

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE**

MARCELINO PEREIRA DE SENA JÚNIOR

**UM SISTEMA PARA MONITORAR E CONTROLAR A QUALIDADE
DE PROCESSOS**

Itacoatiara – Amazonas
Junho – 2021

MARCELINO PEREIRA DE SENA JÚNIOR

**UM SISTEMA PARA MONITORAR E CONTROLAR A QUALIDADE
DE PROCESSOS**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

PROF.^a ME. DANIELLA DE OLIVEIRA COSTA

ME. BRUNO PEDRAÇA DE SOUZA

Itacoatiara – Amazonas
junho – 2021

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S474s Sena Junior, Marcelino Pereira de
Um sistema para monitorar e controlar a qualidade de processo /
Marcelino Pereira de Sena Junior . 2021
69 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Daniella de Oliveira Costa
Coorientador: Bruno Pedraça de Souza
TCC de Graduação (Engenharia de Software) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Controle Estatístico de Processos. 2. Controle da Qualidade. 3.
Desenvolvimento Web. 4. Cep. 5. . I. Costa, Daniella de Oliveira. II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Curso de Bacharelado de Engenharia de Software

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELINO PEREIRA DE SENA JUNIOR

UM SISTEMA PARA MONITORAR E CONTROLAR A QUALIDADE DE PROCESSOS

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Aprovada em 30 de Junho de 2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Daniella de Oliveira Costa, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Carlos Alberto Oliveira de Freitas, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Dra. Taísa Guidini Gonçalves, Membro
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Folha de Aprovação assinada pela Profa. Odette Mestrinho Passos, responsável pela disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (Período: 2020.1), onde atesta a defesa do(a) aluno(a) e a presença dos membros da banca examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Odette Mestrinho Passos, Professor do Magistério Superior**, em 05/07/2021, às 22:29, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0596558** e o código CRC **642C711F**.

Rua Nossa Senhora do Rosário - Bairro Tiradentes nº 3836 - Telefone: (92) (92) 99318-2549
CEP 69103-128 Itacoatiara/AM - ccesoicet@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.021557/2021-44

SEI nº 0596558

*Dedico este trabalho a todos aqueles
que ainda não tiveram a mesma
oportunidade, mas nunca irão
desistir!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a quem tornou tudo isso possível, cuidou de mim em meus momentos mais difíceis e proporcionou todos os recursos necessários, não só para que eu pudesse desenvolver essa pesquisa, mas também auxiliou em todos os aspectos da minha vida, é essencial para o meu crescimento pessoal e profissional, meu porto seguro e minha vida, minha Mãe Angelina Ribeiro (Dona Angelina), sem palavras a senhora é uma Rainha.

Ao meu Pai Marcelino Sena (Seu Sena), que infelizmente não se encontra mais em nosso plano terreno, por ser o melhor pai do mundo, ser uma pessoa exemplar, por me proporcionar uma base familiar inigualável, além de todo o apoio, amor, carinho e conselhos. A você todos os agradecimentos do mundo meu pai.

Aos meus irmãos, Manoel, Marcia, Maria e Ananda por serem os melhores irmãos do mundo, sempre de dando o apoio necessário para que eu pudesse continuar seguindo em frente. e a todos os meus sobrinhos também.

Ao Professor João Marcos por todos os conselhos e ter sido a primeira pessoa a ter me dado uma oportunidade de me desenvolver como pesquisador. A minha Orientadora Daniella por todos os conselhos e conversas. Também ao meu Coorientador Bruno Pedraça por ser um amigo incrível e um orientador excepcional. Sem vocês esse trabalho não seria possível. Ao professor Bonifácio por todos os ensinamentos e ajuda.

À minha namorada Alice por todo companheirismo, amor e carinho incondicional demonstrado em todos os momentos. Seu incentivo e ajuda foram muito importantes durante os períodos mais complicados da minha trajetória acadêmica. Não posso deixar de agradecer também a sua família maravilhosa que sempre me acolheu com carinho desde o dia em que nos conhecemos.

Ao Adriano da Mata por sua ceder gentilmente seus estudos para que eu pudesse terminar os testes do meu sistema, e claro, por toda sua amizade e companheirismo que sempre demonstrou.

Não posso deixar de agradecer as Tias do RU, que de longe foram as pessoas maravilhosas que eu conheci no Instituto. Por fim, agradeço aos meus amigos que estiveram junto comigo sempre, N5 vocês são incríveis.

Agradeço aos membros da banca avaliadora Professores Carlos e Taísa por suas valiosas contribuições para melhoria deste projeto.

*Não sou nada.
Nunca serei nada.
Não posso querer ser nada.
À parte isso, tenho em mim todos os
sonhos do mundo.*

Fernando Pessoa

RESUMO

A competitividade do mercado atual tem feito com que as empresas a buscarem sempre níveis mais altos de qualidade dos seus processos, sejam de eles produtos ou serviços. Uma forma de manter a qualidade de tais processos são as ferramentas da qualidade, que auxiliam as empresas a manter seus padrões de qualidade, uma delas é o Controle Estatístico de Processo (CEP). O CEP é um acompanhamento contínuo de um fluxo de atividades, em que podem ser realizados ajustes, para que o resultado do processo esteja de acordo com um padrão definido. Contudo, realizar os cálculos do CEP de forma manual tende a ser trabalhoso em escalas de produção muito grandes, como também, *software* proprietário pode apresentar um custo elevado para um pequeno empresário. Desse modo, este trabalho tem como objetivo construir um sistema de *software* que atenda às suas necessidades e, ainda, seja uma ferramenta que possa auxiliar no ensino aprendizagem dos Engenheiros de Produção. A metodologia do projeto é de caráter qualitativa e exploratória. Exploratória, pois será realizada a construção de um *software*, isso inclui o estudo bibliográfico, o levantamento de requisitos através de entrevistas, a definição da documentação, bem como sua implementação. Qualitativa, por uma avaliação das funcionalidades do software. Como resultado é apresentada a modelagem do sistema com diagramas de Casos de Uso e de Classes, assim como, o projeto lógico de banco de dados e o conjunto de protótipos de telas do sistema. Em seguida, um estudo inicial com a primeira proposta desenvolvida. Por fim, uma prova de conceito com o software final desenvolvido.

Palavras-Chave: Controle Estatístico de Processos. Controle da Qualidade. Desenvolvimento Web. Cep

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Perguntas da entrevista.....	15
Quadro 2-Teste de Aceitação de usuário.....	17
Quadro 3-Perguntas de aceitação	17
Quadro 4-Fundamentos do CEP	21
Quadro 5-Fatores d2 para a construção de gráficos de controles para variáveis.....	24
Quadro 6-Comparativo da Proposta com os Trabalhos Relacionados	29
Quadro 7-Respostas da entrevista com usuário.....	33
Quadro 8-Cadastro de Usuário	35
Quadro 9-Cadastro de Processos	35
Quadro 10-Cadastrar Amostra.....	36
Quadro 11-Cadastro de Valores	37
Quadro 12-Requisitos Suplementares	37
Quadro 13-Atores do sistema	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Fluxograma Metodológico.....	14
Figura 2-Modelo de Gráfico de Controle	22
Figura 3-Quadro de Kanban	32
Figura 4- Diagrama de Caso de Uso.....	39
Figura 5-Diagrama lógico do banco de dados	40
Figura 6-Diagrama de Classes	41
Figura 7-Login da aplicação	42
Figura 8-Cadastro de usuário.....	42
Figura 9-Usuários Cadastrados.....	43
Figura 10-Editar Usuário	44
Figura 11-Criar Processos	44
Figura 12-Editar Processos	45
Figura 13- Gráfico de controle	46
Figura 14-Índices de Capacidade e Performance	46
Figura 15 - Arquitetura do CVCEP	47
Figura 16 - Estrutura de pastas do CVCEP	48
Figura 17 - Tela de login	48
Figura 18 – Cadastro de usuário do sistema	49
Figura 19 – Processos cadastrados	50
Figura 20 – cadastro de Processo.....	50
Figura 21-Analisar processo	51
Figura 22 – Aceitação dos participantes em relação as funcionalidades desenvolvidas ..	55
Figura 23-Gráfico de Média Excel	60
Figura 24-Gráfico de Média CVCEP	60
Figura 25- Gráfico de amplitude Excel	60
Figura 26- Gráfico de Amplitude CVCEP.....	60
Figura 27- Sugestão de melhoria no design da aplicação	61
Figura 28- Melhorias feitas no software CVCEP	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Characterização dos participantes do estudo de piloto.....	54
Tabela 2-Dados do processo analisado.....	58
Tabela 3-Cálculos realizados para testes da aplicação	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CP	Capabilidade De Um Processo
CPK	Capacidade De Um Processo Ajustado Ao Valor K
LSD	<i>Lean Software Development</i>
LIC	Limite Inferior De Controle
LSC	Limite Superior De Controle
LC	Linha Central
LSE	Limite Superior De Especificação
LIE	Limite Inferior De Especificação
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
PP	Performance De Um Processo
PPK	Performance De Um Processo Ajustado Ao Valor K
PHP	<i>Php: Hypertext Preprocessor</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SGBD	Sistemas De Gestão De Base De Dados
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
VSC	<i>Visual Studio Code</i>
XP	<i>Extreme Programming</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Contextualização	11
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivos	13
1.4	Metodologia	14
1.5	Organização do Projeto.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Controle Estatístico de Processo – CEP.....	19
2.1.1	Conceitos	19
2.1.2	Fundamentos	21
2.1.3	Gráficos de Controle.....	22
2.1.4	Estatística de Capacidade.....	23
2.1.4.1	Índices de capacidade CP e CPK.....	24
2.1.4.2	Índices de performance PP e PPK	25
2.2	Trabalhos Relacionados	25
2.2.1	Pierret (2004)	25
2.2.2	Silva (2007)	26
2.2.3	Godoy (2009).....	27
2.2.4	Gonçalves (2014).....	28
2.2.5	Louzada <i>et al.</i> (2019).....	28
2.2.6	Comparativo da Proposta com os Trabalhos Relacionados.....	29
2.3	Conclusão.....	30
3	CVCEP.....	31
3.1	Proposta Inicial	31
3.2	Modelagem do Sistema.....	32
3.2.1	Levantamento de Requisitos	35
3.2.2	Requisitos suplementares.....	37
3.2.3	Projeto de Caso de Uso	38
3.2.4	Projeto Lógico do Banco De Dados	40
3.2.5	Diagrama de Classes	40
3.3	Protótipo Funcional da aplicação.....	41
3.3.1	Tela de <i>login</i>	41
3.3.2	Tela “cadastro de Usuário”	42

3.3.3	Tela “Usuários Cadastrados”	43
3.3.4	Tela de Editar Usuários Cadastrados	43
3.3.5	Tela de Criar Processos	44
3.3.6	Tela de Editar Processos	45
3.4	Desenvolvimento	46
3.4.1	Arquitetura	47
3.4.2	Ferramenta desenvolvida	48
3.5	Conclusão	52
4	AVALIAÇÃO DE ACEITABILIDADE	53
4.1	Introdução	53
4.2	Estudo Piloto	53
4.2.1	Planejamento do Estudo Piloto	53
4.2.2	Execução do Estudo Primário	54
4.2.3	Lista de Atividades das Funcionalidades	55
4.2.4	Relação aos Cálculos do CEP	56
4.3	Prova de conceito	56
4.3.1	Cenário	57
4.3.2	Ensaio realizado com o software CVCEP	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o contexto e a motivação para a realização deste projeto, seus objetivos e a metodologia.

1.1 Contextualização

A concorrência em escala global fez com que as empresas procurarem níveis mais elevados de eficiência em seus processos para que possam alcançar altos padrões de qualidade em seus produtos e serviços (GELSLEICHTER, ZVIRTES, *et al.*, 2010). Portanto, a qualidade não é apenas um diferencial no mercado, mas uma necessidade para as organizações garantirem a sua “sobrevivência” (PIRES, 2000; OLIVEIRA e THOMAZ, 2018).

Pode-se afirmar que um produto ou serviço possui qualidade quando ele cumpre sua função de forma desejada, atendendo de forma satisfatória, segura e confiável as necessidades do cliente (ROSA, 2016). Consequentemente, a qualidade de um produto é determinada pela qualidade do seu projeto e pela consistência em sua fabricação (MONTGOMERY e RUNGER, 2017). Entretanto, para atingir os níveis de qualidade satisfatória, de modo que não afete a sua utilização pelo consumidor final, é necessário evitar a falha no ambiente de produção. Para que o produto atenda às necessidades do cliente, ele deve acolher várias características de qualidade, portanto, o seu processo de fabricação precisa se manter estável (ADAMY, GOMES, *et al.*, 2017). Contudo, em qualquer processo de produção, mesmo em itens manufaturados, os produtos produzidos nunca serão exatamente iguais (ROSA, 2016).

Outro problema que podemos destacar, é a ausência de indicadores de medição de produtividade adequados para representar o nível de qualidade dos seus produtos, pois faz com que a empresa desconheça o desempenho da sua linha de produção. Também, acaba contribuindo para a manutenção de processos instáveis e incontroláveis, resultando no aumento de produção de produtos defeituosos, afetando toda a linha de produção (AZIZI, 2015).

Para monitorar e controlar o problema da variabilidade dos processos e apresentar indicadores que possam ser utilizados de modo adequado para representar a qualidade de seus produtos fabricados, as empresas adotam várias metodologias de controle de qualidade, dentre as mais conhecidas está o Controle Estatístico de Processos (CEP) (ROSA, 2016).

No CEP, os dados coletados durante os procedimentos de fabricação são estudados com a intenção de detectar ou facilitar a identificação de problemas, sendo possível contribuir para

o controle dos processos de produção e permitir a atuação do fabricante de forma corretiva ou preventiva (SOUZA, PEDRINI e CATEN, 2014). Com isso, é possível alcançar um elevado padrão de qualidade, redução nos custos de produção e previsibilidade de erros durante a produção do produto.

No entanto, trabalhar com o CEP registrando e analisando diversas variáveis do processo produtivo se torna uma tarefa difícil, mesmo quando utilizado planilhas eletrônicas como o *Software Microsoft Excel*, e outras ferramentas desenvolvidas especificamente para o resolver os cálculos do CEP (ROSA, 2016).

Vale ressaltar que um software estatístico, também, pode ser utilizado em universidades para o ensino da estatística com práticas realizadas em laboratórios experimentais, onde os professores podem complementar os conteúdos teóricos expostos em sala para estudantes de engenharia. Tais práticas apresentam resultados positivos, pois atendem os princípios de motivação, participação, personalização e internalização de conceitos (SILVA, PINTO e SUBRAMANIAN, 2007).

Diante do exposto e para tentar minimizar os problemas na adoção do CEP pelos pequenos empresários e pela academia, focaram-se os esforços nas seguintes questões: “*Será possível desenvolver um software acessível para auxiliar o pequeno empresário no controle de seus processos produtivos? A ferramenta apoia o estudante do curso de Engenharia de Produção no processo de aprendizado dos conceitos do CEP?*”

1.2 Justificativa

As organizações estão cada vez mais preocupadas com questões de qualidade de seus produtos ou serviços, pois qualidade se tornou um fator essencial e é tida como um dos principais responsáveis pela decisão tomada pelo cliente na hora da compra (SENA, VITORINO, *et al.*, 2016).

Isso faz com que mais organizações invistam cada vez mais em processos de melhoria da qualidade para proporcionar maior satisfação aos seus clientes e entregar produtos sem falhas. A qualidade é um fator importantíssimo que é levado em consideração na hora de adquirir um bem ou serviço e está diretamente associada com as expectativas e necessidades de cada indivíduo (SENA, SILVA, *et al.*, 2017).

Por sua vez, as organizações que buscam adotar estratégias para a melhoria da qualidade acabam por escolher técnicas estatísticas para detectar a variabilidade que afeta o processo de

produção. Dentre essas técnicas, o CEP é uma das mais conhecidas e amplamente escolhida pelas organizações (SENA, VITORINO, *et al.*, 2016).

Para Montgomery e Runger (2017), o CEP como uma ferramenta utilizada para monitorar o processo no que diz respeito a sua qualidade, é um método de prevenção para identificar variações que sejam significativas a fim de evitar que itens não conformes possam ser fabricados durante o processo, garantindo assim, a confiabilidade do produto.

Todavia, trabalhar com o CEP não é uma tarefa trivial, devido ao grande número de dados que precisam ser coletados além do número de cálculos e gráficos que precisam ser gerados para as análises dos dados dos processos. Mesmo utilizando planilhas eletrônicas como, por exemplo, o *Software Microsoft Excel*, o CEP ainda é trabalhoso de aplicar. Entretanto, os sistemas de controle de qualidade são ferramentas essenciais, e tornam-se indispensáveis, pois são excelentes para a geração de gráficos, cálculos matemáticos e relatórios, o que facilita muito as análises dos processos por parte dos profissionais (SILVA, 2007).

Com o propósito de fazer com que as pequenas empresas possam utilizar dos benefícios que o CEP proporciona e para que os estudantes de Engenharia de Produção tenham contato com uma ferramenta computacional no ensino do CEP, propõe-se desenvolver um software que atenda essas necessidades. Com isso, espera-se contribuir com uma solução computacional para a comunidade acadêmica e industrial que precisam utilizar do CEP no controle de qualidade de seus processos.

1.3 Objetivos

Geral

Construir um sistema para auxiliar pequenas empresas no controle e monitoramento dos seus processos e estudantes do curso de Engenharia de Produção na compreensão prática da aplicação do CEP.

Específicos

- Apresentar uma descrição sobre CEP, tornando-a um referencial para o desenvolvimento desse projeto;
- Desenvolver um sistema baseado no CEP para cartas de controle do tipo variável de acordo com requisitos elicitados e modelagem UML;

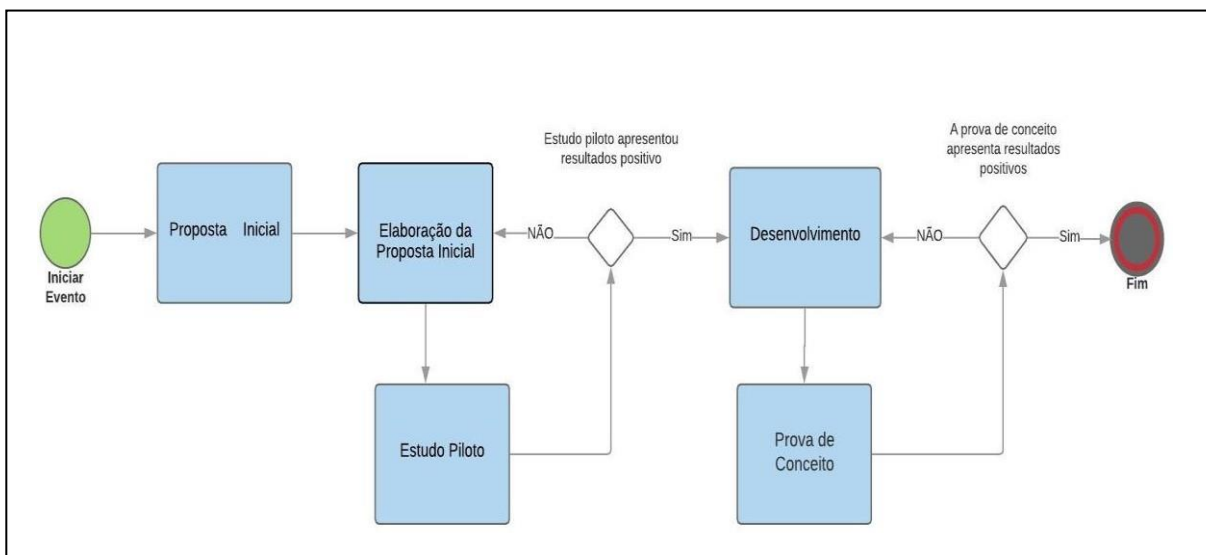
- Avaliar experimentalmente o sistema de software construído para verificar sua eficácia e aceitabilidade dos usuários finais de acordo com os requisitos coletados.

