segue um determinado padrão previsível ao longo do tempo, ele é chamado de processo em controle estável. Porém, esse padrão pode ou não ter a capacidade de produzir produtos que atendam às especificações do projeto. Quando se elimina as causas especiais, pode-se averiguar a verdadeira capacidade do processo comparando sua viabilidade com as suas especificações (RIBEIRO; CATEN, 2012).

Os exemplos de processos sob controle e fora de controle podem ser analisados na Figura 6.

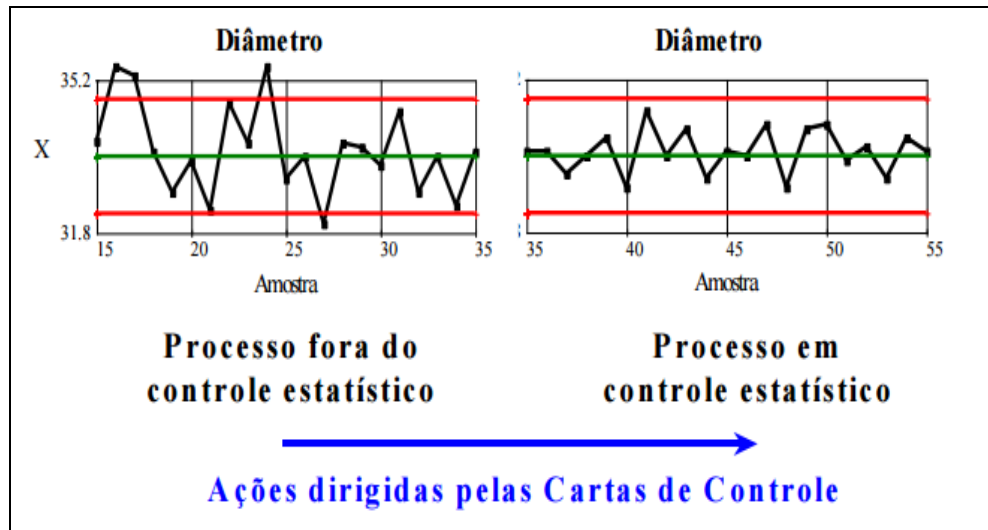


Figura 6- Ações dirigidas pelas cartas de controle
Fonte: Ribeiro; Caten (2012).

Sobre a capacidade do processo a maneira mais simples de se expressar a capacidade de um determinado processo é por meio da utilização dos índices de capacidade e comparando os limites naturais do processo com a amplitude das suas exigências. O índice de capacidade potencial mede a variabilidade do processo, comparando a mesma com as tolerâncias admitidas nas especificações do projeto, no entanto o índice de capacidade efetiva avalia a localização dos dados (RIBEIRO; CATEN, 2012).

2.8 TESTE DE ESTABILIDADE

Para averiguar se o procedimento está sob controle estatístico há 8 testes para a obtenção dos pontos que estão fora do controle. Teste 1: O ponto encontra-se acima do Limite Superior de Controle-LSC ou abaixo do Limite Inferior de Controle-LIC. Teste 2: Existência de 9 pontos consecutivos acima ou abaixo do Limite Central- LC. Teste 3: 6 ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes. Teste 4: 14 pontos alternados em uma linha. Teste 5: 2 ou 3 pontos existentes no mesmo lado a 2 desvios-padrão acima ou abaixo do LC. Teste 6: 4 de 5 pontos definidos no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo do LC. Teste 7: 15 pontos consecutivos dispostos, em qualquer lateral, a menos de um

desvio-padrão do LC. Teste 8: 8 pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão do LC (MINITAB, 2016).

2.9 SEIS SIGMA

Atualmente a qualidade é considerada um fator crítico de sucesso para as empresas, pois só assim é possível reduzir custos e ter a satisfação dos clientes. Como o Seis Sigma é um sistema que busca a melhoria contínua, o mesmo se tornou uma necessidade real para a maioria das empresas (JOHANN et al., 2011).

O Seis Sigma está relacionado com a aplicação de métodos estatísticos em processos empresariais e tem a função de eliminar os defeitos encontrados nesses processos. A maior parte das empresas opera no terceiro sigma que equivale 35 mil defeitos por milhão de oportunidades de ocorrer defeitos, sendo que no sexto sigma gera-se apenas 3,4 defeitos por milhão. Esse programa busca a melhoria da qualidade, como por exemplo a redução de desperdícios, ao auxiliar as empresas a fabricarem de maneira melhor, mais econômica e mais rápida. As empresas que operam no terceiro e quarto sigma gastam entre 25% a 40% de suas receitas para resolver ou reparar seus problemas (JANNUZZI, 2007).

Em busca de um programa que ajude na melhoria da qualidade dos processos, produtos e serviços de uma empresa por meio do uso de análises quantitativas para a tomada de decisões foi desenvolvido o programa Seis Sigma. Esse programa é uma estratégia gerencial de mudanças que tem a capacidade de ser usado para se entender e reduzir as variações dos processos produtivos. A diferença desse programa para os demais que são responsáveis pela melhoria da qualidade constante é o foco em tomar decisões baseando-se em dados e não em experiências individuais (MAZZUCHETTI, 2010).

As metodologias para a melhoria da qualidade como o gerenciamento de processos, manufatura enxuta, controle estatístico de processo (CEP), simulação, delineamento de experimentos e benchmarking foram incorporadas por meio de conceitos no programa Seis Sigma. Este apresenta uma abordagem que auxilia a empresa a medir e analisar seu desempenho. O conceito de qualidade foi desenvolvido pela Motorola e depois foi melhorado por outras empresas como a

General Electric, Citicorp, Allied Signal, entre outras (MORANDO, 2004).

O uso do Seis Sigma em uma empresa cria uma cultura interna de indivíduos educados em uma metodologia uniforme, otimização e controle dos processos. Deve se dar ênfase ao processo, já que ele envolve o fornecimento de um serviço ou até mesmo a confecção de um produto. Os resultados, saídas finais, são obtidos pelas atividades realizadas durante o processo. Além disso, nas saídas pode ocorrer variabilidade. Caso em um processo exista alta variabilidade, este terá como resultado um produto ou serviço de má qualidade, com custos elevados e entrega deficiente, desse modo, não irá satisfazer as necessidades dos clientes, ameaçando a sobrevivência da empresa em questão (ROTONDARO, 2013).

Monitorar a qualidade e reduzir a variabilidade do processo exige que as organizações adotem técnicas de controle estatístico e estudo dos índices de capacidade. Para entender melhor a capacidade do processo, é necessário conhecer as especificações do produto. Quando se trata de uma empresa de manufatura, as especificações são fornecidas pelo pessoal da engenharia para os setores de produção (CARVALHO, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A área que foi analisada foi a qualidade do produto estudado, os dados foram obtidos junto a uma indústria instalada no oeste do estado do Paraná. Inicialmente os dados coletados de hora em hora junto ao processo foram digitados em planilhas do *Microsoft® Excel* para facilitar a realização das análises.

Posteriormente foram aplicadas várias análises estatísticas, analisou se os dados seguem uma distribuição normal, se possuíam algum tipo de correlação, em caso positivo por meio da construção de diagramas de dispersão foi analisada a possibilidade de elaboração de modelos de regressão e por fim determinou os limites de controle e capacidade do processo para diversos atributos de controle do processo. A abordagem dessa pesquisa, portanto, foi quantitativa.

A pesquisa quantitativa é aquela que pode ser quantificada, ou seja, apresentam dados que foram analisados, por isso que a presente pesquisa pode ser classificada como tal. Na pesquisa quantitativa as amostras são em sua maioria grandes, nesse trabalho coletou-se cerca de 6000 dados e representam a população.

Em uma pesquisa quantitativa os resultados são considerados um retrato real da população alvo da pesquisa. Ela é centrada na objetividade e considera que a realidade só deve ser entendida com base em análise de dados colhidos por instrumentos padronizados e neutros (FONSECA, 2002).

Para tanto a pesquisa em questão quanto à natureza, pode ser definida como aplicada, pois apresenta fins práticos, nos quais podem ser aplicados de acordo com as necessidades encontradas. A pesquisa aplicada tem o objetivo de desenvolver conhecimentos para uma aplicação prática e dirigida a solução de possíveis problemas, pode envolver verdades e interesses locais (SILVA; MENEZEZ, 2005).

No quesito objetivo a pesquisa foi descritiva, porque tem o objetivo de descrever as características de uma amostra (população). A pesquisa descritiva tem a função de descrever fenômenos e usa técnicas padronizadas para coletar dados, como questionários e observações sistemáticas (GIL, 2008).

O procedimento metodológico que foi adotado na pesquisa consiste em um

estudo de caso com uso de ferramentas da pesquisa operacional, devido ao fato da utilização de ferramentas estatísticas para obtenção dos resultados. O mesmo está concentrado em um estudo particular, sendo que, o caso determinado para a pesquisa pode ser significativo, de forma a ser apto a fundamentar uma generalização para situações semelhantes, autorizando inferências, a coleta e registro dos dados podem ser rigorosos seguindo os procedimentos da pesquisa de campo, portanto esses dados devem ser trabalhados por análise rigorosa e apresentados em relatórios qualificados (SEVERINO, 2007).

Na Figura 7 pode-se observar em quais pontos do processo foram feitas as coletas dos dados, além disso, é possível observar os principais equipamentos envolvidos nesse processo fabril.

Os dados de concentração do leite de amido em graus Bauné foram coletados em todos os pontos ilustrados na Figura 7, sendo que os dados de pH serão obtidos apenas no ponto de coleta 5, enquanto que os dados de temperatura e umidade foram coletados no ponto de coleta 9 e 10 que estão após o processo de secagem nos dois silos existentes na indústria.

No fluxograma a adição de água na saída do hidrociclone serve para extrair mais amido da matéria-prima processada. A coleta do pH na coleta 5 é proposital, pois se caso o funcionário observar alguma variação do pH, o mesmo fazer a correção junto com a adição de água.

A coleta 6 é feita no efluente líquido que sai do hidrociclone e retorna ao processo com o objetivo de se extrair mais amido desse resíduo.

Para auxiliar na realização da análise dos dados foram utilizados os softwares: Gretl, versão 1.7.4, (COTTREL; LUCCHETTI, 2016) e Action Stats® (PORTAL ACTION, 2016), dentre os testes pretendidos encontram-se a elaboração de cálculos referentes à estatística descritiva do conjunto de dados, a averiguação da normalidade, análises de correlação e regressão entre as coletas, construção de gráficos de controle estatístico do processo para possibilitar a implantação dos limites de controle na empresa bem como a realização da análise da capacidade dos processos acompanhados, para avaliar se os processos são capazes de atender os limites da legislação bem como os limites propostos pela própria agroindústria.

Quando os dados não apresentaram normalidade recorreu-se a diversas técnicas para normalizá-los por meio de transformações ou mesmo pelo uso de

médias dos dados coletados na série temporal de cada uma das características estudadas, os quais tendem à normalidade de acordo com o teorema central do limite. No caso da análise de capacidade recorreu-se a aplicação do método não paramétrico do núcleo denominado método *Kernel*, para os dados que não obedeceu nenhuma distribuição conhecida, seja ela normal ou qualquer outra distribuição tal como a exponencial, a *weibull* ou a *lognormal*.

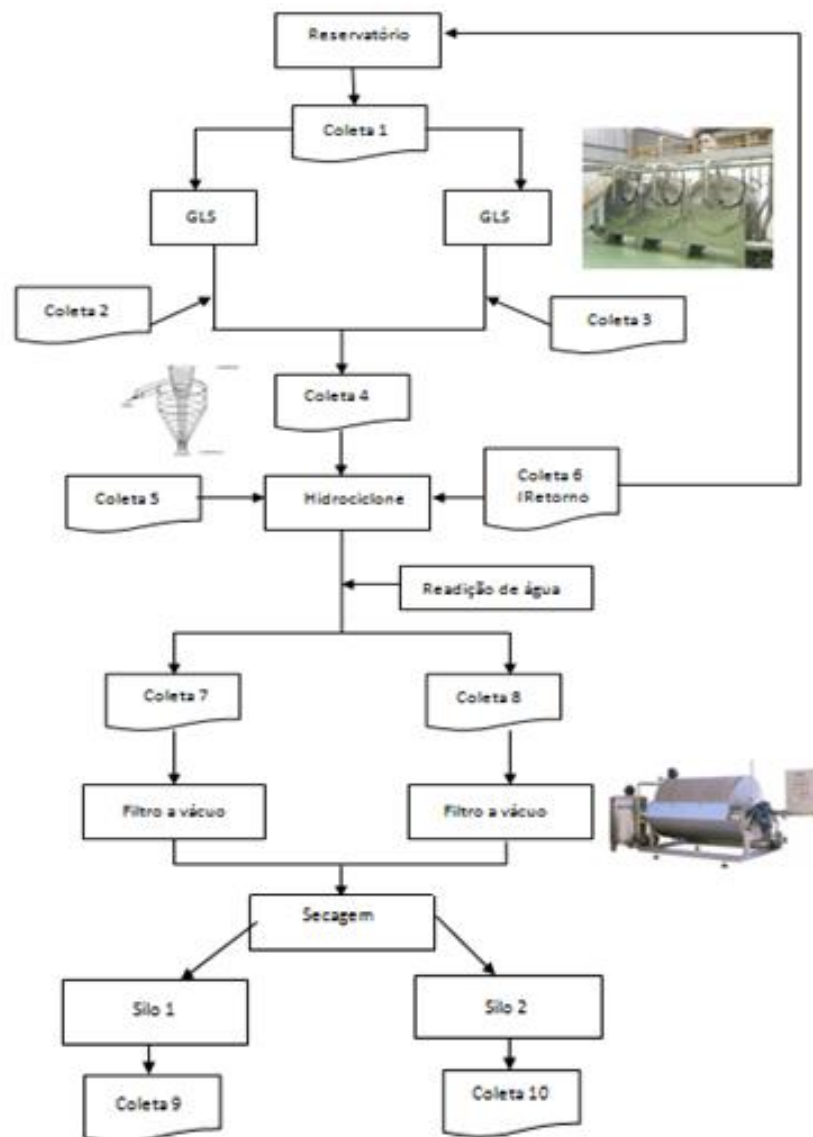


Figura 7- Esquema dos pontos de coletas dos dados no processo produtivo
Fonte: Autoria Própria.

4 RESULTADOS

Foram realizadas coletas de dados de 2 meses de processo produtivo e não teve necessidade de maiores coletas. Inicialmente os dados foram transportados para planilha do *Excel* e foram feitas as análises descritivas, verificação da normalidade do processo necessária para ampliar a confiabilidade dos gráficos de controle e análise da capacidade dos processos.

4.1 ANÁLISES DOS DADOS DO PH

Na Tabela 9 foi feita a análise da estatística descritiva dos dados coletados do pH utilizando o *Microsoft® Excel*.

Tabela 9- Estatística descritiva do pH

Ph leite	
Média	5,64076
Erro padrão	0,022741
Mediana	5,71
Modo	5,85
Desvio padrão	0,297375
Variância da amostra	0,088432
Curtose	0,527726
Assimetria	-0,6569
Intervalo	1,88
Mínimo	4,46
Máximo	6,34
Soma	964,57
Contagem	171
Nível de confiança (95,0%)	0,044891

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a Tabela 9 nota-se que os dados não apresentam muita variação, pois o desvio, variância e assimetria não foram muitos altos.

O teste de normalidade foi realizado pelo Action Stats® e como resultado obteve-se que os dados não são normais, pois o valor do p-valor foi menor do que

0,05. Isso pode ser analisado na Tabela 10 e Figura 8.

Tabela 10- Teste de normalidade do pH

Doornik-Hansen	12,9748 (p-valor 0,0015225)
Shapiro-Wilk W.	0,954319 (p-valor 2,34625e-005)
Lilliefors	0,117147 (p-valor ≈ 0)
Jarque-Bera	13,7076 (p-valor 0,00105544)

Fonte: Aatoria Própria.