1.4 Metodologia

A pesquisa é caráter qualitativa e exploratória. Qualitativa, pois pesquisas qualitativas não se preocupam com a representação numérica, mas sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo sobre determinado objeto. Exploratória, pois esse tipo de pesquisa proporciona maior familiaridade com o problema (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). A segunda envolve geralmente dois pontos: (i) levantamento bibliográfico; e (ii) entrevistas com profissionais com experiências práticas com o problema pesquisado (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). Portanto, a pesquisa se trata da construção e levantamento de opinião de usuários em relação a qualidade do sistema de software desenvolvido durante esse projeto, centrado-se na compreensão e aceitação do sistema.

Assim, a metodologia utilizada neste trabalho foi dividida em quatro etapas: (i) Proposta Inicial; (ii) Elaboração do protótipo funcional; (iii) Construção do sistema de software e (iv) Prova de conceito. A Figura 1 apresenta a metodologia adotada nesta pesquisa:

Figura 1-Fluxograma Metodológico



Fonte: O Autor (2021).

Proposta inicial: Nesta etapa foi realizado um estudo base sobre Controle Estatístico de Processos. Foram realizadas pesquisas nos principais motores de buscas sobre artigos, teses e dissertações. Assim, fez-se necessária a realização de buscas em bibliotecas como o *Google Acadêmico*¹. Os idiomas considerados para a busca foram português e inglês, e, as palavras-

¹ <https://scholar.google.com.br/>

chave utilizadas para a condução desta etapa foram: “controle estatístico de processos”, “CEP”, “controle de qualidade”, “cartas de controle”, “cartas do tipo variável”, “*statistical process control*”, “*statistical control of quality*”. A pesquisa sobre o tema foi feita de maneira *ad-hoc*. Então, não temos um protocolo definido.

Também foram realizadas pesquisas sobre desenvolvimento de sistemas de qualidade, considerando as palavras-chave, como: “Software para controle estatístico de processos”, “software cep”, “sistema para o controle da qualidade”, “aplicativo para cep”.

A partir das informações obtidas da literatura técnica, foi possível ter conhecimento das principais técnicas de manipulação e leitura de dados do CEP, possibilitando assim definir os principais marcos que permeiam o desenvolvimento desta aplicação.

Elaboração da Proposta inicial: nesta etapa, uma entrevista foi realizada para ter-se uma compreensão adequada para elicitare os requisitos do sistema de software. A entrevista proporcionou informações essenciais acerca de como o sistema deve se comportar, bem como a definição de suas principais funcionalidades, especificações de segurança e questões como os termos de acesso. As perguntas da entrevista podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1- Perguntas da entrevista

ID	Pergunta
P1	Será necessária uma autenticação de usuário para acesso do sistema?
P2	Existirão diferentes perfis de usuários, se sim, quais permissões de cada perfil?
P3	Como será feito a identificação do usuário? será usado <i>E-mail</i> e <i>login</i> e senha, ou outro tipo de identificação?
P4	É necessário deixar o sistema online 24 horas por dia?
P5	Qual é perfil de usuário que o sistema irá atender? (funcionários, professores, alunos, engenheiros etc.)
P6	Para criarmos um sistema precisamos da modelagem de como ele vai funcionar. Por exemplo, se hoje o usuário trabalha em softwares de planilha eletrônica, como temos o office da Microsoft e o LibreOffice das distribuições Linux, deve haver uma metodologia de como realizar essa tarefa, se você usa esses ferramentais, você poderia mostrar detalhes de como as usa?
P7	Limites para as amostras?
P8	Outras especificações sobre o seu software?

Fonte: O Autor (2020)

Por meio das respostas da entrevista feita com um professor da disciplina de Gestão da qualidade de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), nós seguimos com a modelagem do sistema de software que ajudou a compreensão das

características, funcionalidades e seus comportamentos. Assim, o software *Astah Community*² foi utilizado para modelagem. O *Astah* usa a Linguagem de Modelagem Unificada (do inglês *Unified Modeling Language* - UML) para criar os seguintes diagramas. No caso deste trabalho, criamos os diagramas de Caso de Uso e de Classes.

Para essa aplicação, escolhemos a plataforma de desenvolvimento *Web* que oferece funções que facilitam o desenvolvimento da mesma. Os sistemas que utilizam uma plataforma *Web* podem ser acessados através de qualquer computador ou dispositivo móvel que tenha um navegador (*browser*) instalado e conectado à Rede Mundial de Computadores (internet).

Além disso, a elaboração da Base de Dados que consiste em uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico que são identificadas como tabelas, entidades e relacionamentos. A criação do banco de dados foi realizada a partir da ferramenta *Mysql*³ que utiliza a linguagem SQL, linguagem de consultas estrutura (do inglês *Structured Query language*) como interface (MYSQL, 2020).

Foi utilizado o *phpMyAdmin*⁴, que é o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) disponível no *Wampserver*⁵ para o servidor utilizado e para a implementação da aplicação. E por fim a Arquitetura do Software que consiste na definição dos seus componentes e suas propriedades externas, e seus relacionamentos com outros softwares.

Desenvolvimento: para o desenvolvimento, pretende-se utilizar *um framework* PHP chamado *Laravel*⁶. O *Laravel* é um *framework* para desenvolvimento PHP livre e *open-souce* (código aberto) para o desenvolvimento de sistemas web que utiliza o padrão de desenvolvimento *Model, View, Controller* (MVC).

O *Laravel* é conhecido por sua simplicidade e legibilidade do código, possuindo uma sintaxe simples e concisa. Também possui um sistema modular com gerenciador de dependências dedicado, várias formas de acessar o banco de dados relacionais e vários utilitários indispensáveis no auxílio ao desenvolvimento e manutenção de sistemas (LARAVEL, 2020).

Estudo Piloto: Finalizada a implementação do sistema, foi realizada uma fase de testes para detecção e correção de possíveis erros encontrados. Os testes foram realizados por

² <https://astah.net/downloads/>

³ <https://www.mysql.com/>

⁴ <https://www.phpmyadmin.net/>

⁵ <https://www.wampserver.com/en/>

⁶ <https://laravel.com/>

monitoramento da procedência dos requisitos, através de testes de caixa preta e caixa branca. O teste realizado foi o teste de aceitação com usuário. O Quadro 2 apresenta como foi realizado esse teste.

Quadro 2-Teste de Aceitação de usuário

Atividades	Sim	Não
Acessar o sistema pelo caminho (URL) especificado		
Inserir dados da pesquisa na tabela (campo de ação site)		
Salvar dados da tabela (campo de ação site)		
Mostrar Gráfico de Controle		
Mostrar Cálculos dos índices de capacidade e performance		

Fonte: O Autor (2020).

Ainda para o teste de aceitação do software por parte dos usuários, foi realizado uma série de perguntas, possuindo como resposta “sim” ou “não”, como mostra a Quadro 3.

Quadro 3-Perguntas de aceitação

Perguntas	Sim	Não
Em relação ao controle estatístico de processos, esse software atende as suas necessidades?		
Em relação ao controle estatístico de processos, os dados apresentados no software condizem com a realidade?		
Em relação ao controle estatístico de processos, houve alguma discrepância dos dados apresentados?		
Em relação ao controle estatístico de processos, os gráficos apresentados apresentam resultados verdadeiros?		
Em relação ao <i>design</i> do software, os gráficos apresentados são legíveis?		
Em relação ao <i>design</i> do software, todos os botões do software fazem o que dizem?		
Em relação ao <i>design</i> do software, todos os botões apresentados no software possuem nome?		
Em relação a usabilidade do software, houve alguma dificuldade em relação a utilização do software?		
Você usaria o sistema ao invés dos métodos tradicionais para a realização dos cálculos do CEP? Por exemplo manualmente com uma calculadora		
Você usaria o sistema ao invés dos <i>softwares</i> proletários que atendem essa demanda como por exemplo o <i>Microsoft Excel</i> ?		

Fonte: O Autor (2020)

Prova de conceito: Nesta etapa, se o teste de aceitação receber a condição SIM (o software atende de forma satisfatória as necessidades dos usuários), o desenvolvimento do

projeto está caminhando como o planejado, já se a avaliação receber a condição NÃO (o software não atende de forma satisfatória as necessidades dos usuários), o desenvolvimento está precisando de alguma correção ou alteração, fazendo assim retornarmos à etapa anterior da metodologia.

1.5 Organização do Projeto

O Capítulo 1 apresentou as principais características que permeiam o trabalho, descrevendo sua contextualização, justificativa, os objetivos a metodologia, bem como, o cronograma dos próximos passos a serem seguidos. Além desta Introdução, outros três Capítulos constroem o corpo deste trabalho, organizados da seguinte maneira:

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: é apresentado o referencial teórico que fundamenta os Conceitos Básicos do CEP, Fundamentos, Cartas de Controle, e Índices de Capacidade e Performance, além dos Trabalhos Relacionados.

Capítulo 3 – CVCEP: Este capítulo apresenta os passos para o desenvolvimento do projeto, o levantamento de requisitos funcionais e não-funcionais, além da modelagem dos diagramas e da arquitetura do sistema, o protótipo inicial e a ferramenta desenvolvida.

Capítulo 4 – Resultados: E apresentado os dados obtidos no estudo piloto, além dos resultados da prova de conceito, como também melhorias realizadas no sistema.

Por fim, o Capítulo5 apresenta as considerações finais e perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os principais conceitos sobre Controle Estatístico de Processos que estão disponíveis na literatura técnica, além de suas aplicações. Também são descritos alguns trabalhos relacionados a este projeto.

2.1 Controle Estatístico de Processo – CEP

Nesta seção estão descritos os conceitos básicos do CEP, seus fundamentos, cartas de controle e índices de capacidade e performance. Eles são de suma importância para a fundamentação teórica deste trabalho, pois são os principais conceitos que permeiam a construção do controle estatístico de processos.

2.1.1 Conceitos

O CEP é uma metodologia da qualidade muito utilizada nos processos produtivos, seu objetivo é garantir o atendimento de parâmetros de qualidade definidos pelas empresas, almejando sempre a satisfação dos clientes. Isso ocorre quando se conhece o processo através do acompanhamento de seus parâmetros e monitorando sua estabilidade ao longo do tempo (ROSA, 2016).

O trabalho de Oakland (2018), mostra uma visão mais lúdica sobre o CEP. Segundo o autor, o CEP não se refere exatamente sobre estatística ou controle, mas sobre competitividade. As organizações sempre competem entre si em relação a três coisas, qualidade, entrega e preço, independente do nicho que elas atuam.

O uso do CEP abre caminho para que possa haver melhoria contínua nas áreas de produção resultando em um processo estável se as melhorias forem aplicadas de maneira eficiente (COSTA, MACHADO e FONSECA, 2017).

Contudo, a aplicação desse método estatístico não implica necessariamente na resolução de todos os problemas e desvios no processo, porém, se mostra essencial para reduzir o custo total de fabricação, permitindo detectar e identificar a ocorrência de mudanças no comportamento do processo, indicando a necessidade de ações corretivas antes mesmo de o produto ser finalizado. Para isso, o controle deve estar em vários pontos do processo de fabricação, a qualidade não deve ser examinada em um item somente depois de sua produção.

Por tanto, é economicamente fundamental que os produtos sejam fabricados corretamente logo na primeira vez, evitando desperdícios e/ou retrabalho (MONTGOMERY e RUNGER, 2017).

Organizações industriais e comerciais dependem diretamente da satisfação do consumidor, a competitividade na qualidade não é apenas mais um meio para a lucratividade, sendo conseqüentemente um fator crucial para a sobrevivência de um negócio (PIRES, 2000; OLIVEIRA e THOMAZ, 2018). Portanto, aprender a gerenciar a qualidade é fundamental para as organizações manufatureiras continuarem existindo.

A qualidade, especificamente o CEP, pode ser usada para indicar que um produto está em conformidade com certas características físicas estabelecidas com a menor variabilidade possível (OAKLAND e OAKLAND, 2018). Contudo, Rosa (2016) afirma não existir processo perfeito, seja ele natural ou artificial, sempre existirão desvios que ocasionarão produtos fora das especificações desejadas, mesmo em itens manufaturados.

Portanto, observasse também que é estatisticamente impossível haver defeito nulo em qualquer processo. Mas, quanto mais produtos forem mantidos dentro das especificações, maior será a confiabilidade do processo. Vale ressaltar que detectar defeitos o mais breve possível, minimiza desperdícios de mão de obra, bem como, a adição de matéria-prima a um produto defeituoso ou não conforme (COSTA, MACHADO e FONSECA, 2017).

O CEP trata-se de um método de prevenção, em que se comparam continuamente os resultados de um processo com um padrão especificado. Ele se fundamenta em acompanhar processos através do comportamento das estatísticas das suas saídas, para que se possa identificar as tendências para variações significativas, através dos dados estatísticos gerados. Além de ser uma metodologia que permite conhecer melhor o processo para que possa mantê-lo sob controle estatístico, ele também busca melhorar seu padrão de qualidade, redução dos custos de produção e aumentar sua previsibilidade (ROSA, 2016).

Para isso o controle estatístico de processo utiliza algumas ferramentas, dentre as mais importantes, temos: Histograma, Carta de Controle, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa-e-Efeito, Diagrama de Concentração de Defeito, Diagrama de Dispersão e Folha de Verificação. No entanto, a Carta de controle é conhecida como a mais poderosa ferramenta do CEP (MONTGOMERY e RUNGER, 2017).

2.1.2 Fundamentos

Alvarenga (1994) mostra alguns conceitos sobre o CEP que trazem grande relevância para o melhor entendimento deste trabalho. Os conceitos são apresentados na Quadro 4.

Quadro 4-Fundamentos do CEP

Nome	Descrição
Amostra	É o conjunto de todos os elementos extraídos de uma população de forma aleatória
Amostragem (N)	É o número de amostras consideradas para o estudo
Causas Comuns	São os diferentes agentes de variação que agem de forma recorrente no processo, ao longo do tempo, eles causam uma distribuição estável e repetitiva
Causas Especiais	São agentes causadores de variação que afetam apenas parte do resultado do processo, quase sempre são descontínuas e imprevisíveis
Elemento (X)	É a unidade de medida estimada para o estudo estatístico
População	É o conjunto de todos os elementos existentes ou que são gerados a partir de um processo qualquer
Tamanho da Amostra	É o número de elementos existentes na amostra, geralmente indicada pela letra “n”
Desvio Padrão (σ)	É a medida de dispersão em relação à média, identificada com a letra grega sigma (σ)
Média (\bar{x})	A média aritmética simples
Mediana (Md)	É o valor central ou valor do meio de uma sequência crescente ou decrescente
Dados atributivos	São os dados enumeráveis ou contáveis que estabelecem presença ou ausência de um atributo
Dados mensuráveis	São os que podem ser expressos em unidades básicas de medida
Limites de Controle	São fronteiras da região na qual estão compreendidas 99,73% das variações aleatórias de um processo
Amplitude	É a diferença entre o maior e o menor valor de uma amostra. É uma medida de dispersão
Discrepância	É o ponto de discordância de um elemento com relação a uma dada característica de qualidade
Defeito	É uma discrepância de tal grau que torna uma unidade inaceitável
Defeituoso	É uma unidade que contém defeitos, ou seja, não atende aos padrões requeridos, tornando toda a unidade inaceitável. Uma defeituosa pode, portanto, ter um ou mais defeitos
Gráfico de Controle	É uma projeção gráfica, no tempo do comportamento do processo
Tolerância	É o campo de variação permitida numa característica de qualidade
Limites de tolerância	São os limites dentro dos quais um processo pode variar.

Capacidade do Processo	É a condição de produzir continuamente dentro das exigências
Índice de Capacidade do Processo	É um número obtido a partir da comparação da tolerância do produto com a variação aleatória do processo

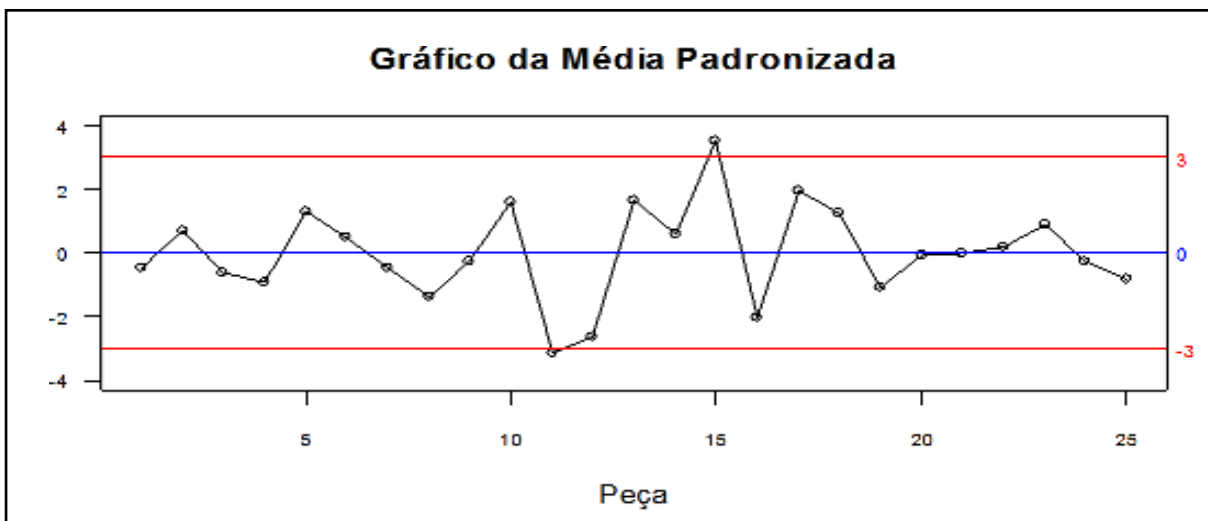
Fonte: adaptado de Alvarenga (1994).

2.1.3 Gráficos de Controle

Entre as principais ferramentas do CEP, destaca-se a carta ou gráfico de controle, que pode ser classificada em dois tipos, variáveis ou atributo, e a principal diferença é a natureza dos dados coletados. Variáveis como a temperatura, o comprimento, o peso, a granulometria entre outras coisas, são dados que devem ser avaliados por meio de cartas de controle do tipo variável. Em casos que a qualidade é avaliada por um atributo como bom, ruim, conforme, não conforme, dentre outros, requer o uso de cartas do tipo atributo (FEITOSA e LAZARI, 2019).

Para Daimler, Ford e General (2005), quando disponível, os dados para variáveis sempre se mostram como melhor opção, uma vez que eles contêm informações mais úteis do que os dados para atributos e exigem o mesmo esforço. Visto isso, concentraram-se os estudos apenas nas cartas de controle que dizem respeito aos dados para variáveis. A seguir, a Figura 2 expõe um modelo de carta de controle.

Figura 2-Modelo de Gráfico de Controle



Fonte: Adaptado de (SIQUEIRA, 1997)

Esse tipo de carta de controle representa a aplicação típica do CEP, no qual os processos e seus resultados podem ser observados pelas medições das variáveis. O uso dessas cartas de controle tem finalidade de fornecer informação para a melhoria da qualidade, sobre a capacidade do processo, a tomada de decisões relativas à especificação do produto, bem como,

a tomada de decisão sobre o processo de produção e sobre peças recém-produzidas (SIQUEIRA, 1997).

Logo esse tipo de avaliação é utilizado quando as características de qualidade podem ser diretamente mensuradas. Segundo o Daimler, Ford e General(2005), essas cartas são úteis por diversas razões, visto que um valor quantitativo possui informação mais significativa que uma declaração semântica “Sim ou Não”.

Ainda conforme Siqueira (1997), a construção do par das cartas de controle para Média e Amplitude (\bar{X} e R), é necessário seguir alguns passos, como:

- Selecionar a característica de qualidade a ser controlada;
- Definir o método de amostragem e do tamanho da amostra;
- Coletar dados;
- Determinar o valor central e os limites de controle;
- Determinar os limites de controle revisados;
- Utilizar a carta de controle para as suas finalidades.

Muito embora as cartas (\bar{X} e R) sejam as mais utilizadas quando se fala em cartas de controle por variáveis, algumas organizações preferem usar a Carta do Desvio Padrão (Carta \bar{X} e S) para controlar a dispersão do processo. Ao compará-las notamos que a primeira é mais fácil de ser construída e aplicada. Contudo, a segunda se mostra mais precisa, pois no cálculo do desvio padrão são utilizados todos os dados dos subgrupos e não apenas o maior e menor valor, como é utilizando no cálculo da Amplitude (SIQUEIRA, 1997).

2.1.4 Estatística de Capacidade

Todo processo estável pode ser descrito por sua distribuição estatística. Uma distribuição, por sua vez, é descrita em razão dos atributos que são calculadas a partir das medições das amostras tiradas do processo (DAIMLER, FORD e GENERAL, 2005). Portanto, quando se mede a capacidade de um processo especula-se o que se conhece sobre o produto que foi produzido para o produto que ainda não foi, apesar dos riscos inerentes em explorar tais valores, é perfeitamente possível fazê-lo quando o processo se comportou dentro de seus limites de controle.

Para medir a capacidade ou a performance de um processo, adota-se os índices CP, CPK, PP e PPK. Suas descrições, como os cálculos, são expostas na sequência e foram extraídos de (DAIMLER, FORD e GENERAL, 2005).

2.1.4.1 Índices de capacidade CP e CPK

CP: Compara a capacidade do processo com sua variação máxima permitida, como indicado pela tolerância. Este índice permite entender como o processo atenderá as necessidades de variabilidade. Isso é calculado como mostra a Equação 1:

$$C_P = \frac{LSE-LIK}{6\sigma} \quad (1)$$

CPK: Este é o índice de capacidade. Ele leva em conta a centralização do processo e a capacidade. As tolerâncias bilaterais sempre serão menores ou iguais a C_p . C_{pk} será igual à C_p apenas se o processo for centralizando. Seu valor é calculado como o mínimo de C_{PU} e C_{PL} . Pois ele é calculado pela Equação 2:

$$C_{Pk} = \frac{\min(\bar{X}-LIE), (LSE-\bar{X})}{3\sigma} \quad (2)$$

Para realizarmos o cálculo do desvio estimado C_{pk} C_p , utilizamos a seguinte Equação (3):

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3)$$

Onde \bar{R} é a amplitude média do processo e d_2 é o valor relacionado a ao tamanho do subgrupo, esse valor é retirado da tabela de Fatores para a Construção de Gráficos Para o Controle de Variáveis. A Quadro 5 representa os fatores d_2 .

Quadro 5-Fatores d_2 para a construção de gráficos de controles para variáveis

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25
d_2	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078	3.173	3.258	3.336	3.407	3.472	3.735	3.931

Fonte: Adaptado de (MONTGOMERY e RUNGER, 2017).

Os dois sempre devem ser avaliados e analisados em conjunto. Um valor de C_p significativamente maior que C_{pk} indica uma oportunidade de aperfeiçoamento pela centralização do processo.

2.1.4.2 Índices de performance PP e PPK

PP: Compara o desempenho do processo com a variação máxima permitida pela tolerância. Este índice oferece uma medida de como o processo atende as necessidades de variabilidade, o mesmo pode ser calculado como mostra a Equação 4 abaixo:

$$P_P = \frac{LSE-LIK}{6s} \quad (4)$$

PPK: Leva em conta a centralização do processo e o desempenho. Para tolerâncias bilaterais. Ppk sempre será menor do que ou igual a PP . O Ppk , pode ser calculado dessa maneira como mostra a equação (5):

$$P_{Pk} = \frac{\min(\bar{X}-LIE), (LSE-\bar{X})}{3s} \quad (5)$$

Os cálculos do desvio utilizado nas equações 4 e 5 devem ser realizados adotando a Equação 6:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (6)$$

Onde, Ppk e Pp sempre devem ser avaliados e analisados em conjunto. Um valor de Pp significativo maior que Ppk indica uma oportunidade de melhoria pela centralização do processo.

2.2 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos de (PIERRET, 2004), (SILVA, 2007), (GODOY, 2009), (GONÇALVES, 2014), e, (LOUZADA, FERREIRA, *et al.*, 2019) apresentam resultados relevantes para esse trabalho conforme descritos no Quadro 6, o qual mostra um comparativo da proposta com os trabalhos relacionados.

2.2.1 Pierret (2004)

O trabalho de Pierret (2004) teve como principal objetivo o desenvolvimento de um aplicativo informativo e interativo sobre o controle estatístico de processos que permitisse ao usuário acesso online gerando e interpretando gráficos de controle.

Como procedimentos metodológicos, Pierret (2004), primeiramente, realizou uma revisão de literatura, com a finalidade de identificar teoricamente a utilização do CEP e dos gráficos de controle, bem como as linguagens que melhor se adequassem ao *browser*. Em seguida, foi feita uma pesquisa aleatória em empresas de vários segmentos para verificar se elas possuíam certificação ISO e se utilizavam a ferramenta estatística de qualidade CEP.

Na sequência, fez-se um estudo de algumas ferramentas de CEP existentes e definiram-se as linguagens de programação PHP e HTML, como ferramentas para o desenvolvimento de seu software. Após isso, Pierret (2004) estudou o processo de construção e implementação do aplicativo.

Em relação aos gráficos de controle, foram abordados somente os gráficos \bar{X} , R, s, p, np, u e c, ficando os demais para serem estudados em trabalhos futuros. O Software de Pierret (2004) não efetuou os cálculos dos limites de controle revisados, limitando-se a apontar somente os pontos fora de controle. No que diz respeito ao tamanho do subgrupo, ele foi constante e o tamanho da amostra dos subgrupos foi igual ou superior a 20 elementos.

Pierret (2004) ressalta que uma das vantagens do seu sistema é que ele pode ser acessado de qualquer local pelo fato de estar disponível online. O autor ainda afirma que o site também apresenta uma bibliografia atualizada sendo que os conteúdos abordados são os mesmos da presente em sua dissertação.

O Autor diz que para testar seu aplicativo, houve diversos estudos de casos por meio deles, o autor percebeu que o aplicativo desenvolvido apresentou o mesmo desempenho que os programas computacionais que utilizam estes gráficos de controle de processos.

Pelos resultados obtidos em sua pesquisa, Pierret (2004) relata que constatou que os gráficos de controle gerados demonstraram perfeitamente o processo produtivo da variável em questão, não deixando dúvidas com relação aos pontos que apresentaram algum tipo de variação.

2.2.2 Silva (2007)

O trabalho de Silva (2007) teve como objetivo principal criar um software para a análise e controle estatístico de processo. Primeiramente Silva (2007), realizou um estudo sobre estatística, sua história, seus conceitos fundamentais e sua aplicação, também foram estudadas representações gráficas, referente as vantagens de ter uma representação gráfica de dados estatísticos. Posteriormente, ele realizou um estudo sobre algumas ferramentas estatísticas

existentes no mercado (*Minitab, Datalyzer Spectrum, Statoo, Elipse, Statistica, SPSS, Bioestatística, IsoSystem CEP*).

Para a implementação do sistema, optou-se por utilizar ferramentas e tecnologias que são disponibilizadas gratuitamente por seus fabricantes e que podem ser obtidas através de seus próprios webs sites. Como o *NetBeans*, O *FireBird* e como padrão de arquitetura Silva (2007) optou pelo padrão *Model-view-controller* (MVC).

O *NetBeans*, é um *IDE*, um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito e de código aberto para desenvolvimento de software. (NETBEANS IDE, 2019). O padrão MVC separa as tarefas de acesso aos dados e lógica do negócio (*Model*) da apresentação e interação com o usuário (*View*), introduzindo o *Controller* entre os dois Silva (2007). Como também o *FireBird*, que é um sistema gerenciador de base de dados. Disponível nas plataformas *Linux, Windows, Mac OS* e uma variedade de plataformas *Unix* (FIREBIRD, 2020).

O sistema realizou as atividades esperadas, armazenando e consultando os dados dos processos, variáveis e seus valores, e a geração do gráfico de controle. Entretanto, o sistema não foi capaz de elaborar um relatório a partir dos gráficos gerados, o autor ainda ressalta que ele concentrou maiores esforços na construção dos gráficos, pois ele optou por utilizar gráficos de linha, como padrão para apresentar os resultados dos processos. Como ferramenta para a criação dos gráficos, o autor usou a biblioteca *JfreeChart*, disponibilizada pelo *Java*.

2.2.3 Godoy (2009)

O trabalho de Godoy (2009) teve como objetivo de realizar um estudo sobre as cartas de controle do CEP (Variáveis e Atributos), além da capacidade de processos, visando avaliar a estabilidade da média e sua variabilidade. Para isso, as cartas de controle foram implementadas em um sistema online com a finalidade de gerar um relatório simplificado e instantâneo do processo.

O sistema foi projetado tanto para a geração de gráficos para o controle de variáveis, quanto para gráficos atributos. Assim, a proposta do trabalho de Godoy (2009) foi apresentar um sistema aplicando as técnicas de controle de qualidade no software livre denominado R (versão 2.5.1).

As demais tecnologias utilizadas para desenvolver a aplicação foram: o Servidor *Apache*, versão 2.2.3; o SGBD *phpMyAdmin* versão 2.7.0-pl2; o *MySQL* versão 5.0.38 usado para manipular o Banco de Dados e o sistema operacional *Linux* com distribuição *Ubuntu 7.04*

Feisty Fawn. E o sistema foi desenvolvido na linguagem PHP versão 5.2.1, bem como o HTML para a criação das páginas.

O procedimento de inserção dos dados tem uma sequência de particularidades a serem seguidas, de tal forma que os dados sejam colocados no banco corretamente e o relatório instantâneo possa ser gerado. Primeiramente é preciso ter total conhecimento das amostras coletadas, isto é, ter conhecimento do número de amostras e o tamanho de cada amostra.

Além dos gráficos de controle, também foram aplicados os índices de capacidade. O sistema proporciona uma rápida geração de relatórios sem ter que programar a todo o momento a realização dos gráficos.

2.2.4 Gonçalves (2014)

O trabalho de Gonçalves (2014) teve como objetivo fornecer processos que apoiem as organizações de software na análise de desempenho de seus processos, por meio da definição de linhas de processo de software e componentes de processo que encapsulem conhecimento sobre as atividades e métodos para o CEP.

Para isso, foi desenvolvido um *script* que executa componentes concretos que representam variantes de componente abstrato, esse *script* foi executado nas ferramentas *Statistica* e/ou *Minitab*. Esse *script* realiza uma série de cálculos de CEP, bem como plota os gráficos. Gonçalves (2014) faz uso tanto das cartas de controle do tipo variável quanto das cartas de controle do tipo atributo, bem como algumas outras ferramentas estatísticas para análise de processos, como gráficos de Pareto, distribuição normal dos dados e regressão.

Por fim, uma prova de conceito também foi realizada para avaliar os *scripts* propostos para os componentes, visto que não foi possível executar os componentes e linhas de processo em um cenário real. A principal contribuição deste trabalho é a definição de linhas de processos para apoiar as atividades da análise de desempenho de processos.

2.2.5 Louzada *et al.* (2019)

O trabalho de Louzada *et al.*, (2019) teve como principal objetivo criar uma ferramenta estatística inteiramente online com o objetivo de monitorar e qualidade dos processos, controlar as especificações do processo, bem como, avaliar sua capacidade.

Para isso, Louzada *et al.*, (2019) utilizou o software R, que traz as informações armazenadas nos bancos de dados on-line e calcula dinamicamente as descrições de medidas,

os gráficos de controle e índices de capacidade. Os resultados são armazenados novamente em um banco de dados e exibidos em relatórios pelo sistema.

O sistema de Louzada *et al.*, (2019) possui uma estrutura em nuvem, portanto, não é necessário instalar no uso local, exigindo apenas uma conexão com a Internet. Em um servidor um servidor online com o sistema operacional *Linux*, o *Linux Server 9.10* Portanto, seu sistema pode ser acessado de diferentes locais.

Para desenvolver o sistema, Louzada *et al.*, (2019) usou o software R (versão 3.3.1) como ambiente computacional para a análise estatística. As linguagens HTML para o design das páginas e o PHP para as conexões com o banco de dados. Para gerenciamento de dados usaram o *MySQL 5.0*, e o *phpMyAdmin* versão 2.7.0-pl2. As análises gráficas são exibidas no sistema como gráficos em *JavaScript*.

2.2.6 Comparativo da Proposta com os Trabalhos Relacionados

O Quadro 6 mostra as principais características dos trabalhos relacionados com o objetivo de realizar um comparativo com a proposta desse projeto.

Quadro 6-Comparativo da Proposta com os Trabalhos Relacionados

Trabalhos relacionados	Comparação
Pierret (2004)	O trabalho em questão tem o objetivo o desenvolvimento de um aplicativo informativo e interativo sobre o controle estatístico de processos que permite ao usuário acesso online gerando e interpretasse gráficos de controle. Diferente do trabalho em questão, essa proposta preocupasse apenas na parte prática do CEP, não tratando da parte teórica para o usuário final. O trabalho Pierret (2004) apresenta apenas os gráficos de controle e não efetuou os cálculos dos limites de controle revisados, limitando-se a apontar somente os pontos fora de controle do processo, enquanto essa posposta aponta os limites superiores e inferiores de controle do processo, bem como, seus índices de capacidade e performance. No que diz respeito ao tamanho do subgrupo, para o trabalho relacionado, teve como tamanho de subgrupo uma constante, 20 elementos, enquanto essa proposta pretende trabalhar com amostrar dinâmicas, que poderão ser alimentadas em tempo real pelo usuário. Principais assuntos abordados: Controle estatístico de processos, <i>Site</i> , qualidade, aplicativo.
Silva (2007)	O trabalho relacionado, assim como este projeto, tem o intuito de desenvolver um software para a realização dos cálculos de CEP, porém, o trabalho do autor propõe para a plataforma <i>desktop off-line</i> . Diferente desse projeto que possibilita que haja um trabalho em equipe na hora de coletar e analisar os dados do processo, pois funcionará em rede utilizando a internet ou uma intranet da própria organização em que for empregado, claro, preocupando-se com níveis de acesso que a hierarquia organizacional terá em relação aos dados do processo, bem como, a segurança dos dados de cada usuário, como também, os dados da empresa que o utilizar. Principais assuntos abordados: Controle Estatístico de Processos; Custos; <i>MVC</i> ; <i>Java</i> .

Godoy (2009)	O trabalho relacionado em questão, assim como essa proposta, tem o intuito de desenvolver um software para a realização dos cálculos do CEP para a plataforma <i>web</i> , contudo, essa proposta pretende poder ser acessado de maneira <i>off-line</i> sem necessariamente que o usuário dependa da internet para usá-la, ainda, diferem em questão de delimitação, enquanto esse projeto foca apenas em cartas do tipo variável, o software do autor trabalha com cartas do tipo atributo e variável. Diferente desse trabalho, a proposta não necessita que o usuário saiba a quantidade total de amostras coletadas, podendo inserir os dados dinamicamente e até mesmo, salvar um processo sem necessariamente ter de terminá-lo. Principais assuntos abordados: controle estatístico de qualidade, gráficos on-line, gráficos de controle, capacidade de processo.
Goncalves (2014)	O trabalho relacionado em questão, diferente dessa proposta, que tem o intuito de trabalhar com cep em processos de manufatura, teve como objetivo fornecer processos que apoiem as organizações de software na análise de desempenho de seus processos, por meio da definição de linhas de processo de software e componentes de processo que encapsulem conhecimento sobre as atividades, métodos e métodos para o CEP. Para isso, para isso foi desenvolvido um <i>script</i> executa componentes concretos que representam variantes de componente abstrato, esse script foi executado nos softwares <i>Statistica</i> ou <i>Minitab</i> . Diferente desse trabalho, a proposta busca trabalhar com linhas de produção de produtos, e apresentar um software que seja capaz de coletar e analisar esses dados. Um diferencial importante de Gonçalves (2014) é trabalhar com cartas de controle de tipo varietal e do tipo atributo, o que não ocorre com essa proposta. Principais assuntos abordados: Componentes de processo, CEP, desempenho de processos de software.
Louzada <i>et al.</i> (2019)	O trabalho do autor tem o objetivo de criar uma ferramenta estatística inteiramente online, utilizando o software R, que traz as informações armazenadas nos bancos de dados <i>on-line</i> e calcula dinamicamente as descrições de medidas, os gráficos de controle e índices de capacidade. Diferente da nossa proposta, que não precisará necessariamente que o usuário tenha acesso a internet ser usada, podendo funcionar também de maneira <i>off-line</i> . Essa proposta também permitirá salvar o estado em que a coleta esteja sendo executada, além de usar linguagem dinâmica para que o usuário possa ver os dados sendo plotados no gráfico em tempo real, antes mesmo de ter que salvar os dados da coleta em um banco. Principais assuntos abordados: <i>Control Charts, Capability Indices, Instantaneous Reports.</i>

Fonte: O Autor (2020).

2.3 Conclusão

Ao final desse capítulo, pode-se entender como o Controle Estático de Processos funciona como um conjunto de técnicas e métodos de pesquisa, envolvendo o planejamento, a inferência e análise das informações obtidas através dos dados do processo.

Foram apresentadas técnicas estatísticas denominadas Gráficos de Controle para Variáveis, cujo objetivo é estudar o domínio de processos repetitivos para que se possa manter um padrão de qualidade dos processos ao longo do tempo em dados mensuráveis.

Também foram apresentados os índices de capacidade e performance de processos que mensuram quando um processo é estatisticamente estável, podendo ele ser descrito por sua distribuição estatística.

3 CVCEP

Neste capítulo, são apresentados: a elicitação dos requisitos referentes a construção do sistema, bem como uma proposta inicial para o projeto, seus digramas, e posteriormente o processo de desenvolvimento da ferramenta.

3.1 Proposta Inicial

A partir das informações obtidas através do levantamento bibliográfico, foi possível elaborar o escopo inicial para o desenvolvimento da aplicação, suas principais técnicas de manipulação e leitura de dados do controle estatístico de processos, possibilitando assim definir os principais marcos que permeiam o desenvolvimento dessa aplicação.