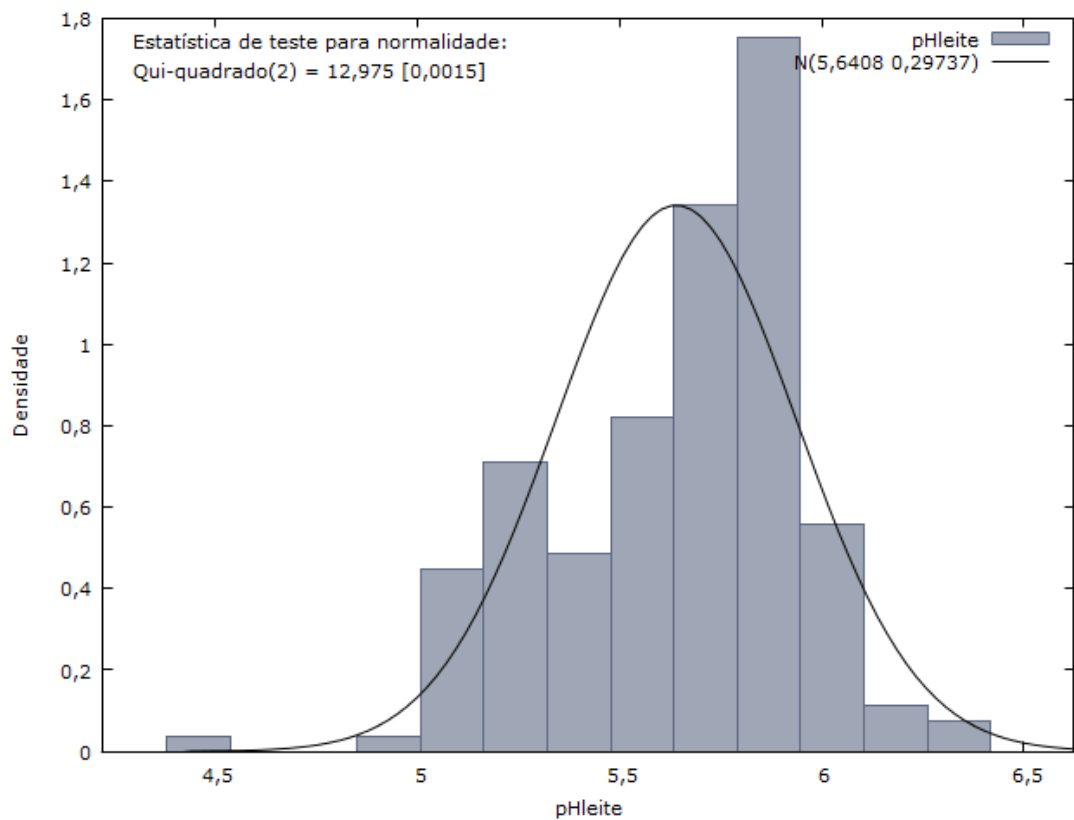


Figura 8- Gráfico do teste de normalidade dos dados do pH
Fonte: Aatoria Própria.

No caso do teste, um resultado não significativo ($p > 0,05$) indica normalidade. Caso o p valor assuma valores abaixo desse patamar ($p < 0,05$) isso significa que o pressuposto da normalidade foi violado (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

Como os dados do pH não são normais optou-se por usar a técnica de média de dois a dois dados.

Dessa forma os dados normalizaram, pois os p-valores ficaram maiores que 0,05 como se pode observar na Tabela 11.

Tabela 11- Novo teste de normalidade do pH

Testes	Estatísticas	P-valores
Anderson – Darling	0,548791912	0,1533
Kolmogorov – Smirnov	0,078776225	0,2162
Shapiro – Wilk	0,979209795	0,1863
Ryan – Joiner	0,989438252	0,1622

Fonte: Autoria Própria.

Depois de garantir que os dados são normais realizou-se o CEP pelo Action Stats® dos dados de pH e o resultado encontrado para o limite superior foi de 6,24 e o inferior 5,04 como mostra a Tabela 12.

Tabela 12- Análise de variáveis do CEP (pH)

Gráfico X-Barra

Limite Superior	6,241374376
Linha de centro	5,643764706
Limite Inferior	5,046155035

Gráfico do Desvio-Padrão

Limite Superior	0,734240485
Linha de centro	0,224776767
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a Figura 9 nota-se que apareceu o número 1 e 2 que significam 1 ponto a mais dos 3 sigmas e o 2 que significa 7 ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha central.

O valor fora dos 3 sigmas é decorrente de uma causa especial ou assinalável e precisa ser removido dos resultados de acompanhamento do processo, no entanto os valores (2) não precisam ser removidos, pois são

decorrentes de causas comuns ou aleatórias do processo e podem ser mantidas para o estudo dos limites de controle.

Vale dizer que para saber exatamente os limites de controle deve-se remover os dados fora de controle decorrentes de causas especiais ocorridas no processo e nesse caso foram removidos esses dados e o teste foi refeito para definição correta dos limites de controle.

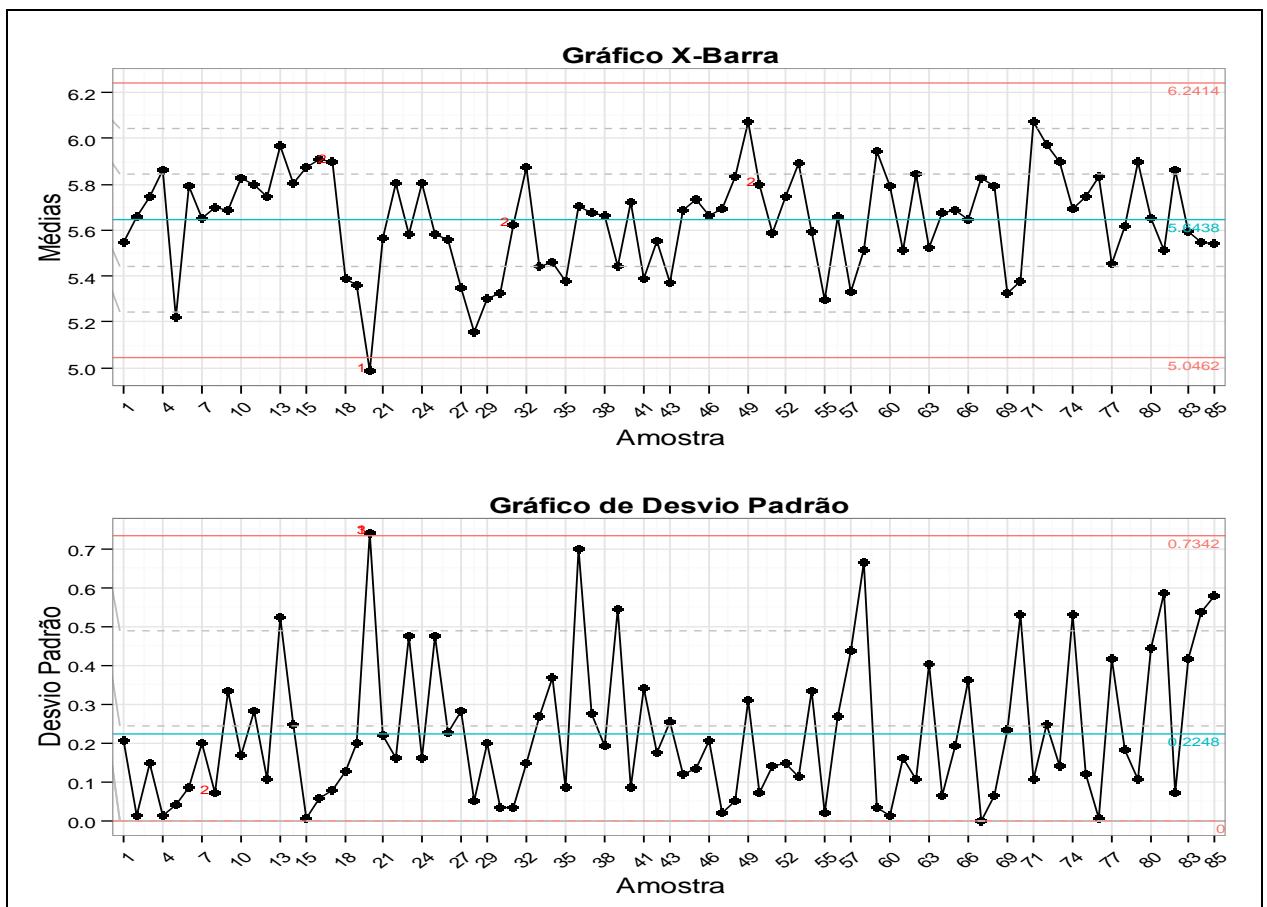


Figura 9- Gráfico do CEP para os dados do pH
Fonte: Autoria Própria.

Os gráficos de controle podem ser atualizados e novos limites podem vir a ser calculados sempre que necessário (SAMOHYL, 2009).

Dessa forma depois de ter excluído os dados discrepantes foi realizado um novo CEP segundo a Tabela 13 e Figura 10.

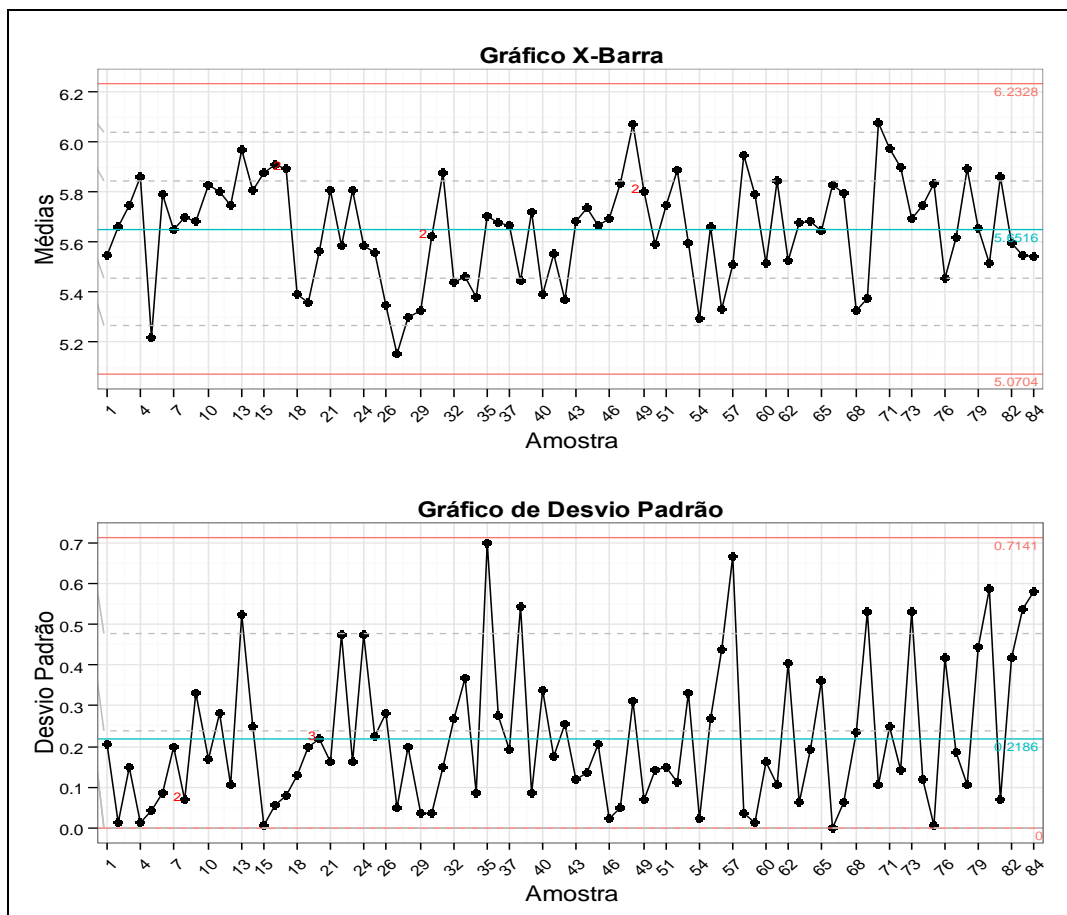
Foi estabelecido os limites de controle como sendo 6,23 e 5,07 para o controle de pH dessa empresa e os dados coletados para aplicação no gráfico são provenientes da média de 2 coletas seguidas.

Tabela 13- Nova análise de variáveis do CEP (pH)**Gráfico X-Barra**

Limite Superior	6,232831574
Linha de centro	5,651607143
Limite Inferior	5,070382712

Gráfico do Desvio-Padrão

Limite Superior	0,714109108
Linha de centro	0,218613847
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.**Figura 10- Novo gráfico do CEP para os dados do pH****Fonte: Autoria Própria.**

Em seguida a análise de capacidade para os dados do pH foi feita baseando-se nos limites fornecidos pela empresa (superior 6,0/ inferior 5,0) e o resultado pode ser analisado na Tabela 14.

Tabela 14- Análise de capacidade com padrões empresariais (pH)

Especificações		Valor
Amostra:		84
Limite Inferior		5
Limite Superior		6
Estimativas		
Média		5,651607143
Desvio Padrão (Curto prazo)		0,170465089
Desvio Padrão (Longo prazo)		0,202958292
Índices de Performance (Longo prazo)		
PP		0,821186783
PPI		1,070182346
PPS		0,572191219
PPK		0,572191219
Índices de Capacidade (Curto prazo)		
CP		0,977717298
CPI		1,27417515
CPS		0,681259446
CPK		0,681259446

Fonte: Autoria Própria.

O processo não foi capaz de atender as especificações indicadas pela indústria para o processo, pois os índices de capacidade calculados para as médias obtidas de 2 coletas não foram maiores que 1,33.

Observou-se na Figura 11 que o maior problema foi com o limite superior de controle utilizado pela empresa, pH=6,0 sendo que este foi ultrapassado e o valor alvo do processo encontra-se deslocado para cima, ficando próximo a 5,6 e não 5,5 como deveria ficar.

Se a empresa pretende trabalhar com esses limites de especificação deve buscar meios de reduzir os valores de pH em seu processo produtivo pela adição de ácido ao leite de amido.

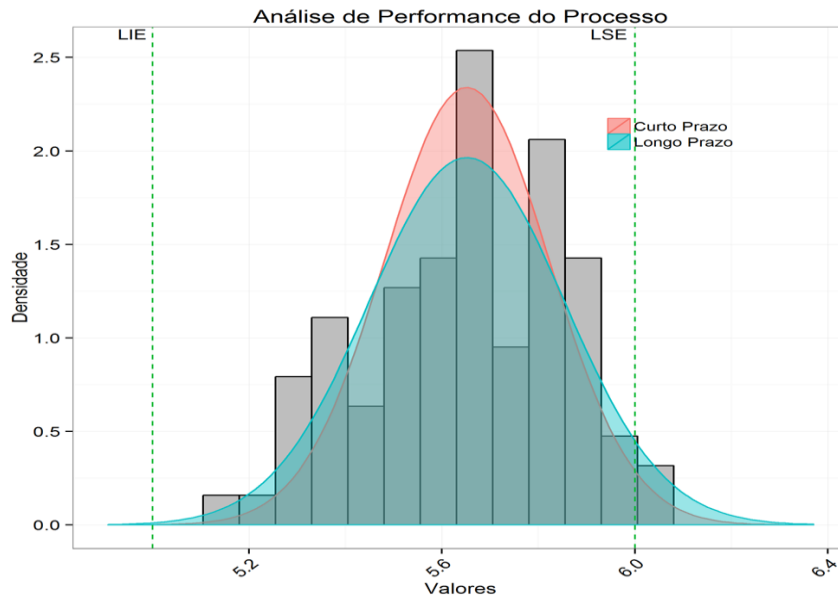


Figura 11- Gráfico de capacidade com padrões empresariais para os dados do pH
Fonte: Autoria Própria.

Porém cabe destacar que ao se avaliar a capacidade do processo em relação aos limites impostos pela legislação (4,5 e 6,5) o processo é capaz, apresentando índices superiores a 1,33 tanto para curto quanto para longo prazo. Isso pode ser observado na Tabela 15 e Figura 12.

Tabela 15- Análise de capacidade com parâmetros legais (pH)

Especificações		Valor
Amostra:		84
Limite Inferior		4,5
Limite Superior		6,5
Estimativas		
Média		5,651607143
Desvio Padrão (Curto prazo)		0,170465089
Desvio Padrão (Longo prazo)		0,202958292
Índices de Performance (Longo prazo)		
PP		1,642373565
PPI		1,891369129
PPS		1,393378001
PPK		1,393378001
Índices de Capacidade (Curto prazo)		
CP		1,955434597
CPI		2,251892449
CPS		1,658976744
CPK		1,658976744

Fonte: Autoria Própria.