Para a sua criação, não foi escolhido uma metodologia de desenvolvimento, ao invés disso, optou-se por escolher o *Kanban*, que vem do termo japonês que significa “cartão de visualização”. Segundo (SANTOS, BELTRÃO, *et al.*, 2018) originalmente, o *Kanban* foi utilizado nas fábricas da Toyota como sinalizador de quantidade de trabalho em progresso nas alas de manufatura. É uma técnica que ao contrário de metodologias ágeis, não possui interação, ao contrário disso, separa o planejamento e priorização do desenvolvimento e entregas. Dessa forma, cada uma dessas atividades possa ter seu próprio ritmo para melhor se ajustar as necessidades que o processo demanda (GENARI e FERRARI, 2016).

Dessa forma, o *Kanban* se torna um processo que auxilia no desenvolvimento e na organização do projeto ajudando na evolução de um processo já existente, visando expor os problemas de maneira clara e efetiva, para que se possa chegar nas melhores soluções (SANTOS, BELTRÃO, *et al.*, 2018). As principais características dessa filosofia são: Visualização do Fluxo de Trabalho, limitar o Trabalho em Progresso; Gerenciamento de Medição do Fluxo Existente. Bem como, o *Kanban* não define nenhum papel obrigatório dentro da equipe, todos os membros têm igual importância e podem colaborar para a melhoria contínua do processo (GENARI e FERRARI, 2016).

Diante do exposto, observou-se que em adotar metodologias ágeis mais completas como o Scrum e/ou XP (*eXtreme Programming*) tornaria o processo de desenvolvimento desse projeto algo muito complexo, bem como, fatores como a falta de equipe e tempo curto para a realização do projeto, nos levou a escolha do *Kanban* para a criação do software.

O *Kanban* é um quadro dividido geralmente nas seguintes seções, **TO DO**, **IN PROGRESS**, **DONE**. Cada uma corresponde a determinado estado que a atividade encontrasse

no momento, cada atividade no quadro de *Kanban* é monitorada através do tempo de execução do projeto. Para a realização desse projeto, foi adotado o uso da aplicação *Trello*⁷. Ela serve de monitoramento de atividades, o sistema é online e isso facilita em relação à criação, controle das atividades (via internet), como podemos observar na Figura 3.

Figura 3-Quadro de Kanban



Fonte: Área de trabalho do sistema Trello (2020)

A Figura 3 mostra como estavam divididas as atividades no processo de criação da aplicação, onde podemos ver atividades que estavam sendo feitas e atividades que já haviam terminado. Também, podemos ver atividades que ainda não tínhamos começado, isso é muito importante para a o controle do fluxo de trabalho, controle do tempo gasto e tempo das atividades.

3.2 Modelagem do Sistema

Para adquirir informações sobre como o sistema deveria se comportar, suas principais funcionalidades, suas especificações de segurança e questões como os termos de acesso, número de operações e delimitações, foi realizado uma entrevista com o usuário interessado pelo sistema. Abaixo segue as principais partes dessa entrevista, com os respectivos pontos a serem enfatizados e que nos levou a elicitação dos requisitos para o sistema, como podemos

⁷ www.trello.com/b/4abS4zCC/cdvcep

observar no Quadro 7. Serão utilizadas as seguintes siglas R1 e P1 para as respostas do entrevistado e as perguntas realizadas a ele respectivamente

Quadro 7-Respostas da entrevista com usuário

ID	Pergunta relacionada	Resposta
R1	P1	“Sim, acho importante, [...], vão ter pessoas que vão ter acesso a lançar os dados coletados , por exemplo o operador , e vão ter pessoas que vão analisar esses dados .[...]Um operador normalmente que está lançando os dados no CEP, não pode ter o mesmo tipo de acesso que aquele que está analisando os dados , ou seja, se eu lancei os dados daquele dia, eu consigo manipular, mas passou a produção e já foi efetivado os dados, não quero que esse mesmo operador tenha acesso a apagar esses dados depois [...]”
R2	P2	“Nós vimos que poderíamos cadastrar produtos , dentro do produto poderíamos colocar algumas informações , esse é um dos tipos de perfis de usuários, ou seja, seria o perfil do analista da qualidade ,[...], mas tem o perfil do operador , por exemplo, aquele que faz o experimento, coleta os dados ou lança as informação, ele pode ter acesso ao relatório também , mas ele não tem permissão de modificar coisas que já foram lançadas , diferente por exemplo de um supervisor , que seria o que a gente chama normalmente de administrador , ele tem acesso aos dados e pode fazer algumas alterações, por exemplo, o operador lançou um dado errado, já efetivou, como é que corrige esse dado agora..? Então, ele tem como visualizar isso e lançar novamente [].”
R3	P3	“Poderia ser um apelido e senha , lembrando que esse software não vai ser utilizado através do acesso à internet , [...], a ideia é que o software seja offline , então o administrador é a pessoa que tem como acessar as outras contas , caso o usuário comum esqueça a senha , o administrador pode modificá-la [...]”
R4	P4	“ Lembrando que o sistema vai ser local , por mais que a gente o desenvolva em uma plataforma que vai se utilizar de navegadores para acessar suas funcionalidades, a ideia é que ele seja local, tenha um computador dedicado a fazer isso. Nada impede por exemplo em pensarmos em termos um servidor em uma intranet, onde se possa guardar os dados. Imagina em uma indústria, eu tenho um servidor onde eu guardo os dados e tenho um terminal que eu acesso na mesa do gerente, dentro da intranet o analista da qualidade acessa do laboratório, o operador lança os dados, depende de cada estrutura, o cep, quando implementado, normalmente que acessa ele é o grupo de pessoas da qualidade, mas em algumas empresas quem lança os dados são os próprios operadores.”
R5	P5	“A aplicação que nós estamos desenvolvendo, é para uma empresa, então a empresa vai ter alguém da área de qualidade, o responsável pela empresa é o engenheiro, lá nessa empresa, inicialmente serão essas pessoas que irão utilizar o sistema, mas a ideia, é que o software não atenda somente empresas, a ideia é colocá-lo também em institutos de aprendizagem, onde seus alunos poderão ter acesso , [...], o nível vai ser de qualquer um que fizer um treinamento no software[...].”

R6	P6	<p>Livros, o cep é construído através de alguns tipos de cartas de controle. Nós vamos ter que discutir como são construídas essas cartas de controle, variável por exemplo...o que é variável, analisando um processo, onde eu vou controlar ou verificar se ele é ou não capaz de produzir produtos dentro de uma determinada especificação, [...], a empresa pode especificar por exemplo uma tolerância pra mais e pra menos e considerar isso como limites de especificação,[...] esse tipo de cartas de controle, são cartas de controle do tipo variável, elas têm três tipos de cartas, Média, Amplitude e Desvio Padrão, então quando eu falo que eu vou trabalhar com cartas do tipo atributo, significa que eu vou trabalhar com essas três cartas, e eu posso selecionar qual eu quero. Além disso, no cep nós trabalhamos por amostras, as amostras são de tamanhos definidos de acordo com uma tabela,[...] quando você determina a quantidade de produtos, que é coletado no momento da amostra, você utiliza uma tabela para fazer os cálculos e determinar os limites de controle, então é de modo geral é essa a metodologia...[...]O que nós podemos fazer é resumir é isso,[...], nós vamos se limitar as três cartas de controle, [...], as de atributo veem defeitos, nada impede fazer as duas, mas eu acho interessante limitar...variável, qual é o tipo de carta que eu quero que apresente, terá a opção pra clicar em média amplitude ou desvio, aí quando você fazer isso pra configurar, já vai aparecer lá a carta na tela para o usuário.</p>
R7	P7	<p>Sem limite de amostras, [...], o software pode ser melhorado fazendo o seguinte, regras de alerta,[...] 7 dados aqui embaixo, quando eu lançar e a 7ª [...] vez que eu lancei deu em um ponto abaixo da média,[...] é um sinal de alerta, então eu tenho algumas regras de alerta;[...], então o que voce faz, você tem que ir no sistema, e vai ter que intervir nele, quando você faz uma interferência no sistema, os dados mudam,[...], você pode colocar no software a opção de quando você tiver uma interrupção severa[...] o software mostrar aquela interrupção, e mostrar na mesma tela, o outro gráfico que está continuando, onde muda os valores. [...] eu tenho cadastro as minhas amostras, eu falo quantas eu quero, eu lanço, e mando ele jogar o gráfico, pronto ele gerou o gráfico pra mim, podendo ser esse, ou podendo ser outro da curva normal, que eu acho que os dois são importantes[...] Software simples, que já resolve bastante, o que é, definir um produto, [...] agora, a quantidade de vezes que eu vou colocar isso, não tem fim...eu <i>posso colocar em períodos de tempo</i>, quantos eu lancei de tal a tal data, ele busca no banco de dados essa informação, daquele período, e gera os gráficos daquele período. [...] se estiver intervenção, da que pra cá mudou o processo, então eu olho o antes e depois, aí eu solicito para fazer o gráfico antes e depois, e dou um print na tela pra olhar[...].</p>
R8	P8	<p>“O software vai ter esse informação, que aquele produto não foi feito naquela época [...], início e término da produção de um determinado produto.[...]começou a produção, ele começou a gravar, qual é o produto? é o “Produto A”, finalizou?, agora vai começar o “Produto B”, quando ele começar a lançar o “Produto B”, aquele intervalo ficou para o “Produto A”, então vai ficar assim, produção “Produto A” de tal a tal, “Produto B” de tal a tal. Isso seria uma funcionalidade que no seu caso valeria a pena fazer de lançar início e fim daquela produção, e aí se tem os dados do início e do fim do turno de trabalho, eu posso puxar por turno. []a gente pode ir lá e ver quem foi que lançou os dados de um período que lançou os dados de outro, por operador inclusive.</p>

3.2.1 Levantamento de Requisitos

A partir de termos chaves coletados durante a entrevista, foi possível obter informações suficientes para definir quais funcionalidades serão implementadas no sistema. Os requisitos funcionais tratam o que o sistema deve fornecer, como o sistema deve se comportar a entradas e a determinadas situações. Os não-funcionais, são os que caracterizam uma ou mais restrições sempre associadas a um requisito funcional. Tomando por base o contexto do sistema, foram identificadas as funcionalidades apresentadas nos Quadros 8 a 12 a seguir:

Quadro 8-Cadastro de Usuário

RF1- Cadastrar Usuário				
Descrição: Permite inserção dos dados de usuários				
Requisitos não funcionais				
Nome	Restrição	Prioridade	Categoria	Exemplo
NF1- Informações do Usuário	As informações do usuário são, Nome* <i>Login*</i> , Senha*.	Essencial	Especificação	Nome: Marcelino Sena <i>Login</i> :EngSena Senha: M1nh4S3Nh4
NF2- Identificação do Usuário	O usuário deve ser identificado pelo seu <i>Login</i>	Importante	Interface	Logado usuário EngSena
NF3- Informações De <i>Login</i>	O nome do usuário deve ter no máximo 20 caracteres e sua senha deve ser alfanumérica com no máximo 15 caracteres e seu <i>login</i> não pode ultrapassar 10 caracteres.	Essencial	Segurança	Nome: Marcelino Sena <i>Login</i> :EngSena Senha: M1nh4S3Nh4

Fonte: O Autor (2020)

O Quadro 9 apresenta as informações referente ao processo, por exemplo, o processo “fabricação de tijolos” pode conter diversas variáveis como, “peso”, “altura”, “largura” entre outros. Com base nisso, um processo deve possuir um nome bem como seus detalhes adjacentes.

Quadro 9-Cadastro de Processos

F2- Cadastrar Processo
Descrição: Permite inserção dos tipos de processo e os limites do processo.
Requisitos não funcionais

Nome	Restrição	Prioridade	Categoria	Exemplo
NF1- Informações do Processo	As informações do usuário são, IdProcess* Name*, Obs*.	Essencial	Especificação	Nome: Fase de Crescimento IdProcesso:001 Obs.: o processo trata acerca da frase de crescimento
NF2- Identificação do processo	O processo deve ser identificado pelo seu Nome	Importante	Interface	Realizando o Processo Fase de Crescimento
NF3- Informações de Processo	Um processo precisa conter no mínimo um tipo de variável	Essencial	Performance	LSC
NF4- Cadastro dos limites estatísticos	Tanto LSE quando LIE	Essencial	Performance	-

Fonte: O Autor (2020)

O Quadro 10 é referente ao cadastro de amostras do processo, sendo que cada variável deve ter seus respectivos parâmetros de identificação.

Quadro 10-Cadastrar Amostra

F3- Cadastrar Amostra				
Descrição: Permite inserção das variáveis do processo				
Requisitos não funcionais				
Nome	Restrição	Prioridade	Categoria	Exemplo
NF1- Informações da Amostra	As amostras do processo a serem cadastradas são: *id_sample, *id_process.	Essencial	Performance	-
NF2- Informação da Amostra	Uma amostra precisa conter no mínimo um tipo de valor. Assim como uma amostra pertence a um processo.	Essencial	Performance	-
NF3- Identificação da amostra	As amostras do processo devem ser identificadas pelo campo: *id_sample.	Essencial	Interface	-

Fonte: O Autor (2020)

A Quadro 11 apresenta informações dos Valores das Variáveis do Processo. Os valores são armazenados com hora e data que foram cadastrados, para que possam ser buscados estes valores, sendo assim tornando possível uma análise histórica.

Quadro 11-Cadastro de Valores

F4- Cadastro de Valores				
Descrição: Permite inserção de valores das variáveis do processo, as possíveis amostras do processo.				
Requisitos não funcionais				
Nome	Restrição	Prioridade	Categoria	Exemplo
NF1- Informações dos valores	Os valores das variáveis de processos a serem cadastradas são: *Id_value,*id_Sample, *Hora, *Data, *Valor.	Essencial	Performance	-
NF2- Informação dos valores	Um valor precisa conter no mínimo um valor maior que 0, assim como um valor pertence a uma Amostra.	Essencial	Performance	-
NF3- Cadastro da hora	A hora deve ter o formato HH:MM	Essencial	Performance	-
NF4-cadastro da data	A data deve ter o formato dd/mm/aaaa	Essencial	Performance	-
NF5- identificação dos valores	Os valores devem ser informados através de sua medida física.		Interface	-

Fonte: O Autor (2020).

3.2.2 Requisitos suplementares

A especificação suplementar determina os requisitos que não são capturados nos casos de uso. São requisitos não funcionais incluindo inclusive aspectos legais, assim como padrões e normas da aplicação. Com eles são estabelecidos requisitos de qualidade, aqueles que dizem respeito a usabilidade, confiabilidade, desempenho, portabilidade, manutenibilidade e compatibilidade do sistema proposto (SILVA, 2007). A seguir a Quadro 12 apresenta os requisitos suplementares para o desenvolvimento do software.

Quadro 12-Requisitos Suplementares

Nome	Restrição	Prioridade	Categoria	Exemplo
-------------	------------------	-------------------	------------------	----------------

S1 - Linguagem de Programação	O sistema deve ser implementado usando um framework de PHP chamado <i>Laravel</i>	Essencial	Implementação	-
S2 – Banco de Dados	O sistema deve ser utilizar o <i>Mysql</i>	Importante	Implementação	-
S3 – Formas de acesso	O ambiente deve funcionar em qualquer <i>browser</i> que esteja na última versão estável disponibilizada	Essencial	Arquitetura	-
S4 – Autenticação	Todas as operações realizadas no software devem ser autenticadas	Essencial	Segurança	--

Fonte: O Autor (2020).

3.2.3 Projeto de Caso de Uso

Durante a entrevista com especialistas na área, observou-se a existência de vários atores nas etapas de coleta e análise de dados de um processo, dentre eles podemos citar:

- **Analista da qualidade:** pode cadastrar processos, cadastrar variáveis, e analisar as cartas de controle e tem acesso ao relatório.
- **Operador:** É aquele que faz a coleta dos dados e lança as informações, tem acesso ao relatório, mas ele não tem permissão de modificar dados que já foram lançadas.
- **Supervisor:** Tem acesso a todo o sistema, inclusive pode fazer alterações e realizar todas as consultas, além de alterar dados já lançados no sistema. Podendo também modificar, criar e deletar usuários.

Para a criação de um mínimo produto viável (MPV) , optou-se por abstrair apenas o ator denominado **Supervisor**, pois o mesmo possui todas as visões dos outros atores, de gerenciar o sistema como um todo, com suas regras de negócio. O Quadro 13 especifica melhor esses atores.

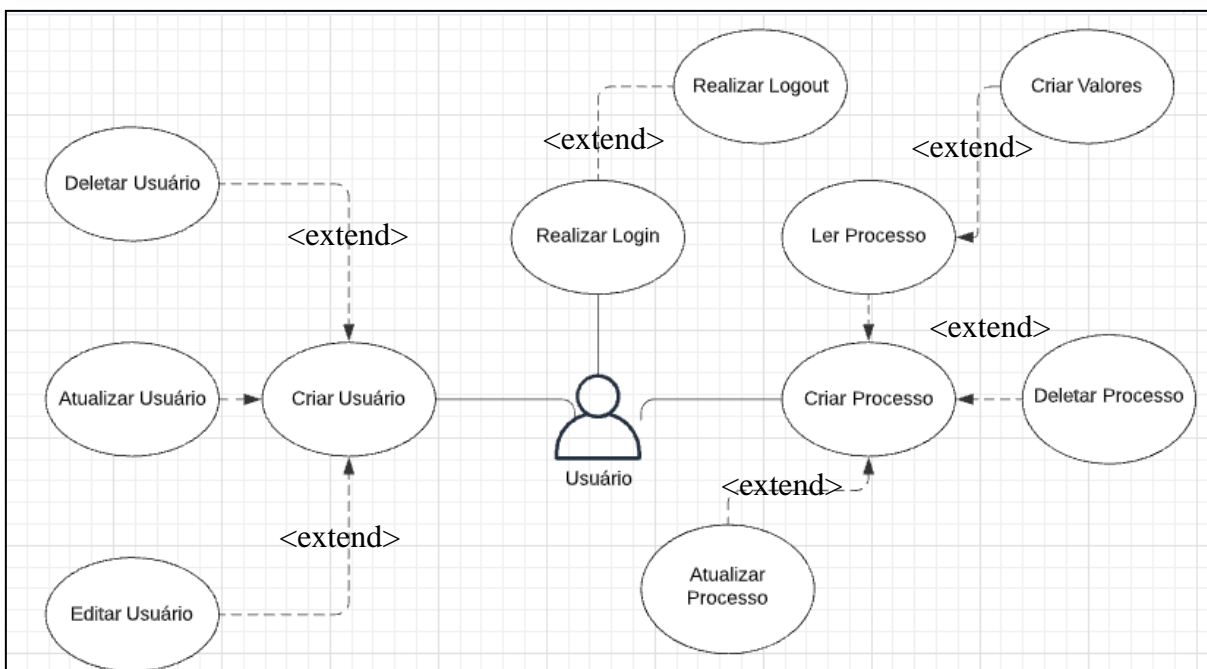
Quadro 13-Atores do sistema

Nome	Atores	Descrição	Referência Cruzada
UC1- Criar Processos	Supervisor	O funcionário que tem a finalidade de criar os processos	F1, F2, F3
UC2- Controlar Processo	Supervisor	Obtém os dados do processo, em seguida faz o registro dos dados	F1, F4
UC3- Supervisionar Processos	Supervisor	Tem acesso a todo o sistema, inclusive pode fazer alterações e realizar todas as consultas, além de poder alterar dados já lançados no sistema.	F1, F2, F3, F4
UC-4 Controlar Sistema	Supervisor	possui o poder de super. usuário do sistema, podendo modificar, criar e deletar usuários.	F1

Fonte: O Autor (2020).

O diagrama de casos de uso definido para cada ator está representado na Figura 4.

Figura 4- Diagrama de Casos de Uso

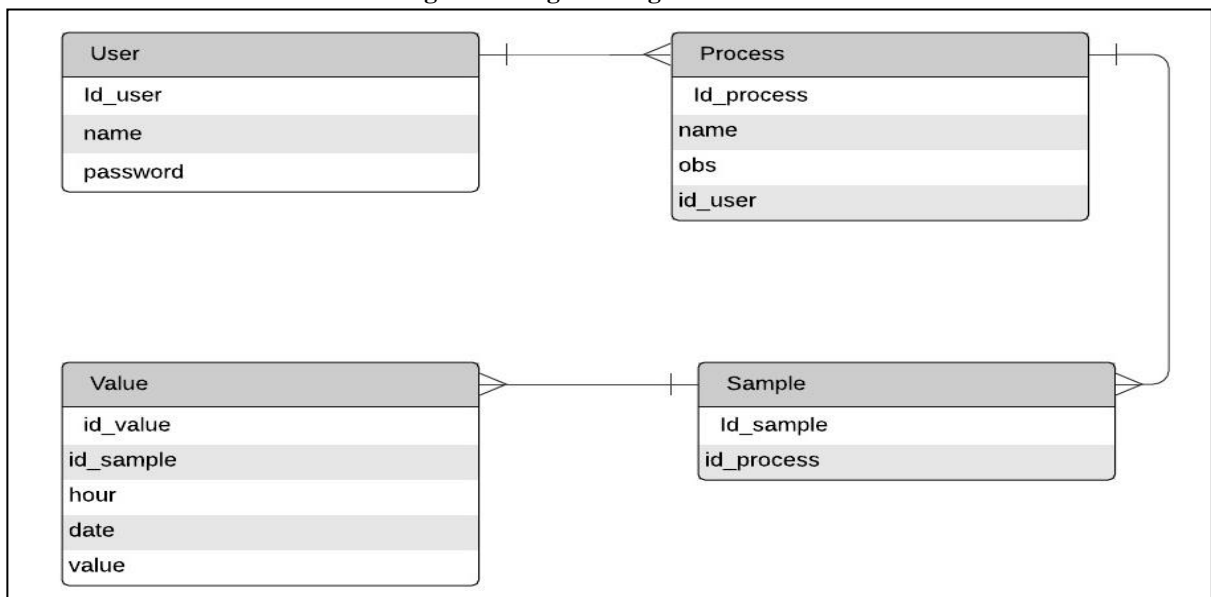


Fonte: O Autor (2021).

3.2.4 Projeto Lógico do Banco De Dados

A Figura 5 apresenta o diagrama lógico do banco de dados da aplicação, o qual podemos visualizar as várias tabelas que compõe a camada de persistência do sistema, bem como elas se relacionam entre si. A tabela “*Process*” está associada com as tabelas “*Supervisor*”, pois essas entidades podem cadastrar processos no sistema, da mesma maneira, um processo pode ter um ou mais “*Sample*”. A tabela “*Value_Process*” possui relacionamento com a tabela “*Sample*”, pois uma “*Sample*” pode conter diversos valores (tabela “*Value_Process*”).

Figura 5-Diagrama lógico do banco de dados



Fonte: O Autor (2021).

3.2.5 Diagrama de Classes

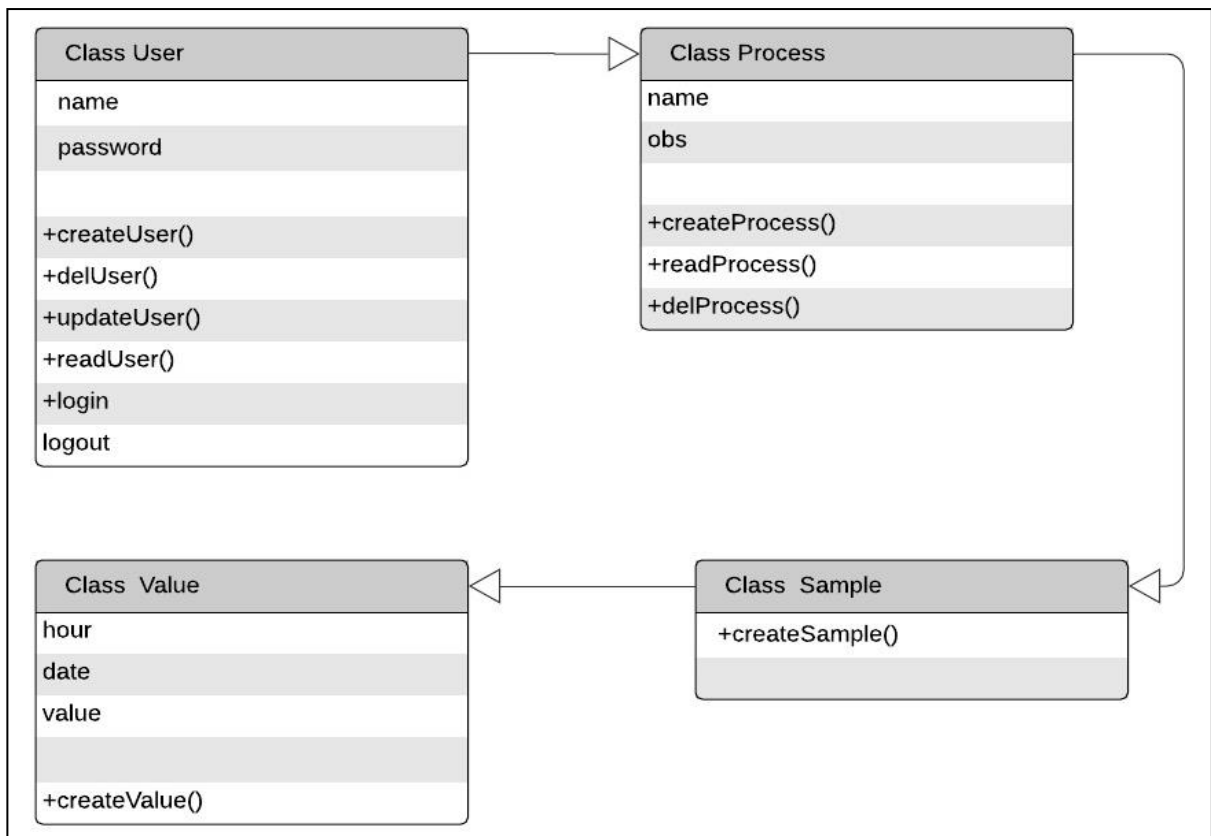
Essa camada corresponde ao conjunto de classes que realizam toda a lógica do sistema de informação. A Figura 6 representa o diagrama de classes, e as classes que compõem a camada de domínio do sistema.

No diagrama de classes foram definidas as seguintes classes: Supervisor (*User*), *Process*, *Sample*, *Value*.

- A classe ***User*** é responsável por manter as informações de acesso de usuário no sistema, bem como fornece a visão de processos que foram criados por esse usuário.
- A classe ***Process*** é responsável por armazenar as principais informações dos processos que está sendo observados pelos usuários do sistema.

- A classe *Sample* é responsável por manter cada amostra que foi cadastrada no processo.
- A classe *Value* é responsável por manter os valores de cada amostra que foi cadastrada no processo.

Figura 6-Diagrama de Classes



Fonte: O Autor (2021).

3.3 Protótipo Funcional da aplicação

3.3.1 Tela de *login*

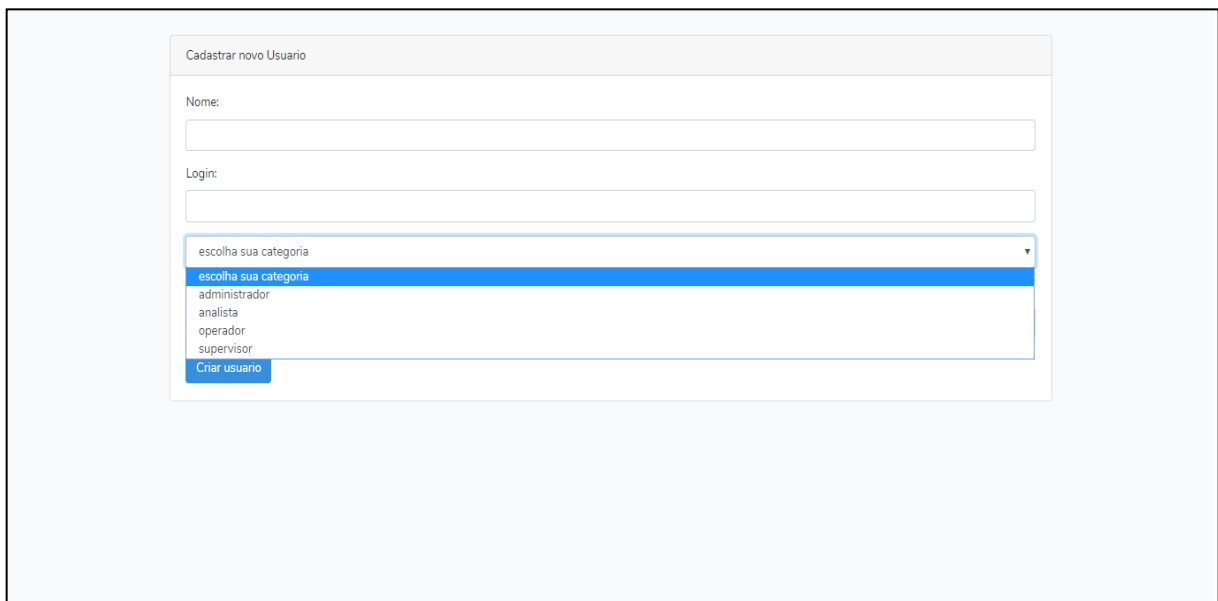
O sistema foi desenvolvido de acordo com o levantamento de requisitos. A tela inicial do sistema apresentará seu *login*, com os campos “*Login*” e “*Senha*”, no primeiro, o usuário poderá digitar seus dados previamente cadastrado, já o segundo, é onde ele deve colocar sua senha, e caso o usuário não seja cadastrado ainda no sistema, ele pode clicar no texto “*Ainda sou registrado*” e poderá realizar seu cadastro. Após preenchidos os campos solicitados, caso o usuário já seja registrado no sistema, ele deve clicar no botão “*Entrar*” para ir à segunda tela, conforme é mostrado na Figura 7

Figura 7-Login da aplicação

Fonte: O Autor (2020).

3.3.2 Tela “cadastro de Usuário”

Na tela de cadastro de usuário, é onde o usuário poderá realizar sua inserção no sistema preenchendo os seguintes dados; “nome”. Ele deve colocar seu nome; “login”, ele deve colocar o apelido ou até mesmo o seu próprio nome, para ele acessar o sistema; o campo categoria, é onde ele deve escolher que tipo de agente do sistema ele vai querer ser, “administrador”, “analista”, “operador” ou “supervisor”, cada um com um nível hierárquico de acesso ao sistema; o ultimo campo a ser preenchido é sua senha, ao final desse processo, o usuário deve clicar no botão “criar usuário”, e o mesmo será inserido no sistema, e voltará a tela inicial, como podemos observar na Figura 8.

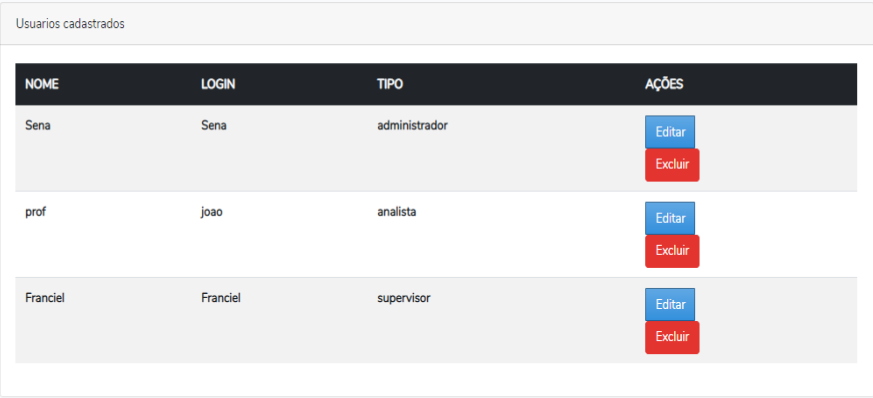
Figura 8-Cadastro de usuário

Fonte: O Autor (2020).

3.3.3 Tela “Usuários Cadastrados”

Na tela de usuários cadastrados, o administrador pode ver todos os usuários cadastrados no sistema, caso o administrador deseje ou precise trocar algum dado dos usuários cadastrados, ele deve clicar no botão “editar”, onde deve ser direcionado a outra tela, onde vai poder realizar a troca dos dados escolhidos. Caso um usuário tenha perdido o direito de acessar o sistema, o administrador pode simplesmente deletar o usuário, apenas clicando no botão “excluir”, como podemos observar na Figura 9.

Figura 9-Usuários Cadastrados

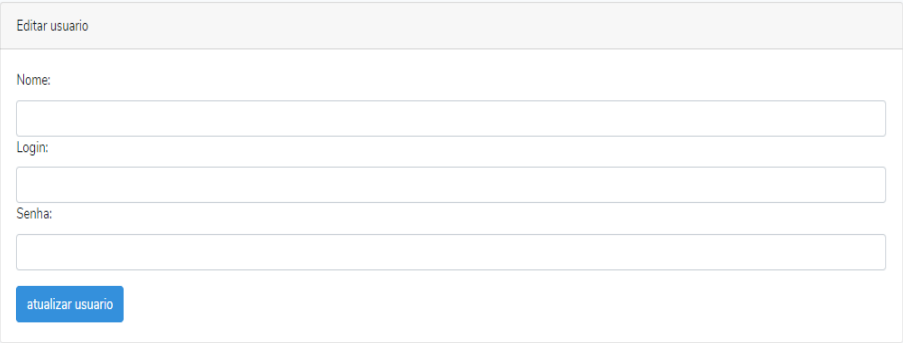


NOME	LOGIN	TIPO	AÇÕES
Sena	Sena	administrador	Editar Excluir
prof	joao	analista	Editar Excluir
Franciel	Franciel	supervisor	Editar Excluir

Fonte: O Autor (2020).

3.3.4 Tela de Editar Usuários Cadastrados

Na tela editar usuários, o administrador poderá mudar os dados do usuário escolhido, como “nome”, “login” e “senha”, para essa versão do sistema, o administrador não poderá trocar o nível de acesso de um determinado usuário, caso isso seja necessário, o usuário terá que fazer um novo cadastro no sistema. Após preenchidos os novos dados do usuário, basta clicar no botão “atualizar usuário” e ele será reinserido no sistema com novos dados. Como podemos ver na **Figura 10**.

Figura 10-Editar Usuário

Editar usuario

Nome:

Login:

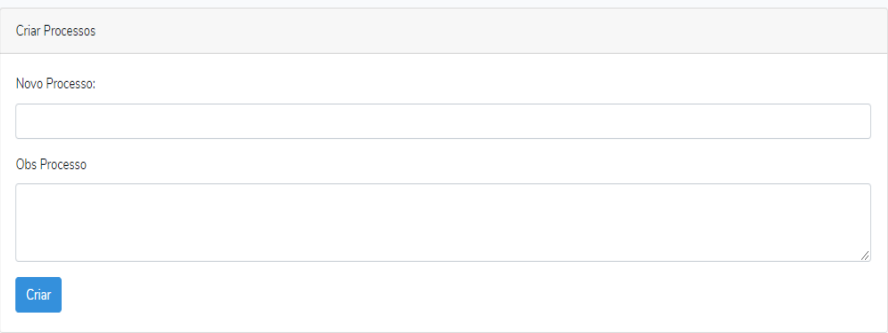
Senha:

atualizar usuario

Fonte: O Autor (2020).

3.3.5 Tela de Criar Processos

Na tela criar processos, o analista tem a possibilidade de criar processos a serem trabalhados pelo sistema, ele deve apenas preencher o campo “novo Processo” com o nome que ele pretende dar ao seu processo e alguma observação sobre ele. Após preencher os campos, basta clicar no botão “criar” que o processo será inserido no sistema, como podemos ver na figura 11.

Figura 11-Criar Processos

Criar Processos

Novo Processo:

Obs Processo

Criar

Fonte: O Autor (2020).

3.3.6 Tela de Editar Processos

Na tela editar processos, o operador pode editar os dados coletados das amostras, colocando-os nas células em branco da coluna, uma das propostas desse trabalho é que, seja possível fazer uma tabela com *autoincrement*, onde a tabela irá aumentar o números de células conforme o número de dados que o usuário coletar no processo, como podemos observar na Figura 12.

Figura 12-Editar Processos

Observações	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Observações 1										
Observações 2										
Observações 3										
Observações 4										
Observações 5										

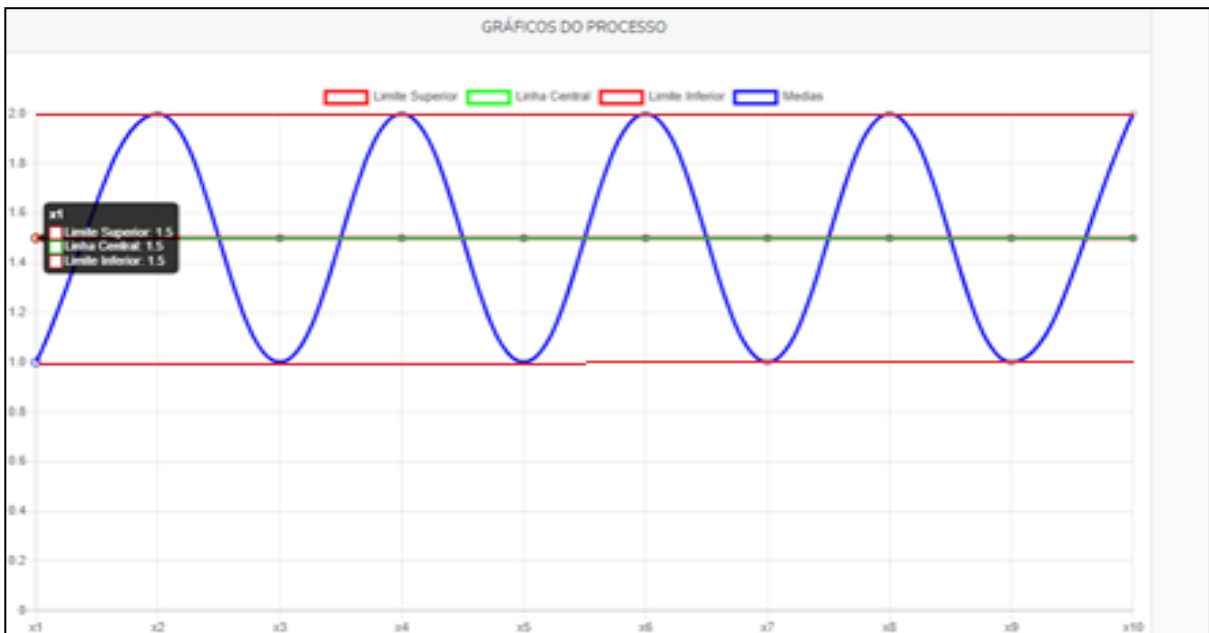
LSE LIE

Fonte: O Autor (2020).