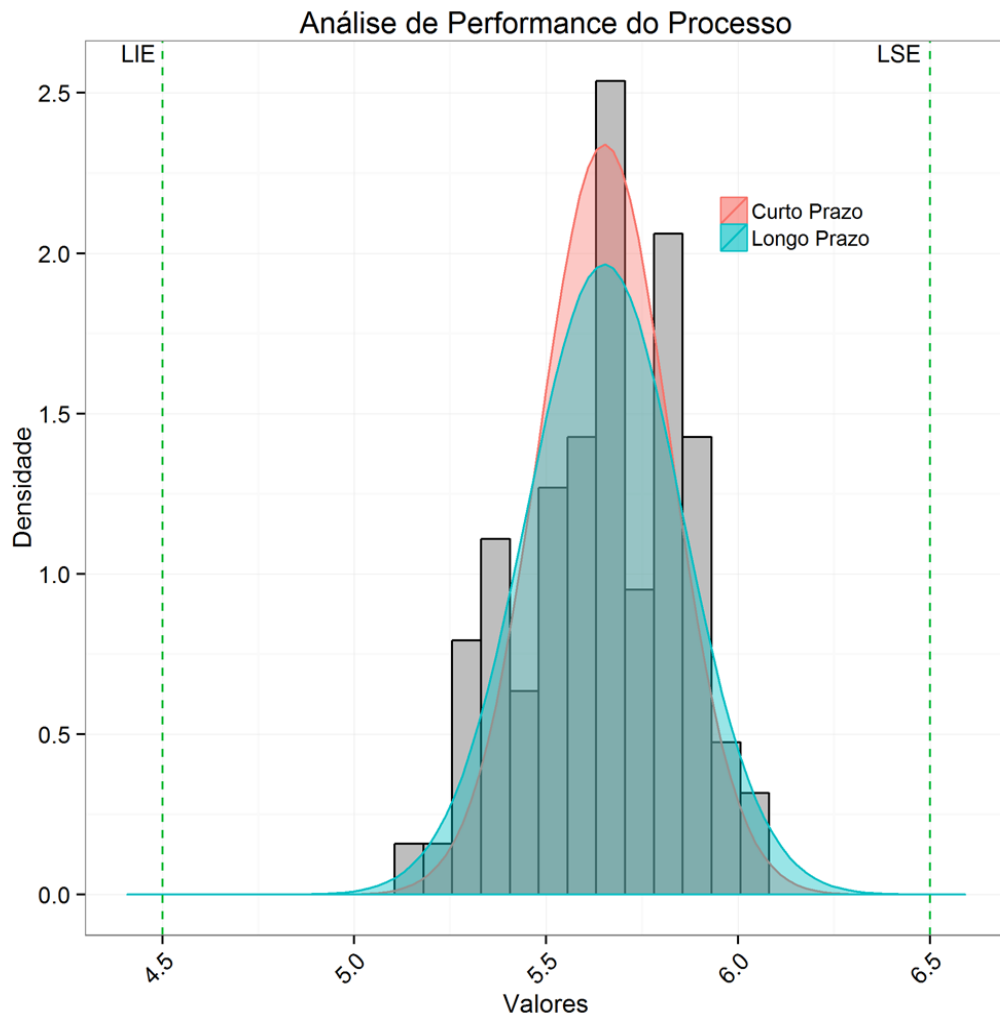


Figura 12- Gráfico de capacidade com parâmetros legais para os dados do pH
Fonte: Autoria Própria.

Ao estudar os dados de pH pode ser que a empresa esteja confundindo os limites de controle com os limites de especificação, porque a sugestão de limites de controle seria entre 5,0 e 6,2 muito próximo dos indicados pela empresa como limites de especificação. Sugere-se o uso de limites de controle para pH de 5,0 e 6,2 e limites de especificação seguindo a legislação entre 4,5 e 6,5.

4.2 ANÁLISES DOS DADOS DE CONCENTRAÇÃO DO FILTRO 1 E 2

Para os dados de Concentração do filtro 1 e 2 foram feitas as análises da estatística descritiva, utilizado o *Microsoft® Excel*, como pode-se notar na Tabela 16 e 17 respectivamente.

Tabela 16- Estatística descritiva da concentração filtro 1

Concentração (°BÉ) filtro 1	
Média	16,94795322
Erro padrão	0,021185036
Mediana	17
Modo	17
Desvio padrão	0,277030298
Variância da amostra	0,076745786
Curtose	5,706698405
Assimetria	-1,942218361
Intervalo	1,5
Mínimo	16
Máximo	17,5
Soma	2898,1
Contagem	171
Nível de confiança (95,0%)	0,041819615

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 17- Estatística descritiva da concentração filtro 2

Concentração (°BÉ) filtro 2	
Média	16,96842105
Erro padrão	0,021905663
Mediana	17
Modo	17
Desvio padrão	0,286453709
Variância da amostra	0,082055728
Curtose	6,127320091
Assimetria	-1,557068402
Intervalo	2
Mínimo	16
Máximo	18
Soma	2901,6
Contagem	171
Nível de confiança (95,0%)	0,043242143

Fonte: Autoria Própria.

Os testes de normalidade para a concentração do filtro 1 e 2 foram realizados pelo Action Stats® e como resultado obteve-se que os dados não são normais, pois o valor do p-valor foi menor do que 0,05. Isso pode ser analisado na Tabela 18, Figura 13 e 14.

Tabela 18- Teste de normalidade da concentração no filtro1 e 2

Filtro1	
Doornik-Hansen	109,317 (p-valor 1,82817e-024)
Shapiro-Wilk W	0,521591 (p-valor 2,01971e-021)
Lilliefors	0,469249 (p-valor ≈ 0)
Jarque-Bera	321,652 (p-valor 1,42617e-070)
Filtro 2	
Doornik-Hansen	41,7773 (p-valor 8,47554e-010)
Shapiro-Wilk W	0,540089 (p-valor 4,74563e-021)
Lilliefors	0,456172 (p-valor ≈ 0)
Jarque-Bera	317,149 (p-valor 1,35508e-069)

Fonte: Autoria Própria.

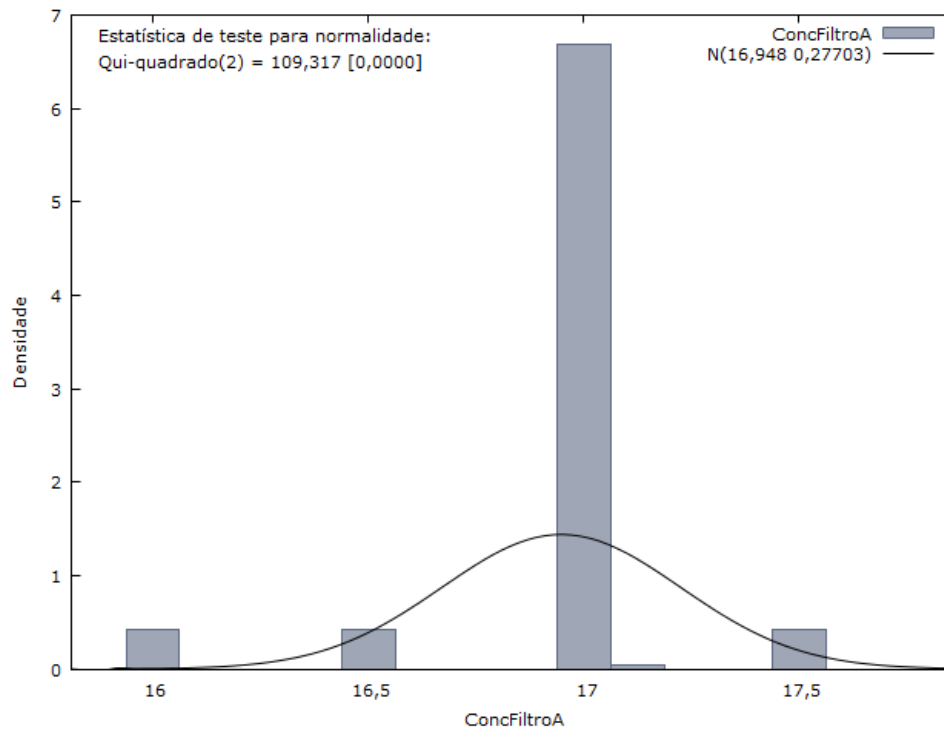


Figura 13- Normalidade para os dados de concentração do filtro 1
Fonte: Autoria Própria.

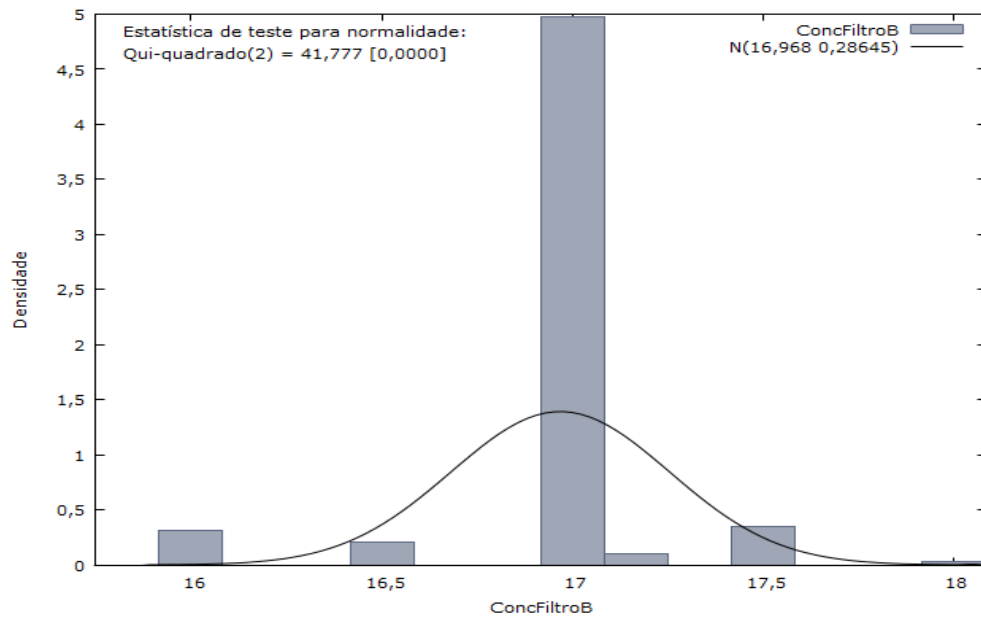


Figura 14- Normalidade para os dados de concentração do filtro 2
Fonte: Autoria Própria.

O uso de média dos dois filtros não foi capaz de normalizar os dados e estes não atendem a nenhuma distribuição conhecida, dessa forma não houve condição de construir gráficos de controle, pois qualquer alteração nos valores são tratados como causas especiais.

Para a construção de Gráficos de controle seria mais adequado o uso de dados que se adequassem à distribuição normal, porém alguns processos não seguem essa distribuição. O gráfico X de Shewhart pode ser considerado robusto em relação a leves desvios da normalidade dos dados, tais como os observados nas distribuições com coeficiente de assimetria menor do que 1,5 (KORZENOWSKI; WERNER, 2011). Os índices de assimetria para os dois filtros foram superiores a 1,5 e desse modo não é recomendando a construção de gráficos de controle estatístico do processo.

Pode-se apenas fazer uma análise de performance, pois quando os dados não são normais deve-se usar o teste de Kernel. Esse método é considerado um método não paramétrico para estimação de curvas de densidades onde cada observação é ponderada pela distância em relação a um valor central. Esse tipo de método somente deve ser usado quando nenhuma das distribuições conhecida se modela aos dados (SUAREZ, 2015).

Um processo é incapaz quando o valor do Pp (índice de performance) é menor que um, aceitável quando o valor do Pp fica entre 1 e 1,33 e capaz quando o valor de Pp é maior que 1,33 (DATALYZER, 2006).

As análises de performance utilizando os padrões empresarias da concentração do filtro 1 e 2 podem ser observadas respectivamente nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19- Análise de performance da concentração no filtro1

Especificações	
	Valor
Amostra:	171
Limite Inferior	16
Limite Superior	17,6
Estimativas	
Parâmetros	Valor
Média:	16,94795322
Desvio Padrão:	0,277030298
Índices de Performance	
Índices	Valor
PP	0,867763551
PPI	0,852496726
PPS	0,893993186
PPk	0,852496726

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 20- Análise de performance da concentração no filtro 2

Especificações	
	Valor
Amostra:	171
Limite Inferior	16
Limite Superior	17,6
Estimativas	
Parâmetros	Valor
Média:	16,96842105
Desvio Padrão:	0,286453709
Índices de Performance	
Índices	Valor
PP	0,712607433
PPI	0,848950213
PPS	0,562417298
PPk	0,562417298

Fonte: Autoria Própria.

Segundo a Figura 15 e 16 os processos não foram capazes de seguir os limites de especificação esperados pela empresa, sendo que os valores dos índices calculados foram todos inferiores ao valor de 1,33.

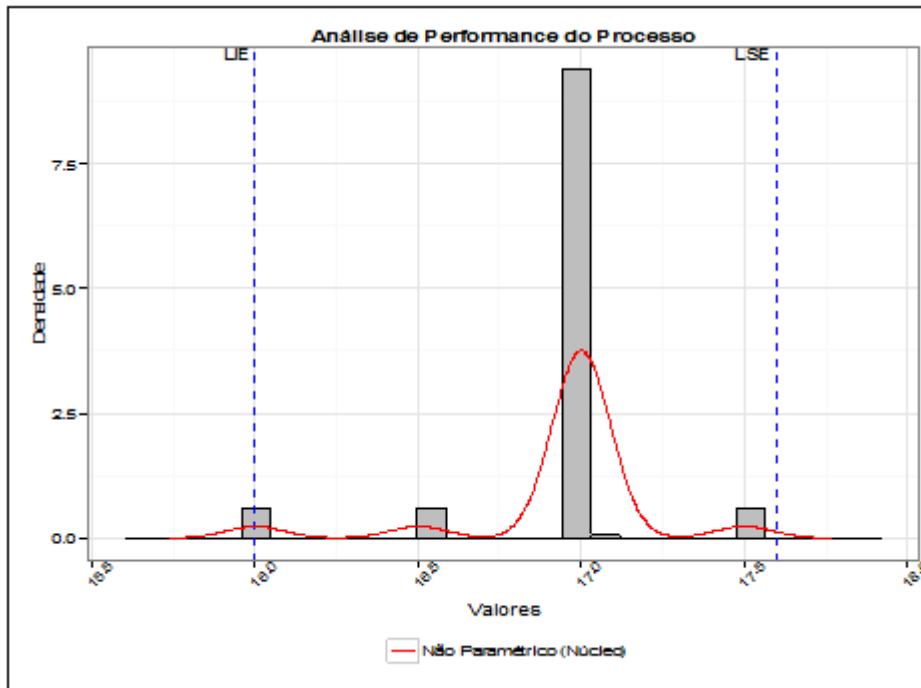


Figura 15- Performance para os dados de concentração do filtro 1
Fonte: Autoria Própria.

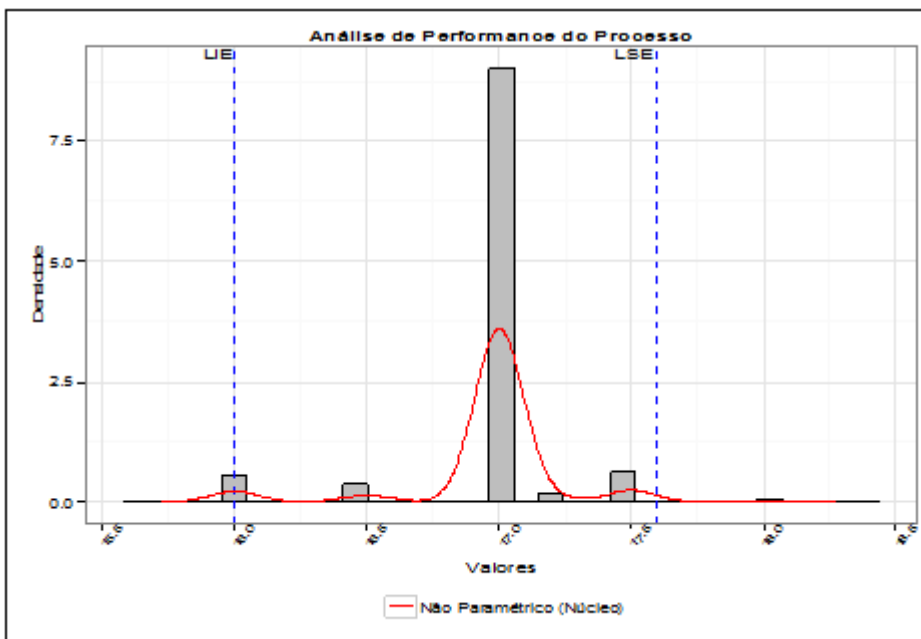


Figura 16- Performance para os dados de concentração do filtro 2
Fonte: Autoria Própria.

4.3 ANÁLISES DOS DADOS DE PRESSÃO

Na Tabela 21 abaixo foi feita a análise da estatística descritiva dos dados coletados da pressão utilizando o *Microsoft® Excel*.

Tabela 21- Estatística descritiva da Pressão

<i>Pressão (kgf)</i>	
Média	10,18269006
Erro padrão	0,025922513
Mediana	10
Modo	10
Desvio padrão	0,338980848
Variância da amostra	0,114908015
Curtose	6,163879422
Assimetria	-1,494545256
Intervalo	2,5
Mínimo	8,5
Máximo	11
Soma	1741,24
Contagem	171
Nível de confiança (95,0%)	0,051171473

Fonte: Autoria Própria.

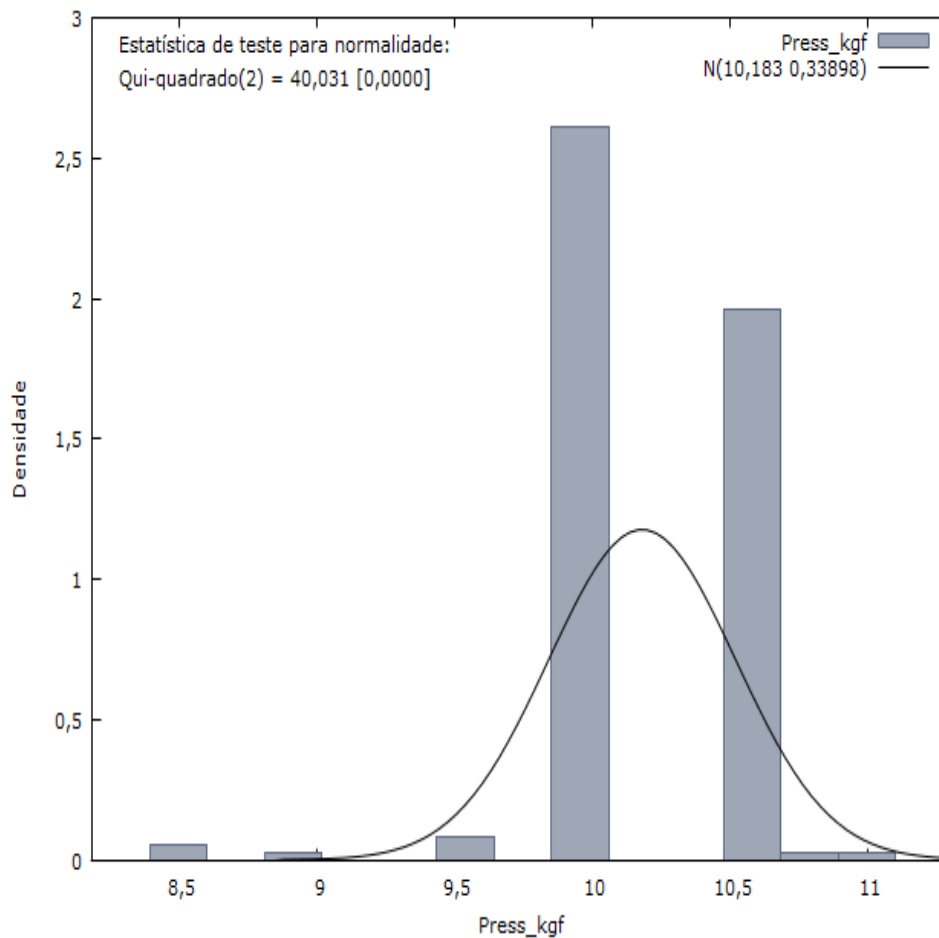
O teste de normalidade para a pressão foi realizado pelo Action Stats® e como resultado obteve-se que os dados não são normais, pois o valor do p-valor foi menor do que 0,05. Isso pode ser analisado na Tabela 22 e Figura 17.

Como no caso dos dados de concentração os de pressão não se pode fazer o CEP, pois os dados são muitos constantes e não tem como normalizá-los.

Tabela 22- Teste de normalidade dos dados de pressão

Testes	P-valores
Doornik-Hansen	40,0313 (p valor 2,02915e)
Shapiro-Wilk W	0,700686 (p-valor 3,1057e-017)
Lilliefors	0,278135 (p-valor ≈ 0)
Jarque-Bera	314,808 (p-valor 4,36929e-069)

Fonte: Autoria Própria.

**Figura 17- Normalidade para os dados de pressão**

Fonte: Autoria Própria.

A análise de performance dos dados de pressão foi feita com os parâmetros empresariais (10,5 a 9,5) como pode-se observar na Tabela 23 e Figura 18. Os processos não foram capazes de seguir os limites de especificação esperados, sendo que os valores dos índices calculados foram todos inferiores ao valor de 1,33.

Tabela 23- Teste de performance dos dados de pressão
Especificações

	Valor
Amostra:	170
Limite Inferior	9,5
Limite Superior	10,5

Estimativas

Parâmetros	Valor
Média:	10,19
Desvio Padrão:	0,334
Forma:	38,43
Escala:	10,33

Índices de Performance

Índices	Valor
PP	0,465
PPI	0,48
PPS	0,426
PPk	0,426

Fonte: Autoria Própria.

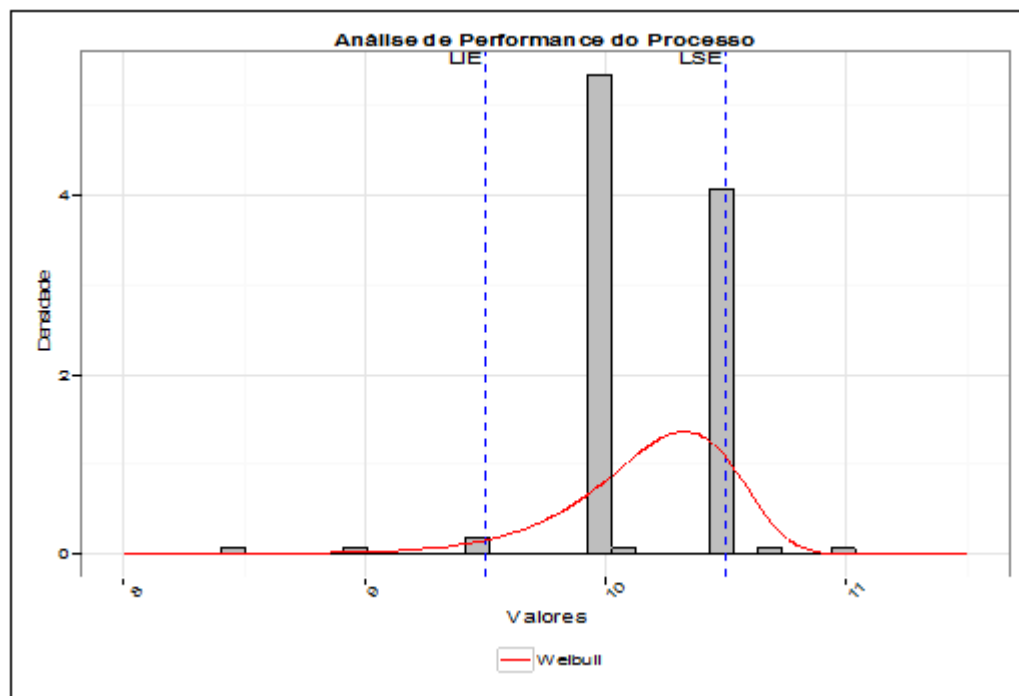


Figura 18- Performance para os dados de pressão

Fonte: Autoria Própria.

4.4 ANÁLISES DOS DADOS DE TEMPERATURA DO SILO 1 E 2

Na Tabela 24 foi feita a análise da estatística descritiva dos dados coletados da temperatura do silo 1 e 2 utilizando o Microsoft® Excel.

Tabela 24- Análise da estatística descritiva da temperatura do silo 1 e 2

	Temperatura (°C) Silo 1	Temperatura (°C) Silo 2
Média	50,25964912	50,04479532
Erro padrão	0,116972411	0,115499911
Mediana	50,1	50
Modo	50	51
Desvio padrão	1,529612752	1,510357316
Variância da amostra	2,33971517	2,281179223
Curtose	2,155778358	0,179914681
Assimetria	0,137632234	0,19375357
Intervalo	11,4	7,6
Mínimo	43,3	47
Máximo	54,7	54,6
Soma	8594,4	8557,66
Contagem	171	171
Nível de confiança (95,0%)	0,230905488	0,227998749

Fonte: Autoria Própria.

Os testes de normalidade para a temperatura do silo 1 e 2 foram realizados pelo Action Stats®. No silo 2 os dados coletados foram normais, mas no 1 não. Isso pode ser analisado na Tabela 25, Figura 19 e 20.

Tabela 25- Teste de normalidade da temperatura no silo 1 e 2

Silo 1	
Doornik-Hansen	25,1207 (p-valor 3,50843e-006)
Shapiro-Wilk W	0,970158 (p-valor 0,000972323)
Lilliefors	0,0737268 (p-valor ≈ 0,02)
Jarque-Bera	30,7184 (p-valor 2,13597e-007)
Silo 2	
Doornik-Hansen	1,3744 (p-valor 0,502983)
Shapiro-Wilk W	0,985632 (p-valor 0,0763218)
Lilliefors	0,0652574 (p-valor ≈ 0,07)
Jarque-Bera	1,36413 (p-valor 0,505572)

Fonte: Autoria Própria.

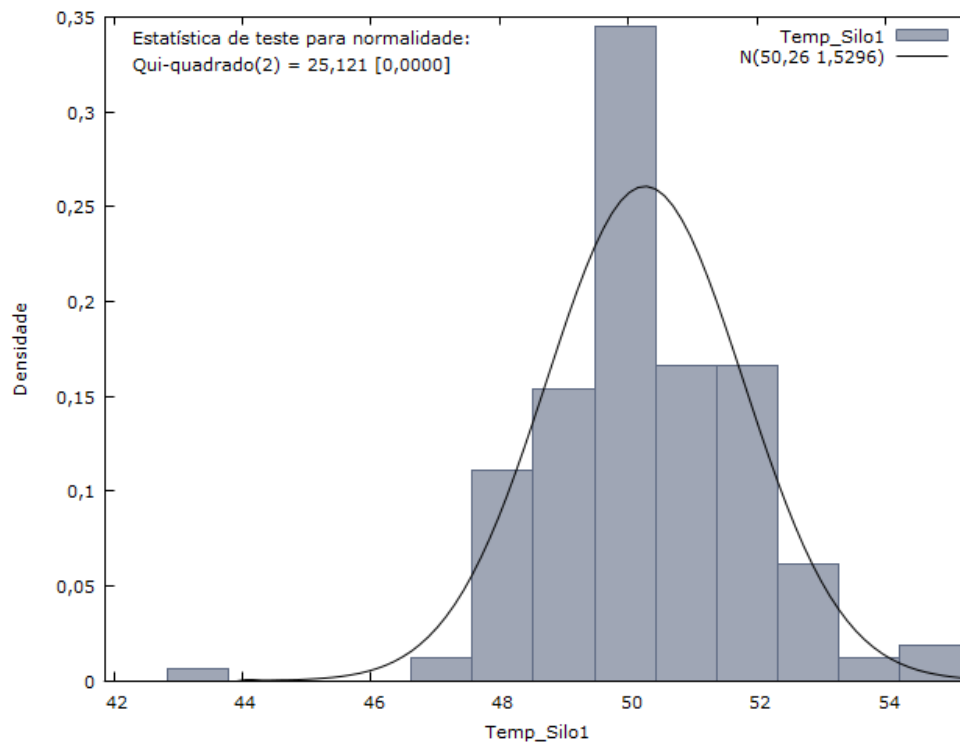


Figura 19- Normalidade para os dados de temperatura no silo 1

Fonte: Autoria Própria.

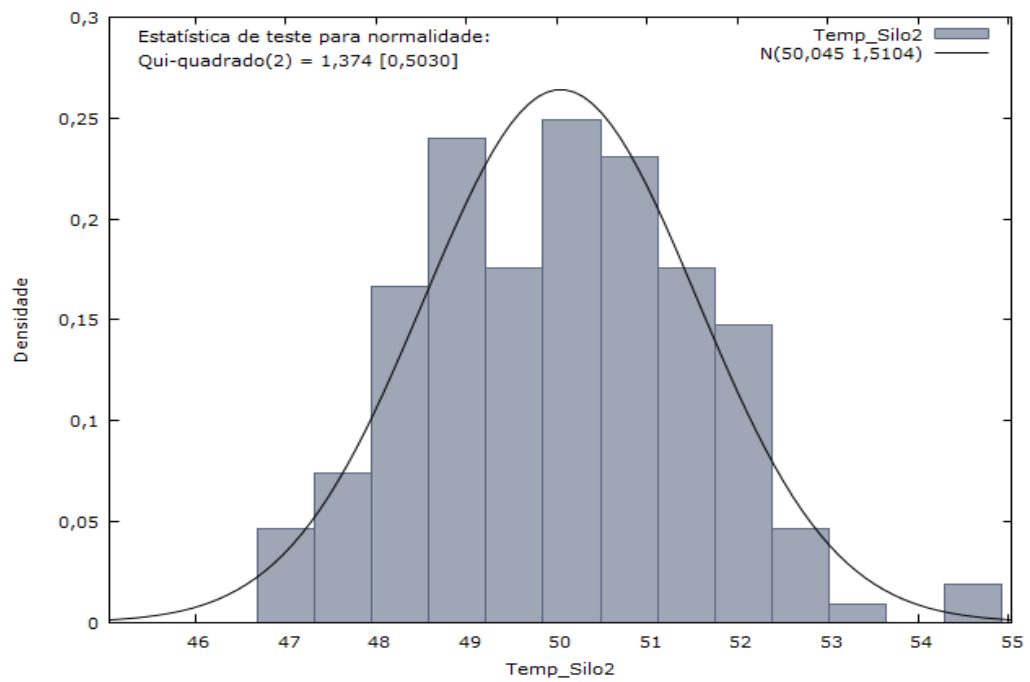


Figura 20- Normalidade para os dados de temperatura no silo 2

Fonte: Autoria Própria.

Então para utilizar um mesmo procedimento para os dois silos optou-se

pelo uso da média das temperaturas de duas coletas seguidas em cada um dos silos, pois com base no teorema do limite central o uso de médias das coletas faz com que a distribuição dos valores médios se aproxime da normal. Por exemplo, o uso da média na avaliação foi capaz de normalizar os dados da temperatura do silo 1 e 2.

O novo teste de normalidade para a temperatura do silo 1 foi realizado pelo Action Stats®. Pode se analisar na Tabela 26 e na Figura 21 que os dados foram normais, pois o p-valor foi maior que 0,05.

Tabela 26- Novo teste de normalidade da temperatura do silo 1

Testes	Estatísticas	P-valores
Anderson – Darling	0,439282252	0,2864
Kolmogorov - Smirnov	0,073033433	0,3193
Shapiro – Wilk	0,978903165	0,1778
Ryan – Joiner	0,987074223	0,083

Fonte: Autoria Própria.