Logo abaixo da tabela encontram-se os campos LSE e LIE, onde o operador deve preenchê-los conforme a especificação que o projeto determina, logo em seguida, basta apertar os botões “salvar dados” para os dados que estão dentro da tabela serem computados por nosso algoritmo, e logo em seguida, deve-se clicar o botão “gerar dados”, onde o nosso algoritmo deve realizar os cálculos de CEP, as cartas de Controles e os índices de capacidade e performance.

Pode-se ver como os gráficos são representados na aplicação, como os dados colocados foram apenas para demonstração (“1” e “2”), os limites tanto inferior e superior podem ser observados na carta de controle na cor vermelha, como apresentado na legenda do gráfico, a linha central com a cor verde e os dados apresentados ficaram oscilando entre 1 e 2 (linha azul). Como podemos ver na **Figura 13**.

Figura 13- Gráfico de controle



Fonte: O Autor (2020).

Apresentamos os dados de performance do processo, como podemos ver na Figura 14.

Figura 14-Índices de Capacidade e Performance

DADOS DO PROCESSO					
Gráfico de media	#	Gráfico de Amplitude	#	Índices de Performace	#
Limite Superior de Controle:	0	Limite Superior de Controle:	0	Cp:	NaN
Linha Central:	0	Linha Central:		Cpk:	NaN
Limite Inferior de Controle:		Limite Inferior de Controle:		Pp:	NaN
				Ppk:	NaN

Fonte: O Autor (2020).

3.4 Desenvolvimento

A codificação do sistema foi feita utilizando um editor de código-fonte chamado Visual Studio Code (VSC) v1.56.2, através de um *framework* PHP 8 chamado *Laravel* v8.x. Além do VSC, utilizou-se outras tecnologias, como o *Docker*, que é um conjunto de serviços que usa virtualização de nível de sistema operacional para entregar software em pacotes, esses pacotes são chamados de contêineres.

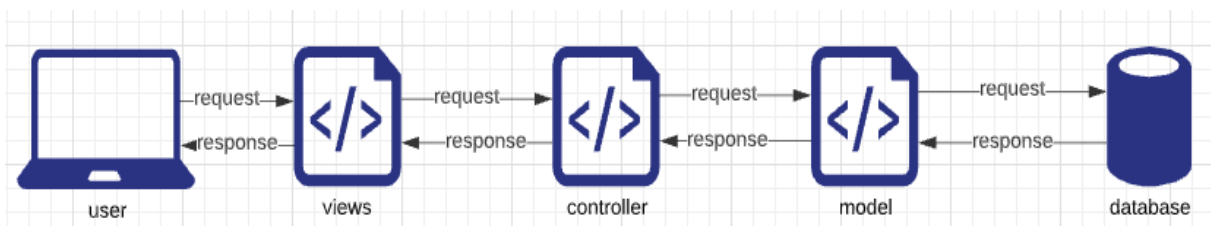
Como também o *framework* de desenvolvimento *frontend*, *Bootstrap v4*, que auxiliou na construção de interfaces em razão de arquivos *CSS* e *Javascripts* pré-programados, bem como, a *framework Charts.js* que ajudou na construção dos gráficos de controle da aplicação.

3.4.1 Arquitetura

A arquitetura final, apresentada Figura 15, foi dividida em três camadas, *Model*, *View* e *Controller*, cada uma com sua respectiva função.

- *View*: apresentar ao usuário final as informações solicitadas por ele em uma interface amigável.
- *Model*: responsável por receber as solicitações do usuário, se comunicar com o banco de dados por meio de uma *Query* (Solicitação feita ao banco de dados) e enviar para o *frontend* as informações solicitadas.
- *Controller*: responsável por armazenar as informações pertinentes do usuário, bem como seus dados de acesso, seus processos no banco de dados da aplicação.

Figura 15 - Arquitetura do CVCEP



Fonte: O Autor (2021)

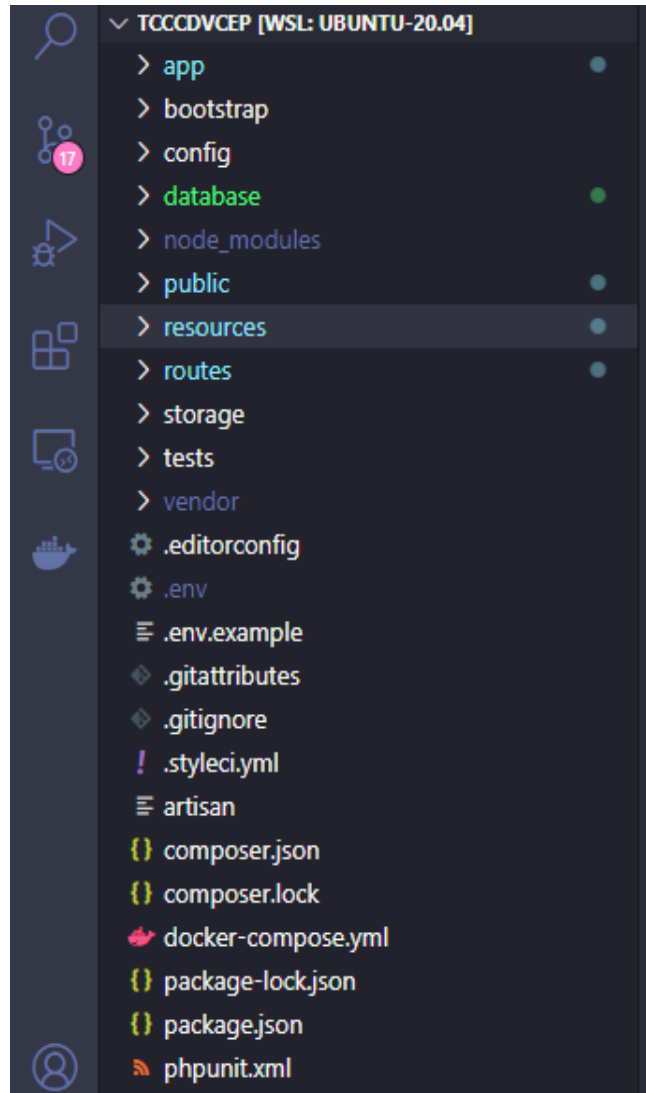
A arquitetura fica dividida nas estruturas de pastas do projeto. Observando a Figura 16, nota-se que no diretório *App/Http/Controllers* encontram-se os *Controllers* (estrutura que contém toda a camada de regra de negócio voltada ao envio e recebimento de informações do banco de dados).

Na pasta *Database/migrations*, encontrasse a estrutura que contém a conexão com o banco de dados, *migrations* (gerenciamento de mudanças incrementais e reversíveis em esquemas (estrutura) de banco de dados).

Na pasta *App/Http/Models* encontram-se os *models* (a camada de classes da aplicação). Já no caminho *Resources/routes* encontrasse que arquivo *web.php* (estrutura para organização das rotas da aplicação).

Na pasta *public* encontram-se os arquivos compilados da aplicação, que criam todos os cálculos e gráficos referente ao CEP esses, que são arquivos *JavaScript*.

Figura 16 - Estrutura de pastas do CVCEP



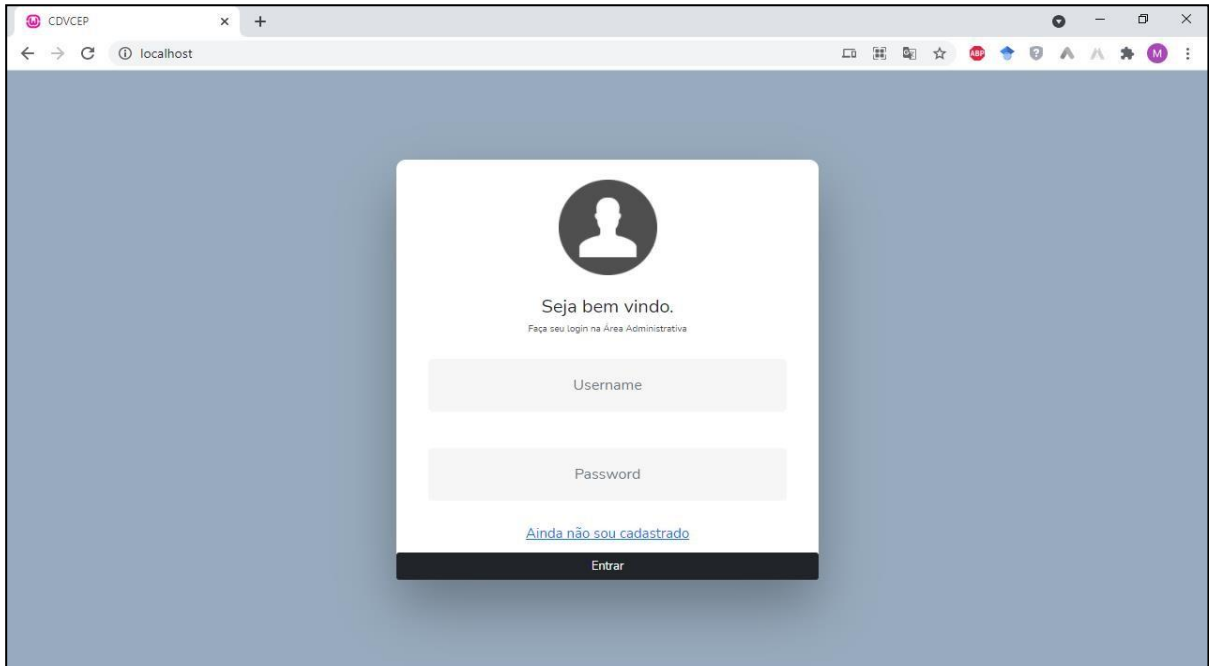
Fonte: Autor (2021).

3.4.2 Ferramenta desenvolvida

A primeira visão que o usuário tem ao acessar a ferramenta CVCEP, é a tela de *login*

Figura 17, onde o usuário que já possui cadastro no sistema, pode colocar suas credenciais e acessar o sistema. Caso o usuário ainda não tenha cadastro, ele pode clicar no *link* “Ainda não sou cadastrado” que encontrasse logo acima do botão “Entrar”, e será redirecionado para a tela de cadastro de usuário.

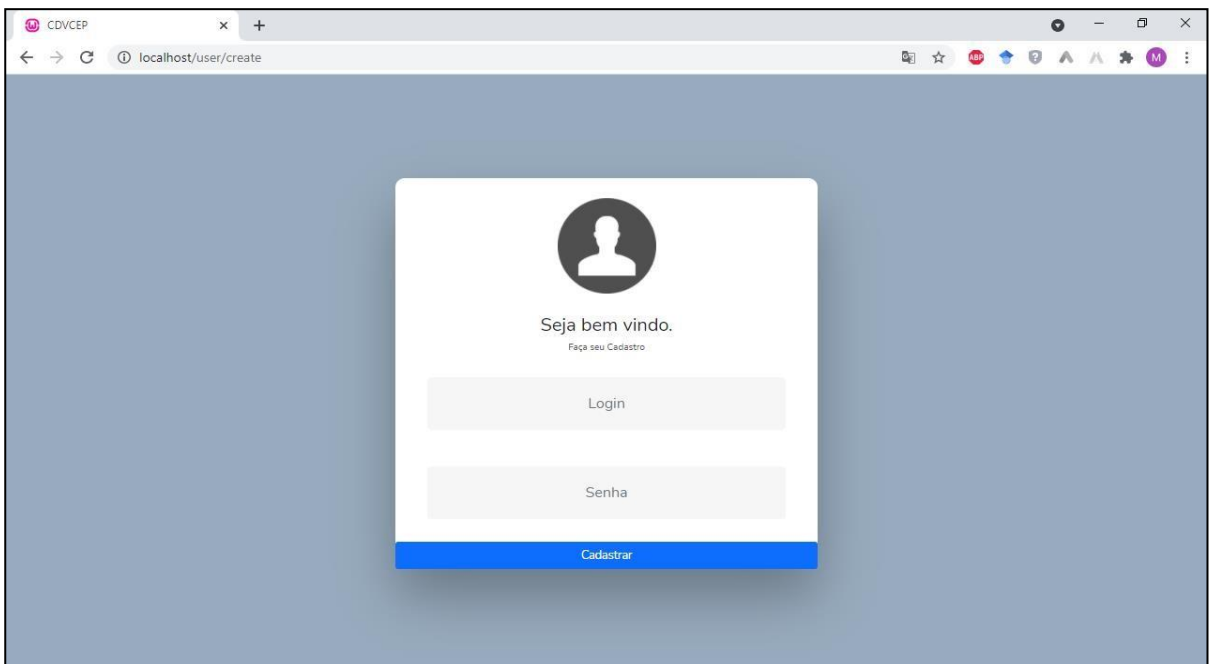
Figura 17 - Tela de login



Fonte: O Autor (2021).

Na tela de cadastro Figura 18, o usuário pode inserir seu *login* e senha, e caso não haja conflito com as informações disponibilizadas por outros usuários que já estejam cadastrados no banco de dados, o cadastro é realizado com sucesso. Feito isso, o usuário é redirecionado novamente para a tela de *login*.

Figura 18 – Cadastro de usuário do sistema



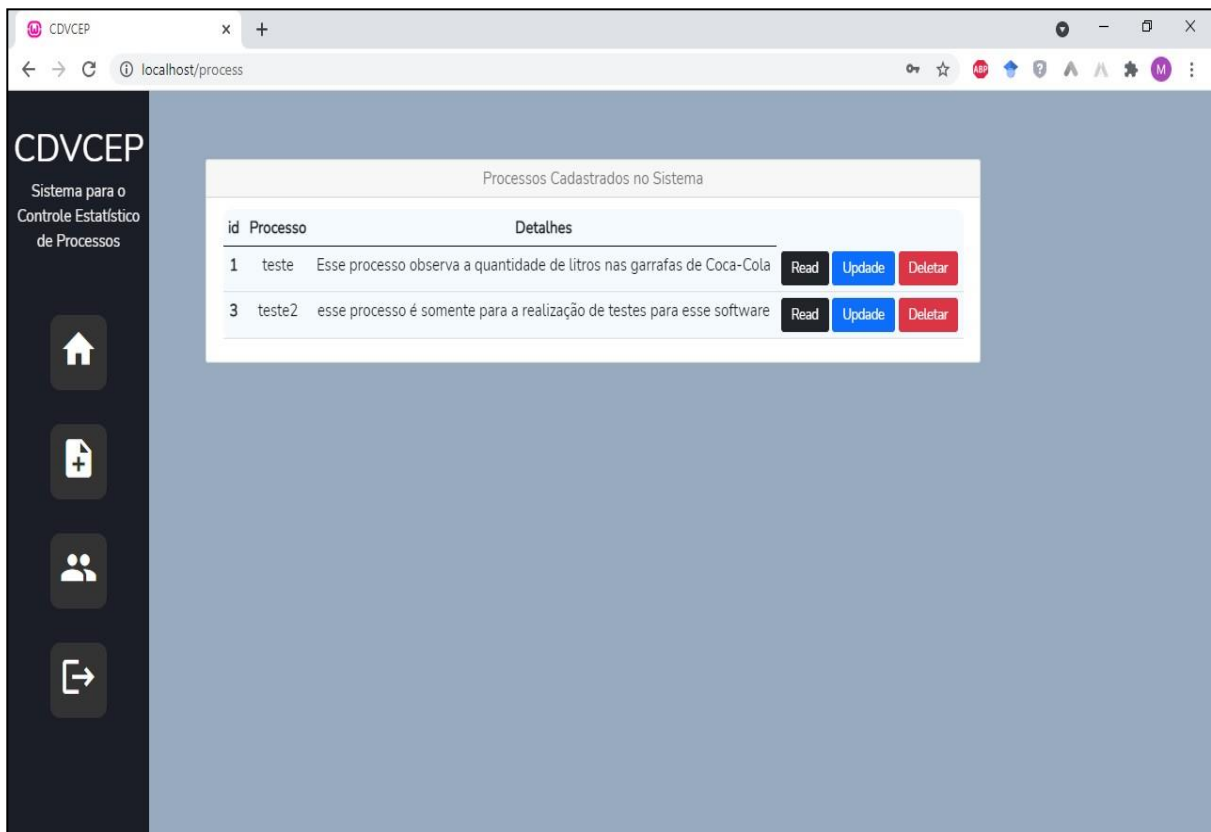
Fonte: O Autor (2021).

Ao entrar na aplicação, o usuário se depara com a tela que contém seus processos já cadastrados, como podemos observar na Figura 19. O usuário pode observar, atualizar e deletar

um processo existente. Caso não haja processo cadastrado ainda, a tela irá exibir apenas o cabeçalho da tabela que contém os dados informativos dos processos.

Ao lado esquerdo da aplicação, está o menu de navegação, onde podemos encontrar as funcionalidades: “home”, “Criar processos”, “Usuários cadastrados” e “logout”.

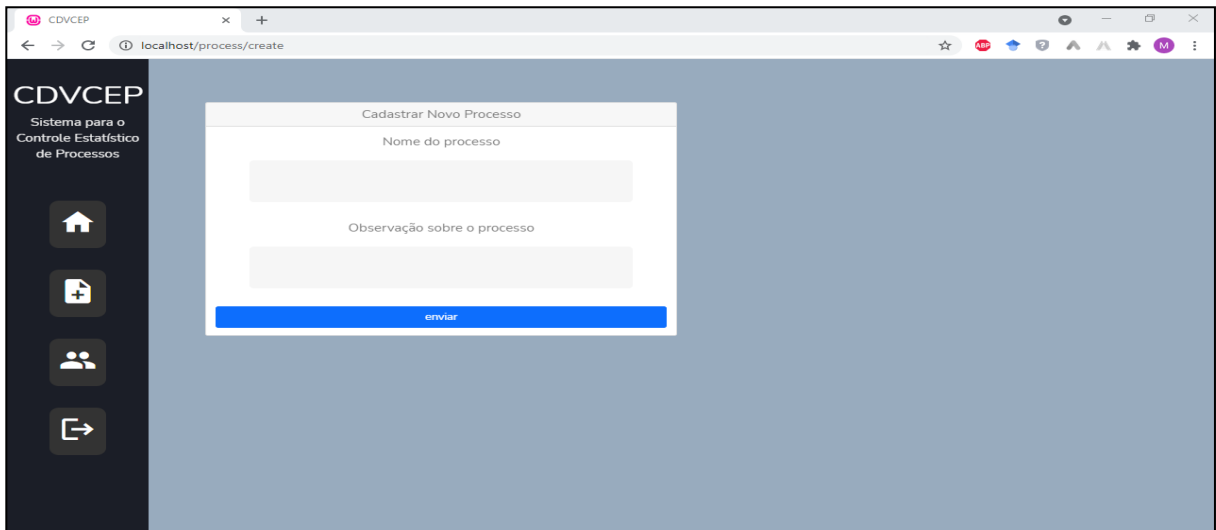
Figura 19 – Processos cadastrados



Fonte: O Autor (2021).

Caso o usuário deseje cadastrar um processo, ele pode clicar no ícone de cadastro de processo ao lado esquerdo do dashboard. Na tela de cadastro de processos, como podemos ver na figura 20, ele pode definir um nome e uma observação sobre o processo. Ao realizar o cadastro ele é redirecionado para a tela inicial, onde são listados os processos cadastrados no sistema.