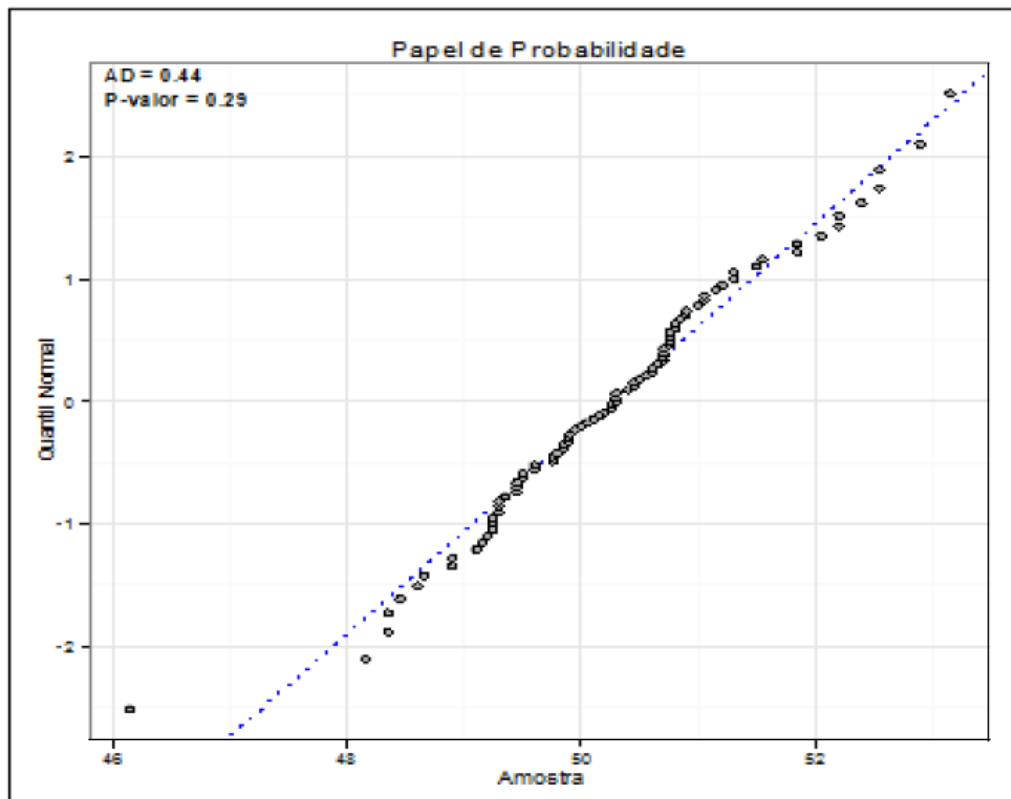


Figura 21- Novo gráfico de normalidade para os dados de temperatura no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

Como os dados da temperatura do silo 1 foram normais pode-se fazer o CEP. O limite superior foi de 52,80 e o inferior 47,73 como mostra a Tabela 27 e o CEP pode ser observado na Figura 22.

Tabela 27- Limites do CEP para os dados de temperatura do silo 1

Gráfico X-Barra	
Limite Superior	52,80640824
Linha de centro	50,27176471
Limite Inferior	47,73712117
Gráfico do Desvio-Padrão	
Limite Superior	3,114136181
Linha de centro	0,953346319
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

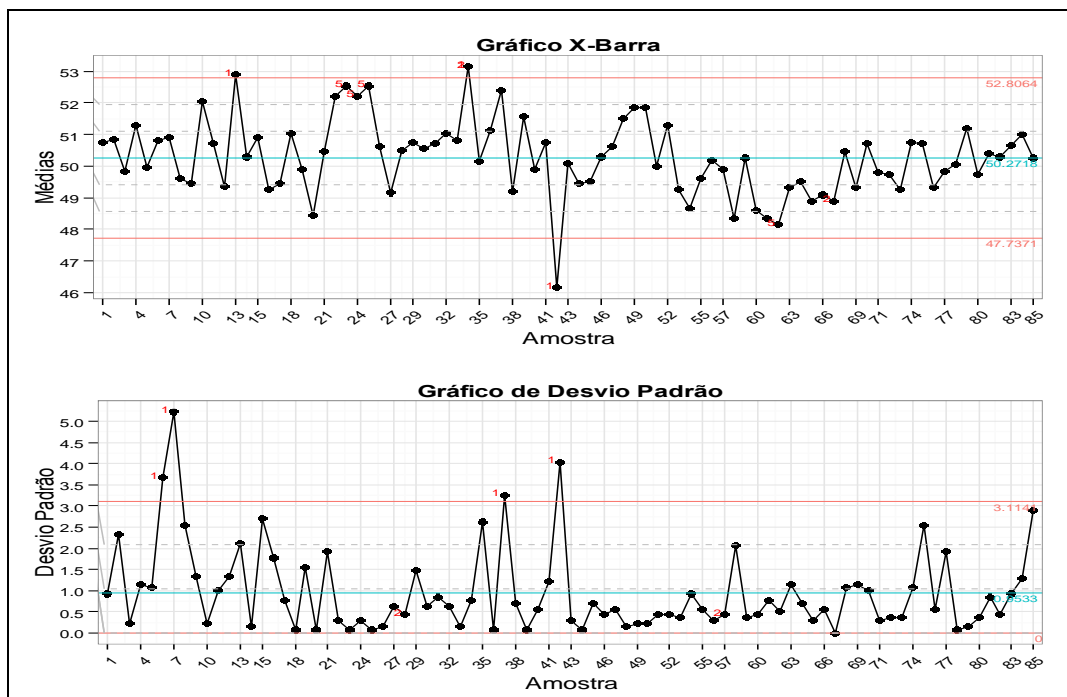


Figura 22- Gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

Nota-se que o gráfico X-Barra da Figura 22 possui três pontos discrepantes (dados fora do limite superior e inferior). Para saber exatamente os limites de controle deve-se remover os dados fora de controle decorrentes de causas especiais ocorridas no processo e nesse caso foram removidos esses dados e o

teste foi feito para definição dos limites de controle.

Optou-se por refazer o gráfico do CEP apenas com os dados que estão dentro dos limites de controle para poder estabelecer os limites superior e inferior para saber exatamente os pontos de alarme de temperatura do silo 1.

Depois de ter excluído os dados discrepantes foi realizado um novo CEP segundo a Tabela 28 e Figura 23.

Tabela 28- Novos limites do CEP para os dados de temperatura do silo 1

Gráfico X-Barra	
Limite Superior	52,59589147
Linha de centro	50,28719512
Limite Inferior	47,97849878

Gráfico do Desvio-Padrão	
Limite Superior	2,83653095
Linha de centro	0,86836162
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

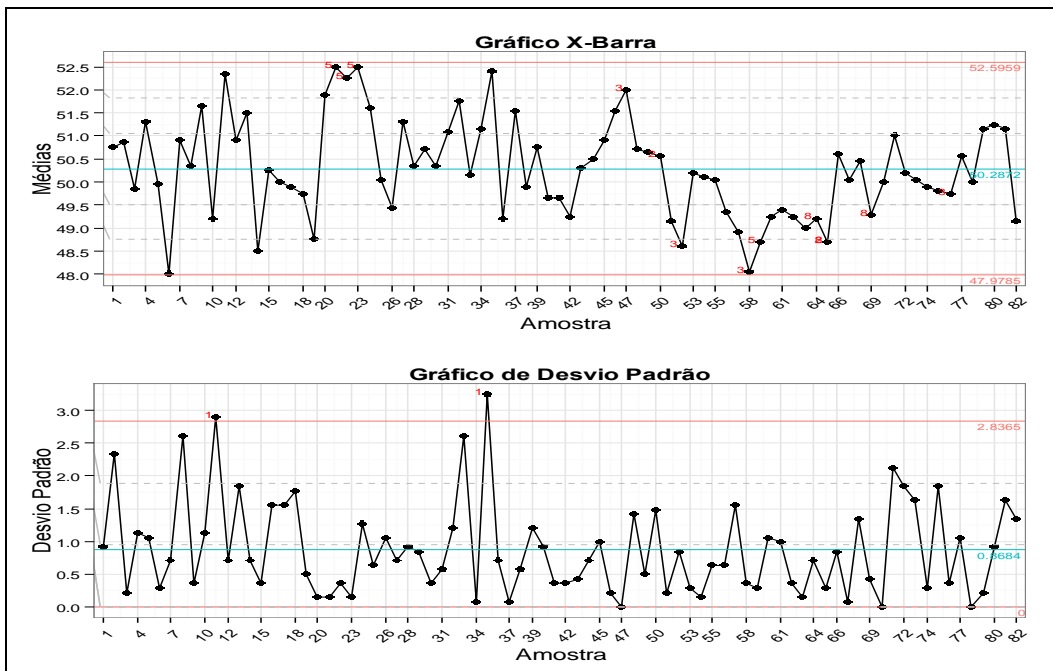


Figura 23- Novo gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

Os parâmetros da empresa para a temperatura são de 60°C até 50°C e de acordo com o CEP as temperaturas estão inferiores a essa faixa, pois o gráfico indica (52,59°C até 47,97°C).

Existe um superaquecimento do silo e depois disso há um resfriamento de acordo com as informações fornecidas pela empresa e assim a temperatura limite é 60°C. Portanto, como foi constatado que a temperatura está abaixo dessa temperatura, o processo ocorre dentro dos limites de especificação.

A análise de capacidade dos dados de temperatura do silo 1 foi feita com os parâmetros empresariais (50 a 60°C) como pode-se observar na Tabela 29 e Figura 24.

O índice de capacidade relaciona a variabilidade permitida ao processo (especificada no projeto) com a variabilidade natural do processo. Com isso tem-se que quanto maior for o valor de Cp, maior será a capacidade do processo em satisfazer às especificações. Para analisar este índice é definir três intervalos de referência sendo o Cp menor que 1 o processo é incapaz, Cp entre 1 e 1,33 o processo é aceitável e Cp maior que 1,33 o processo é potencialmente capaz (MONTGOMERY, 2004).

Os processos não foram capazes de seguir os limites de especificação esperados, sendo que os valores dos índices calculados para o CP e CPS foram todos superiores ao valor de 1,33, no entanto o CPI foi menor do que 1,33.

Tabela 29- Teste de capacidade dos dados de temperatura para o silo 1

Especificações	
	Valor
Amostra:	170
Limite Inferior	50
Limite Superior	60
Estimativas	
Média	50,27176471
Desvio Padrão (Curto prazo)	1,194842419
Desvio Padrão (Longo prazo)	1,52588023
Índices de Performance (Longo prazo)	
PP	1,092265719
PPI	0,059367854
PPS	2,125163584
PPK	0,059367854
Índices de Capacidade (Curto prazo)	
CP	1,394884078
CPI	0,075816052
CPS	2,713952104
CPK	0,075816052

Fonte: Autoria Própria.

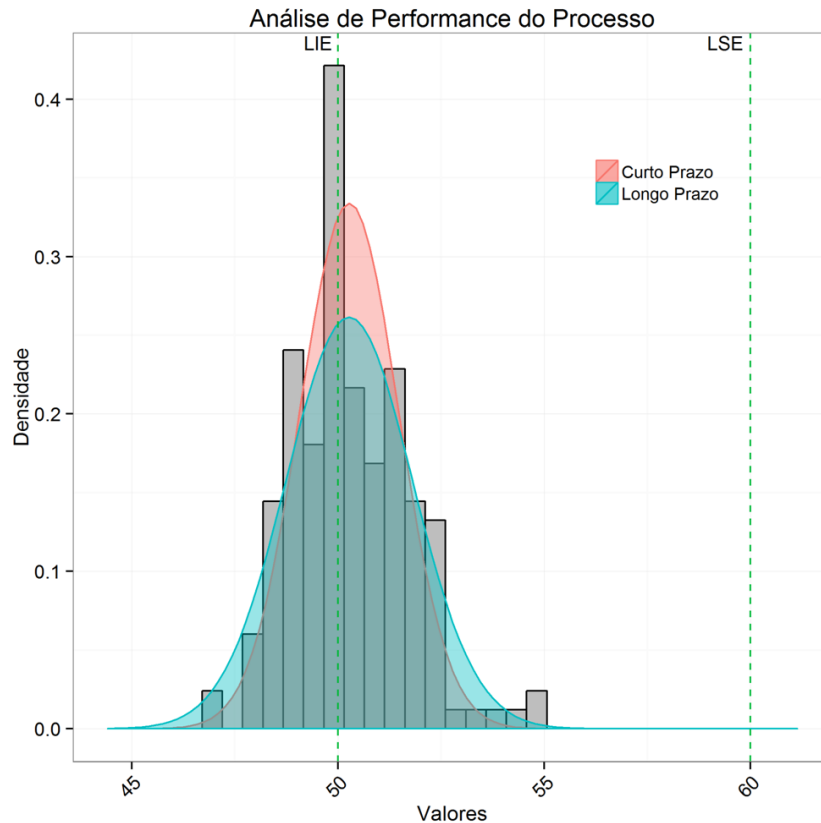


Figura 24- Gráfico de capacidade dos dados de temperatura no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

Como já foi citado anteriormente para utilizar um mesmo procedimento para os dois silos optou-se pelo uso da média das temperaturas de duas coletas seguidas em cada um dos silos. O novo teste de normalidade para a temperatura do silo 2 foi realizado pelo Action Stats[®]. Pode se analisar na Tabela 30 e na Figura 25 que os dados foram normais, pois o p-valor foi maior que 0,05.

Tabela 30- Novo teste de normalidade da temperatura do silo 2

Testes	Estatísticas	Pvalores
Anderson – Darling	0,227210168	0,8092
Kolmogorov – Smirnov	0,055027667	0,759
Shapiro – Wilk	0,991569332	0,8628
Ryan – Joiner	0,996407308	0,8822

Fonte: Autoria Própria.

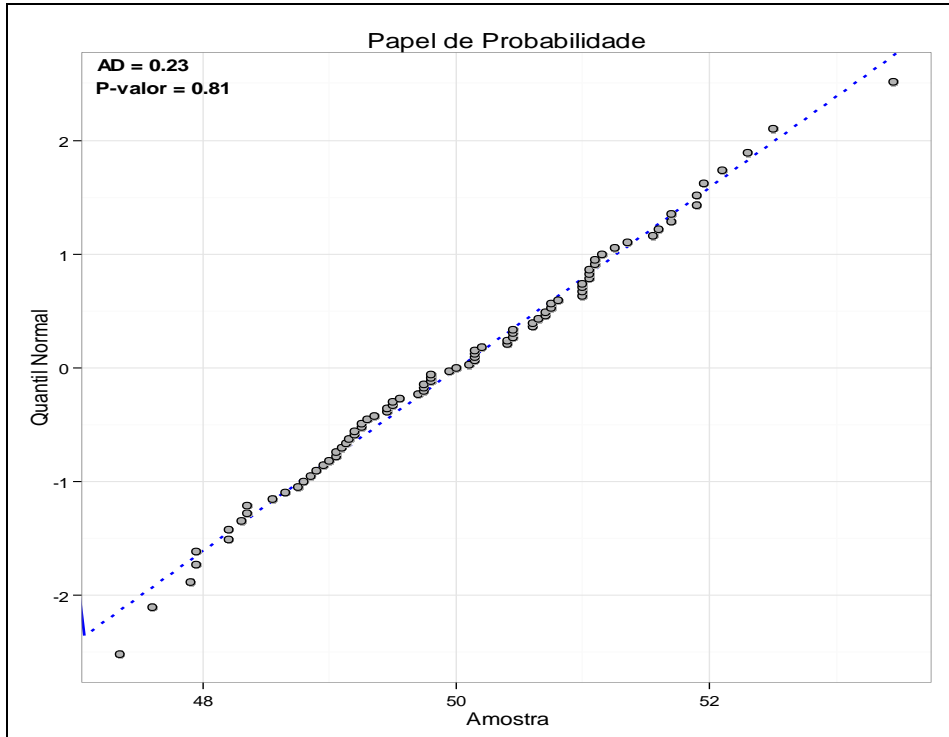


Figura 25- Novo gráfico de normalidade para os dados de temperatura no silo 2
Fonte: Autoria Própria.

Os dados da temperatura do silo 2 foram normais dessa forma pode-se fazer o CEP. O limite superior foi de 52,42 e o inferior 47,61 como mostra a Tabela 31 e o CEP pode ser observado na Figura 26.