Figura 20 – cadastro de Processo



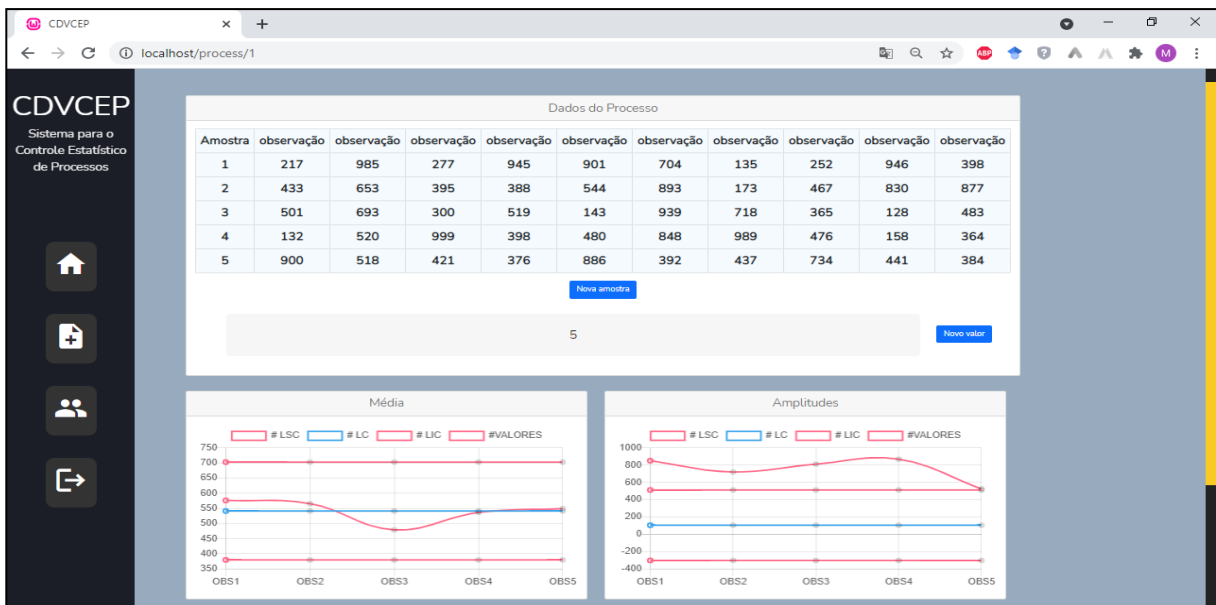
Fonte: O Autor (2021).

Ao acessar o processo cadastrado através do botão “read”, o usuário poderá começar a analisar os processos e coletar os dados do processo Figura 21. Para cadastrar uma nova amostra, o usuário deve clicar no botão nova amostra, levando a aparecer uma nova amostra na tabela de dados do processo.

Cada amostra possui 10 observações, e para o usuário receber uma nova observação, ele só precisa clicar no botão de receber uma nova observação, que a mesma será cadastrada no baco de dados e em seguida, aparecerá no *frontend* da aplicação.

Os cálculos e os gráficos são gerados automaticamente assim que os novos valores são inseridos na tabela.

Figura 21-Analisar processo



Fonte: O Autor (2021).

3.5 Conclusão

Nesse capítulo, foram apresentados os principais métodos de levantamento de requisitos utilizados para a desenvolvimento do sistema CVCEP, sua arquitetura e fluxo de dados. Após o término da fase de modelagem, se teve uma visão geral de como deve se comportar o sistema.

Também foram apresentados os itens mais importantes da etapa de desenvolvimento do sistema, as tecnologias e ferramentas utilizadas e, como essas tecnologias foram aplicadas no trabalho. Nesta etapa foi atingido o objetivo principal do trabalho, o desenvolvimento do sistema, aplicando o conhecimento adquirido durante o decorrer do curso, conciliados ao conhecimento absorvido com a conclusão do estudo sobre o CEP.

As ferramentas e tecnologias utilizadas foram de suma importância para o sucesso desta etapa devido a sua confiabilidade e a quantidade de usuários que utilizam, o que permitiu que dúvidas fossem esclarecidas.

Várias vantagens puderam ser percebidas no uso *framework Charts.js* para a criação dos gráficos de controle, pois o pacote gráfico possui uma infinidade de recursos a serem explorados, por esse motivo existe a necessidade de que o desenvolvedor tenha uma certa experiência com a manipulação desses componentes dentro do código

4 AVALIAÇÃO DE ACEITABILIDADE

Este capítulo apresenta a condução e resultado de dois estudos realizados para avaliar a ferramenta CVCEP elaborada nesse projeto, assim como as melhorias feitas no desenvolvimento a partir da análise dos resultados obtidos nos estudos.

4.1 Introdução

Esse capítulo descreve dois estudos realizados para avaliar se ferramenta CVCEP responde as questões de pesquisa apresentadas nesse trabalho (Capítulo 1). Com base nos resultados obtidos, a ferramenta foi aprimorada visando sua transferência de ambiente de desenvolvimento para um ambiente de produção.

No primeiro estudo chamado de estudo piloto, a sistema de software CVCEP foi avaliado em um ambiente acadêmico. O segundo estudo conduzido foi uma prova de conceito referente a um ambiente de produção.

Devido ao momento de pandemia do *SARS-CoV-2*, onde ocorreram estes estudos, o trabalho sofreu com a indisponibilidade de alguns participantes, uma vez que o acesso à internet e a sua presença não puderam ser garantidos, mesmo com esse cenário, os estudos foram planejados e executados.

4.2 Estudo Piloto

Esta seção apresenta o planejamento e execução do estudo piloto para a avaliação da primeira versão da ferramenta CVCEP com alunos do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas.

4.2.1 Planejamento do Estudo Piloto

O planejamento do estudo foi feito visando avaliar a ferramenta CVCEP qualitativamente, por meio da percepção do usuário sobre a qualidade de interação com a ferramenta.

Portanto, o estudo se trata do levantamento de opinião de usuários em relação a qualidade do software desenvolvido durante esse projeto, centrando-se na compreensão e aceitação do sistema. Para isso, foi necessário elaborar uma questão geral que norteou o estudo, sendo ela, a questão principal descrita abaixo:

A ferramenta auxilia os estudantes de engenharia de produção no processo de aprendizagem do cep, referente coleta e análise de dados?

Assim, o foco desse estudo foi direcionado a avaliar se a ferramenta CVCEP apresenta um resultado satisfatório em termos de ajudar *estudantes de engenharia de produção* a analisarem a qualidade de um processo referente aos dados coletados e analisados por eles.

No planejamento deste estudo, também foram elaborados: o Termo de consentimento (Apêndice A); e o questionário pós-aplicação do estudo e caracterização dos participantes (Apêndice B), com a finalidade de coletar opiniões dos participantes sobre a ferramenta.

4.2.2 Execução do Estudo Primário

Os resultados deste estudo piloto foram de suma importância para verificar se a ferramenta é satisfatória para avaliar a qualidade de um processo por estudantes de engenharia de produção. Além disso, este estudo ajudou a identificar recomendações sobre a ferramenta, com o intuito de melhorar sua performance e aumentar a facilidade de uso pelos usuários.

Dentre 10 alunos matriculados na disciplina de gestão da qualidade do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), campus ICET que foram convidados, apenas três participaram da avaliação da ferramenta. Os quais foram submetidos a avaliação de experiência, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização dos participantes do estudo de piloto

Nº	Experiência em inspeção de processos	Experiência em análise de qualidade
01	baixa	baixa
02	baixa	baixa
03	baixa	baixa

Fonte: O Autor (2021)

Cada participante preencheu o formulário de caracterização, e logo em seguida, o participante recebeu o questionário de avaliação com a lista de atividades que ele deveria executar no sistema. Assim, cada participante teve a oportunidade de realizar um exercício de CEP que tinha sido proposto a eles realizarem anteriormente de maneira escrita e sem auxílio de nenhuma ferramenta.

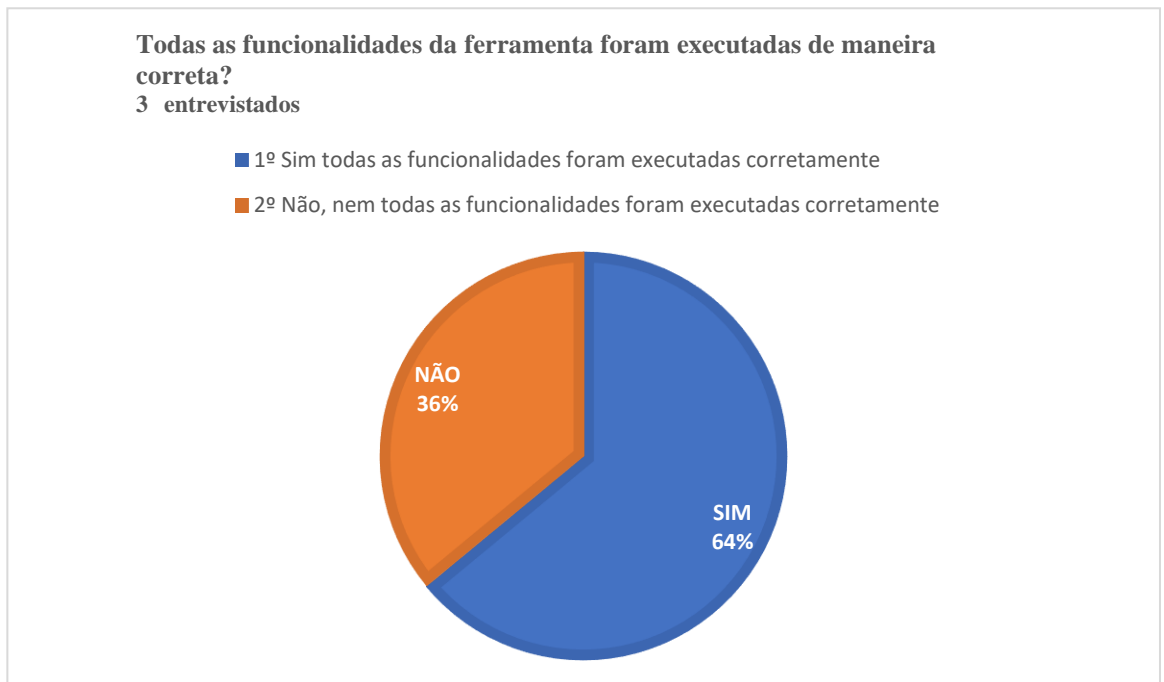
Após foi realizado o mesmo exercício, mas agora utilizando o CVCEP, ao término, os participantes responderam um formulário qualitativo, com o objetivo de analisar a sua

experiência com e sem o auxílio da ferramenta na realização do exercício de controle estatístico de processos. O formulário contém 16 questões relacionadas à execução das funcionalidades desenvolvidas e a fidelidade dos valores apresentados nas cartas de controle.

4.2.3 Lista de Atividades das Funcionalidades

Com a análise das respostas dos formulários que foram avaliados, pode-se entender o grau de aceitação da ferramenta CVCEP em relação as funcionalidades desenvolvidas na Figura 22, onde dois dos participantes disseram que todas as funcionalidades foram executadas corretamente e o restante tiveram problemas com as informações de capacidade e performance do processo pois não apareceram em seu *frontend*.

Figura 22 – Aceitação dos participantes em relação as funcionalidades desenvolvidas



Fonte: O Autor (2021).

Com relação aos erros encontrados, um participante relatou:

- (i) “Existe uma inconsistência em relação aos dados de performance do processo.”
- (ii) “Eu separei os dados for vírgula, e o sistema não realizou os cálculos”

Outro participante se mostrou insatisfeito em relação a usabilidade do sistema, ele se referiu negativamente a ter que dois *clicks* na tabela de coleta de dados. O participante sugeriu:

- (iii) “poderia implementar a tabela sem precisar dar dois cliques para colocar os dados nela”.

4.2.4 Relação aos Cálculos do CEP

Em relação ao desempenho do software ao controle estatístico de processo, os três participantes declararam que o sistema de software atende as suas necessidades. Dois entrevistados mencionaram que os dados apresentados pelo sistema condiziam com os dados que eles tinham obtido anteriormente. Um participante declarou haver inconsistência dos dados que o software apresentou, com os do exercício proposto anteriormente.

Contudo, observou-se que o software trabalha com um número significativo a mais de casas decimais, enquanto os participantes têm o “costume” de arredondar elas, até mesmo, para facilitar a realização dos cálculos. Por isso, entendeu-se que houve algumas flutuações mínimas em determinados dados apresentados pelo software, contudo, fez-se mais uma vez análise no algoritmo proposto, para averiguar profundamente o motivo dessa flutuação.

Em relação aos gráficos de controle, todos os participantes relataram que eles condizem com o que era esperado, que são legíveis e apresentam um *design* adequado.

Houve apenas críticas em relação aos dados apresentados pelo software referente a capacidade e performance do processo, contudo, depois do estudo, foi identificado o motivo de tal inconsistência dos dados.

No que tange as funcionalidades do sistema, o resultado foi satisfatório, pois todos os avaliadores concordaram totalmente que o CVCEP pode auxiliar na realização dos cálculos do CEP e eles até utilizariam o sistema no lugar de um software proprietário já existente.

4.3 Prova de conceito

Esta seção apresenta o planejamento e execução de uma prova de conceito para a avaliação da ferramenta CVCEP. Desta forma, apresenta um cenário com exemplos de utilização do sistema criado.

Foram utilizados cenários reais retirados do trabalho de conclusão de curso de Gama (2018) com o intuito de responder a seguinte questão de pesquisa:

Será possível desenvolver uma aplicação acessível para auxiliar o pequeno empresário no controle de seus processos produtivos?

Para a coleta de dados, foi usada uma interface de programação de aplicações (API) externa que nos oferece números reais aleatórios, em uma determinada faixa escolhida (máximo

e mínimo). E como comparação dos resultados obtidos, foram feitos cálculos com os menos dados no software *Microsoft Excel* e cálculos feitos com auxílio de uma calculadora.

A opção por apresentar um exemplo criado a partir de dados retirados do trabalho de Gama (2018), deve-se ao fato da pandemia do SARS-CoV-2, no qual ocasionou a falta de possibilidade de avaliar o software em um caso real de linha de processo. Para a avaliação do software foi utilizado o cenário descrito a seguir:

4.3.1 Cenário

Uma empresa do ramo cerâmico há dois anos passou por um processo de automatização que vem trazendo resultados satisfatórios como aumento na demanda de seus produtos. Entretanto, está ainda em fase de evolução em alguns processos, como a etapa de secagem e queima dos blocos cerâmicos. O processo de fabricação deste produto pela empresa se compõe em seis etapas, sendo elas, mistura das argilas, prensagem, secagem, queima do bloco cerâmico, paletização e armazenagem.

Mistura: Nesta etapa do processo é feita a mistura das argilas na qual utiliza-se dois tipos, argila branca e vermelha.

Prensagem: Após feita a mistura, a argila é levada para a prensagem, nessa etapa é onde se dá a forma para o bloco de vedação fabricado.

Secagem: Feito a prensagem o bloco cerâmico é levado para o secador com o objetivo de reduzir a umidade, todo esse processo é automatizado, essa etapa é realizada num período de trinta e seis horas.

Queima: Nesse processo, após a montagem dos vagões, são levados pelo sistema automatizado primeiramente para o pré-forno, aguardando a liberação de outros vagões dentro do forno onde permanece por trinta e oito minutos.

Paletização: A última etapa do processo de fabricação é a paletização, após a saída dos vagões do forno, onde os blocos cerâmicos são organizados em paletes.

Armazenagem: para armazenagem e venda, cada palete é lacrado com uma quantidade de 520 blocos cerâmicos.

A empresa já dispõe de um laboratório destinado para a realização de ensaios de qualidade segundo as normas NBR 15270-1 e NBR 15270-3, nas quais determinam os ensaios exigidos para o produto, deste o produto verde até o produto acabado, também mostram como

devem ser realizados os ensaios e o tamanho da amostra a ser coletada. Cada ensaio realizado na empresa possui um formulário padrão no qual é registrado os dados coletados.

Exemplo de ensaio realizado pela empresa:

É coletado 1 bloco cerâmico de vedação (produto verde) após a saída da prensagem. Então é feito o ensaio de planeza das faces e desvio no esquadro observando se há uma folga de mais de 3mm limite permitido segundo a norma NBR 15270-3, assim também é verificado as dimensões do bloco cerâmico conforme padrão exigido. Em seguida, é retirado uma parte em formato retangular do centro do bloco cerâmico com um comprimento de 57mm e peso 30g, o qual é feito o ensaio de retração da peça, aquecendo no forno por um período de uma hora até seu peso ser estabilizado. Por último, é feito também o ensaio de umidade onde retira-se a massa extrusada do bloco cerâmico, cortando uma parte do produto verde em vários pedaços menores até adquirir um peso de 250g o qual é levado ao forno em um período de uma hora até estabilização de seu peso.

4.3.2 Ensaios realizados com o software CVCEP

Objetivo: “Achar possíveis causas da falta de precisão no software e identificar possíveis melhorias de usabilidade e performance”.

Para verificar o controle do processo de fabricação do bloco cerâmico de vedação de oito furos, foram gerados dados aleatórios através de uma API para simular a variabilidade do processo durante 30 dias com 10 observações a cada amostra coletada por meio do sistema CVCEP como apresenta a Tabela 2

Tabela 2-Dados do processo analisado

Amostra	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4	Obs5	Obs6	Obs7	Obs8	Obs9	Obs10
1	90	87	90	86	86	87	88	92	91	90
2	90	86	91	88	89	93	90	94	94	88
3	91	94	91	93	93	88	91	93	94	89
4	92	94	92	87	94	94	88	90	88	90
5	90	86	92	92	90	88	89	87	86	90
6	90	89	91	92	92	87	92	90	91	89
7	91	90	93	90	94	93	89	93	94	92
8	90	94	90	91	90	90	92	93	86	89
9	94	89	88	91	90	90	93	87	86	91
10	90	94	90	89	88	92	86	86	92	93
11	94	89	87	94	86	87	94	94	89	88
12	88	87	87	86	86	92	88	94	92	92
13	91	94	90	88	86	90	89	93	91	89

14	86	94	94	89	90	90	89	88	90	94
15	89	91	94	91	90	88	91	89	92	93
16	86	90	94	90	94	88	92	87	90	90
17	93	88	93	87	93	90	86	91	87	92
18	93	87	91	88	90	94	94	90	90	92
19	87	88	86	94	86	93	92	94	89	90
20	94	86	88	92	93	91	93	89	94	91
21	88	88	89	86	93	86	88	86	92	94
22	88	93	86	89	86	87	86	86	91	87
23	88	93	90	93	92	88	89	92	86	91
24	94	94	92	87	94	94	86	91	90	88
25	94	90	94	90	93	93	87	89	87	90
26	87	90	87	92	90	88	90	94	94	86
27	90	86	88	92	90	89	90	93	86	90
28	86	93	88	91	86	87	88	89	90	87
29	93	94	88	92	89	89	92	88	86	87
30	89	92	93	93	87	90	91	92	89	89

Fonte: O Autor (2021)

Para a avaliação de conformidade de cálculos do CEP do sistema de software construído nesse trabalho, foram replicados cálculos os mesmos dados no software proprietário da *Microsoft Excel*, como também foram feitos cálculos de forma manual com auxílio de uma calculadora onde tivemos os seguintes resultados apresentando na Tabela 3.