Tabela 31- Limites do CEP para os dados de temperatura do silo 2

Gráfico X-Barra

Limite Superior	52,42981251
Linha de centro	50,02035294
Limite Inferior	47,61089337

Gráfico do Desvio-Padrão

Limite Superior	2,96033155
Linha de centro	0,906261326
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

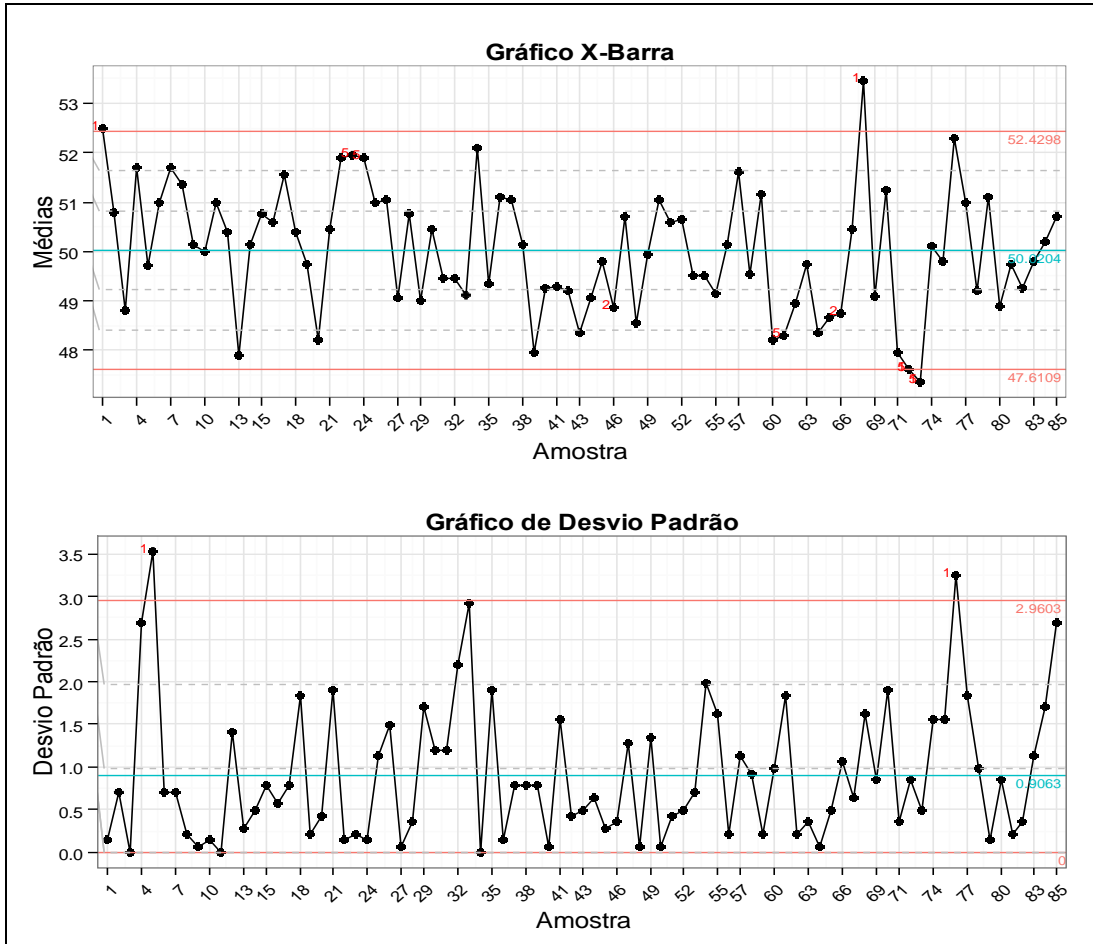


Figura 26- Gráfico do CEP para os dados de temperatura no silo 2
Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que o gráfico X-Barra da Figura 26 possui pontos discrepantes (dados fora do limite superior e inferior). Portanto, para saber exatamente os limites de controle deve-se remover os dados fora de controle decorrentes de causas especiais ocorridas no processo. Esses dados foram removidos e o teste foi refeito para definição dos limites de controle.

Depois de ter excluído os dados discrepantes foi realizado um novo CEP de acordo com a Tabela 32 e Figura 27.

Tabela 32- Novos limites do CEP para os dados de temperatura do silo 2

Gráfico X-Barra	
Limite Superior	52,8264269
Linha de centro	50,0691358
Limite Inferior	47,3118447
Gráfico do Desvio-Padrão	
Limite Superior	3,387687411
Linha de centro	1,037089946
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

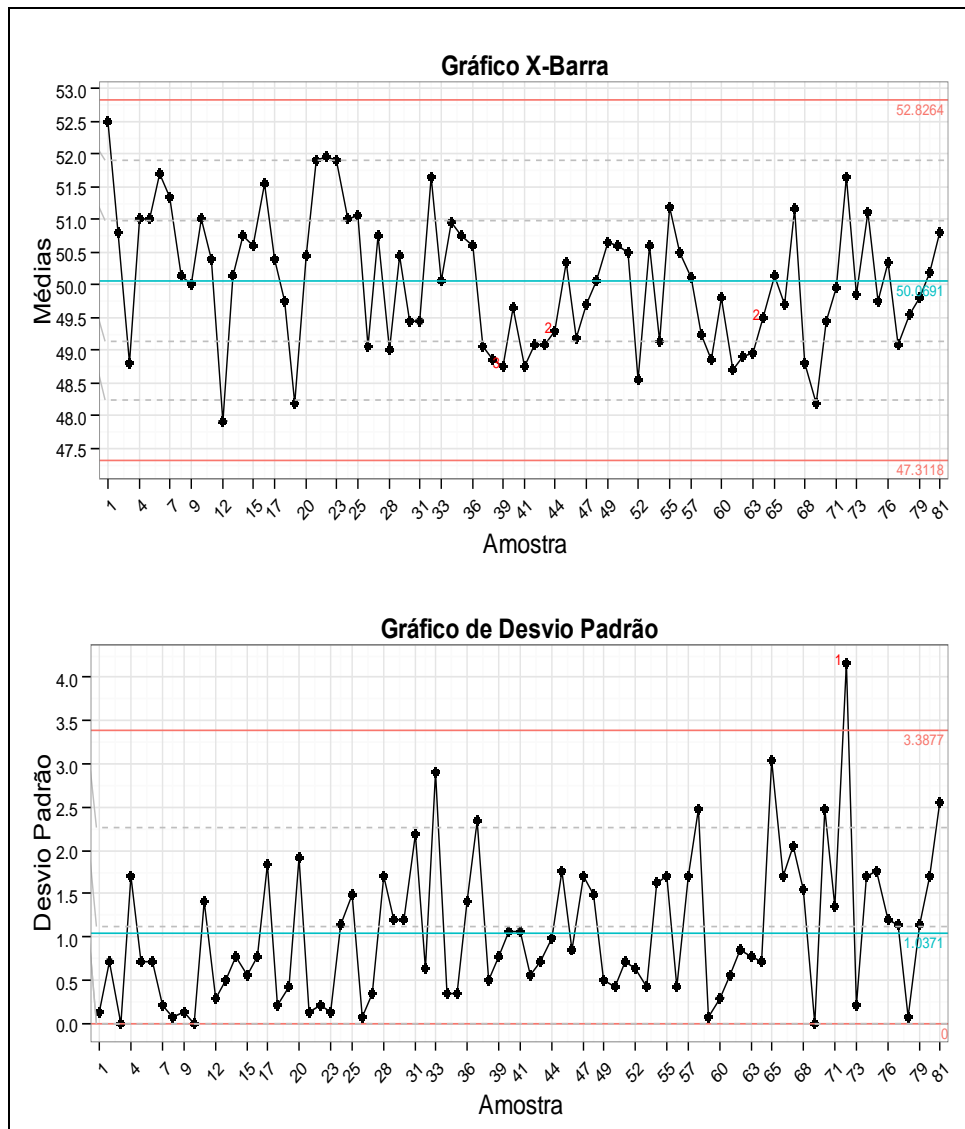


Figura 27- Novo gráfico do CEP dos dados de temperatura no silo 2
Fonte: Autoria Própria.

Segundo o CEP as temperaturas estão inferiores a faixa estabelecida pela empresa, porque o gráfico indica (52,82°C até 47,31°C). Portanto, como foi constatado que a temperatura está abaixo desse limite, o processo ocorre dentro dos limites de especificação.

A análise de capacidade dos dados de temperatura do silo 2 foi feita com os parâmetros empresariais, 50 a 60°C, como pode-se observar na Tabela 33 e Figura 28. Os processos não foram capazes de seguir os limites de especificação esperados, pois o CPI foi inferior a 1,33.

Tabela 33- Teste de capacidade dos dados de temperatura para o silo 2

Especificações	
	Valor
Amostra:	170
Limite Inferior	50
Limite Superior	60
Estimativas	
Média	50,02035294
Desvio Padrão (Curto prazo)	1,135830132
Desvio Padrão (Longo prazo)	1,507286403
Índices de Performance (Longo prazo)	
PP	1,105739867
PPI	0,004501012
PPS	2,206978722
PPK	0,004501012
Índices de Capacidade (Curto prazo)	
CP	1,467355566
CPI	0,005973
CPS	2,928738131
CPK	0,005973

Fonte: Autoria Própria.

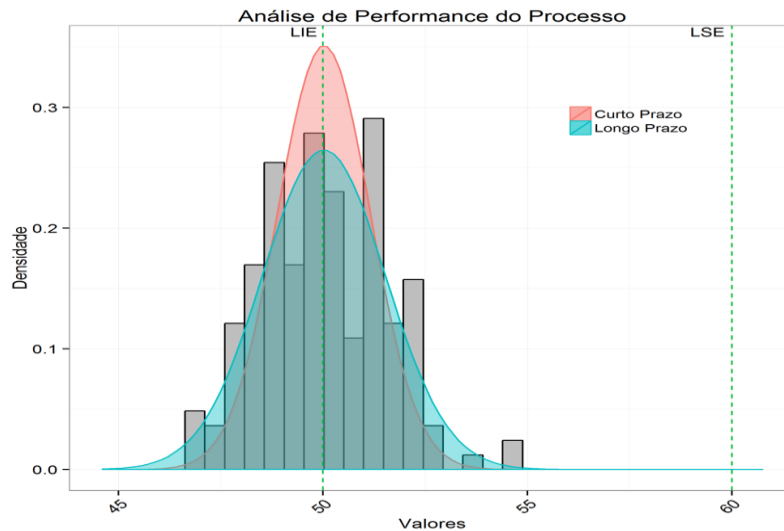


Figura 28- Gráfico de capacidade dos dados de temperatura no silo 2

Fonte: Autoria Própria.

4.5 ANÁLISES DOS DADOS DE UMIDADE DO SILO 1 E 2

Na Tabela 34 foi feita a análise da estatística descritiva dos dados coletados da umidade do silo 1 e 2 utilizando o *Microsoft® Excel*.

Tabela 34- Análise da estatística descritiva da umidade no silo 1 e 2

	Umidade (%) Silo 1	Umidade (%) Silo 2
Média	10,74701754	10,76087719
Erro padrão	0,077771679	0,076329939
Mediana	10,73	10,88
Modo	10,8	10,3
Desvio padrão	1,016996671	0,998143478
Variância da amostra	1,034282229	0,996290402
Curtose	0,20811954	0,93956187
Assimetria	0,30840867	-0,507306841
Intervalo	5,43	5,95
Mínimo	8,21	7,38
Máximo	13,64	13,33
Soma	1837,74	1840,11
Contagem	171	171
Nível de confiança (95,0%)	0,153522591	0,150676573

Fonte: Autoria Própria.

Os testes de normalidade para a umidade no silo 1 e 2 foram realizados pelo Action Stats®. A umidade do silo 1 foi normal, mas no silo 2 não. Isso pode ser analisado na Tabela 35, Figuras 29 e 30.

Tabela 35- Teste de normalidade da umidade no silo 1 e 2

Silo 1	
Doornik-Hansen	2,80625 (p-valor 0,245828)
Shapiro-Wilk W	0,0797205 (p-valor ≈ 0,01)
Lilliefors	0,988139 (p-valor 0,160472)
Jarque-Bera	2,86252 (p-valor 0,239007)
Silo 2	
Doornik-Hansen	7,9668 (p-valor 0,0186222)
Shapiro-Wilk W	0,978075 (p-valor 0,00831193)
Lilliefors	0,0734041 (p-valor ≈ 0,02)
Jarque-Bera	12,6918 (p-valor 0,00175397)

Fonte: Autoria Própria.

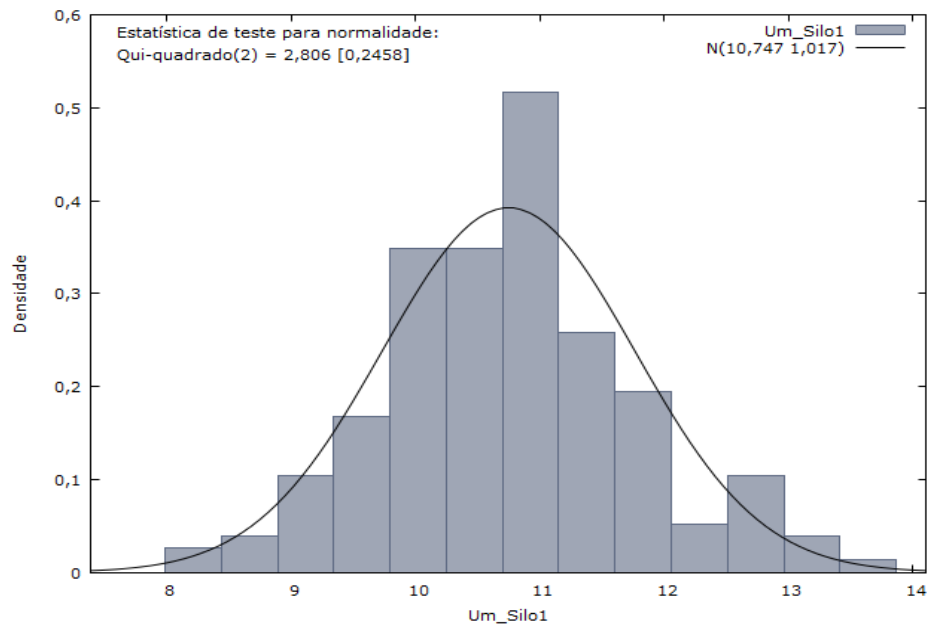


Figura 29- Normalidade para os dados de umidade no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

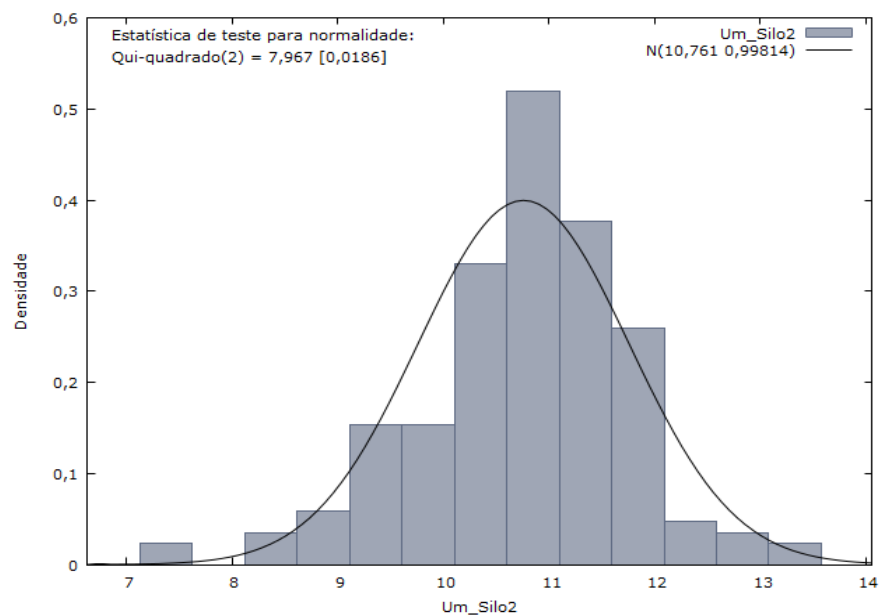


Figura 30- Normalidade para os dados umidade no silo 2
Fonte: Autoria Própria.

Então para utilizar um mesmo procedimento para os dois silos optou-se pelo uso da média das umidades de duas coletas seguidas em cada um dos silos. Os novos testes de normalidade para a umidade no silo 1 e 2 foram realizados pelo Action Stats®. Pode se analisar na Tabela 36 e nas Figuras 31 e 32 que os dados

tanto no silo 1 como no 2 foram normais, pois o p-valor foi maior que 0,05.

Tabela 36- Novo teste de normalidade da umidade do silo 1 e 2

Silo 1		
Testes	Estatísticas	Pvalores
Anderson – Darling	0,275816159	0,65
Kolmogorov – Smirnov	0,066841635	0,4588
Shapiro – Wilk	0,987780823	0,6091
Ryan – Joiner	0,994881551	0,662
Silo 2		
Testes	Estatísticas	Pvalores
Anderson – Darling	0,166788136	0,9361
Kolmogorov – Smirnov	0,058716231	0,6666
Shapiro – Wilk	0,992768776	0,9237
Ryan – Joiner	0,996946572	0,9358

Fonte: Aatoria Própria.