Tabela 3-Cálculos realizados para testes da aplicação

-----	Media Geral	Media R	LIC Xbar	LSC Xbar	LIC Rbar	LSC Rbar	PC	CPK	PP	PPK
Excel	90,09	7,20	87,87	92,31	1,61	12,79	0,42	0,41	0,39	0,37
Calculadora	90,12	7,20	88,08	92,15	1,48	11,71	0,42	0,41	0,38	0,37
CVCEP	90,09	7,20	87,87	92,30	1,60	12,79	0,42	0,41	0,38	0,37

Fonte: O Autor (2021)

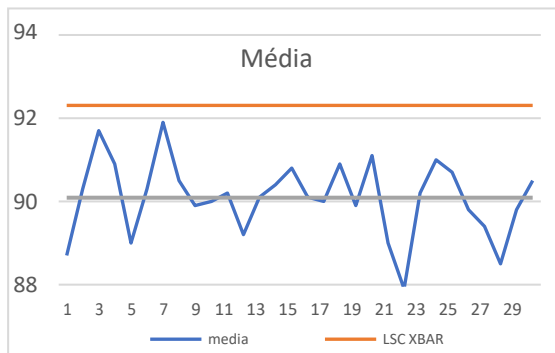
Observou-se que houve discordância entre os alguns cálculos realizados com o CVCEP em relação aos cálculos feitos com o *Microsoft Excel*, e também em relação aos cálculos feitos com uma calculadora, principalmente em se tratando de arredondamento dos números reais. Os cálculos feitos com calculadora, foram os que sofreram maiores discrepância em relação aos cálculos feitos utilizando as ferramentas.

Nota-se que foi obtido 70% de coesão em relação aos dados apresentados no software CVCEP aos dados apresentados pelo software *Microsoft Excel*, e os outros 30% de dados que não confluíram, foram apenas em relação ao arredondamento do terceiro número mais significativo após da virgula.

Logo dizemos que sim, o sistema de software é uma alternativa para o uso em controle de processo, em relação ao *Microsoft Excel*. Com o diferencial de que o operador não precisa adaptar o software para esse fim, enquanto o Excel precisa ser manipulado, no que tange realizar os cálculos e desenhar os gráficos.

O software CVCEP apresenta maior facilidade de uso, visto que o operador só necessita coletar os dados, e todos os cálculos e plotes de gráficos são feitos automaticamente. Os gráficos gerados pelos *Microsoft Excel* e Pelo CVCEP respectivamente podem ser comparados na Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

Figura 23-Gráfico de Média Excel



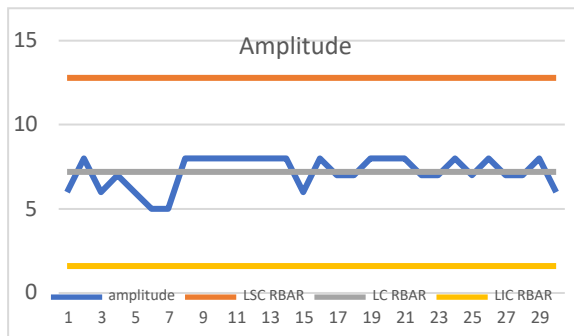
Fonte: O Autor (2021).

Figura 24-Gráfico de Média CVCEP



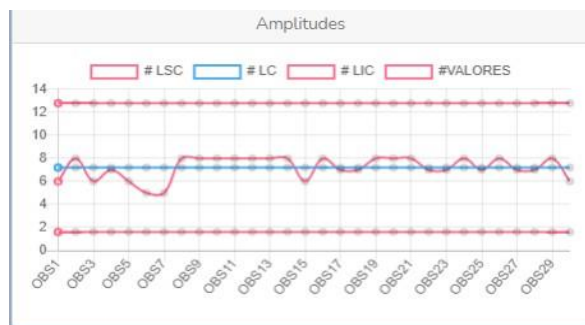
Fonte: O Autor (2021).

Figura 25- Gráfico de amplitude Excel



Fonte: O Autor (2021).

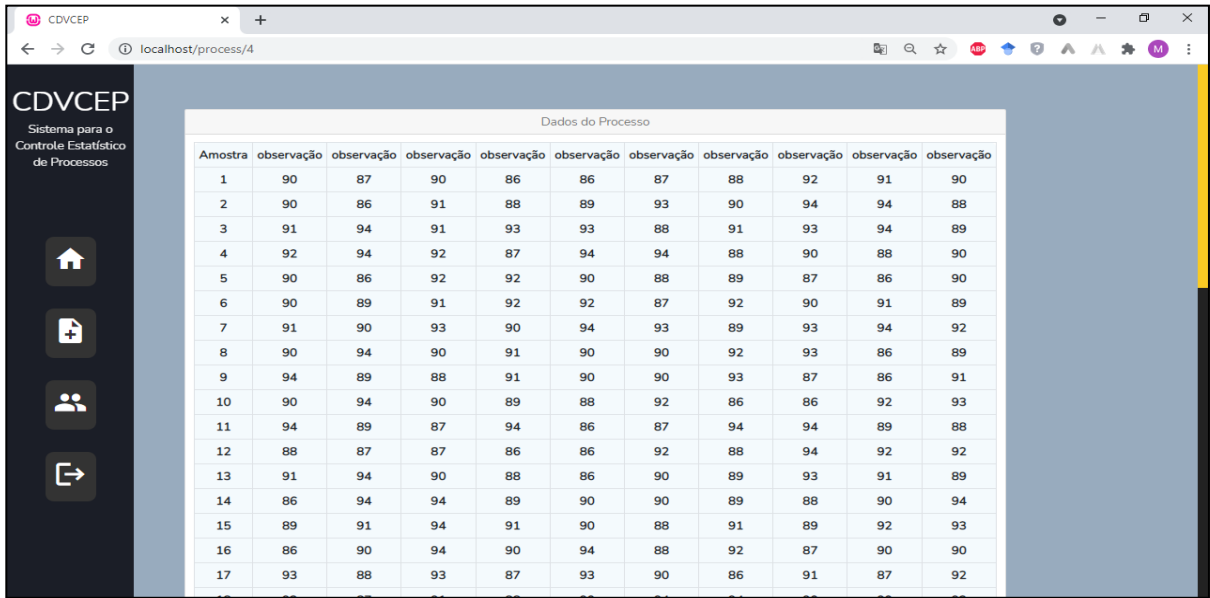
Figura 26- Gráfico de Amplitude CVCEP



Fonte: O Autor (2021).

Também foi observado que a tabela com os dados coletados não cabe inteira na tela, escondendo os gráficos de controle, uma sugestão na Figura 27 é minimizar essa tabela quando ela não estiver sendo utilizada para a análise do processo.

Figura 27- Sugestão de melhoria no design da aplicação

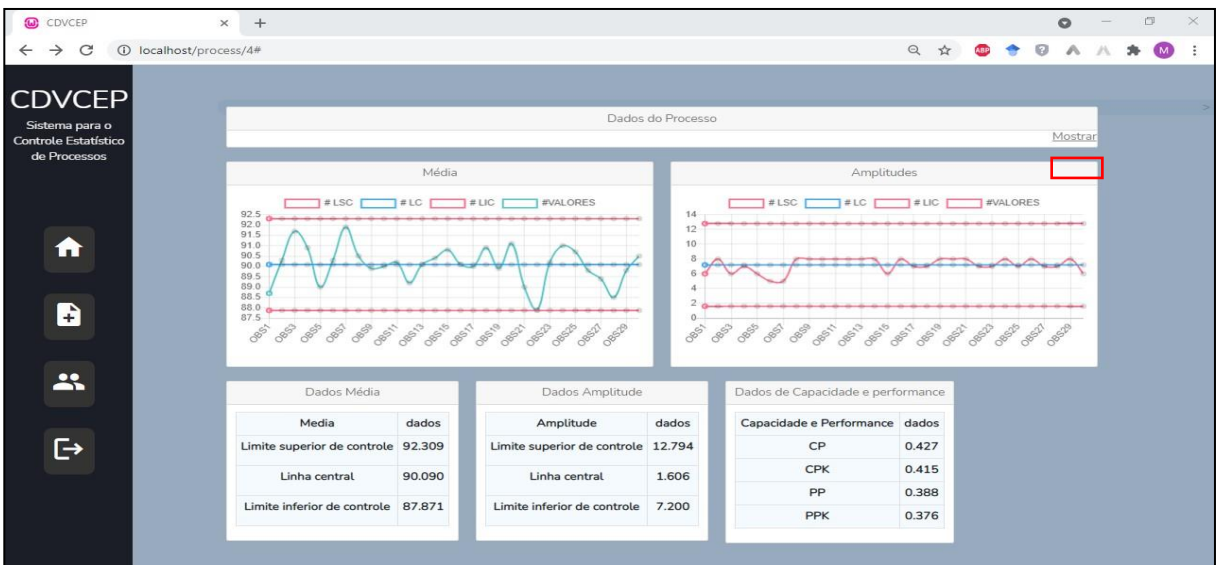


Fonte: O Autor (2021).

Melhorias no software: “Mostrar as melhorias realizadas no software decorrente a análise da seção anterior”.

Podemos observar na Figura 28 as melhoras na usabilidade da aplicação, com a tabela podendo ser minimizada e a apresentação dos dados mais importantes do processo para o usuário.

Figura 28- Melhorias feitas no software CVCEP



Fonte: Autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Considerações Finais

A concorrência em escala global tem feito com que as empresas procurem níveis mais elevados de eficiência em seus processos para que possam alcançar níveis mais altos em padrão de qualidade de seus produtos. Uma das estratégias mais utilizadas quando se fala em controle da qualidade, é o Controle Estatístico de Processos, pois o mesmo quando aplicado adequadamente, reduz o número de desperdício e retrabalho de uma organização.

Dessa forma, o CEP proporciona às empresas uma redução em produtos não conformes, o que é importante principalmente no cenário atual, onde o mercado está cada vez mais competitivo, além de que as organizações necessitam manter padrões elevados de qualidade para a sua sobrevivência no mercado. No entanto, trabalhar com o CEP registrando e analisando inúmeras variáveis do processo produtivo se torna uma tarefa difícil, mesmo quando utilizamos planilhas eletrônicas como propõe o *Software Microsoft Excel* e outros tipos de software proprietários.

Assim, desenvolveu-se uma ferramenta computacional que pode promover uma melhoria considerável ao gerenciamento da qualidade, bem como, minimizar o tempo desperdiçado na realização dessa atividade e proporcionando um serviço muito mais confiável.

Para embasamento da proposta foi realizado um levantamento bibliográfico que fundamenta os Conceitos Básicos do CEP, seus Fundamentos, Cartas de Controle, e Índices de Capacidade e Performance, além dos Trabalhos Relacionados (Capítulo 2). Foi apresentado os passos para o desenvolvimento do projeto, o levantamento de requisitos funcionais e não-funcionais, além da modelagem dos diagramas e da arquitetura do sistema, o protótipo inicial e a ferramenta desenvolvida (Capítulo 3).

Como resultados foram apresentados os dados obtidos nos estudo piloto além uma prova de conceito que foi realizada para avaliar o software proposto, visto que não foi possível executar um estudo em cenário real.

5.2 Limitações

O estudo envolveu um ambiente acadêmico e utilizou um problema real para analisar a *performance* do CVCEP. Não é possível generalizar os resultados para os contextos industriais.

Porém, os resultados do estudo podem servir como indicativos que há viabilidade ao utilizar o CVCEP na coleta e análise de dados de processos produtivos

O tamanho reduzido da amostra de alunos avaliadores do estudo piloto foi considerado como um risco, pois a amostra foi pequena, limitada e homogênea, dificultando a conclusão dos resultados. Dessa forma, os resultados podem ser considerados inconcludentes, porém ainda podem ser considerados como evidências.

Outra limitação é a definição do algoritmo de análise proposto para a análise do processo pois ele ainda possui algumas limitações no que diz respeito a entrada dos dados no momento da execução do sistema que ainda é feito de forma manual.

5.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, é possível incluir a funcionalidade de coleta automática de dados, através de sensores na linha de montagem conectadas ao software através de um servidor por sensor *MQTT*, isso se dá em relação as possibilidades de erros humanos durante a extração de dados do processo, o que desse ser evitado.

Pretende-se testar o software em um ambiente com empresas que tenham uma linha de montagem com muitos produtos, como também, desenvolver níveis de acesso, para que cada colaborador servir a cada papel que o sistema deverá disponibilizar.

Realizar a implementação de um algoritmo de *Machine Learning* que utilizará os dados do processo afim de se realizar a análise e otimização dos processos em execução.

REFERÊNCIAS

- ADAMY, A. P. D. A. et al. O Uso Do Controle Estatístico De Processo Como Forma De Garantia De Qualidade Para O Cliente: Aplicação Em Uma Indústria Metalmeccânica. **Espacios**, v. 38, n. 03, p. 6, 2017. ISSN 07981015.
- AZIZI, A. Evaluation improvement of production productivity performance using statistical process control, overall equipment efficiency, and autonomous maintenance. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. p. 186-190, 2015.
- COSTA, H. T. S.; MACHADO, W. V.; FONSECA, V. L. A. CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO À UMA. **IX SIMPROD**, p. 587-602, 2017. ISSN 2447-0635.
- DAIMLER, C. C.; FORD, M. C.; GENERAL, M. C. **Controle Estatístico de Processo (CEP) Manual de Referencia**. [S.l.]: [s.n.], 2005.
- FEITOSA, R. F.; LAZARI, T. A. ANÁLISE DA QUALIDADE NA FABRICAÇÃO DE POSTES DE CONCRETO POR MEIO DA FERRAMENTA DE CARTAS DE CONTROLE: UM ESTUDO DE CASO. **TRABALHOS ACADÊMICOS LUSÓFONA**, São Gonçalo , v. 2, n. 1, ago. 2019. ISSN 2595-5772.
- FIREBIRD, 2020. Disponível em: <<https://firebirdsql.org/>>. Acesso em: 20 out. 2020.
- GAMA, A. D. M. CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS APLICADO AO TESTE DE QUALIDADE DE BLOCOS CERÂMICOS, 2018.
- GELSLEICHTER, M. et al. **IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES**. São Carlos, SP: ABREPO, 2010.
- GENARI, J. O. S.; FERRARI, F. C. Times de alto desempenho no contexto das metodologias Scrum e Kanban, v. 4, n. 3, 2016.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. [S.l.]: UFRGS, 2009.
- GODOY, C. **Introdução ao Controle Estatístico de Processo**. São Carlos: [s.n.], 2009.
- GONÇALVES, T. G. GONÇALVES, Taísa Guidini. Componentes de Processo para Análise de Desempenho de Processos de Software. **Tese de Doutorado. MSc Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro.**, 2014.
- GRECHOVIASKI, K. D. S. **SOFTWARE DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2007.
- LARAVEL. laravel, 2020. Disponível em: <<https://laravel.com/>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- LOUZADA, F. et al. CEP ONLINE: A WEB-ORIENTED EXPERT SYSTEM. **SOPRABO**, v. 39, p. 177-204, fev. 2019. ISSN 1678-5142.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada E Probabilidade Para Engenheiros**. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2017.
- MYSQL. **MySQL**, 2020. Disponível em: <<https://www.mysql.com/>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- OAKLAND, R. J.; OAKLAND, J. S. **Statistical process control**. [S.l.]: Routledge, 2018.
- OLIVEIRA, F. C. D.; THOMAZ, T. S. S. **A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DO ATENDIMENTO NA BUSCA DA FIDELIZAÇÃO DO CLIENTE**. Pindamonhagaba-SP: Faculdade de Pindamonhagaba , 2018.

- PIERRET, V. B. H. DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO ON-LINE POR MEIO DE GRÁFICOS DE CONTROLE, 2004.
- PIRES, V. T. **Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz.** Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul: Dissertação (Mestrado em Engenharia Produção), 2000.
- ROSA, L. C. **DA ROSA, Leandro Cantorski. Introdução ao controle estatístico de processos.** Santa Maria : UFSM, 2016.
- SANTOS, P. S. M. et al. On the benefits and challenges of using kanban in software engineering: a structured synthesis study. **JOURNAL OF SOFTWARE ENGINEERING R**, v. 6, p. 13, 2018.
- SENA, T. T. O. et al. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO SETOR DE EMBALAGEM: UM ESTUDO DE CASO. **Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, Congrega Urcam, p. 324-335, 2016.
- SENA, T. T. O. et al. (2017). CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR ALIMENTÍCIO. **Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 603-620, 2017.
- SILVA, K. G. D. **SOFTWARE DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO.** Lages: Repositorio de Relatorios-Sistema da Informação, 2007.
- SILVA, L. M. F.; PINTO, M. D. G.; SUBRAMANIAN, A. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção.** Florianópolis: XXVII ENEGEP, 2007.
- SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico do processo.** São Paulo: Pioneira, 1997.
- SOUZA, F.; PEDRINI, D.; CATEN, T. Proposta De Fluxograma Orientativo Para Aplicação De Índices De Capacidade. **Gestão E Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, p. 882-894, 2014.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário(a), do estudo/pesquisa intitulado(a) UM SISTEMA PARA MONITORAR E CONTROLAR A QUALIDADE DE PROCESSOS, conduzida por MARCELINO PEREIRA DE SENA JÚNIOR. Este estudo tem por objetivo realizar estudo sobre desenvolvimento de um software que auxilie no aprendizado sobre o monitoramento e o controle da qualidade de processos em empresas.

Você foi selecionado(a) por estar cursando a disciplina de Gestão da qualidade onde vocês aprendem sobre o controle estatístico de processos (CEP). Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar um teste assistido de software e em seguida responder um questionário breve sobre suas atividades e participação.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos do pesquisador responsável: Marcelino Sena, pesquisador, 69100-000, marcelinosena@outlook.com e (92) 9 9235-3995.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

Itacoatiara, _____ de _____ de _____.

Assinatura do (a) participante:_____.

Assinatura do (a) pesquisador (a):_____.

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO E TESTES DE ACEITAÇÃO DO USUÁRIO

TESTES DE ACEITAÇÃO DO USUÁRIO

Esse teste é conduzido pelo desenvolvedor do sistema juntamente com os usuários finais do sistema, a fim de simular operações de rotina do sistema de modo a verificar se seu comportamento está de acordo com o solicitado.

Nome:		
Curso:		
Nível:		
ATIVIDADES	SIM	NÃO
Acessar sistema pelo caminho especificado		
Inserir dados da pesquisa nos campos especificados da tabela		
Salvar os dados da tabela		
Mostrar os gráficos de controle		
Mostrar cálculos dos índices de capacidades e performance		
Perguntas		

Em relação ao controle estatístico de processos, este software atende às suas necessidades?		
Em relação ao controle estatístico de processos, os dados apresentados condizem com a realidade?		
Em relação ao controle estatístico de processos, houve alguma discrepância em relação aos dados apresentados?		
Em relação ao controle estatístico de processos, os gráficos apresentados apresentam resultados verdadeiros?		
Em relação ao design do software, O software apresenta interface amigável?		
Em relação ao design do software, os gráficos apresentados nos sistemas são legíveis?		
Em relação ao design do software, todos os botões do software fazem o que dizem?		
Em relação ao design do software, todos os botões do software possuem nome?		
Em relação a usabilidade do software, houve alguma dificuldade em relação a utilização do software?		
Você usaria o sistema CVDCEP, ao invés dos métodos tradicionais para realizar os cálculos do controle estatístico de processos?		
Você usaria o sistema CVDCEP ao invés dos softwares proprietários que já atendem essa demanda como por exemplo o MICROSOFT EXCEL		
Sugestões de melhorias		