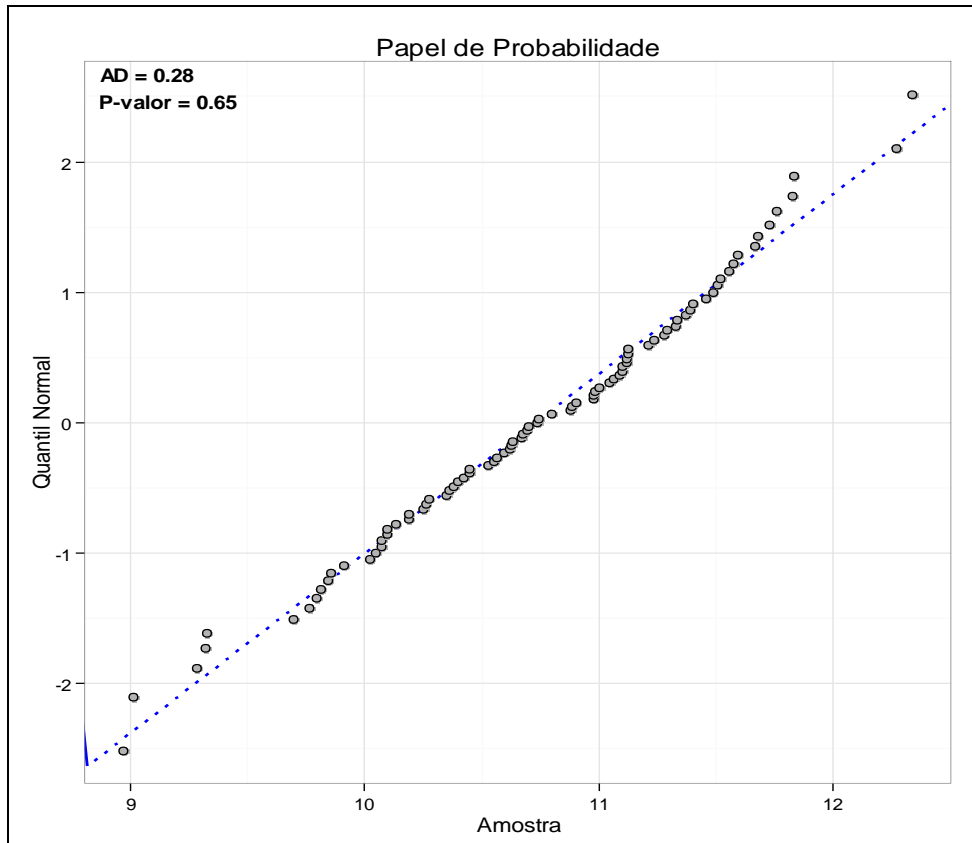


Figura 31- Novo gráfico de normalidade dos dados de umidade no silo 1
Fonte: Aatoria Própria.

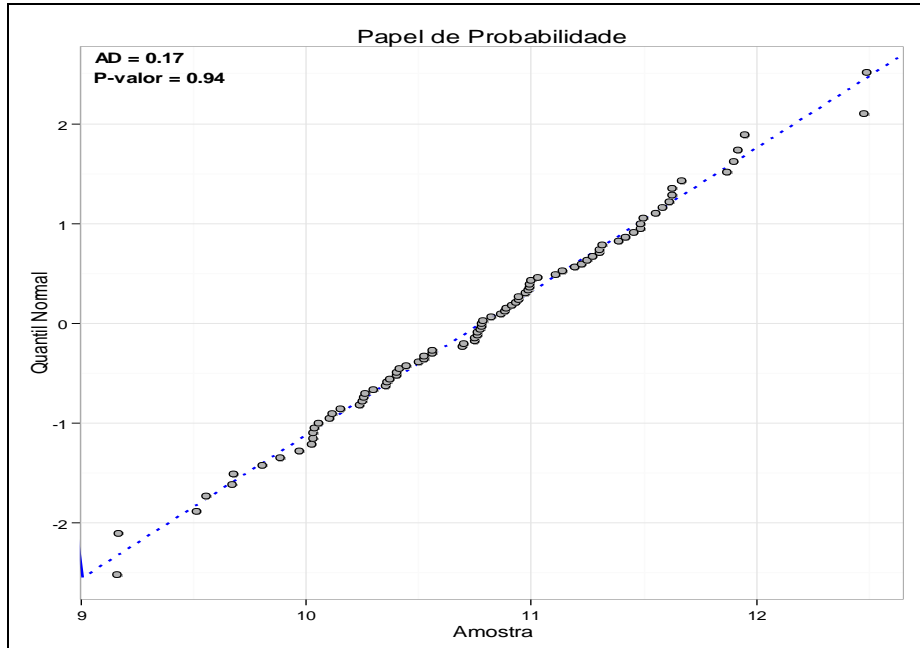


Figura 32- Novo gráfico de normalidade dos dados de umidade no silo 2
Fonte: Autoria Própria.

Os dados da umidade no silo 1 e 2 foram normais dessa forma pode-se fazer o CEP para cada silo. O limite superior do silo 1 foi de 12,76 e o inferior 8,70 e o limite superior do silo 2 foi de 12,76 e o inferior de 10,78 como mostra a Tabela 37. O CEP do silo 1 pode ser observado na Figura 33 e do silo 2 na Figura 34.

Tabela 37- CEP dos dados de umidade no silo 1 e 2

Silo1- Gráfico X-Barra	
Limite Superior	12,76168658
Linha de centro	10,73352941
Limite Inferior	8,70537224
Silo 1- Gráfico do Desvio-Padrão	
Limite Superior	2,491852424
Linha de centro	0,762843433
Limite Inferior	0
Silo 2- Gráfico X-Barra	
Limite Superior	12,76446609
Linha de centro	10,78076471
Limite Inferior	8,797063324
Silo 2- Gráfico do Desvio-Padrão	
Limite Superior	2,437232758
Linha de centro	0,746122438
Limite Inferior	0

Fonte: Autoria Própria.

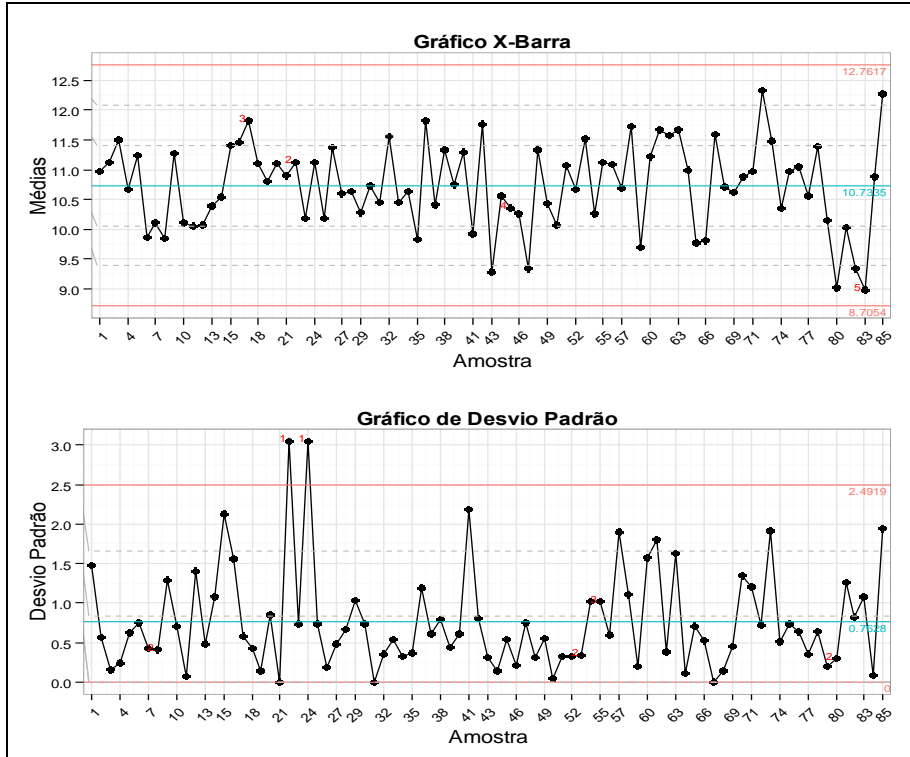


Figura 33- Gráfico do CEP dos dados de umidade no silo 1
Fonte: Autoria Própria.

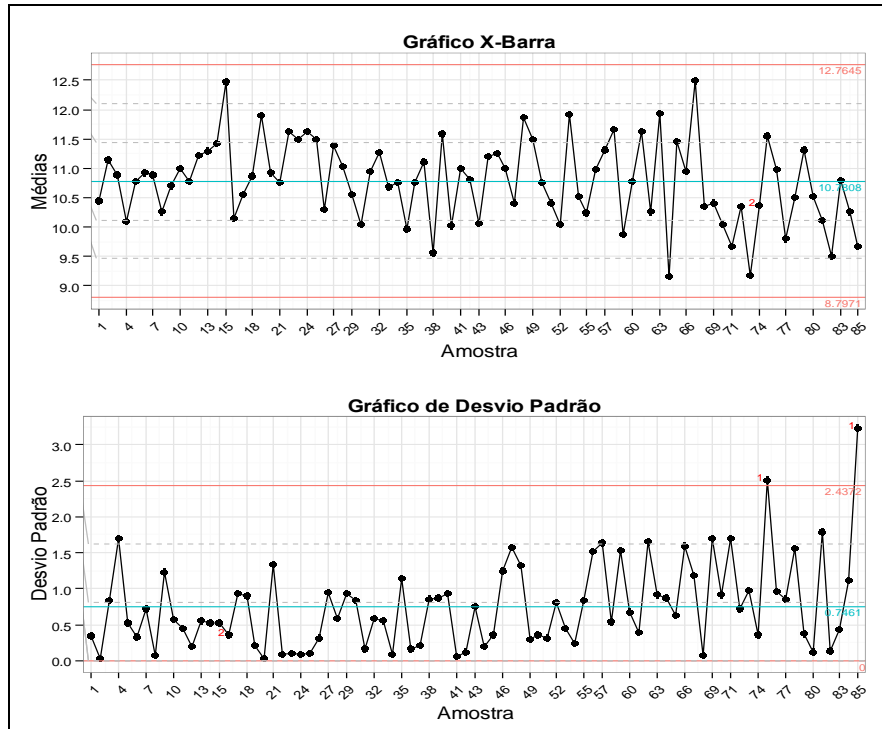


Figura 34- Gráfico do CEP dos dados de umidade no silo 2.
Fonte: Autoria Própria.

O MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), desenvolveu o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca, por meio da Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005.

O limite de tolerância para a umidade dos produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca tem que ser menor que quatorze (BRASIL, 2005).

Dessa forma tanto os limites de controle da umidade do silo 1 como do 2 estão dentro do valor esperado pela legislação.

As análises de capacidade dos dados de umidade no silo 1 e 2 foram feitas com os parâmetros empresariais (10 a 12) como pode-se observar nas Tabelas 38, 39, Figuras 35 e 36.

Os processos tanto do silo 1 como no 2 não foram capazes de seguir os limites de especificação esperados, sendo que os valores dos índices calculados foram todos inferiores ao valor de 1,33.

Tabela 38- Capacidade dos dados de umidade no silo 1

Especificações	
	Valor
Amostra:	170
Limite Inferior	10
Limite Superior	12
Estimativas	
Média	10,73352941
Desvio Padrão (Curto prazo)	0,95608246
Desvio Padrão (Longo prazo)	1,004543767
Índices de Performance (Longo prazo)	
PP	0,331825595
PPI	0,243403834
PPS	0,420247357
PPK	0,243403834
Índices de Capacidade (Curto prazo)	
CP	0,348644963
CPI	0,255741334
CPS	0,441548591
CPK	0,255741334

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 39- Capacidade dos dados de umidade no silo 2

Especificações	
	Valor
Amostra:	170
Limite Inferior	10
Limite Superior	12
Estimativas	
Média	10,78076471
Desvio Padrão (Curto prazo)	0,935125799
Desvio Padrão (Longo prazo)	0,966515735
Índices de Performance (Longo prazo)	
PP	0,344881435
PPI	0,269271252
PPS	0,420491617
PPK	0,269271252
Índices de Capacidade (Curto prazo)	
CP	0,356458279
CPI	0,278310044
CPS	0,434606515
CPK	0,278310044

Fonte: Autoria Própria.

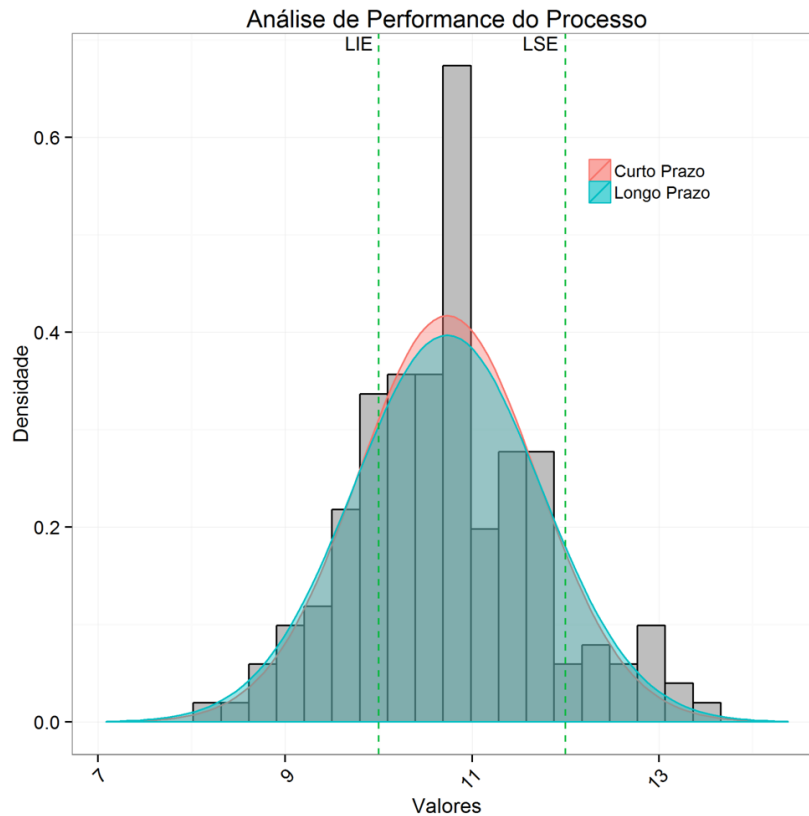


Figura 35- Gráfico da capacidade dos dados de umidade no silo 1.
Fonte: Autoria Própria.

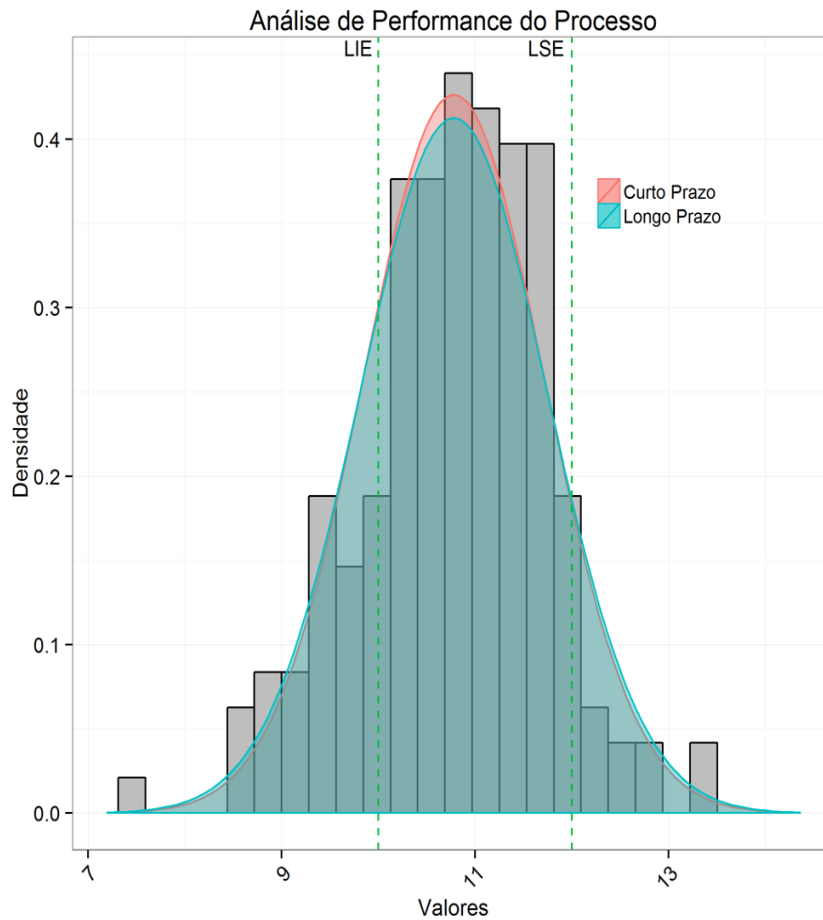


Figura 36- Gráfico da capacidade dos dados de umidade no silo 2.
Fonte: Autoria Própria.

4.6 CORRELAÇÕES ENTRE OS DADOS DE PH, CONCENTRAÇÃO, PRESSÃO, TEMPERATURA E UMIDADE

As correlações entre os dados de pH, concentração no filtro 1 e 2, concentração na entrada das primárias, saída da primária 1 e 2, concentração na entrada, saída e retorno do hidrociclone, pressão, temperatura no silo 1 e 2 e umidade no silo 1 e 2 foram feitas por meio do *software* Gretl. A Tabela 40 a seguir explica de forma mais clara as siglas utilizadas e seus pontos de coletas correspondentes.

Tabela 40- Siglas e pontos de coletas do processo

Sigla	Descrição	Número da coleta correspondente
CEP	Entrada das Primárias	Coleta 1
CSP1	Saída da Primária 1	Coleta 2
CSP2	Saída da Primária 2	Coleta 3
CEH	Entrada do Hidrociclone	Coleta 4
pH	Saída do Hidrociclone	Coleta 5
CSH	Saída do Hidrociclone	Coleta 5
CRH	Retorno do Hidrociclone	Coleta 6
Conc. Filtro 1	Entrada do filtro a vácuo 1	Coleta 7
Conc. Filtro 2	Entrada do filtro a vácuo 2	Coleta 8
Temp. Silo 1	Saída silo 1	Coleta 9
Temp. Silo 2	Saída silo 2	Coleta 10
Umid. Silo 1	Saída silo 1	Coleta 9
Umid. Silo 2	Saída silo 2	Coleta 10

Fonte: Autoria Própria.

As análises de correlações entre os dados de pH, concentração no filtro 1 e 2, pressão, temperatura no silo 1 e 2 e umidade no silo 1 e 2 podem ser identificadas na Tabela 41 abaixo.

Tabela 41- Análise de correlação entre os dados de ph, concentração, temperatura, pressão e umidade

pH	Conc. Filtro 1	Conc. Filtro 2	Temp. Silo1	Temp. Silo 2	
1,0000	0,1557	0,1456	0,0705	0,0440	pH
	1,0000	0,8316	-0,0905	-0,2382	Conc. Filtro 1
		1,0000	-0,1236	-0,2221	Conc. Filtro 2
			1,0000	0,3048	Temp. Silo1
				1,0000	Temp. Silo2
		Umidade Silo1	Umidade Silo2	Pressão	
		0,1015	0,1236	-0,0035	pH
		-0,0661	0,0997	0,0705	Conc. Filtro 1
		-0,0295	0,2081	-0,0463	Conc. Filtro 2
		-0,2557	0,1187	0,2453	Temp. Silo1
		0,0291	-0,0065	0,1092	Temp. Silo 2
		1,0000	0,0274	-0,1305	Umidade Silo 1
			1,0000	0,2656	Umidade Silo 2
				1,0000	Pressão

O coeficiente de correlação pode variar de menos um a mais um, com um coeficiente de mais um, indica uma correlação linear positiva considerada perfeita. Nesse fato, as duas variáveis serão exatamente iguais em termos de escores

padronizados z , ou seja, um elemento apresentando um escore padronizado de 1,5 em uma das variáveis vai apresentar o mesmo escore padronizado na outra variável. Um coeficiente de correlação de -1 demonstra uma correlação linear perfeita negativa, com os escores padronizados exatamente iguais em valores absolutos, sendo diferente apenas no sinal (VIALI, 2016).

De acordo com a Tabela 41 a correlação entre a medida de concentração entre o filtro 1 e 2 foi de 0,8316 que pode ser considerada elevada, dessa forma pode-se concluir que as medidas feitas nos dois filtros são bem aproximadas, e pode-se perceber que há uma relação entre elas, isso pode ser explicado pelo processo que direciona o leite de amido para os dois filtros concentradores ser proveniente do mesmo processo produtivo e sujeitas a alterações que ocorrem ao mesmo tempo para os dois filtros.

No caso da temperatura nos dois silos a correlação foi bem menor de 0,3048 indicando que pode existir bastante diferença entre elas e que devem continuar sendo tratadas como medidas diferentes e individuais sem nenhuma relação entre si.

No caso da umidade também se observou correlação muito pequena de 0,02 sendo que não se pode confirmar uma relação entre a umidade nos dois diferentes silos.

Consoante a Tabela 42 a seguir pode se observar que no caso da umidade do CEP, CSP1, CSP2, CEH, CHS e CRH a correlação foi muito pequena, desse modo não existe uma relação entre a umidade nesses pontos de coleta.

Tabela 42- Análise de correlação entre CEP, CSP1, CSP2, CEH, CHS E CRH

CEP	CSP1	CSP2	CEH	CHS	CRH	
1,0000	-0,0037	0,0119	-0,0065	-0,0030	0,0344	CEP
	1,0000	-0,0008	-0,0054	0,0019	-0,0036	CSP1
		1,0000	0,0058	-0,0010	0,0004	CSP2
			1,0000	0,0027	0,0324	CEH
				1,0000	0,0139	CHS
					1,0000	CRH

Fonte: Autoria Própria.

5 CONCLUSÕES

As quantidades de pontos de coleta no processo de fabricação de fécula de mandioca totalizaram dez pontos que medem os valores de pH, concentração, pressão, temperatura e umidade. Essas grandezas devem ser sempre analisadas, pois estão totalmente vinculadas com a qualidade do produto final. Para todos esses dados foram feitas a análise de estatística descritiva, normalidade, Controle Estatístico do processo (caso os dados fossem normais), capacidade do processo e por fim a correlação entre os pontos de coletas.

Somente não foi realizado o CEP para os dados de concentração e pressão, porque os mesmos não são normais. Os resultados dos limites superiores e inferiores para os dados de temperatura (silo 1 e 2), umidade (silo 1 e 2) e pH podem ser observados na Tabela 43. Vale ressaltar a importância do conhecimento por parte da empresa sobre a diferença entre os limites de especificação e de controle. O controle do processo que está diretamente associado ao comportamento da execução atual do processo e a capacidade do processo estão associados aos requisitos do cliente, sendo que nem sempre um processo controlado é um processo que pode atender ao cliente.

Na Tabela 43 pode-se analisar os limites de controle que foram estabelecidos por meio do CEP e também os resultados referentes a capacidade do processo.

Tabela 43- Resultados dos limites de controle e capacidade dos pontos de coletas

Parâmetro	Limite superior	Limite inferior	Capacidade
pH	6,23	5,07	Capaz
Concentração no silo 1	-	-	Incapaz
Concentração no silo 2	-	-	Incapaz
Pressão	-	-	Incapaz
Temperatura no silo 1	52,59	47,97	Incapaz
Temperatura no silo 2	52,82	47,31	Incapaz
Umidade no silo 1	12,76	8,70	Incapaz
Umidade no silo 2	12,76	8,79	Incapaz

Fonte: Autoria Própria.

Ao realizar as análises de correlação entre todos os pontos de coletas do processo observou-se que somente nos pontos de coletas 9 e 10 (para a concentração) o coeficiente de correlação foi alto. Portanto, não será possível

diminuir os pontos de coletas que são feitos atualmente pela empresa como se pretendia nesse trabalho se caso os dados das coletas tivessem altos coeficientes de correlação.

Como sugestão de futuros estudos pode-se aplicar o controle estatístico do processo em outros processos da empresa estudada como no tratamento de efluentes (lagoa de tratamento) ou até mesmo fazer a mesma análise em outras feculárias do estado.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. R. B.; SOUZA JÚNIOR, M. B.; ROLIM NETO, P. J.; LOPES, C. E. **Uso de controle estatístico de processos (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos**. Rev Bras Farm, v.85, n.2, p.115-119, 2004.

ALVES, C. C. **Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos**. Dissertação (Especialização). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ARIENTE, M.; GIULIANI, A. C.; FARAH, O. E.; SPERS, E. E.;PIZZINATTO, N. K. **Cinco forças competitivas: um panorama da indústria de fécula no Brasil**. 2004. Disponível em:
<<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/51988/50786>>. Acesso em: 25 set. 2016.

AZEVEDO. **Perspectivas da mandioca**. 2015. Disponível em:
<<http://www.sistemafaep.org.br/perspectivas-da-mandioca.html>>. Acesso em: 13 set. 2016.

BRASIL. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca**. 2005. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA. Instrução Normativa número 23 de 14 de dezembro de 2005.

BRASIL. Resolução. RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de Janeiro de 2001.

CAMARGO FILHO, W. P.; ALVES, H. S. **Produção e mercado de mandioca: análise de preços ao produtor**. Disponível em:
<<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/seto2-0904.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2016.

CAMPOS, R.; ROCHA, R. **O controle estatístico de processos (CEP) para monitoramento da qualidade do farelo Lex no processo do óleo de soja na empresa CAC**. Felcicam, 2008.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA J. S. **Importância, potencialidades e perspectivas do cultivo da mandioca na América Latina.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.29-47.

CARDOSO, S.; RUBENSAM, J. M. **Elaboração e avaliação de projetos para agroindústrias.** 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad021.pdf> >. Acesso em: 15 nov.2016

CARVALHO, M. M. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processo, produtos e serviços.** 1.ed. São Paulo: Atlas, 2013. 375p.
CEREDA, M. P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p.13-37.

CEREDA, M. P. **Importância das tuberosas tropicais.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p.13-25.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; TAKAHASHI, M. **Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p.30-46.

CEREDA, M. P. **Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca.** São Paulo: Pauliceia, 1994.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2011. 680p.

COTTREL, A.; LUCCHETTI, R. **Gretl.** Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/>>. Acesso em: 16 nov. de 2016.

DATALYZER. **Índice de performance.** Disponível em: <<http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info58/58.html>> . Acesso em: 20 maio de 2017.

DERAL. **Análise da conjuntura agropecuária mandioca- SAFRA 2015/2016.** Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf >. Acesso em: 21 set. 2016.

EMBRAPA. **Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado**. 2003. Disponível em: <
https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm >. Acesso em: 13 set. 2016.

EZETA, F.; SOUZA, J.; MATTOS, P. **A mandioca como matéria prima na produção de álcool**. Bahia, 1981.

FELIPE, F. I.; RIZATO, M.; WANDALSEN, J. V. **Potencial econômico dos resíduos de mandioca provenientes de fecularias no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pdf/Manipueira.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

FERREIRA FILHO, J. R.; SILVEIRA, H. F.; MACEDO, J. J. G.; LIMA, M. B.; CARDOSO, C. E. L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**. Brasília, 2013.

FIGUEIREDO, D. B.F.; SILVA, J. A. J. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson**. Pernambuco, 2009.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Disponível em: < <http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf> >. Acesso em: 17 out. 2016.

FRAIFE FILHO, G. A.; BAHIA, J. J. S. **Mandioca**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Mandioca.htm>>. Acesso em: 23 set. 2016.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, F. M. **C.E.P**. Disponível em: < <http://www.dequi.eel.usp.br/~fabricio/apostila%20CEP.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2016.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total: à maneira japonesa**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221p.

JANNUZZI, G. **Introdução ao Seis Sigma**. Disponível em: <http://www.ogerente.com.br/qual/dt/qualidade-dt-introducao_seis_sigma.htm>. Acesso em: 26 set. 2016.

JOHANN, C.D.; OLBERMANN, M.; JABLONSKI, M. F.; POLACINSKI, E.; MOLIN A. D. **Seis Sigma: aplicação de ferramentas de controle da qualidade em uma empresa de agronegócios**. 2011. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Aplicacao_ferramentas_controle_qualidade_agronegocios.pdf>. Acesso em: 26 set. 2016.

KORZENOWSKI, A. L.; WERNER, L. **Probabilidade do erro do tipo I nas cartas X e S de Shewhart sob não normalidade**. Produção, São Paulo, v.22, n.4, p.807-816, 2012.

LEONEL, M. **O farelo, subproduto da extração de fécula de mandioca**. In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p.211-216.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. **Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca**. Campinas, 2000.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade**. 1.ed. São Paulo: Érica, 2010. 190p.

LUNA, A. T.; RODRIGUES, F. F.G.; COSTA, J. G. M.; PEREIRA, A. O. B. **Estudo físico-químico, bromatológico e microbiológico de mandioca**. 2013. Disponível em: < <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache%3A-wbMHgDlwqkJ%3Ainterfaces.leaosampaio.edu.br%2Findex.php%2Frevista-interfaces%2Farticle%2Fdownload%2F15%2F20%20&cd=4&hl=en&ct=clnk&gl=br> >. Acesso em: 16 nov. 2016.

MAICZUCK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P. P. **Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso**, Campina Grande, v.14, n. 1, p. 1-14, 2013.

MARQUES, M. **Raiz de mandioca e derivados**. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_16_16_13_52_mandioca_conjuntura_agosto_2015.pdf>. Acesso em: 23 set. 2016.

MAZZUCHETTI, R. N. **A seleção de projetos em um programa seis sigma aplicado à uma indústria de frangos**. 2010. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/nupem/anais_v_epct/PDF/ciencias_sociais/14_MAZZUCHETTI.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 754p.

MORANDO, G. H. F. **Gestão da qualidade: seis sigma na 3M do Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.convibra.org/2004/pdf/71.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

NASCIMENTO NETO, F. N. **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. **Rendimento de extração e caracterização química e funcional do amido de mandioca proveniente da região semi-árida da Bahia**. Alimentos e Nutrição, v. 20, n.1. 2009.

PACHECO, A. C. **Alterações de qualidade da fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca**. Campinas, 1952.

PINTO, M. D. N. **Mandioca e farinha: subsistência e tradição cultural**. Disponível em: <http://www.mao.org.br/wp-content/uploads/pinto_01.pdf>. Acesso em: 23 set. 2016.

RIBEIRO, B. S. **A aplicação dos métodos da gestão da qualidade para segurança dos alimentos- um estudo de caso na JBS S/A**. Andradina, 2014.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. **Cartas de controle para variáveis, cartas de controle para atributos, função de perda quadrática, análise de sistemas de medição**. 2012. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

ROTONDARO, R. G. **Visão Geral**. In: ROTONDARO, R. G. (Org.). Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processo, produtos e serviços. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2013. p.17-22.

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; RIMOLDI, F. **Quantificação e caracterização dos resíduos agrícolas da mandioca no Estado do Paraná.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.413-434.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Qualidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275p.

SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Safra da conjuntura agropecuária safra 2010/11: mandioca.** Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/mandioca_2010_11.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016.

SUAREZ, G. **Como desenvolver uma boa análise de capacidade.** São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://qualityway.wordpress.com/2015/10/05/como-desenvolver-uma-bou-an-decapabilidade-por-augusto-sacramento/>>. Acesso em: 22 maio 2017.

PORTAL ACTION. **Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade.** Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

SOUZA, C. C. **Evolução da produção e suprimento mundial de mandioca.** Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colunistas/evolucao-da-producao-e-suprimento-mundial-de----_4830.html>. Acesso em: 23 set. 2016.

SOUZA, J. **Controle de Qualidade na indústria de alimentos.** 2014. Disponível em: <http://www.gerec.ct.utfpr.edu.br/estagioemprego/relatoriofinal/1264834_555.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

SUFRAMA. **Potencialidades regionais: estudo de viabilidade econômica do amido de mandioca.** 2003. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/sumario/amido.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

SUPPORT MINITAB. **Usando testes para causas especiais em cartas de controle.** Disponível em: < <http://support.minitab.com/pt-br/minitab/17/topic-library/quality-tools/control-charts/basics/using-tests-for-special-causes/>>. Acesso em: 09 set. 2016.

TAVARES FILHO, L. F. Q.; GODOY, R. C. B.; TESHIMA, E.; CARDOSO, R. L.; BARBOSA, P. R. S.; SANTANA, D. N. L. **Avaliação microbiológica da polpa de cajá conservada por métodos combinados.** Ver. Inst. Adolfo Lutz (Impr). São Paulo, v. 69, n. 4, 2010. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552010000400011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 nov. 2016.

TAKAHASHI, M. **Cultivo comercial na região Centro-Sul do Brasil.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 258-273.

TAKAHASHI, M. **Produção, armazenamento e manejo do material de propagação.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.198-206.

VIALI, L. **Estatística básica.** Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: < http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/engenharias/material/apostilas/Apostila_5.pdf>. Acesso em: 21 maio 2017.

VILPOUX, O. **Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Brasil, Tailândia e China.** . In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americano. 1.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p.143-175.

VILPOUX, O. F. **Competitividade da mandioca no Brasil como matéria-prima para amido.** São Paulo, v. 38, n. 11, p. 27-38, nov. 2008